

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah menggunakan simulasi komputer dengan *software* Gate Cycle, menggunakan proses termodinamika, perpindahan dan mekanika fluida dalam menjalankan perhitungan simulasinya. Gate cycle yang digunakan dalam penelitian ini adalah versi 5.61 yang bertujuan untuk memprediksi hasil percobaan yang dapat dijadikan menjadi sumber referensi untuk melaksanakan eksperimental nyata. Informasi mengenai cara pengujian, sifat-sifat material, dan lain-lain diambil dari studi pustaka seperti buku referensi, jurnal penelitian, dan internet.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian bertempat di PT Pembangkit Jawa Bangkit Paiton 9 pada bulan Maret-April tahun 2017.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah parameter yang dapat dirubah nilainya untuk mendapatkan hasil yang berupa variabel terikat. Pada penelitian kali ini variabel bebas yang digunakan adalah, HPH *on service*, HPH *off service* yaitu seperti terdapat pada tabel 3.1

Tabel 3.1
Rancangan Percobaan *Feedwater Heater*

Model ke-n	kondisi	Beban
1	HPH1 off service, HPH2, HPH3 on service	100
2	HPH1, HPH3 on service, HPH2 off service	100
3	HPH1, HPH2 on service, HPH3 off service	100
4	HPH1, HPH2 off service, HPH3 on service	100
5	HPH1, HPH3 off service, HPH 2 on service	100
6	HPH2, HPH3 off service, HPH1 on service	100
7	HPH1, HPH2, HPH3 off service	100

b. Variabel Terikat

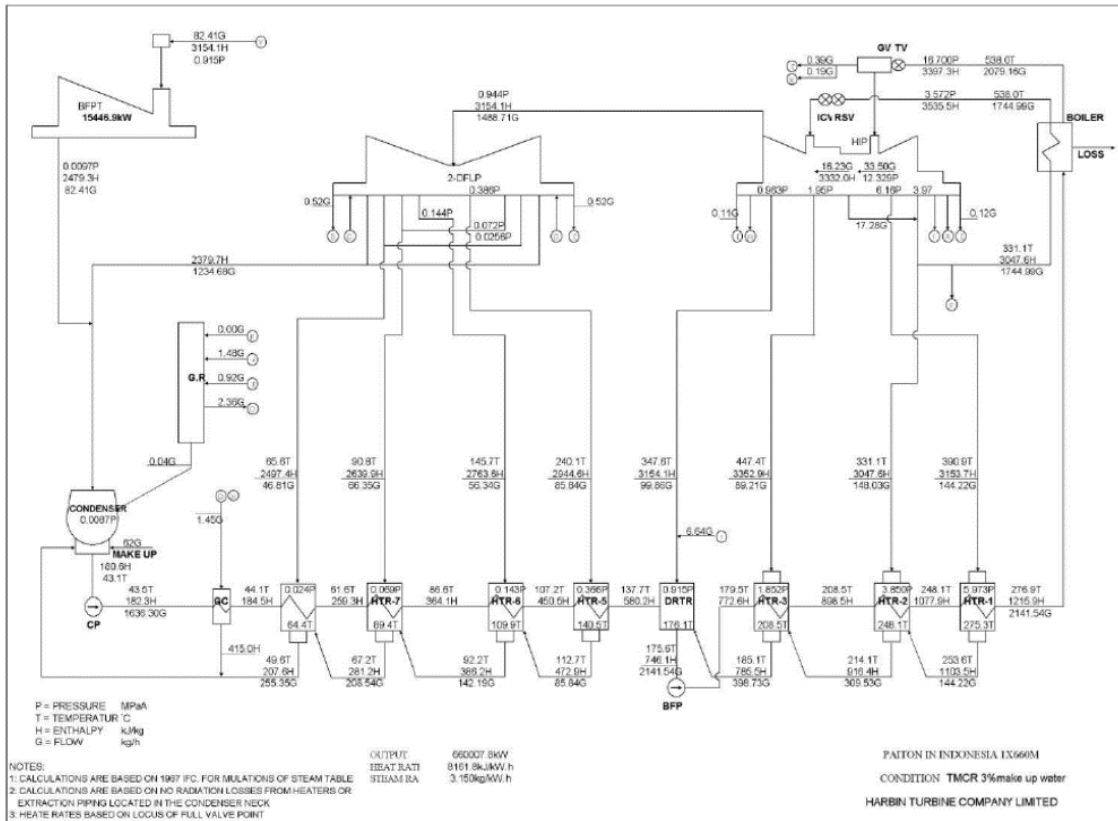
Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya bergantung dari nilai variabel bebas. Pada penelitian kali ini, yang menjadi variabel terikat adalah Heat Rate Powerplant, Konsumsi Bahan Bakar

c. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya konstan dan ditetapkan dari awal. Pada penelitian ini variabel terkontrol yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

- Nilai kalori batu bara yang di gunakan 4200 kcal/kg
- Damping factor pada Boiler sebesar 0.500
- Nilai Heat Transfer Coefficient pada daerah Desuperheating sebesar 167.19 cal/sec m² K
- Nilai Heat Transfer Coefficient pada daerah Condensing sebesar 812.08 cal/sec m² K
- Nilai Heat Transfer Coefficient pada daerah Drain sebesar 471.69 cal/sec m² K

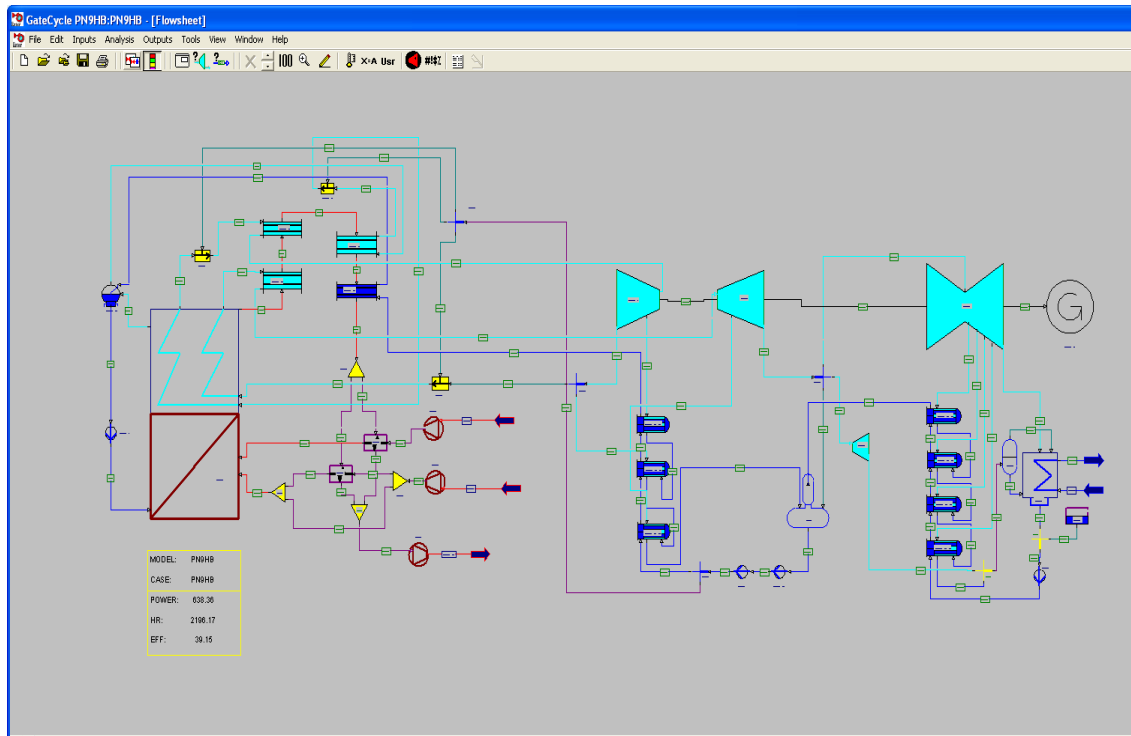
3.4 Model Desain Pembangkit Paiton unit 9



Gambar 3.1 Heat Balance PLTU Paiton unit 9 (1 x 660 MW)

