

PEMODELAN EFISIENSI DAYA PEMBANGKIT PADA *FEED WATER HEATER* MENGGUNAKAN *SOFTWARE CYCLE TEMPO 5.0*

Enzo Wiranta Battra Siahaan
Teknik Mesin, Universitas Darma Agung
email: enzo.battra84@gmail.com

Abstrak : Kebutuhan energi listrik yang terus tumbuh menyebabkan pemerintah mengupayakan penambahan kapasitas listrik sebesar 7.000 MW per tahun dan 35.000 MW dalam 5 tahun. Salah satu upaya pemerintah untuk menambah daya listrik di Provinsi Sumatera Utara adalah pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paluh Kurau dengan kapasitas 2×150 MW. Salah satunya dengan penggunaan *Feed Water Heater* (FWH) yang berbahan bakar batu bara untuk mengurangi efisiensi konsumsi pada instalasi PLTU. Dalam hal ini peralatan – peralatan yang digunakan pada PLTU antara lain : boiler, turbin, kondensor, pompa, FWH, dan deaerator. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah dengan metode modelling dan simulasi menggunakan software *Cycle Tempo 5.0*. Pemodelan PLTU Paluh Kurau menggunakan software *Cycle Tempo*. Data parameter dari input initial condition berupa tekanan (P) = 175 bar, temperature (T) = 538°C dan mass flow rate (\dot{m}) sebesar 145.98 kg/s. Hasil simulasi *Cycle Tempo* pada daya Gross output sebesar 150000 kW menunjukkan efisiensi pembangkit sebesar 46.121 %. Daya netto 138961.97 kW dan efisiensi daya pembangkit sebesar 42.727%. Semakin rendah efisiensi daya pembangkit maka semakin buruk pembangkit beroperasi.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), *Feed Water Heater* (FWH), *Software Cycle Tempo 5.0*

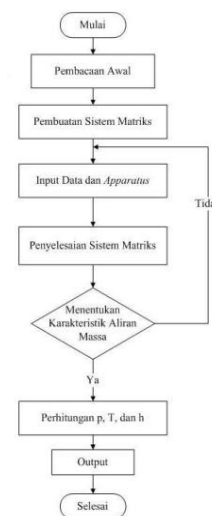
PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus tumbuh menyebabkan pemerintah mengupayakan penambahan kapasitas listrik sebesar 7.000 MW per tahun dan 35.000 MW dalam 5 tahun.. Pembangunan PLTU Paluh Kurau dengan kapasitas 2×150 MW merupakan salah satu upaya pemerintah untuk menambah daya listrik di provinsi Sumatera Utara. Penambahan kapasitas produksi listrik Sumatera Utara berpengaruh terhadap ketersediaan listrik di Pulau Sumatera.

Dendi Junaidi, dkk (2010) dalam studi tentang “Kesetimbangan Massa dan Kalor serta Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap pada berbagai perubahan beban dengan memvariasikan jumlah *Feed water heater*” menyimpulkan bahwa penambahan *Feed Water Heater* (FWH) akan menaikkan efisiensi instalasi pembangkit listrik . T.Srinivas, dkk (2007) dalam studi tentang “*Generalized Thermodynamic Analysis of Steam Power Cycles with ‘n’ Number of Feed water Heaters*” selain melakukan variasi terhadap jumlah *feed water heater* 1-10 buah, juga terhadap tekanan boiler, temperatur uap memasuki turbin, dan temperatur pembakaran. Jenis *feed water heater* yang digunakan adalah *closed feed water heater*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi daya pembangkit pada *Feed Water Heater* di Pembangkit Tenaga Listrik Uap melalui *modelling* dan simulasi *Software Cycle Tempo 5.0*.

