

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi memainkan peran fundamental dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat karena energi merupakan salah satu indikator pertumbuhan ekonomi suatu negara, bahkan dalam pemenuhan kebutuhan energi telah menjadi sesuatu yang esensial dalam mewujudkan ketahanan nasional. Namun, kebutuhan akan energi ini semakin besar dari tahun ke tahunnya dan sayangnya tidak diimbangi oleh penyediaan energi yang mencukupi. Bahkan sebagian besar kebutuhan energi di dunia masih di dominasi oleh sumber energi yang tidak dapat diperbaharui seperti batu bara, gas alam dan minyak bumi (DPR-RI, 2021). Peningkatan kebutuhan energi ini haruslah diimbangi dengan sumber energi yang ada, sehingga perlu disadari pentingnya melakukan strategi atau langkah – langkah yang bertujuan melaksanakan penghematan energi (Suwandi, 2013).

Pertumbuhan ekonomi mempengaruhi konsumsi energi yang turut ikut bertambah, terutama pertumbuhan energi pada sektor industri. Sektor industri di Indonesia sendiri terlihat tampak masih belum mendapat perhatian serius untuk melaksanakan program penghematan energi (Siregar, 2015). Berdasarkan Tabel 1.1. pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2021 khususnya untuk sektor industri menunjukkan pada tahun 2018 konsumsi energi mencapai hingga 328 juta Setara Barel Minyak (SBM), dan kemudian pada tahun 2021 sempat mengalami penurunan hingga 317 juta SBM dikarenakan penetapan pembatasan sosial berskala besar (PSBB), bahkan sebagian pabrik bahkan harus berhenti beroperasi (Siregar, 2015).

Tabel 1.1 Konsumsi Energi di Indonesia (dalam juta SBM)

Sektor	2016	2018	2020	2021
Industri	265	328	339	317
Rumah Tangga	149	148	149	148
Komersial	41	43	41	43
Transportasi	341	399	364	388

Total	817	933	905	909
--------------	------------	------------	------------	------------

Berdasarkan pola yang terlihat pada Tabel 1.1 data konsumsi energi, proyeksi konsumsi energi pada sektor industri di masa depan, ada kemungkinan akan kembali meningkat setelah penurunan akibat pandemi. Jika pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi berlanjut, sektor industri bisa tumbuh sekitar 3% per tahun mendekati angka konsumsi pada sektor transportasi. Oleh karena itu, implementasi strategi hemat energi pada sektor industri perlu dilakukan beberapa cara antara lain dengan analisis performansi plant dengan mencakup audit energi, analisis performa, identifikasi pemborosan atau pengoptimalan proses. Pendekatan cara tersebut secara integrasi tentunya mempunyai tujuan untuk peningkatan efisiensi peralatan dan proses produksi. Analisis eksergi merupakan salah metode yang efektif untuk memahami dan meningkatkan efisiensi dalam sistem energi.

Hingga pada tahun 2025, pemerintah Indonesia merencanakan untuk melakukan penghematan energi di sektor industri sebesar 17%. Tabel 1.2. menunjukkan target penghematan energi untuk berbagai sektor pada tahun 2025. Pada Tabel tersebut terlihat potensi yang cukup besar peluang penghematan energi berkisar 10% - 30% (Wijaya *et al.*, 2017).

Tabel 1.2 Target Penghematan Energi Tahun 2025

Sektor	Potensi Penghematan Energi	Target Penghematan Energi	% dari Total Konsumsi Energi
Industri	10-30%	17%	41%
Komersial	10-30%	15%	5%
Transportasi	15-35%	20%	5%
Rumah Tangga	15-30%	15%	37%
Sektor Lain (Konstruksi, Pertanian dan Pertambangan)	15-30%	0%	4%

sumber: Draft rencana induk konservasi energi nasional, 2011.

Meningkatnya pembangunan nasional yang diimbangi dengan meningkatnya pertumbuhan penggunaan atau konsumsi energi di sektor industri memerlukan adanya solusi dalam persoalan energi tersebut. Terdapat dua langkah atau strategi penanganan yang coba ditawarkan oleh konferensi energi dunia, yang dikenal dengan *World Saving Energy*. Pertama, strategi yang dapat dilakukan ialah melakukan pengalihan dari penggunaan sumber energi fosil menjadi sumber daya alam yang dapat diperbarui. Kedua, melakukan penghematan penggunaan sumber daya alam dengan melakukan penekanan terhadap rugi – rugi mesin konversi energi khususnya pada skala industri dengan hemat energi (Tambunan, 2019).