Pada gambar 3.1 merupakan model pembangkit listrik tenaga uap PLTU Paiton unit 9 dengan daya gross output sebesar 660 MW. Model pembangkit menggunakan satu boiler, satu turbin high pressure, satu turbin intermediate pressure, satu turbin low pressure, tiga high pressure feedwater heater, satu deaerator, dan empat low pressure feedwater heater. Turbin high pressure terdiri empat ekstraksi yang menuju closed feedwater heater dan menuju open feedwater. Heat balance yang di gunakan sebagai referensi terlampir pada lampiran 1

Desain pembangkit menggunakan software Gate cycle dengan memasukkan data yang di peroleh dari desain heat balance pembangkit, sehingga desain pembangkit ini dapat berjalan seperti yang diinginkan. Data dimasukkan adalah properties dan gambar P&ID (Piping and Instrument Diagram). Hasil desain Gatecycle adalah berupa analisis termodinamika performance seperti Gambar 3.2 dibawah ini :



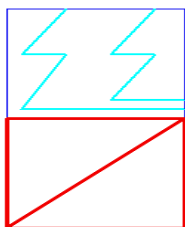
Gambar 3.2 Permodelan Simulasi Paiton 9 secara keseluruhan

3.5 Penjelasan Apparatus Perangkat lunak Gatecycle

Perangkat lunak Gatecycle mempunyai beberapa apparatus dalam pembuatan model pembangkit. Penelitian ini menggunakan beberapa apparatus yang diperlukan penjelasan secara khusus diantaranya :

A.Boiler

Permodelan boiler pada gatecycle dapat di gunakan untuk memodelkan ruang bakar pembakaran luar. Aliran bahan bakar pada model boiler ini terdiri dari batu bara, minyak, semua combustible gas baik tunggal maupun campuran. Beberapa bahan bakar padat dapat juga digunakan namun harus diatur sifat sifatnya terlebih dahulu.



Gambar 3.3 Permodelan Boiler

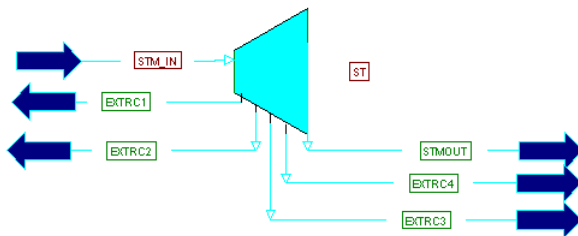
Parameter input dari permodelan boiler antara lain :

1. Evaporator inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Evaporator outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

3. Primary air heater (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Secondary air heater (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
5. Superheater inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
6. Superheater outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
7. Reheater inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
8. Reheater outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
9. Flue gas outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

B. Turbin

Permodelan turbin pada gatecycle memiliki 1 inlet steam, 1 Main steam outlet dan 4 jalur ekstraksi. Tiap jalur ekstraksi di hubungkan secara optional sesuai dengan model pembangkit.



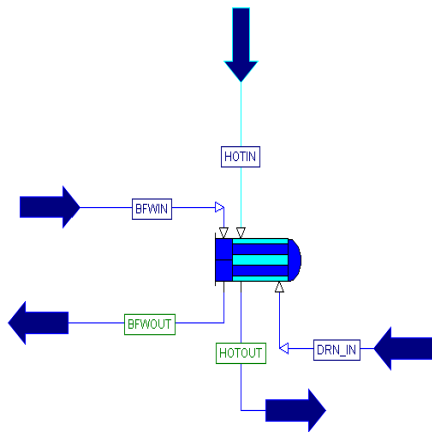
Gambar 3.4 Permodelan Turbin

Parameter input dari turbin :

1. Steam inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Steam outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Extraction (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

C. Feedwater Heater

Permodelan feedwater heater pada gatecycle memiliki 5 port dalam permodelannya yaitu extraction inlet, extraction outlet, Drain Outlet, Main feedwater Inlet, Main feedwater outlet.



