

Analisa Efisiensi Turbin Generator pada STG PLTGU Blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang

Raudlotul Jannah Al-Ihsany¹, Budi Sukoco², Agus Adhi Nugroho³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

^{1,2,3} Jl.Raya Kaligawe KM.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

Abstrak - Energi listrik menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Meningkatnya populasi serta kebutuhan energi listrik, membutuhkan pasokan energi listrik yang cukup. Untuk mengatasi besarnya permintaan akan kebutuhan energi listrik ini, pembangunan pembangkit listrik terus dilakukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Di satu sisi dengan berkembangnya pembangkit listrik juga munculnya permasalahan yaitu beberapa faktor permasalahan yang mempengaruhi besaran energi yang dihasilkan seperti besaran energi thermal, energi listrik yang dihasilkan generator serta efisiensi turbin generator. Yang mana tidak diatasi secara baik akan mengakibatkan berkurangnya pasokan energi listrik yang dihasilkan dikarenakan faktor – faktor tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui energi thermal yang dihasilkan melalui proses di HRSG, mengetahui energi listrik yang dihasilkan oleh generator Steam Turbin Generator (STG) PLTGU blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang, mengetahui efisiensi turbin generator berdasarkan daya masukan dan keluarannya. Parameter dalam penelitian ini adalah kondisi beban puncak pada tanggal 2, 5, 6 Agustus 2019. Variabel bebas adalah pola kerja mesin pembangkit listrik, yakni 3-3-1 (3GTG-3HRSG-1STG). variabel terikat adalah flow uap, tekanan, dan temperature pada pembangkit listrik PLTGU, GTG, HRSG, STG. Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan efisiensi menggunakan perhitungan software steam tab dan perhitungan interpolasi. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi PLTGU blok 1 dengan perhitungan software steam tab rata-ratanya adalah 71,89%, sedangkan dengan perhitungan interpolasi rata-ratanya adalah 71,89%. Dan hasil perhitungan efisiensi turbin generator dengan menggunakan software Steam Tab sebesar 63,83% yang dibandingkan dengan hasil perhitungan efisiensi turbin generator dengan metode interpolasi sebesar 63,85% menghasilkan selisih yang sangat kecil yaitu sebesar 0,02%. Perhitungan efisiensi dari ketiga HRSG, baik itu HRSG 1.1, 1.2 dan HRSG 1.3 didapat nilai dengan efisiensi yang lebih baik yaitu pada HRSG 1.3 sebesar 85,38%, yang mana hasil itu didapat karena telah dilakukan overhaul pada bulan Juli 2019.

Kata kunci : *PLTGU, Interpolasi, Efisiensi, Steam Tab*

I. PENDAHULUAN

PLTGU Tambak Lorok Semarang merupakan salah satu unit dari PT. Indonesia Power. PLTGU Tambak Lorok berdiri pada tahun 1996 dan mulai beroperasi pada tahun 1997. PLTGU Tambak Lorok terbagi menjadi 2 blok, masing-masing blok terdiri dari 3 *Gas Turbin Generator*, 3 *Heat Recovery Steam Generator*, dan 1 *Steam Turbin Generator*. PLTGU Tambak Lorok memiliki total kapasitas terpasang $\pm 1033,9$ MW yang terdiri dari 6 gas turbin generator berdaya 109,65 MW dan ada 2 steam turbin generator berdaya 188 MW. Kapasitas operasional saat itu dengan total 900 MW dan 1 steam turbin generatornya berdaya 50% dari 1 gas turbin generator [1]. Ada 3 jenis pola operasi PLTGU Tambak Lorok berdasarkan kondisi beban, pertama operasi pada waktu beban luar puncak yaitu PLTGU beroperasi dengan pola 2-2-1 yang berarti 2 unit GTG, 2 unit HRSG, dan 1 unit STG. Kedua, operasi pada waktu beban puncak yaitu

PLTGU beroperasi maksimal dengan pola 3-3-1 yang berarti 3 unit GTG, 3 unit HRSG, dan 1 unit STG. Ketiga, operasi pada waktu *weekend* yaitu PLTGU beroperasi dengan beban minimal yaitu pola 1-1-1 yang berarti 1 unit GTG, 1 unit HRSG dan 1 unit STG [2].