Target yang sudah direncanakan oleh pemerintah terkait penghematan energi membuat beberapa industri telah berusaha untuk melakukan peningkatan efisiensi energi seperti kaitannya dalam peremajaan peralatan, pengoperasian peralatan secara tepat hingga penerapan program konservasi energi. Penghematan energi yang dilakukan oleh pelaku industri juga akan menguntungkan dalam hal segi finansial karena dana untuk penyediaan energi dapat ditekan, namun tentunya penghematan yang dilakukan tanpa mengurangi kualitas produk (Epani, 2016).

Sejalan dengan hal diatas membuat semakin pentingnya akan efisiensi operasi sistem untuk sektor industri. Usaha peningkatan efisiensi operasi ini salah satu alternatif caranya dengan melakukan analisa performansi pada sebuah *plant*. Umumnya metode pendekatan dalam melaksanakan analisis perfromansi pada *plant* dengan konsep analisis energi dengan berdasarkan hukum pertama termodinamika memiliki banyak kelemahan. Metode ini hanya memberikan output analisis aliran energi dalam proses tetapi tidak mampu memberikan output bagaimana kerusakan energi terjadi selama proses tersebut dan juga tidak mampu menilai kualitas energi yang tepat terpakai dalam sistem, oleh karena itu pada tahun 1824, seorang ilmuwan perancis merekomendasikan dasar dari analisis eksergi. Analisis eksergi ini digunakan dalam mengidentifikasi lokasi kerusakan eksergi atau kerugian energi (Nugraha, 2020).

Beberapa penelitian terkait dengan analisis eksergi berdasarkan hukum termodinamika dua, diantaranya penelitian Anggara (2022) yang melakukan

perhitungan analisis eksergi pada komponen turbin kondensor PLTU dan hasil analisis didapatkan *losses* eksergi terbesar terjadi saat pengambilan data ke 30 yaitu sebesar 43240 kW dengan kerusakan eksergi rata – rata sebesar 124401,6 kW. Semakin tinggi perbedaan temperatur lingkungan dan temperatur *inlet* fluida dingin pada kondensor, maka efisiensi mengalami peningkatan, namun efisiensi kondensor PLTU dipengaruhi juga oleh laju aliran masa. Penelitian selanjutnya dari Utomo (2019) melakukan analisis eksergi dan energi tiap komponen pada pembangkit dengan kondisi ideal. Hasil analisis kerusakan eksergi terbesar terdapat pada *boiler* untuk kondisi ideal sekitar 879,94 MW dan efisiensi eksergi 49,83%. Nilai efisiensi energi dan eksergi kondisi operasi ideal lebih besar dibandingkan nilai efisiensi kondisi operasi aktual. Penelitian selanjutnya dari Dharmakusuma (2020) melakukan perhitungan analisis eksergi pada saat *boiler* beroperasi beban penuh 28 MW. Hasil kerusakan eksergi terbesar terletak pada komponen *combustor* sebesar 86,87 MW, sedangkan pada komponen *heat exchanger* memiliki kerusakan eksergi sebesar 31,56 MW. Semakin besar *flow steam* yang mengalir pada *boiler* maka efisiensi eksergi dan kerusakan eksergi *boiler* akan berkurang. Penelitian selanjutnya dari Hamzah (2020) melakukan analisis eksergi di PLTU Jenepoto 1 x 135 MW. Analisis eksergi dengan perhitungan kerusakan eksergi dapat mengidentifikasi lokasi penurunan nilai performansi komponen. Kerusakan eksergi terbesar terjadi di *boiler* sekitar 163,970 MW tahun 2018, 179,450 MW tahun 2019 dan 199,637 tahun 2020. Penelitian selanjutnya dari Rachman (2020) melakukan studi eksergi siklus *steam flash* dan siklus kalina sebagai pembanding pada sistem operasi *WHR power generation*. Pemakaian fluida air dengan siklus SFC memiliki kerugian eksergi sistem sebesar 19,90 MW dengan kerja *output* komponen turbin sebesar 7,30 MW, sedangkan pemakaian fluida ammonia-air dengan siklus kalina memiliki kerugian eksergi sistem sebesar 18,11 MW dengan kerja *output* komponen turbin sebesar 8,90 MW. Kerugian eksergi tertinggi terletak pada komponen turbin disebabkan karena pengaruh gesekan fluida ammonia-air terhadap sudu turbin tinggi. Penelitian selanjutnya dari Aloanis (2021) melakukan analisis eksergi di PLTPB Lahendong Unit-2. Efisiensi eksergi tertinggi dimiliki oleh komponen separator sebesar 99,74% dengan efisiensi eksergi keseluruhan