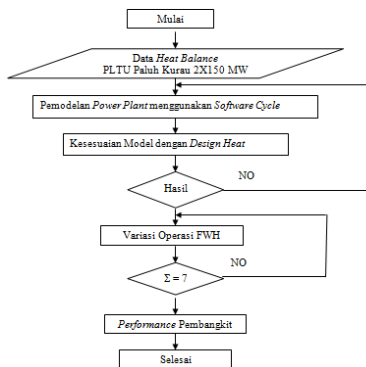
Pemodelan dan simulasi menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0* dapat disusun dengan menggunakan diagram alir (*flowchart*) untuk menganalisa data yang diambil dari peralatan-peralatan pembangkit tenaga uap dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Analisa dengan *Software Cycle Tempo 5.0*

METODOLOGI

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan di PLTU Paluh Kurau 2 x 150 MW. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pemodelan dan simulasi terhadap sistem pembangkit tenaga uap menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2 untuk diagram alir (*flowchart*) dari tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir (*Flowchart*) dari Tahapan Penelitian

Spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap dapat dilihat sebagai berikut :

1. Spesifikasi Desain
 - Kapasitas Output : 2 x 150 MW
 - Bahan Bakar : *Low Rank Coal*
2. Spesifikasi Alat PLTU Paluh Kurau
 - a. Boiler
 - Boiler Model : *Subcritical, single reheat, firing, natural circulation steam drum boiler*
 - BMCR : 548.5t/h
 - Rated Steam Temperatur : 541°C
 - Rated Steam Pressure(g) : 17.50 Mpa
 - Reheat Pressure inlet/outlet parameter(g) : 4.09/3.88Mpa
 - Reheat Temperature inlrt/outlet Parameter : 325/541°C
 - b. Turbine
 - Turbine Model : *Subcritical, cross-compound single-flow*
 - Rated Powe : 167 MW
 - SVP : 16.7 Mpa (a)
 - Main steam valve inlet temperatur : 538°C
 - Pressure Condenser : 8.62 Kpa (a)
 - c. Generator
 - Generator Model : QFS-167-2

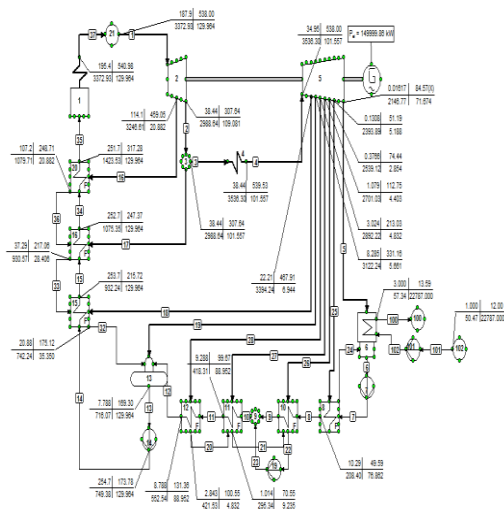
- Rate Power : 167 MW
- Rated Rotation Speed : 3000/min
- Frequency : 50 Hz
- d. Condenser
 - Model : N-9700
 - Cooling area : 9300m³
- e. Condensate Pump
 - Model : NL0250-70*8(I)
 - Water Temperature at pump intakes : 45.5°C
 - Flow : 420 t/h
 - Head : 310mH₂O
 - Speed : 1480/min
- f. Low Pressure Heater 8
 - Model : JD-620
 - Heating Surface : 620m²
- g. Low Pressure Heater 7
 - Model : JD-420
 - Heating Surface : 420m²
- h. Low Pressure Heater 6
 - Model : JD-420
 - Heating Surface : 420m²
- i. Low Pressure Heater 5
 - Model : JD-400
 - Heating Surface : 4000m²
- j. Deaerator
 - Model : GC-575/GS-100
 - Rated output : 575 t/h
 - Water Thank Effective Volume : 100m³
- k. Feed Water Pump
 - Model : FA1D56A
 - Flow : 627 t/h
 - NPSHr : 3.59m
 - Speed : 1490 r/min
- l. High Pressure Heater 3
 - Model : JG-600-3
 - Heating Surface : 600m²
- m. High Pressure Heater 2
 - Model : JG-710-3
 - Heating Surface : 710m²
- n. High Pressure Heater 1
 - Model : JG-600-1
 - Heating Surface : 600 m²

Pemodelan desain pembangkit menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0* dengan memasukkan data yang peroleh dari desain *heat balance* pembangkit, sehingga desain pembangkit ini dapat berjalan seperti yang diinginkan. Data dimasukkan adalah data *properties* dan gambar P & ID (*Piping and Instrumentation Diagram*).