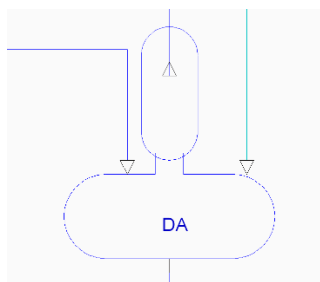
Gambar 3.5 Permodelan *Feedwater Heater*

Parameter input dari Feedwater Heater :

1. Steam inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Steam outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Feedwater inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Feedwater outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
5. Drain (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

D. Deaerator

Deaerator dalam gategycle memiliki beberapa port diantaranya main steam inlet, Auxillary inlet dan outlet dearator. Ikon peralatan DEAER dapat digunakan untuk memodelkan unjuk kerja suatu deaerator. Energi dari aliran inlet uap digunakan untuk mendeaerasi boiler feedwater (BFWIN).



Gambar 3.6 Permodelan Deaerator

Parameter kunci operasi adalah deaerator control method, metode ini digunakan untuk menentukan aliran venting, dan tekanan operasi deaerator. Untuk mencukupi kesetimbangan energi boiler feedwater, kita harus tentukan sesuai dengan jenis deaerator:

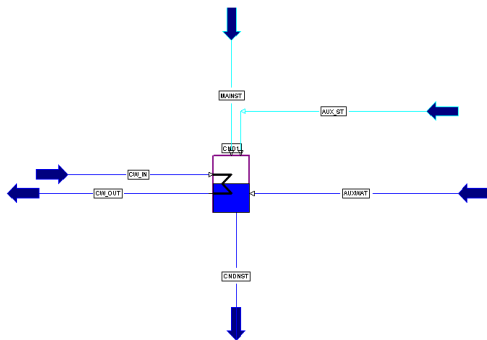
1. Menentukan jumlah energi dengan kondisi tekanan tertentu (given pressure)
2. Menentukan tekanan deaerator berdasar konsumsi energi (integral deaerator)

E. Kondensor

Ketika modelkan Condenser di GateCycle, metode yang terbaik adalah metode HEI. Kebanyakan pabrikan condenser menggunakan metode ini sebagai dasar desainnya. Ikon condenser dalam aplikasi gatecycle memiliki 6 port yaitu steam inlet, water outlet, Cooling water in, Cooling water out, Aux steam in, dan Aux water in

Parameter input dari kondensor :

1. Main steam inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Main BFW inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Main BFW outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Vent Steam Outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
5. Second Aux inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

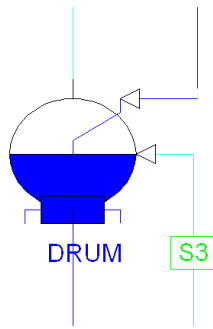


Gambar 3.7 Permodelan Kondensor

Metode HEI (Heat Exchanger Institute) akan menghitung besarnya overall heat transfer coefficient U sebagai dasar dalam perhitungan effectiveness-NTU, untuk berbagai macam tingkat keadaan

F. Steam Drum

Steam drum merupakan tempat penampungan antara air dan uap yang telah di uapkan. Uap yang berat jenisnya lebih rendah akan menuju superheater untuk dipanaskan kembali sedangkan air akan menuju economizer untuk berubah menjadi gas. Ikon drum boiler dalam aplikasi gatecycle memiliki steam out inlet, Main inlet, Aux outlet



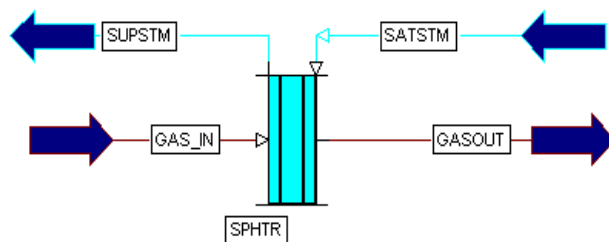
Gambar 3.8 Permodelan Steam drum

Parameter input dari Steam Drum :

1. Primary Return (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Main Water Outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Main BFW inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Main Steam Outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

G. Superheater

Ada empat port pada peralatan superheater (SPHT) ini. Port-port tersebut adalah inlet steam port, exit steam port, inlet gas port, dan exit gas port. Seperti halnya economizer dan evaporator, steam port tidak dapat dikoneksikan ke gas port peralatan lainnya, begitu juga sebaliknya. Siklus harus memastikan bahwa inlet steam dalam kondisi uap jenuh atau uap panas lanjut. Biasanya, inlet steam port terkoneksi dengan exit port evaporator atau turbin uap.



