

STUDI PENGARUH *PRESSURE DROP* TERHADAP EFISIENSI *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR*#1.2 BERBASIS SIMULASI CHEMCAD

Inayatul Maula¹, Asalil Mustain¹, Ade Sonya Suryandari¹, Akhmad Hariadi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²PT Indonesia Power UPJP Perak-Grati, Jl. Raya Surabaya – Probolinggo KM. 73, Pasuruan, Indonesia

inayatulm.13@gmail.com, [asalil89@polinema.ac.id]

ABSTRAK

PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap) adalah instalasi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gas dan uap untuk menghasilkan listrik. Bahan bakar yang digunakan pada PLTG berupa gas alam yang dibakar pada ruang bakar dengan udara dari atmosfer yang telah dikompres. Hasil dari pembakaran gas alam menghasilkan gas yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi yang akan memutar turbin gas. Gas buang dari *Gas Turbine* (GT) masih memiliki tekanan dan *temperature* yang tinggi sehingga dimanfaatkan kembali sebagai media pemanas dari *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Fungsi HRSG adalah untuk memanaskan air menjadi steam yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi. Steam hasil dari HRSG akan memutar sudu-sudu turbin yang nantinya akan menghasilkan listrik. Adanya peranan penting HRSG, maka perlu dilakukan perhitungan efisiensi panas HRSG blok 1.2. Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh variasi *pressure drop* terhadap efisiensi HRSG. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah air menjadi uap dan juga energi yang disuplai dari gas buang turbin dapat diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD. Jumlah energi yang hilang juga dapat diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD 7.1.2. Hasil simulasi *software* ChemCAD dengan melakukan *case study* yang memvariasikan *pressure drop* pada alat *LNG Exchanger* didapatkan efisiensi panas HRSG 1.2 sebesar 51,296% dan *heat losses* sebesar 176852833,33 kJ/jam.

Kata kunci: Efisiensi panas, *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG), simulasi ChemCAD

ABSTRACT

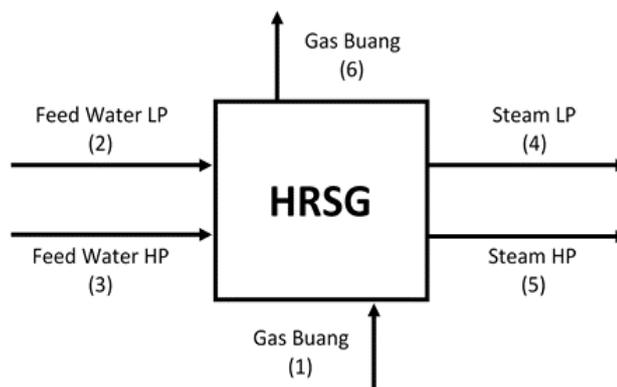
PLTGU (*Steam Gas Power Plant*) is a power plant installation that uses gas and steam power to generate electricity. The fuel used in the PLTG is in the form of natural gas which is burned in the combustion chamber with compressed air from the atmosphere. The result of combustion of natural gas produces gas that has high pressure and temperature which will turn the gas turbine. The exhaust gas from *Gas Turbine* (GT) still has high pressure and temperature so it is reused as a heating medium for the *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). The function of HRSG is to heat water into steam which has high pressure and temperature. The steam from HRSG will rotate the turbine blades which will produce electricity. With the important role of HRSG, it is necessary to calculate the heat efficiency of HRSG block 1.2. The research objective was to study the effect of *pressure drop* variations on HRSG efficiency. The amount of energy needed to convert water into steam and also the energy supplied from the turbine exhaust gas can be determined by using ChemCAD simulation software. The amount of energy lost can also be determined by using ChemCAD 7.1.2 simulation software. The simulation results of ChemCAD software by conducting a *case study* varying the *pressure drop* on the *LNG Exchanger*. The heat efficiency of HRSG 1.2 is 51.296% and *heat losses* of 176852833.33 kJ/hour.