Permasalahan yang terjadi adalah bagaimana mengetahui efisiensi turbin generator. Hal ini dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh generator. Semakin tinggi nilai efisiensi turbin generatornya maka keandalan sistemnya juga semakin baik. Efisiensi turbin akan mengalami penurunan apabila terjadi penurunan beban (*derating*), unit *shutdown (trip)*, kurangnya pemeliharaan (*maintenance*), serta dari kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan. Dari munculnya beberapa faktor tersebut, akan berpengaruh terhadap besar kecilnya beban daya turbin terhadap uap yang dihasilkan. Bila beban yang diterima cukup tinggi, maka akan berdampak terhadap meningkatnya jumlah uap yang dibutuhkan begitu juga sebaliknya. Sehingga berdampak terhadap perputaran turbin generator dengan hasil daya *output* dari energi listrik yang dihasilkan.

Solusi untuk menangani atau mengurangi penurunan efisiensi turbin gas adalah diperlukan perbaikan, pembersihan, pergantian komponen dan pengaturan sudu-sudu turbin secara berkala.

Penelitian tentang Analisa Efisiensi Turbin Generator telah dilakukan antara lain : Analisa efisiensi PLTGU pada blok 1 PT. Indonesia Power UP Semarang dengan pola operasi 2-2-1 dan beban 70 MW, 80 MW, 90 MW, 100 MW sebesar 42,90% - 44,35%. sedangkan pada analisa efisiensi PLTGU blok 2 dengan pola 3-3-1 dan beban 70 MW, 80 MW, 90 MW, 100 MW sebesar 38,16% - 40,56% [2]. Peningkatan efisiensi thermal turbin gas pada unit 1, 2, 3 setelah overhaul [3]. Penurunan efisiensi HRSG disebabkan oleh penurunan massa alir feed water di dalam pipa pemanas boiler, terhambatnya perpindahan panas dari pipa pemanas ke *feed water* dan juga terdapat plug yang terjadi pada pipa-pipa pemanas boiler [4].

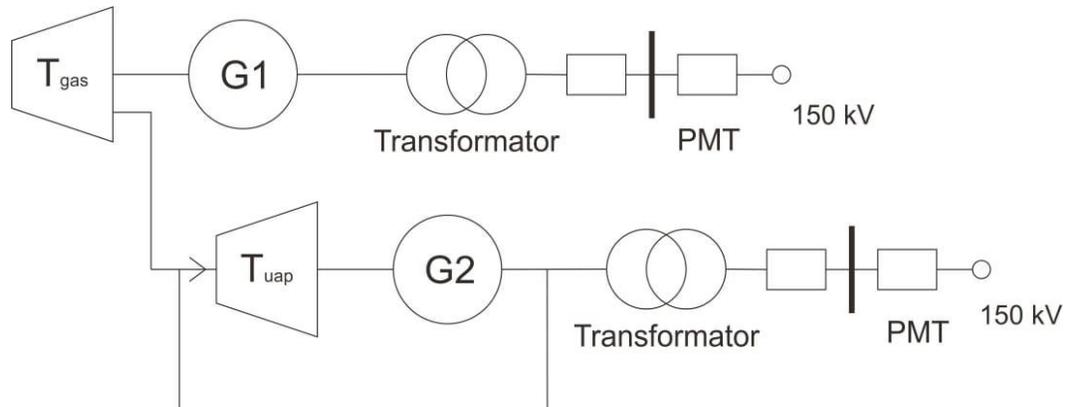
Penelitian ini memfokuskan pada perhitungan *Low Pressure Superheater*, perhitungan *High Pressure Superheater*, perhitungan energi dari proses *thermal* di HRSG pada pola operasi 2.2.1, 3.3.1. Dalam perhitungan dan analisa data menggunakan *software* Steam Tab. Data yang digunakan adalah pada beban puncak pada tanggal 2-6 Agustus 2019 jam 19.00.