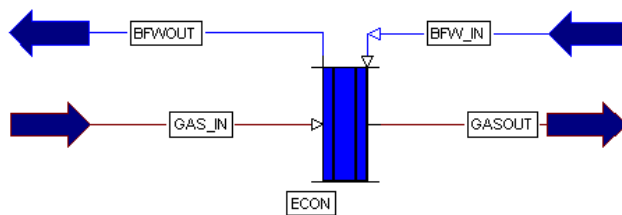
Gambar 3.9 Permodelan Superheater

Parameter input dari superheater :

1. Flue Gas Inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Flue Gas Outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Steam Inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Steam Outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

H. Economizer

Economizer merupakan suatu alat penukar panas yang digunakan untuk mengambil energi dari aliran sisi panas dan mentransfernya ke aliran sisi air untuk pemanasan, bukan untuk penguapan. Ada empat port pada peralatan economizer. Mereka adalah inlet water port, exit water port, inlet dan exit gas port. Port-port untuk aliran air tidak dapat dihubungkan dengan portnya aliran gas ataupun aliran uap di peralatan lainnya, begitu juga port-portnya aliran gas tidak dapat dihubungkan dengan portnya aliran uap/air pada peralatan lainnya.



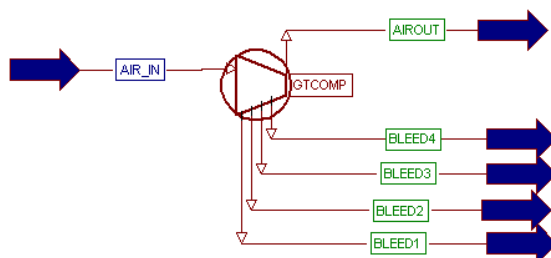
Gambar 3.10 Permodelan economizer

Parameter input dari economizer adalah :

1. Flue Gas inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
2. Flue Gas outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
3. Water inlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)
4. Water outlet (Pressure, Temperature, Flow, Enthalpy)

I. Kompresor

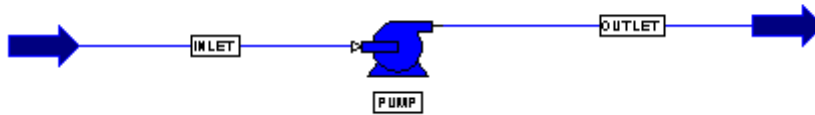
GTCOMP memodelkan performans suatu kompresor. Daya yang dibutuhkan kompresor berasal dari peralatan penggerak yang terhubung via poros atau dari daya netto. Peralatan GTCOMP memiliki enam port: inlet air port, outlet port dan empat bleed/extraction port. Aliran bleed dapat ditentukan terjadi diantara tingkat kompresor, sebelum kompresi tingkat pertama dan setelah kompresi tingkat terakhir



Gambar 3.11 Permodelan Kompresor

J. Pompa

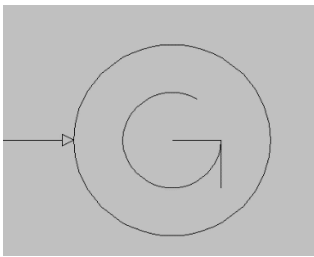
Pompa merupakan peralatan untuk mengalirkan air dari tekanan rendah ke tekanan tinggi. Pada gatecycle, ikon pompa mempunyai 2 port yaitu inlet dan outlet saja