Proses pemodelan dan simulasi dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat skema model *power plant* yang dianalisis yaitu variasi operasi *feedwater heater*.
2. Menjalankan *software Cycle Tempo*. Jika masih terdapat *error*, ikuti perintah yang terdapat pada *list error*. Setelah tidak terdapat *error* pada pemodelan, masukkan nilai parameter operasional yang dibutuhkan *apparatus* pada setiap komponen.
3. Menjalankan *software Cycle Tempo*, kemudian diuji apakah konvergen atau tidak. Jika tidak, cek kembali *list error* dan ikuti perintah yang terdapat didalamnya.
4. Setelah *success* maka dapat mengetahui nilai daya yang dihasilkan, *heat rate*, efisiensi serta data-data performa yang dihasilkan oleh *power plant*. Skema penelitian meliputi jumlah variasi operasi FWH dan mencari pemodelan desain PLTU yang terbaik dalam nilai daya dan efisiensi pembangkit.

Hasil desain *Software Cycle Tempo 5.0* adalah berupa analisis termodinamika *performance* seperti Gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Model Pembangkit Listrik tenaga Uap berdasarkan *Software Cycle Tempo 5.0*

Pemodelan PLTU Paluh Kurau menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0*. Data parameter dari input *initial condition* berupa tekanan (P) = 175 bar, *temperature* (T) = 538°C dan *mass flow rate* (\dot{m}) sebesar 145.98 kg/s.

HASIL DAN PEMBAHASAN

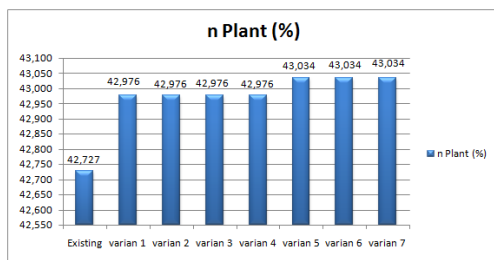
Hasil simulasi *Software Cycle Tempo 5.0* pada daya *Gross output* sebesar 150.000 kW menunjukkan efisiensi pembangkit sebesar 46.121%. Daya netto 138961.97 kW dan efisiensi sebesar 42.727%. Pemodelan yang digunakan untuk menganalisis sistem pembangkit pada kondisi *existing*.

Dari data tabel 1 menunjukkan variasi pengaruh operasi FWH sebagai referensi penelitian dengan menggunakan *software Cycle Tempo 5.0*. Hasil pada kondisi variasi 5 - 8 dengan menjaga \dot{Q}_{Boiler} sebesar 248438,55 kW dan \dot{m}_{boiler} sebesar 129.964 kg/s menghasilkan daya sebesar 149999.95 kW dan efisiensi pembangkit sebesar 43.034%. Variasi pada kondisi aktual menunjukkan hasil yang paling rendah dibanding variasi lainnya. Hasil *existing* mendapatkan daya sebesar 149999.86 kW dan efisiensi sebesar 42.723 %. Oleh sebab itu dengan melakukan simulasi didapatkan pengaruh pada *off service* pada FWH.

Tabel 1. *Properties* Pembangkit Setelah Variasi

	\dot{Q}_{Boiler} (Kw)	Power (kW)	η_{plant} (%)
Existing	266685.34	149999.86	42.727
Variasi 1	274883.81	150.000.20	42.976
Variasi 2	274883.81	150.000.20	42.976
Variasi 3	274883.81	150.000.20	42.976
Variasi 4	274883.81	150.000.20	42.976
Variasi 5	248438.55	149999.95	43.034
Variasi 6	248438.55	149999.95	43.034
Variasi 7	248438.55	149999.95	43.034