Keywords: Heat efficiency, *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG), ChemCAD simulation

1. PENDAHULUAN (bold 12 pt)

PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap) adalah instalasi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gas dan uap untuk menghasilkan listrik. Bahan bakar yang digunakan pada PLTG berupa gas alam yang dibakar pada ruang bakar dengan udara dari atmosfer yang telah dikompres. Hasil dari pembakaran gas alam menghasilkan gas yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi yang akan memutar turbin gas. PLTGU PT Indonesia Power Perak Grati menggunakan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) sebagai pemanas untuk penghasil *steam*. Air proses adalah komponen utama dalam keberlangsungan industri penyedia tenaga listrik (*power plant*). Air tersebut menjadi umpan utama untuk unit *boiler* yang dikonversi menjadi uap bertekanan (*steam*) yang energinya dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak turbin [1]. HRSG merupakan *boiler* yang memanfaatkan energi panas sisa gas buang dari GT (*Gas Turbine*) untuk memanaskan air dan mengubahnya menjadi *steam* dengan suhu dan tekanan tinggi, kemudian *steam* tersebut dipergunakan untuk menggerakkan ST (*Steam Turbine*). HRSG juga sangat bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar yang dipakai pada unit GT yang selanjutnya akan menggerakkan ST [2]. Kapasitas produksi uap yang dapat dihasilkan HRSG tergantung pada kapasitas energi panas yang masih mengandung gas buang dari unit GT. Unit GT pada dasarnya beroperasi pada putaran tetap, aliran udara masuk kompresor juga tetap, perubahan beban turbin yang tidak konstan dengan aliran bahan bakar tetap, sehingga suhu gas buang juga berubah mengikuti perubahan GT [2].

HRSG adalah suatu komponen kesatuan antara turbin gas dan turbin uap pada sistem siklus kombinasi (*combine cycle*) power plant. Air yang masuk HRSG merupakan air dari *Condensate Extraction Pump* (CEP) yang telah melewati proses pemanasan awal. Aliran air masuk pada HRSG terbagi menjadi dua, yaitu aliran *Low Pressure* (LP) dan *High Pressure* (HP). Begitu juga dengan steam yang dihasilkan juga terbagi menjadi dua aliran LP dan HP [2].



Gambar 1. Diagram Blok *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG)

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah air menjadi uap dan juga energi yang disuplai dari gas buang turbin dapat diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD. Begitu juga dengan jumlah energi yang hilang dapat diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD. ChemCAD merupakan perangkat lunak yang paling lengkap dibidang sistem operasi unit suatu instalasi proses. Program ini dapat digunakan untuk melakukan perhitungan desain baru (*sizing*) atau mengevaluasi dan mengoptimisasi suatu peralatan pabrik/plant yang sudah ada (*rating*) secara cepat [3]. Perangkat lunak ini bersifat interaktif karena langsung

menginformasikan input yang kurang atau apabila ada kesalahan yang terjadi (*error*) pada saat digunakan [4]. Beberapa industri proses telah sukses menggunakan ChemCAD yang memberikan hasil perbandingan dengan realitas secara *excellent* [3].

Mengingat peranan HRSG sangat penting dalam proses pembuatan listrik di PLTGU, maka dilakukan perhitungan efisiensi panas HRSG blok satu di PLTGU PT Indonesia Power Perak Grati. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi panas HRSG yang meningkat jika panas yang hilang ke atau dari lingkungan (*losses*) dapat dikurangi. Efisiensi panas pada peralatan perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh laju perpindahan kalor, faktor gesekan, pola aliran fluida kerja, jenis material peralatan perpindahan panas, efektivitas perpindahan kalor, dan jenis alat perpindahan panas [5]. Selain itu, perhitungan ini juga dapat menunjang kelengkapan data biaya penyusutan yang merupakan biaya yang harus dikeluarkan tiap tahun oleh perusahaan agar dapat memperkirakan biaya yang harus dikeluarkan saat peralatan tersebut harus dikeluarkan saat peralatan tersebut harus diganti karena umur pemakaian. Biaya penyusutan alat berguna untuk memperkirakan pengeluaran yang harus dikeluarkan tiap tahun agar perusahaan dapat langsung melakukan pengadaan ketika alat sudah harus diganti [6].

