

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya dunia industri, kebutuhan listrik dari masyarakat ke PT. PLN (Persero) meningkat. Namun, karena permintaan yang meningkat membuat pembangkit listrik dituntut selalu siap demi kebutuhan konsumen. PLTG memiliki beberapa komponen utama yaitu kompresor, *combustor*, dan turbin. Siklus brayton yang digunakan ialah siklus brayton ideal dan siklus brayton aktual. (Hendri and Ang Dedi Suwandi, 2016) Siklus brayton ideal adalah siklus yang terjadi pada kondisi teoritis (isentropis) yaitu tanpa disertai perubahan entropi, sedangkan siklus brayton aktual adalah siklus yang terjadi pada kondisi sebenarnya yang disertai kerja bersih dari turbin dan kompresor. (Naufal, Belyamin and Jusafwar, 2021)

Pembangkit listrik adalah objek vital yang mendukung perekonomian negara. Dalam sektor ini, pembangkit listrik merupakan pilar perekonomian negara yang seluruh perawatannya harus selalu terjaga dan terawat agar dapat beroperasi dengan optimal untuk menjaga performa dari pembangkit listrik tersebut. Salah satu pembangkit listrik yang merupakan pilar perekonomian negara adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) adalah kombinasi pembangkit (*Combined Cycle*) yang terdiri dari 2 pembangkit, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Turbin gas adalah sebuah penggerak mula yang menggunakan gas sebagai fluida kerja. Di dalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan sudu turbin hingga menghasilkan daya. Sebenarnya turbin gas hanyalah satu komponen dari suatu sistem. Sistem utama turbin terdiri menjadi 3 komponen utama, yaitu kompresor, *combustor* dan turbin. (Rahardianto, 2020) Terdapat alat yang bernama *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* yang menggunakan gas buang (*Exhaust Gas*) dari turbin gas yang akan digunakan untuk memanaskan air menjadi uap. Uap tersebut akan dialirkan menuju turbin uap. Setelah itu uap tersebut akan dikondensasi di dalam kondensor sehingga berubah fasa menjadi air dan dimasukkan kembali ke dalam *HRSG*. *HRSG* sederhana terdiri

dari *economizer*, *evaporator*, dan *superheater*. (Deng *et al.*, 2021) Setiap komponen dalam *HRSG* dapat dilihat sebagai penukar panas *counterflow* khas. *Economizer* mentransfer panas dari gas buang ke air yang terkondensasi. Di *evaporator*, air menyerap panas dari gas buang dan menguap menjadi uap. Akhirnya, uap jenuh menjadi super panas setelah pertukaran panas dengan gas buang di *superheater*. (Chen *et al.*, 2020)

Eksergi mengikuti dari Hukum Kedua Termodinamika dan merupakan sifat yang memungkinkan kita untuk menentukan kerja berguna maksimum dari sejumlah energi tertentu pada keadaan tertentu. Penyelidikan eksergi penggunaan energi pertama kali diperkenalkan di Amerika Serikat dan sekarang banyak digunakan dalam desain, simulasi, dan evaluasi kinerja sistem termal dan termokimia. Dari analisis tersebut diketahui bahwa *heat exchanger* dan *combustor* merupakan bagian utama yang berkontribusi terhadap hilangnya energi, dan efisiensi eksergi lebih rendah daripada efisiensi energi. Eksergi selalu dievaluasi sehubungan dengan lingkungan referensi, yang berada dalam keadaan stabil, bertindak sebagai sistem yang tak terbatas, dan merupakan penyerap panas dan material. Dalam pendekatan ini, suhu T_0 dan tekanan P_0 tetap konstan, seperti yang direkomendasikan oleh. Dalam penelitian ini, $T_0 = 25^\circ\text{C}$ dan $P_0 = 100 \text{ kPa}$. (Ahmed *et al.*, 2018)

PLTGU pada PT. Pembangkit X Blok 3 menggunakan 2 buah turbin gas dengan daya terpasang maksimal sebesar 235 MW. Seiring dengan berjalannya waktu, turbin gas akan mengalami penurunan performa dikarenakan bekerja pada kondisi temperatur yang ekstrim. Untuk menjaga keandalan, keamanan, dan umur dari turbin agar tetap pada kondisi maksimal, diperlukan perawatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *overhaul*. (Sunarwo, 2016)