pembangkit sekitar 45,01%. Optimasi juga dilakukan dengan menggunakan pemrograman python dan menghasilkan kenaikan nilai daya keluaran pembangkit dari 13000 kW menjadi 13035,48 kW. Peningkatan kualitas uap dan *flowrate* massa uap yang menyebabkan terdapat peningkatan daya.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka konsep terkait analisis eksergi mampu memberikan gambaran lebih baik dalam menjabarkan kerusakan eksergi dan menawarkan perspektif yang lebih lengkap tentang efisiensi sistem dan potensi perbaikan pada proses sistem. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan mengangkat isu terkait analisis eksergi yang terdapat di *plant gas processing* PT. XYZ pada unit penyediaan *steam*.

1.2. Perumusan Masalah

Latar belakang yang diuraikan pada Poin 1.1 menghasilkan perumusan masalah dalam membantu penelitian berjalan lebih efektif sebagai berikut:

1. Suatu *plant* diharapkan mampu beroperasi secara optimal sehingga sistem pada unit 46 penyediaan *steam* akan beroperasi pada kondisi dekat dengan kondisi desain.
2. Perlunya gambaran performansi *plant* yang jelas pada sistem unit penyediaan *steam* berdasarkan metode analisis eksergi sehingga mengetahui seberapa besar kerusakan eksergi dan efisiensi eksergi komponen selama proses sistem.

2.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk menjawab perumusan masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya. Tujuan penelitian ini difokuskan untuk menganalisa dan mengetahui konsep agar mampu menjelaskan situasi penelitian sehingga memperoleh gambaran manfaat dari hasil penelitian. Tujuan penelitian yang ingin dicapai diantaranya adalah

1. Menganalisis kinerja pada unit penyediaan *steam* dan unit *process* di *Gas Processing Plant* PT. XYZ berdasarkan perspektif analisis eksergi dengan

kondisi normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan.

2. Mengidentifikasi laju kerusakan eksergi dan efisiensi eksergi pada tiap komponen pada unit penyediaan *steam* dan unit *process* sehingga menemukan beberapa rekomendasi terkait proses dalam sistem.

2.2. Manfaat Penelitian

Pada bagian ini, menggambarkan manfaat atas penelitian yang dilakukan dan selanjutnya dituangkan pada beberapa gambaran terhadap manfaat hasil penelitian. Beberapa manfaat yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini mampu memiliki peran serta bagaimana usaha mengurangi rugi – rugi (*losses*) yang terjadi pada unit penyediaan *steam*.
2. Hasil penelitian ini mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan unjuk kerja pengoperasian pada unit penyediaan *steam*.
3. Hasil penelitian ini menjadi rujukan atau petunjuk penelitian berikutnya yang membahas analisis eksergi pada suatu unit penyediaan *steam*.
4. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai realisasi kompetensi kelulusan Program Pasca Sarjana Magister Energi Universitas Diponegoro.

2.3. Orisinalitas Penelitian

Hasil penelitian yang sudah dilakukan sesuai dengan bidang serupa diambil untuk dilakukan analisa perbedaan penelitian yang akan dilaksanakan oleh penulis. Tabel 1.3 memberikan rangkuman penelitian terdahulu.

Tabel 1.3 Ringkasan penelitian terdahulu.

No.	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1.	Egi Robby Anggara, Yogi Sirodz Gaos dan Irvan Wiradinata, 2022	<i>Analisis Eksergi Kondensor pada PLTU Batu bara Kapasitas 65 MW Bukit Asam</i>	• Penelitian dilakukan di PLTU Bukit Asam Palembang, Sumatera Selatan. • Menyajikan perhitungan analisis eksergi pada sistem kondensor PLTU dengan kesimpulan memberikan gambaran besaran <i>exergy losses</i> dan efisiensi eksergi pada sistem.	• Penelitian dilakukan di salah satu KKKS <i>plant gas processing</i> PT. XYZ Aceh, pada unit 46 penyediaan <i>steam</i> dan <i>steam user</i>. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat.
2.	Armando Ariakta, Heindrich, Alfrie dan Jeferson, 2021.	<i>Analisis Eksergi dan Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit-2</i>	• Penelitian dilakukan di Fas. Produksi Listrik PT.PLN, ULPLTP Lahendong Unit-2. • Menyajikan analisis eksergi dan optimasi efisiensi pembangkit menggunakan algoritma genetik dengan pemrograman <i>Phyton</i>.	• Penelitian dilakukan di salah satu KKKS <i>plant gas processing</i> PT. XYZ Aceh, pada unit 46 penyediaan <i>steam</i> dan <i>steam user</i>. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan

Tabel 1.3 Ringkasan penelitian terdahulu (lanjutan).