Setelah mendapat informasi dan beberapa data yang akan digunakan untuk perhitungan dari *Central Control Room* (CCR) PT Indonesia Power Perak Grati maka dilakukan perhitungan efisiensi panas dari HRSG blok satu dengan simulasi software ChemCAD. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh variasi *pressure drop* terhadap efisiensi HRSG. Dalam simulasi ini dilakukan *case study* yang memvariasikan *pressure drop* antara gas masuk ke HRSG dengan gas keluaran HRSG. Nilai *pressure drop* yang divariasikan yaitu 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 kPa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Simulasi proses dengan *software* ChemCAD 7.1.2 HRSG Blok satu dilakukan dengan memasukkan data yang diperoleh dari *Central Control Room* (CCR) PT Indonesia Power UPJP Perak Grati. Simulasi dilakukan untuk mendapatkan besar energi panas yang terkandung dalam gas buang yang diberikan kepada HRSG (*Q_{in}*) atau *Q* yang disuplai yang nantinya dapat diketahui setelah melakukan simulasi *software* ChemCAD. Begitu juga dengan energi yang berhasil diserap oleh HRSG dan energi yang hilang (*losses*) juga dapat diketahui setelah melakukan simulasi *software* ChemCAD.

2.1. Data Proses

Data dari *Central Control Room* (CCR) PT Indonesia Power UPJP Perak Grati yang dimasukkan kedalam *software* ChemCAD.

Tabel 1. Data *Central Control Room* (CCR) 1 Maret 2019

Komponen	STREAM 1 (STEAM)		STREAM 2 (LP)		STREAM 3 (HP)	
	mass fract.	mass (kg/jam)	mass fract.	mass (kg/jam)	mass fract.	mass (kg/jam)
O ₂	0,16	185760	0	0	0	0
N ₂	0,724	840564	0	0	0	0
CO ₂	0,045	52245	0	0	0	0

H ₂ O	0,058	67338	1	30891,6	1	139579,2
Ar	0,013	15093	0	0	0	0
TOTAL	1	1161000	1	30891,6	1	139579,2

Tabel 2. Data *Central Control Room* (CCR) HRSG 1.2 Bulan Maret 2019

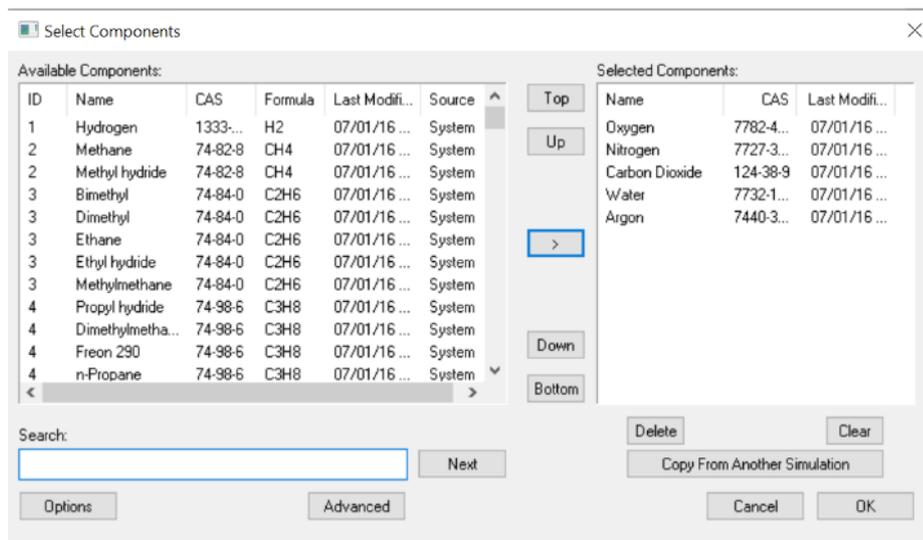
Tanggal	Feed Water			
	Temperature (°C)		Pressure (kPa)	
	LP	HP	LP	HP
1/3/2019	136,8	139,3	1546	11110,00

Tabel 3. Log Sheet Unit HRSG 1.2 Tanggal 1 Maret 2019

Unit	Parameter	Satuan	Nilai
GT 1.2	Combustor Pressure	kPa	866,9
	Exhaust. Temperature	°C	530

2.2. Desain Proses Overall

Langkah awal membuka *software* ChemCAD dan memasukkan komponen yang akan digunakan dengan mengklik “*select component*” lalu pilih komponen *Oxygen, Nitrogen, Carbon Diokside, Water dan Argon*.