Overhaul adalah aktivitas menyeluruh untuk perawatan sebuah sistem yang ruang lingkungannya lebih besar. Perawatan ini dilakukan apabila kondisi mesin berada dalam keadaan rusak parah, sementara kemampuan untuk mengganti dengan yang baru tidak ada. *Overhaul* biasanya dapat mengganggu kegiatan produksi dan membutuhkan biaya yang besar. (Idris, 2020) Proses *overhaul* dilakukan dengan proses pengecekan setiap komponen - komponen pada turbin dengan cara membuka bagian yang ada pada turbin gas secara total. Hal ini

bertujuan untuk menjaga performa *GTG* agar tetap stabil atau pada performa maksimal. Proses *overhaul* dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbin dengan mengganti atau melakukan perbaikan di beberapa komponen turbin uap. (Prastyo *et al.*, 2022)

Naryono melakukan penelitian dan mendapatkan nilai efisiensi termal sebesar 36.35%, 35.55%, dan 35.13% untuk unit 1, 2, dan 3 PLTGU Muara Tawar. (Naryono, Ir., 2013)

Putri Sundari melakukan kajian yang membahas analisis energi dan eksergi pada sistem pembangkit listrik tenaga gas dengan kapasitas 112,45 MW. Didapatkan hasil sebesar 26,62% dan 7,57% masing – masing untuk pemusnahan eksergi pada turbin gas dan kompresor. (Sundari, Rudiyanto and Hariyono, 2019)

Buana melakukan penelitian di PLTGU PT. Energi Sengkang untuk mengetahui nilai efisiensi *gas turbine* yang digunakan. Hasil yang didapatkan saat pembebanan sebesar 21,94 MW sampai 46,106 MW, nilai efisiensi turbin yang didapatkan sebesar 46,75% sampai 76,85%. (Buana *et al.*, 2019)

Naufal melakukan penelitian mengenai analisis termodinamika yang didapatkan adalah adanya kenaikan performa kompresor, turbin gas dan efisiensi termal masing – masing sebesar 0,98%, 0,72%, dan 1,06%. Dan nilai *BWR*, *SFC*, dan *HR* mengalami penurunan masing – masing sebesar 0,98%, 0,004387 *kg/kwh*, dan 222,242 *kJ/kwh*. (Naufal, Belyamin and Jusafwar, 2021)

Rahman mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan bahwa rasio udara terhadap bahan bakar serta efisiensi isentropik sangat berpengaruh pada efisiensi termal turbin gas pembangkit listrik, efisiensi termal, dan output daya menurun secara linier dengan peningkatan perbandingan udara dan bahan bakar. (Rahman, Ibrahim and Abdalla, 2011)

Fajar Sulistiyo melakukan penelitian mengenai analisis efisiensi dan eksergi turbin gas setelah *major inspection* di PT. Pupuk Kaltim. Dari penelitiannya didapatkan kenaikan efisiensi *gas turbine* dari 20,11 % menjadi 21,04% setelah dilakukannya *major inspection*. Untuk efisiensi eksergetik, terjadi kenaikan dari 16,7 % menjadi 17,56 %. (Rangkuti, 2018)

Vedran Mrzljak melakukan analisis turbin gas menganalisis efisiensi turbin gas sebelum dan sesudah *major inspection* (termasuk kerugian). *Major Inspection*

tidak mengurangi atau meningkatkan efisiensi komponen turbin gas. Namun, dengan diadakannya kegiatan ini memiliki efek positif pada *combustor* turbin gas (mengurangi kerugian dan meningkatkan efisiensi *combustor*). Setelah perawatan ekstensif, terjadi penurunan efisiensi dari 43,796% menjadi 41,319% karena laju aliran massa udara menurun secara signifikan laju aliran massa bahan bakar di *combustor* meningkat. (Mrzljak *et al.*, 2019)

Dimas Dinalda Fadillah melakukan penelitian mengenai *Combuster Inspection* di PLTGU Gresik. Hasil yang didapatkan setelah *combuster inspection* ialah peningkatan efisiensi termal maksimum sebesar 0,62%, peningkatan efisiensi kompresor maksimum sebesar 0,68%, peningkatan efisiensi turbin maksimum sebesar 0,11%, penurunan konsumsi bahan bakar maksimum sebesar 0,007kg/kWh. (Fadillah, 2020)

Rahardianto Ramadhan menganalisis pengaruh *overhaul* terhadap efisiensi turbin gas blok 4 unit 1 PLTGU Muara Tawar. Hasil dari inspeksi minor, yakni efisiensi termal meningkat 0,6%, efisiensi kompresor meningkat 0,62%, efisiensi turbin meningkat sebesar 0,06% dan *HR* menurun sebesar 216,61 kJ/kWh. (Rahardianto, 2020)