Gambar 3.12 Permodelan Pompa

K. Generator

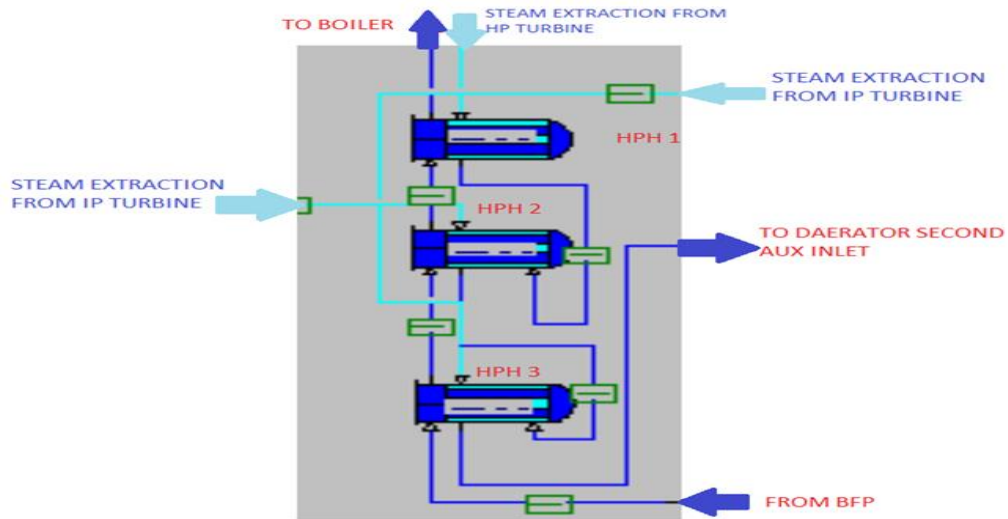
Generator berfungsi merubah energi gerak menjadi energi listrik. Pada instalasinya generator terhubung seporos dengan turbin gas, Dalam gatecycle port generator hanya berupa saft port yang harus dihubungkan dengan turbin yang ada atau terendah seperti low pressure turbin



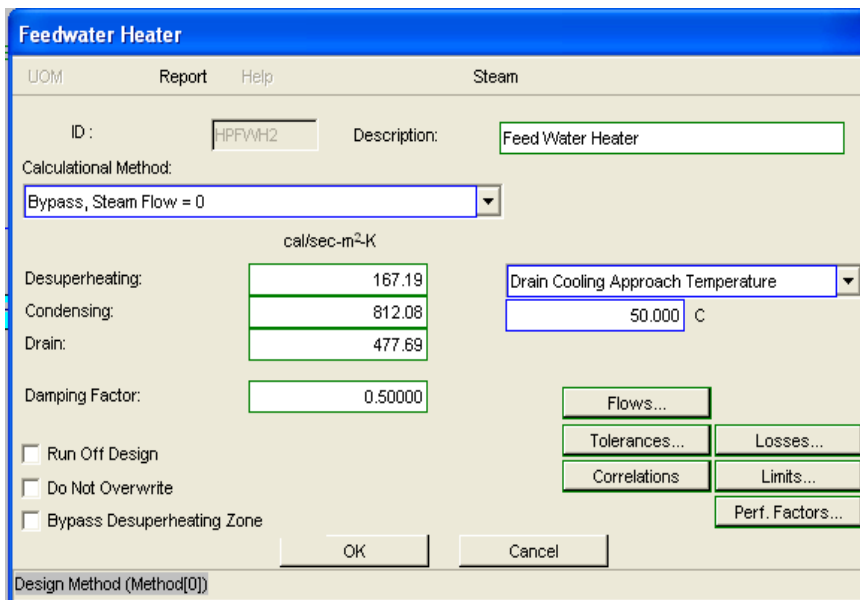
Gambar 3.13 Permodelan Generator

3.5.1 Permodelan Feedwater Heater

Dalam penelitian ini digunakan komputer beserta *software* berbasis PC-aplikasi. Material *feedwater heater* menggunakan Aluminium 6063-T5 dengan pemodelan *Thermal Temperature Difference* yang umumnya digunakan pada kalkulasi performa feedwater Heater. Metode perhitungan menggunakan TTD (*Thermal Temperature Difference*) untuk HPH on service dan metode bypass untuk HPH off service. Penyesuaian dari ikon feedwater heater dapat dilihat pada gambar 3.15 yang membutuhkan nilai dari koefisien perpindahan kalor pada 3 zona didalam konstruksi feedwater heater. Konstruksi dari feedwater heater membagi 3 zona yaitu desuperheating, condensing, dan drain. Nilai dari koefisien ini ditunjukkan dari P&ID diagram dari vendor pembuat feedwater heater yang dapat dilihat pada tabel 3.2