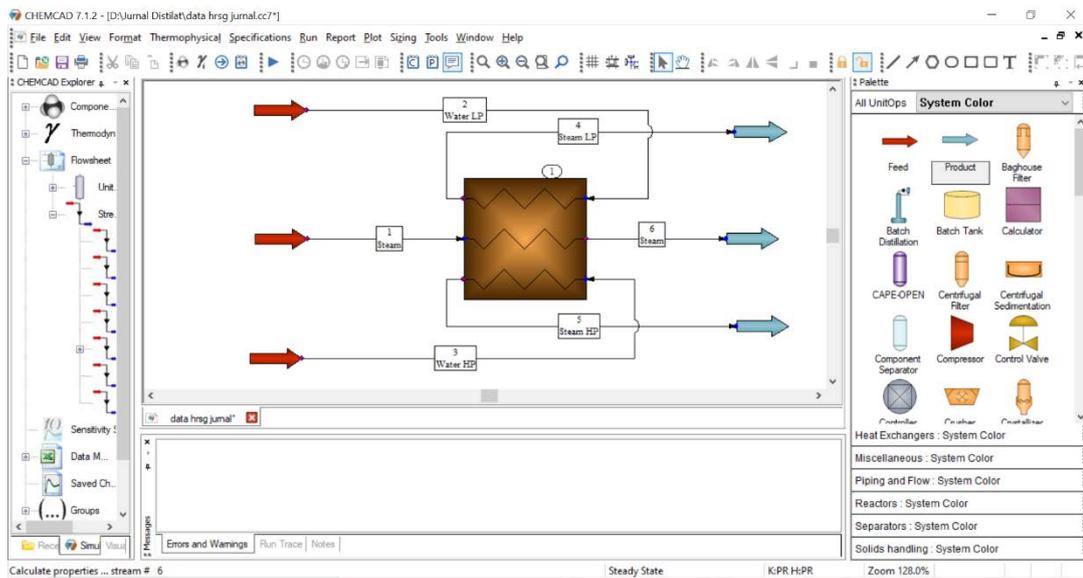


Gambar 2. Cara memasukkan komponen

Pilih model termodinamika *Peng Robinson* (PR) pada pengaplikasian perhitungan efisiensi panas HRSG dengan simulasi *software* ChemCAD. *Peng Robinson* (PR) telah dimutakhirkan sedemikian rupa sehingga kalkulasi kesetimbangan fasa bisa mempunyai keberlakuan untuk sistem temperatur rendah kriogenik sampai temperatur tinggi dan

tekanan tinggi di system. *LNG Exchanger* digunakan karena melibatkan gas alam dalam proses pemanasan.

Masuk ke simulasi pada lembar kerja ChemCAD tambahkan *stream* sejumlah 6 dan beri nama masing-masing stream sesuai dengan gambar diagram alir. Lalu pilih *LNG Exchanger* sebagai alat yang akan digunakan. Atur stream masuk dan keluar sesuai dengan gambar diagram alir. Memasukkan masing-masing komposisi dan kondisi pada masing-masing stream sesuai dengan data yang diperoleh dari *Central Control Room (CCR)*. Data yang dimasukkan adalah suhu, tekanan dan massa. Setelah memasukkan data klik “Flash” dan “OK”.



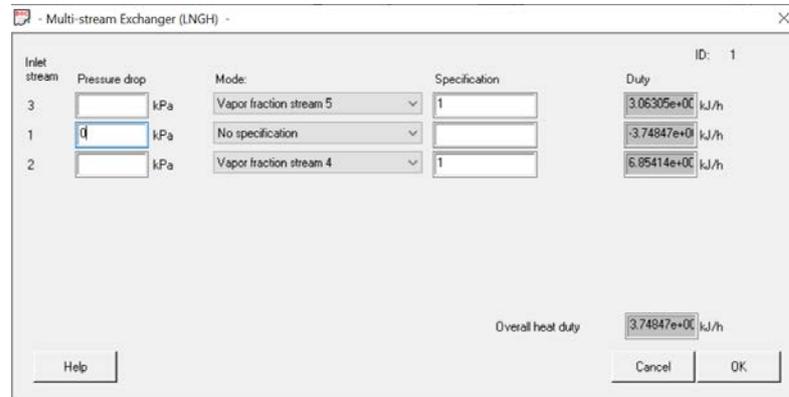
Gambar 3. Tampilan lembar kerja ChemCAD 7.1.2