No.	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
3.	Arfidian Rahman dan Benny Arianto, 2020.	<i>Studi Eksergi Siklus Steam Flash dan Siklus Daya Kalina Pada Sistem Operasi Waste Heat Recovery Power Generation</i>	• Penelitian dilakukan di Indarung V PT. Semen Padang. • Menyajikan proses perhitungan energi yang melibatkan proses perhitungan energi masuk, energi keluar, konsumsi energi dan efisiensi eksergi sistem.	variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat.

Tabel 1.3 Ringkasan penelitian terdahulu (lanjutan).

No.	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
4.	Muhammad Difa, Belyamin dan Widiyatmoko, 2020.	<i>Analisis Eksergi pada Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)</i>	• Objek penelitian merupakan <i>boiler</i> PLTU unit kedua milik PLTU Makmur Sejahtera Wisesa 2x30 MW Kalimantan Selatan. • Menyajikan metode perhitungan efisiensi <i>boiler</i> dengan <i>direct method</i> dan metode kerusakan eksergi.	• Penelitian dilakukan di salah satu KKKS <i>plant gas processing</i> PT. XYZ Aceh, pada unit 46 penyediaan steam dan <i>steam user</i>. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat.
5	M.S.K Tony Suryo Utomo, Eflita Yohana dan Ignatius Apriyanto, 2019.	<i>Exergy and Energy Analysis of a Steam Power Plant Unit 3 at Tanjung Jati B with a Capacity of 600 MW.</i>	• Penelitian dilakukan di PLTU Tanjung Jati B Unit 3 dengan kapasitas 600MW. • Menyajikan analisis eksergi dan energi tiap komponen pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kondisi ideal dan aktual menggunakan <i>software cycle tempo</i>	• Penelitian dilakukan di salah satu KKKS <i>plant gas processing</i> PT. XYZ Aceh, pada unit 46 penyediaan <i>steam</i> dan <i>steam user</i>. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan

Tabel 1.3 Ringkasan penelitian terdahulu (lanjutan).

No.	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
6.	Neni Opin Wijaya, Gunawan Nugroho dan Sarwono, 2012.	<i>Analisa Eksergi dan Termoekonomi pada Plant Penstabilan Kondensat</i>	• Penelitian dilakukan di <i>Plant Onshore Processing Facilities</i> milik PT. Santos Indonesia Pty Ltd. • Menyajikan analisa eksergi, rugi eksergi dan biaya rugi eksergi pada sistem penstabilan kondensat dengan simulasi <i>software Visual Basic 6.0</i>	variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat. • Penelitian dilakukan di salah satu KKKS <i>plant gas processing</i> PT. XYZ Aceh, pada unit 46 penyediaan <i>steam</i> dan <i>steam user</i>. • Menyajikan perhitungan dan analisis kerusakan dan efisiensi eksergi dalam normal operasi, maksimum operasi dan variasi temperatur lingkungan dengan sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat.

State of the arts (kebaruan) dari penelitian ini adalah penelitian akan dilakukan di salah satu KKKS (Kontraktor Kontrak Kerja Sama) *plant gas processing* yang beroperasi di Aceh, pada unit penyediaan *steam*. Secara detail perbandingan dengan penelitian lain sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.3 Ringkasan penelitian terdahulu adalah penelitian ini melakukan analisis kesetimbangan eksergi setiap kondisi aliran fluida menggunakan perangkat lunak *microsoft excel* pada unit sistem dengan total aliran sekitar 52 aliran dan 19 komponen alat yang terdiri dari *boiler*, pompa, *deaerator*, *flash drum* dan beberapa alat penukar panas (*steam user* pada unit lain). Untuk list detail nama aliran dan daftar tiap komponen alat dapat mengacu ke bab 3 pada Tabel 3.2 dan 3