II. TINJAUAN PUSTAKA/LANDASAN TEORI

PLTGU merupakan kombinasi PLTG dengan PLTU. Gas buang dari PLTG yang umumnya mempunyai suhu diatas 400°C, dimanfaatkan (dialirkan) ke dalam ketel uap PLTU untuk menghasilkan uap penggerak turbin uap. Dengan cara ini, umumnya didapat PLTU dengan daya sebesar 50% daya PLTG [5]. Pembangkit Listrik di PT. Indonesia Power Tambak Lorok Semarang dengan sistem *combined cycle* menggunakan bahan bakar natural gas. Tambak Lorok I *phase* I merupakan Pusat Listrik Tenaga Gas (*Simple Cycle*) beroperasi sejak tahun 1993 sampai sekarang. Sedangkan Tambak Lorok Blok II *phase* I dan Blok I *phase* II merupakan Pusat Listrik site Kombinasi (*Combined Cycle Power Plant*) mulai beroperasi tahun 1997 [2].

2.1. Model Penelitian

Dalam bab metodologi penelitian akan diuraikan metode-metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan sebuah penelitian



Gambar 2.1. Model Penelitian

Keterangan : T : Turbin Gas, T : Turbin Uap, G1 : Generator pada PLTG, G2 : Generator pada PLTGU, PMT : Pemutus Tenaga

2.1. Perhitungan Interpolasi

Interpolasi linier merupakan algoritma matematika yang dapat diterapkan untuk menaksir titik harga tengahan melalui suatu garis lurus pada setiap dua titik masukan yang berurutan. Interpolasi ini merupakan polinomial tingkat pertama dan melalui suatu garis lurus pada setiap dua titik masukan yang berurutan. Dua titik masukan tersebut digunakan untuk menaksir harga-harga tengahan diantara titik-titik data yang telah tepat. Metode yang paling sering digunakan untuk maksud ini adalah interpolasi polinomial. Rumus Interpolasi ini dapat dilihat pada persamaan (1)

$$Y = Y_1 + \frac{(X - X_1)}{(X_2 - X_1)} x(Y_2 - Y_1) \quad (1)$$

dengan :

Y_1 = Entalphy awal dari range nilai yang tersedia di tabel uap

Y_2 = Entalphy akhir dari range nilai yang tersedia di tabel uap

X_1 = Tekanan atau temperatur awal dari nilai yang tersedia di tabel uap

X_2 = Tekanan atau temperatur akhir dari nilai yang tersedia di tabel uap

X = Tekanan atau temperatur yang akan dicari nilai entalphy nya (jika tidak ada di tabel uap)

Y = Hasil atau nilai yang dicari (tidak ada di tabel uap)

Dan untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, seperti persamaan (2)

$$\eta_{generator} = \frac{Beban}{W_{t\ actual}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan :

$\eta_{generator}$: Efisiensi generator (%)

Beban : Daya Generator (MW)

$W_{t\ actual}$: Daya Aktual Turbin (MW)

2.2. Data Penelitian

Untuk mendapatkan data primer yang diinginkan, penulis menentukan objek penelitian yaitu data beban puncak, data operasi HRSG, data energi listrik yang dibangkitkan, sedangkan untuk data sekunder didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, ataupun penelitian-penelitian lain yang relevan. Pada HRSG terdapat pola operasi yang dilaksanakan yang dapat dijelaskan data operasi HRSG pola operasi 3-3-1 seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 dan untuk data operasi HRSG pola operasi 2-2-1 seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.3 :