Gambar 4. Data *streams* aliran *steam*

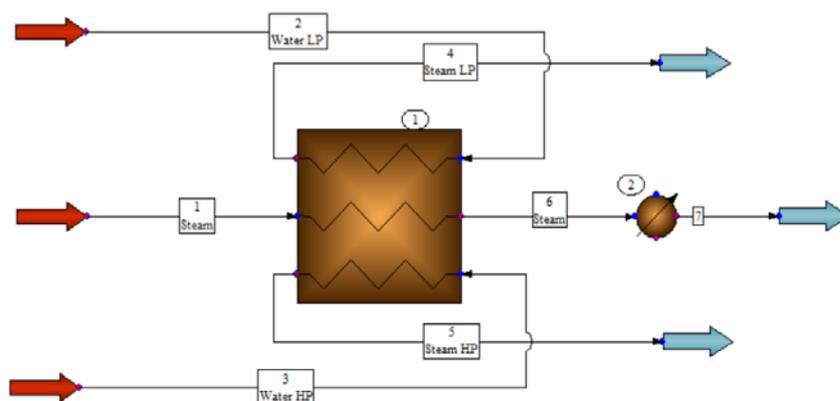
Pada alat *LNG Exchanger* atur aliran gas masuk – keluar menjadi tipe aliran panas (*hot*) dan aliran air masuk – keluar menjadi tipe aliran dingin (*cold*). Memasukkan *pressure drop*

dalam aliran gas masuk-keluar. Karena pressure drop aliran gas masuk dan keluar tidak diketahui, maka gunakan *case study* untuk memvariasikan *pressure drop*. Klik “Run All” untuk menjalankan simulasi.



Gambar 5. *Case study pressure drop* pada LNG Exchanger

Pasang *cooler* dengan stream gas keluar sebagai umpan masuk *cooler* karena suhu aktual gas keluaran HRSG lebih rendah daripada suhu teoritis. Amati dan catat jumlah energi yang terbaca pada tiap-tiap *pressure drop* gas masuk – gas keluar. Serta amati jumlah energi yang dihasilkan *cooler* dan catat sebagai *heat losses*. Dari hasil simulasi ChemCAD hitung *efisiensi* panas dengan memanfaatkan data yang sudah didapatkan.



Gambar 6. Rangkaian proses simulasi HRSG secara *overall* menggunakan simulasi ChemCAD

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi HRSG dapat diketahui melalui perbandingan jumlah energi yang diserap (Q_i) dengan energi yang di suplai (Q_s). Jumlah energi tersebut bisa didapatkan melalui simulasi *software* ChemCAD dengan alat *LNG Exchanger* dan *fluid package Peng Robinson*. Namun dikarenakan data tekanan gas buang dari HRSG tidak diketahui sehingga pada simulasi *software* ChemCAD kali ini digunakan *case study*. *Case study* digunakan untuk memvariasikan *pressure drop* antara gas masuk ke HRSG dengan gas keluaran HRSG.

Hasil dari *Case study* pada *software* ChemCAD ternyata menunjukkan bahwa *pressure drop* antara gas masuk ke HRSG dengan gas keluaran HRSG tidak berpengaruh besar terhadap

temperatur gas keluaran HRSG. Suhu gas keluaran HRSG yang didapatkan pada simulasi *software* ChemCAD ternyata tidak sesuai dengan temperatur aktual dari HRSG. Temperatur aktual lebih rendah dari temperatur teoritis. Hal ini mengindikasikan adanya energi panas (Q) yang hilang atau *heat losses* pada alat HRSG.

Heat losses dapat diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD. Gas keluaran LNG Exchanger didinginkan menggunakan *cooler* dengan mengatur temperatur gas buang sama dengan temperatur aktual HRSG. Terjadinya penurunan suhu membutuhkan energi. Energi yang terbaca pada alat *cooler* inilah yang dianggap sebagai jumlah energi yang hilang atau *heat losses* dari alat HRSG. *Heat losses* yang terbaca pada *software* ChemCAD dapat digunakan untuk menghitung efisiensi panas dari alat HRSG, dimana:

$$\eta = \frac{Q_s}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$Q_s = Q_{in} - Q_{loss}$$

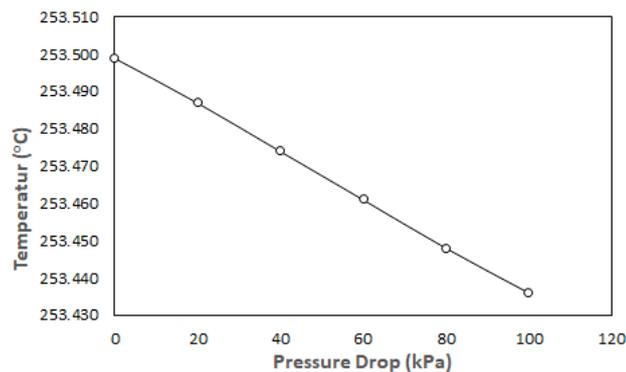
Keterangan :