Dilihat pada gambar 4 menunjukkan bahwa efisiensi pembangkit dari kondisi sebelum dan sesudah dilakukan variasi. Kondisi *existing* nilai efisiensi pembangkit adalah 30.04 %, yang merupakan efisiensi terbesar dari semua variasi. Semakin rendah efisiensi pembangkit maka semakin buruk pembangkit beroperasi. Efisiensi adalah perbandingan nilai jumlah daya yang dihasilkan dengan jumlah bahan bakar masuk. Hasil perhitungan efisiensi menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0* menjelaskan bahwa efisiensi dari *existing* sampai variasi ke empat mengalami kenaikan. Efisiensi yang rendah menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar yang digunakan cenderung besar.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Daya pada Kondisi *Existing* dan Kondisi Variasi berdasarkan *Software Cycle Tempo 5.0*

Konsumsi bahan bakar yang besar digunakan, namun daya turun dikarenakan sisa dari laju aliran massa dari FWH yang dimatikan mengalir menuju FWH saat kondisi terbuka dari pada mengakibatkan daya tersebut cenderung tidak naik. Efisiensi paling rendah dalam penelitian ini adalah pada kondisi eksistensi, dengan efisiensi yang dihasilkan hanya 29.585. *Power* dari variasi pertama ini menunjukkan nilai paling besar disebabkan oleh laju aliran massa LPH 1 kembali ke turbin dikarenakan pada keadaan mati, menyebabkan naiknya daya pembangkit yang cukup signifikan.

Hal ini sesuai dengan buku (*Black and Veatch, 2006. Power Engineering Black and Veatch*), yang menyatakan berdasarkan grafik pada gambar 4 dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah FWH digunakan maka efisiensi siklus yang dihasilkan semakin baik, namun peningkatan FWH tambahan dari masing-masing menghasilkan tingkat panas yang rendah untuk menghasilkan kenaikan beban

DAFTAR PUSTAKA

- Ankur Geete, dkk (2013). “*Thermodynamic Analysis Of 120 MW Thermal Power Plant With Combined Effect Of Constant Inlet Pressure (124.61 Bar) And Different Inlet Temperatures*”
- Dendi Junaidi, dkk (2014). Melakukan Studi Tentang “Kesetimbangan Massa dan Kalor serta Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap pada Berbagai Perubahan Beban dengan Memvariasikan Jumlah *Feed water heater*”
- Enzo Wiranta Battra Siahaan (2018). Pengaruh Operasi *Feed Water Heater* Terhadap Daya Pembangkit PLTU Menggunakan *Software Cycle Tempo 5.0*. Prociding Seminar Nasional dan Teknologi Informasi.
- Erwin Fajar Ansori (2017), Melakukan Studi Tentang Pengaruh Operasi *Feed Water Heater* Pada Performa PLTU 3 Bangka Belitung.
- Yong Li dan Chao Wang (2013). “*Study on The Effect of Regenerative System on Power Type Relative Internal Efficiency of Nuclear Steam Turbine*”.
- John Wiley & Sons Inc. Black And Veatch, (1996). *Power plant engineering*. Training Manual. *Software Cycle Tempo 5.0 Version 5.1 Delft University of Technology (TU Delft)*

berikutnya sehingga diperlukan jumlah FWH yang ideal agar didapat efisiensi siklus. Namun penambahan jumlah FWH menambah biaya dan membatasi kerja turbin. Jumlah penambahan FWH dibatasi berdasarkan kapasitas pembangkit.

SIMPULAN

Setelah dilakukan pembahasan mengenai keseluruhan perhitungan dan simulasi pengaruh variasi operasi FWH pada PLTU Paluh Kurau, diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Efisiensi daya pembangkit terbesar dari semua variasi terletak pada kondisi *existing* yaitu 30.04 %.
2. Semakin rendah efisiensi daya pembangkit maka semakin buruk pembangkit beroperasi.
3. Efisien daya pembangkit tidak naik akibat konsumsi bahan bakar yang besar digunakan dikarenakan sisa dari laju aliran massa dari FWH yang dimatikan mengalir menuju FWH saat kondisi terbuka
4. Efisiensi daya pembangkit paling rendah adalah pada kondisi eksistensi, dengan efisiensi yang dihasilkan hanya 29.585%.
5. Naiknya daya pembangkit yang cukup signifikan dapat dilihat pada *Power* dari variasi pertama yang disebabkan oleh laju aliran massa LPH 1 kembali ke turbin dikarenakan pada keadaan mati.