Tabel 2.1 Data Tekanan, Suhu dan Aliran Massa Uap pada HP

Paramater	Tanggal								
	2 Agustus 2019			5 Agustus 2019			6 Agustus 2019		
	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3	HRSG 1.1	HRS G 1.2	HRSG 1.3	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3
P (bar(g))	74.34	74.48	73.84	74.24	74.38	73.80	73.80	73.94	73.31
T (°C)	506.65	509.00	512.1 9	506.50	508.5 8	508.05	506.41	508.43	512.40
Q (ton/jam)	152.98	149.15	113.8 6	151.79	149.2 7	114.77	152.74	148.13	113.50

Pada Tabel 2.1 menjelaskan *High Pressure Superheater* HRSG Blok I yang mana HRSG tersebut terdiri atas HRSG 1.1, HRSG 1.2, dan HRSG 1.3. Di dalam tabel tersebut menjelaskan beberapa parameter yang di antaranya P adalah *pressure* dalam satuan bar (*gauge*), T yaitu suhu pada *High Pressure Superheater* HRSG blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dalam satuan derajat Celcius, Q yang menjelaskan *Steam Flow* pada *High Pressure Superheater* HRSG Blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dengan satuan ton/jam pada tanggal 2, 5, dan 6 Agustus 2019.

Tabel 2.2 : Data Tekanan, Suhu dan Aliran Massa Uap pada LP *Superheater*

Paramater	Tanggal								
	2 Agustus 2019			5 Agustus 2019			6 Agustus 2019		
	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3
P (bar(g))	4,85	4,90	4,83	4,79	4,85	4,77	4,74	4,79	4,72
T (°C)	308,66	312,29	309,12	308,40	309,60	309,39	306,67	310,44	307,64
Q (ton/jam)	28,49	35,61	46,22	28,11	35,95	46,01	27,89	35,81	45,84

Pada Tabel 2.2 menjelaskan *Low Pressure Superheater* HRSG Blok I yang mana HRSG tersebut terdiri atas HRSG 1.1 , HRSG 1.2 , dan HRSG 1.3. Di dalam tabel tersebut menjelaskan beberapa parameter yang diantaranya P adalah *pressure* dalam satuan bar (*gauge*), T yaitu suhu pada *Low Pressure Superheater* HRSG Blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dalam satuan derajat *Celcius*, Q yang menjelaskan *Steam Flow* pada *Low Pressure Superheater* HRSG Blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dengan satuan ton/jam pada tanggal 2 , 5, dan 6 Agustus 2019.

Tabel 2.3 Data Tekanan, Suhu dan Aliran Massa Uap pada HP *Superheater* HRSG 1.1, 1.2, 1.3 dengan pola 2-2-1

Paramater	Tanggal					
	3 Agustus 2019			4 Agustus 2019		
	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3	HRSG 1.1	HRSG 1.2	HRSG 1.3
P (bar(g))	54,94	55,14	0,20	74,01	74,17	73,53
T (°C)	506,29	509,19	88,48	507,20	509,90	511,22
Q (ton/jam)	159,72072	156,35453	0	152,22581	147,58214	114,48177

Pada Tabel 2.3 menjelaskan *High Pressure Superheater* HRSG Blok I yang mana HRSG tersebut terdiri atas HRSG 1.1 , HRSG 1.2 , dan HRSG 1.3. Di dalam tabel tersebut menjelaskan beberapa parameter yang diantaranya P adalah *pressure* dalam satuan bar(*gauge*), T yaitu suhu pada *High Pressure Superheater* HRSG blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dalam satuan derajat Celcius, Q yang menjelaskan *Steam Flow* pada *High Pressure Superheater* HRSG Blok I unit 1, unit 2 dan unit 3 dengan satuan ton/jam pada tanggal 3, 4 Agustus 2019.