η	=	efisiensi panas (%)	
Q_s	=	Q yang diserap (kJ/jam)	
Q_{in}	=	Q yang disuplai (kJ/ jam)	
Q_{loss}	=	Q yang hilang (kJ/ jam)	[7]

Data dari hasil simulasi *software* ChemCAD digunakan untuk mencari efisiensi panas HRSG 1.2 dengan menggunakan *case study* yang memvariasikan *pressure drop* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi

Pressure Drop (kPa)	Temperature (°C)	Duty 2-4 (kJ/jam)	Duty 3-5 (kJ/jam)	Duty 3-5 (kJ/jam)	Q loss (kJ/jam)	Efisiensi
0	253,499	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176975000,00	51,262%
20	253,487	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176926000,00	51,275%
40	253,474	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176877000,00	51,289%
60	253,461	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176828000,00	51,302%
80	253,448	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176780000,00	51,316%
100	253,436	68449000,000	294666000,000	363115000,000	176731000,00	51,329%



Gambar 7. Grafik hubungan antara *pressure Drop* terhadap *temperature* keluaran HRSG

Gambar 7 menunjukkan bahwa *pressure drop* antara gas masuk HRSG dan gas keluar HRSG tidak berpengaruh terhadap suhu gas keluaran HRSG. Jadi, suhu aktual pada alat HRSG seharusnya sama dengan suhu teoritis dari simulasi *software* ChemCAD. Dari semua *pressure drop* yang divariasikan, dapat diketahui *efisiensi* HRSG dengan nilai rata-rata efisiensi panas HRSG pada tanggal 1 Maret 2019 sebesar 51,296%. *Heat losses* yang diketahui dengan simulasi *software* ChemCAD rata-rata sebesar 176852833,33 kJ/jam.

Heat losses diduga karena adanya kebocoran valve di dalam sistem. Adanya *heat losses* diduga bisa berpengaruh pada proses pemanasan air menjadi uap kering. Dari data yang didapatkan dari *Central Control Room* (CCR) menunjukkan bahwa tidak semua umpan air berhasil diuapkan. *Continuous Blow Down* (CBD) pada HRSG sangat juga berpengaruh terhadap jumlah steam yang dihasilkan. CBD dilakukan untuk mengatasi *troubleshooting* yang ada pada

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi *software* ChemCAD dengan menggunakan data *Central Control Room* (CCR) serta melakukan *case study* yang memvariasikan *pressure drop* pada alat *LNG Exchanger* didapatkan efisiensi panas HRSG 1.2 pada tanggal 1 Maret 2019 sebesar 51,296% dan *heat losses* sebesar 176852833,33 kJ/jam.

REFERENSI

- [1] Suryandari, A. S., Mustain, A., Pratama, D. W., Maula, I., 2019, Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO₂-Karbon Aktif Terhadap Muru Air Limbah Power Plant, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 3, No. 2, Hal 95-101.
- [2] Hariadi, A., 2014, Proses HRSG, Laporan Kerja tidak diterbitkan, PT. Indonesia Power UBP Perak-Grati.
- [3] CHEMCAD, CHEMCAD Process Simulation for Equipment Manufacturers, http://www.norpar.com/brochures/chemcad/chemcad_equipment.pdf
- [4] Dibyo, S., 2012, Aplikasi Program CHEMCAD.6.1.4 Untuk Desain Pembangkit Uap PWR, Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir, Hal 101-111.
- [5] Fairy, P., Widiono, B., Ma'arif, M. F., 2020, Evaluasi Waste Heat Boiler Pada Unit Sulfuric Acid IIIA PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur, Jurnal Distilat, Vol. 6, No. 1, Hal 21-29.
- [6] Nizam, M. Y., Suryandari, A. S., 2020, Analisis Ekonomi Boiler Water Tube Pada Pabrik Triasetin dari Asam Asetat dan Gliserol, Jurnal Distilat, Vol. 6, No. 2, Hal 198-206.

- [7] Pratiwi, I.W., Cahyani, M.K., 2018, Perhitungan Efisiensi Panas HRSG#1 PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Perak-Grati, Laporan Praktik Kerja Lapangan, Politeknik Negeri Malang.