Gambar 3.14 Karakteristik Permodelan Feedwater heater



Gambar 3.15 Penyesuaian parameter Feedwater Heater

Tabel 3.2
Properti Feedwater Heater Heat Transfer Coefficient

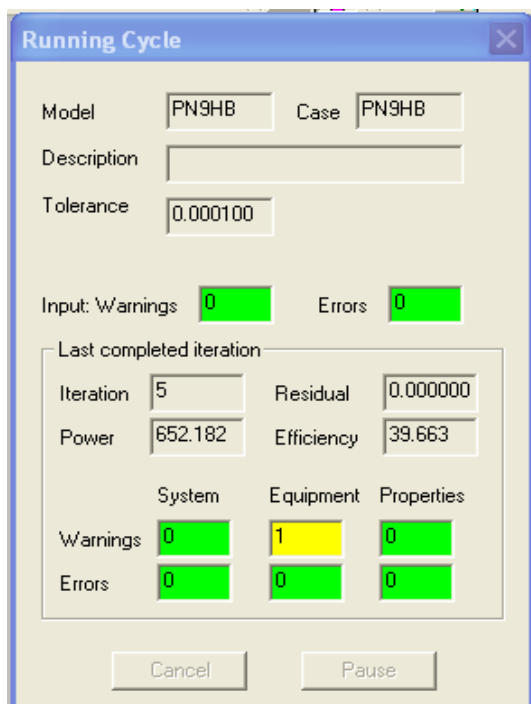
3 Zone Feedwater Heater	
Desuperheating (cal/sec m ² K)	167.19
Condensing (cal/sec m ² K)	812.08
Drain (cal/sec m ² K)	471.69

Sumber: Manual Book PLTU Paiton Unit 9 (2004).

3.6 Tahapan dalam Penelitian

Tahapan pada penelitian yang dilaksanakan memiliki alur sebagai berikut:

1. Pelaksanaan uji menggunakan *software* Gatecycle. Karakteristik dan koefisien perpindahan panas sesuai pada tabel 3.2. Pembuatan instalasi dan verifikasi sesuai dengan Heat Balance Paiton 9. Selanjutnya *Error Report* pada seluruh *part* dan *setting Boundary Conditions*. Dilanjutkan proses *solving* perhitungan numerik.
2. Verifikasi yang berupa nilai efisiensi tiap *part* yang selanjutnya divalidasi dengan Heat Balance Diagram. Jika data sama dengan hasil yang terdapat pada Heat Balance Diagram, maka pengujian pada penelitian ini dapat dilanjutkan.
3. Pada penelitian jumlah pengambilan data di sesuaikan dengan batasan parameter operasi yang ada di PLTU Paiton unit 9
4. Hasil pengujian simulasi berupa data *Heat Rate* dan *Efficiency* di mana koordinat pengambilan data sudah diatur seperti pada gambar 3.6.
5. Analisis dan pembahasan hasil simulasi pada setiap variasi.
6. Hasil analisa dan pembahasan digunakan sebagai acuan untuk menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.



Gambar 3.16 Lokasi Data Power dan Efisiensi

3.7 Tahapan Simulasi

3.7.1 Preprocessing (Proses Awal)

1. Penentuan prosedur penyelesaian penelitian yang menggunakan *Software*.
2. Mengatur *Heat Transfer Coefficient* pada 3 zona Feedwater Heater (Desuperheating, Subcooling, dan Drain)
3. Membuat geometri yang sesuai dengan kondisi di PLTU Paiton 9.
4. Menentukan metode perhitungan sesuai variasi.
5. *Error Reporting* pada setiap part.

3.7.2 Validation (Proses validasi)

Seluruh pengaturan akan diolah oleh *Software* akan di bandingkan dengan data operasi (Heat Balance Diagram) di PLTU Paiton unit 9