Tabel 2.4. Energi Listrik yang Dihasilkan oleh GT Generator pada pola 3-3-1

Energi Listrik (MW)	Tanggal		
	2 Agustus 2019	5 Agustus 2019	6 Agustus 2019
HRSG 1.1	92,83	93,53	93,64
HRSG 1.2	92,43	93,13	93,24
HRSG 1.3	92,80	93,50	93,39

Pada Tabel 2.4 menjelaskan Energi Listrik yang dihasilkan oleh Generator pada PLTGU Blok 1 di PT.Indonesia Power UP Semarang di tanggal 2, 5, 6 Agustus 2019. Data ini digunakan untuk mencari efisiensi Turbin Generator pada STG PLTGU Blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang.

Tabel 2.5. Energi Listrik yang Dihasilkan oleh GT Generator pada pola 2-2-1

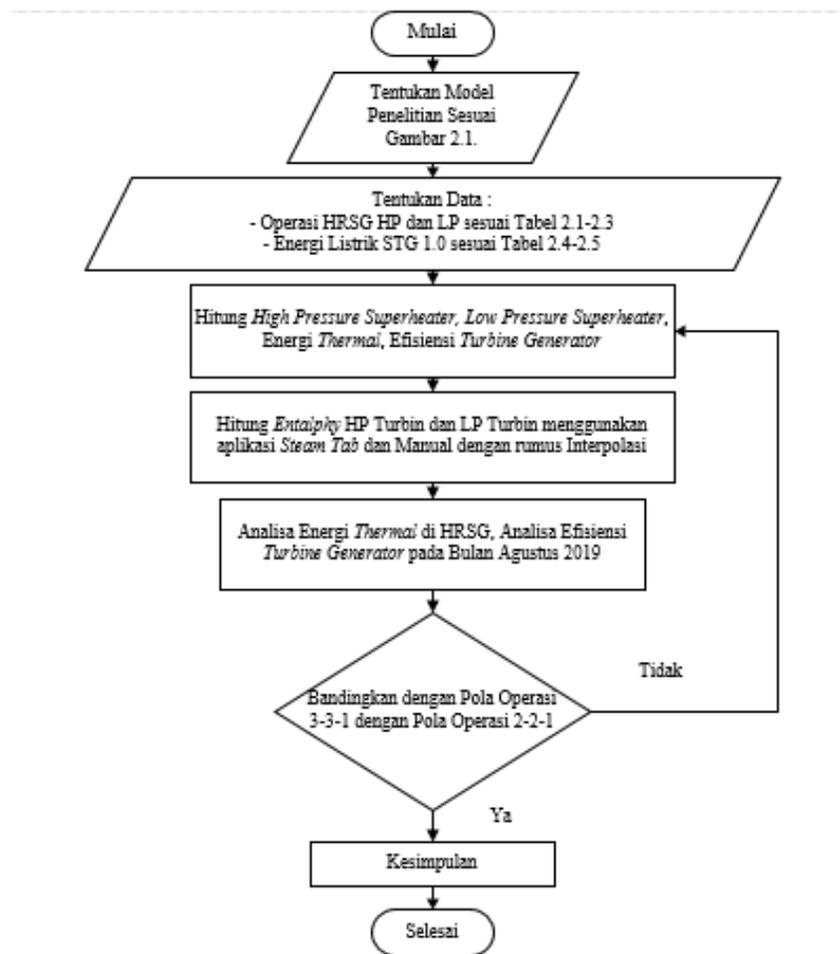
Energi Listrik (MW)	Tanggal	
	3 Agustus 2019	4 Agustus 2019
HRSG 1.1	69,94	93,03
HRSG 1.2	92,82	92,23
HRSG 1.3	0	92,67

Pada Tabel 2.5 menjelaskan Energi Listrik yang dihasilkan oleh Generator pada PLTGU Blok 1 di PT.Indonesia Power UP Semarang di tanggal 3, 4 Agustus 2019. Data ini digunakan untuk mencari efisiensi Turbin Generator pada STG PLTGU Blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan sebuah penelitian. Objek penelitian di PT. Indonesia Power UP Semarang. Penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data yaitu melakukan pengambilan data di bagian Operator PLTGU Blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang. Data yang diambil antara lain : Nilai Operasi HRSG HP dan LP *Superheater*, Nilai Energi Listrik yang dihasilkan oleh GT Generator.