Alfian melakukan penelitian mengenai inspeksi *intermediate* di PLTGU Muara Tawar blok 2 unit 2. Dari penelitiannya diperoleh hasil, yaitu efisiensi termal turbin gas adalah 32,42% (komisioning), 31,40% (sebelum inspeksi) dan 32,22% (setelah inspeksi). (Alvian Risky Fadillah, 2020)

Pada unit 3.2 pada PT. Pembangkit X, unit pembangkit digunakan secara terus menerus untuk memenuhi kebutuhan listrik konsumen. Karena digunakan secara terus menerus, unit tersebut mengalami penurunan performa. Maka dari itu perlu diadakan pemeliharaan terhadap komponen – komponen turbin gas seperti, kompresor, *combustor*, dan turbin. Pemeliharaan yang dilakukan adalah *Turbine Inspection (TI)*. *Turbine Inspection (TI)* termasuk dalam *Shut Down Maintenance*, dimana seluruh unit berhenti beroperasi selama dilakukan pemeliharaan. Inspeksi dilakukan secara visual dan juga dilakukan secara non visual.

Efisiensi merupakan penilaian / tolak ukur suatu alat dalam bekerja. Efisiensi pada turbin gas adalah salah satu cara untuk mengetahui performa dari turbin gas. Efisiensi ini berkaitan dengan *Specific Fuel Consumption (SFC)*. *Specific Fuel*

Consumption (SFC) adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi setiap unit output daya. (Ibrahim *et al.*, 2019)

Berdasarkan persoalan di atas, penulis mengambil judul “Analisis Performa dan Eksergi Turbin Gas Terhadap Kegiatan *Turbine Inspection* di PT. Pembangkit X” sebagai topik penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap Performa dan Eksergi Turbin Gas.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh ke *Turbine Inspection* terhadap efisiensi kompresor dan efisiensi turbin?
2. Bagaimana pengaruh *Turbine Inspection* terhadap *Heat Rate*, *Back Work Ratio*, dan *Specific Fuel Consumption*?
3. Bagaimana pengaruh *Turbine Inspection* terhadap efisiensi termal?
4. Bagaimana pengaruh *Turbine Inspection* terhadap kehancuran eksergi?
5. Bagaimana pengaruh *Turbine Inspection* terhadap efisiensi eksergi?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dari penulisan skripsi ini mempunyai tujuan

1. Mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap efisiensi kompresor dan efisiensi turbin.
2. Mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap *Heat Rate*, *Back Work Ratio*, dan *Specific Fuel Consumption*.
3. Mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap efisiensi termal.
4. Mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap kehancuran eksergi.
5. Mengetahui pengaruh *Turbine Inspection* terhadap efisiensi eksergi.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mencegah berkembang dan meluasnya pembahasan, maka ditentukan batasan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Nilai temperatur masuk turbin (T_3) ($\pm 1400^\circ\text{C}$) dianggap sama.
2. Nilai *mass flow air* (m_a) dianggap sama.
3. Penelitian hanya membahas pada komponen utama : kompresor, *combustor*, dan turbin.

4. Nilai Eksergi Kimia saat *state* 3 dan 4 adalah 0.
5. Nilai P_2 sama dengan nilai P_3 sama dengan nilai P_1 dan P_4 .
6. Data diambil berdasarkan *recording* harian dari turbin gas unit 3.2.
7. Data perhitungan menggunakan data sebelum *inspection* (235 MW) dan setelah *inspection* (235 MW).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari skripsi ini, yaitu :

1. Dapat mengetahui performa dan eksergi turbin gas PT. Pembangkit X terhadap *Turbine Inspection*.
2. Mendapatkan ilmu dan pengalaman bagi penulis sehingga dapat diaplikasikan saat memasuki dunia kerja.
3. Menjadi referensi tambahan bagi mahasiswa – mahasiswa lain tentang performa dan eksergi turbin gas.

1.6. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Bab I : Pendahuluan
Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
- Bab 2 : Tinjauan Pustaka
Bab ini menjelaskan tinjauan pustaka secara umum dan khusus mengenai hal – hal yang berhubungan dengan penelitian.
- Bab 3 : Metode Penelitian
Bab ini berisi tentang sistematika penelitian ini akan dijalankan. Pada bab ini kita bisa melihat bagaimana proses penelitian ini berlangsung.
- Bab 4 Hasil dan Pembahasan
Bab ini berisi tentang analisis perhitungan pada penelitian ini dan penjelasannya.
- Bab 5 Kesimpulan dan Saran
Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis pada bab 4. Pada bab ini juga penulis menuliskan saran yang direkomendasikan oleh penulis berdasarkan penelitiannya.