3.7.3 General Post Processing (Proses Pembacaan Hasil)

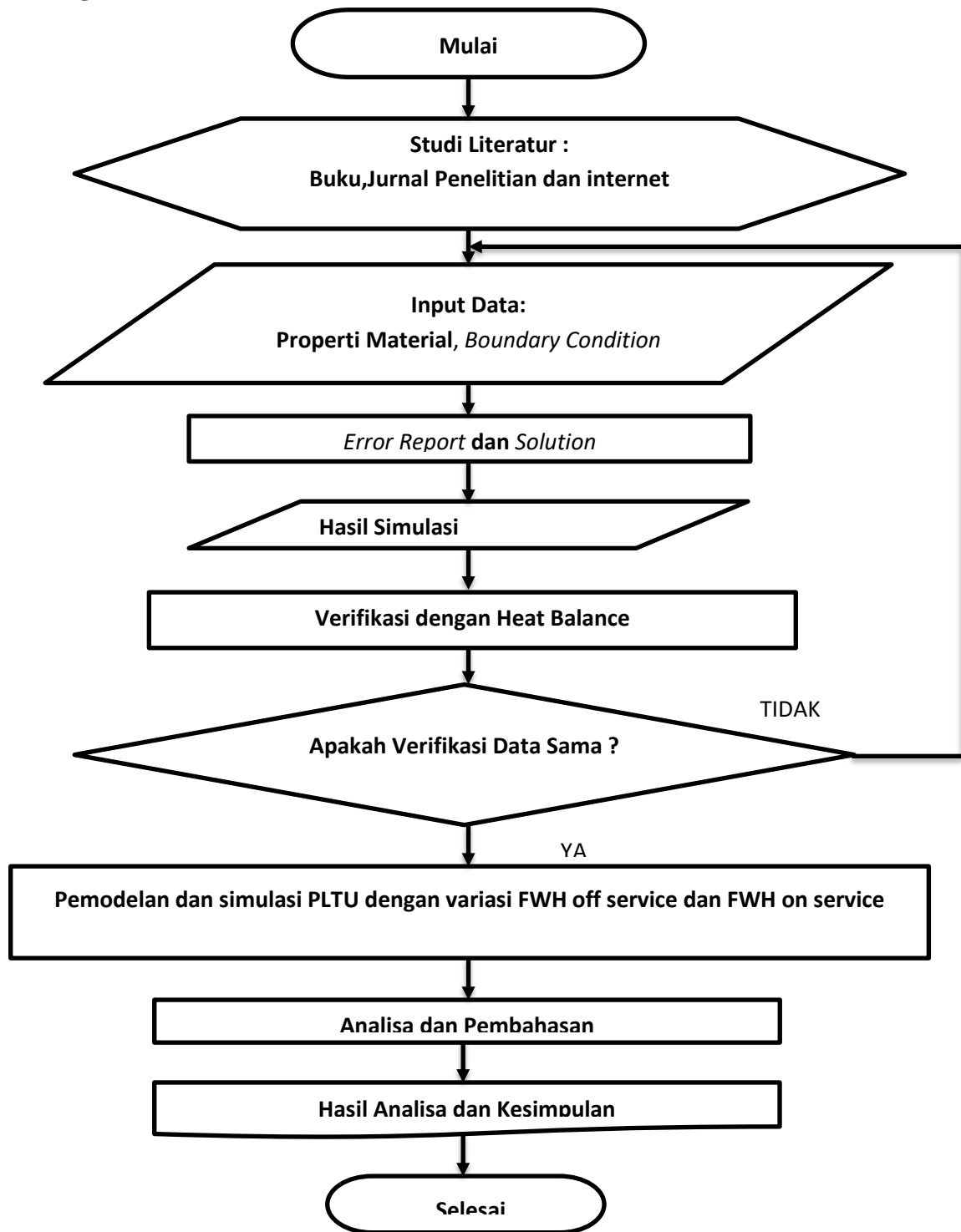
Setelah proses solusi penelitian maka didapatkan plot grafis dan *list data*. *Plot result* menampilkan Heat Rate dan Efisiensi platform pembangkit, sedangkan *list data* menampilkan data berupa nilai Drain Outlet Temperature, BFW Outlet Temperature , dan Feedwater Temperature Rise.

3.8 Verifikasi Penelitian

Verifikasi penelitian dilakukan untuk membandingkan hasil pengujian simulasi komputer dengan hasil Heat Balance diagram pada manual book Paiton unit 9 dimana hasil :

- Output Generator = 660007.8 kW
- Heat Rate = 8161.8 kJ/kW.h
- Steam Rate = 3150 kg/kW.h
- Kondisi = TMCR 100%

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.17 Diagram Alir Penelitian