Alur penelitian ini adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1



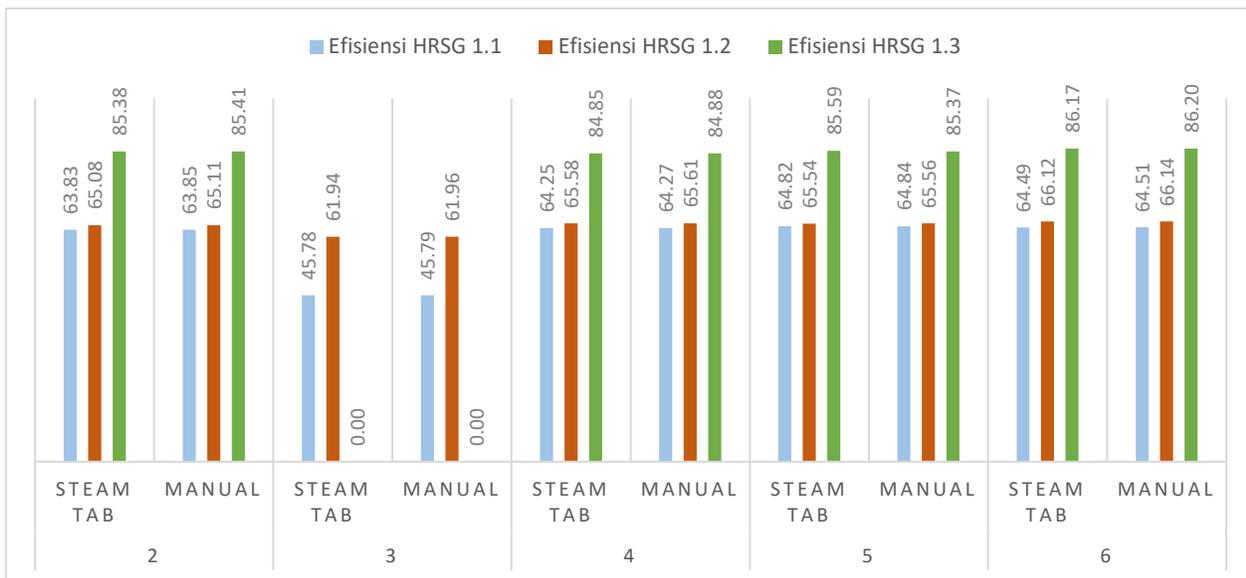
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pada penelitian ini dilakukan pada Turbin Generator STG blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang. Sebelum menggali dan menganalisa penelitian ini, maka tahap ini harus dilaksanakan secara seksama agar mencapai tujuan dari masalah ini

Perhitungan *High Pressure Superheater*, energi turbin, energi *output steam turbine generator* dimaksudkan untuk melangkah pada proses selanjutnya, yang mana bertujuan untuk menganalisa energi *thermal* di HRSG dan efisiensi turbin generator. Data dan Hasil Perhitungan dijelaskan pada Tabel 3.1.

Pada Tabel 2.1, diketahui P (bar(g)) merupakan nilai Tekanan (*Pressure*) dengan satuan bar(gauge). Sedangkan T(°C) adalah suhu (*Temperature*) dengan satuan derajat celcius. Dan Q (ton/jam) adalah laju uap (*steam flow*) dengan satuan ton/jam. Data parameter ini dipergunakan untuk menghitung nilai *enthalpy*, nilai energi *thermal*, dan nilai efisiensi turbin generator.



Gambar 4.1. Grafik perbandingan antara efisiensi dengan pola operasi 2-2-1 (tanggal 3-4 Agustus 2019) dan pola operasi 3-3-1 (tanggal 2, 5, 6 Agustus 2019)

Gambar 3.1 memperlihatkan pengaruh pola operasi terhadap efisiensi turbin generator dari sistem PLTG dan PLTGU. Pola 2-2-1 yaitu pola yang tersusun atas 2 turbin gas, 2 HRSG dan 1 turbin uap. Pola 3-3-1 yaitu pola yang tersusun atas 3 turbin gas, 3 HRSG, dan 1 turbin uap. Dilihat pada Gambar 4.10, nilai efisiensi tertinggi pada pola operasi 2-2-1 terdapat pada tanggal 4 Agustus 2019 di HRSG 1.3 yaitu sebesar 84,85%. Sedangkan efisiensi terendahnya terdapat pada HRSG 1.1 yaitu sebesar 64,25% di tanggal yang sama. Nilai efisiensi tertinggi pada pola operasi 3-3-1 terdapat pada tanggal 6 Agustus 2019 di HRSG 1.3 yaitu sebesar 86,17%. sedangkan efisiensi terendahnya terdapat pada HRSG 1.1 yaitu sebesar 64,49% di tanggal yang sama. Efisiensi antara pola operasi 2-2-1 dan 3-3-1 terjadi kenaikan, hal ini dikarenakan efisiensi total pola operasi dengan 2 turbin gas dipengaruhi oleh efisiensi masing-masing turbin gas. Semakin tinggi efisiensi masing-masing turbin gas, maka semakin tinggi pula efisiensi total pola 2 turbin gas. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi, masing-masing turbin gas harus beroperasi setinggi

mungkin. Faktor lainnya adalah Adanya perubahan laju aliran flow gas keluaran turbin yang menuju HRSG. Akibatnya laju energi gas buang yang diserap oleh air untuk proses pembentukan uap juga mengalami perubahan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : (Energi *thermal* pada pola operasi 3-3-1 lebih tinggi daripada energi *thermal* pada pola operasi 2-2-1. Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yaitu kesalahan alat ukur, kesalahan ketika perubahan dari analog ke digital ke angka yang tertera pada layar monitor operator PLTGU blok 1 di PT. Indonesia Power UP Semarang). (Energi listrik yang dihasilkan oleh GT Generator PLTGU Blok 1 pada pola operasi 3-3-1 lebih tinggi daripada energi listrik pada pola operasi 2-2-1. Hal ini dikarenakan pada pola operasi 3-3-1 menggunakan 3 GTG yang memungkinkan produksi listrik lebih banyak daripada menggunakan pola operasi 2-2-1 yang menerapkan 2 GTG). (Efisiensi turbin generator yang dihasilkan melalui pola operasi 3-3-1 lebih tinggi daripada efisiensi turbin generator pada pola operasi 2-2-1 yaitu sebesar 18,16%. Perubahan efisiensi ini disebabkan karena adanya perubahan laju aliran flow gas keluaran turbin yang menuju HRSG. Akibatnya laju energi gas buang yang diserap oleh air untuk proses pembentukan uap juga mengalami perubahan khususnya nilai efisiensi turbin generator yang semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. J. Al-Ihsany, “Penanggulangan Alarm Dryer Purging Failure pada Generator HM-200 di PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang.” pp. 17–19, 2018.
- [2] D. Mavendra, “Kalkulasi Efisiensi Daya Mesin PLTGU dengan Pola Operasi 2-2-1 dan 3-3-1 PT.Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang,” 2016.
- [3] L. Budiono, “ANALISIS EFISIENSI TURBIN GAS TERHADAP BEBAN OPERASI PLTGU MUARA TAWAR BLOK 1,” vol. 7, no. 2, pp. 78–94, 2013.
- [4] A. dkk Yusron, “ANALISA PERFORMA HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR SEBELUM DAN SESUDAH CLEANING DI PT INDONESIA POWER TAMBAK LOROK SEMARANG,” pp. 1–12, 2014.
- [5] D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*, Edisi Kedu. Jakarta: Erlangga, 2011.