

Evaluasi Peformance Heat Recovery Steam Generator (B-9203 C) Di Plant PT. Petra Arun Gas

Huzairi Ulfa^{1*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Kota Lhokseumawe

*Koresponden email: huzairi481@gmail.com

ABSTRACT

Heat recovery steam generation is a water steam boiler type steam generator that utilizes heat energy from fuel gas or residual exhaust gas from a turbine which can produce saturated steam. The HRSG system consists of a boiler feed system, steam system and fuel system. The boiler feed system provides water requirements for HRSG automatically according to steam requirements. The economizer and boiler are found in the 92 HRSG (Heat Recovery Steam Generation) unit. The economizer functions as an initial heater for the Boiler Feed Water (BFW) before it enters the Boiler. The boiler functions as final heating for the Boiler Feed Water (BFW) after the heated water comes out of the Economizer .

Keywords - HRSG, burner, economizer, boiler, heat efficiency.

I. PENDAHULUAN

Unit-92 (Heat Recovery Generator) merupakan unit yang berfungsi untuk menyediakan steam bagi kebutuhan proses pemanasan yang digunakan pada alat penukar panas (Heat Exchanger) yang berada di area pabrik. Adapun alat yang membantu beban pekerjaan dari Boiler tersebut, yaitu Economizer sebagai pemanasan awal Boiler Feed Water (BFW) untuk dijadikan steam.

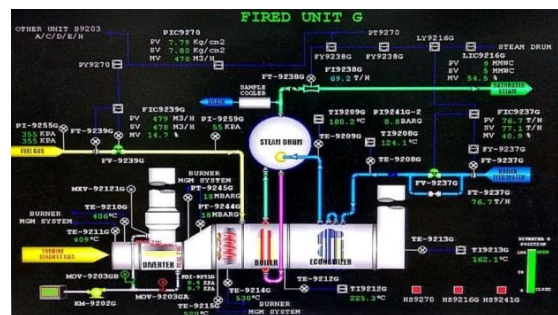
Kuantitas steam yang diproduksi di unit 92 (Heat Recovery Generator) tergantung kepada permintaan steam yang digunakan pada alat penukar panas (Heat Exchanger). Selain itu, faktor Blow Down juga berpengaruh terhadap kuantitas steam yang dibutuhkan. Karena semakin banyak blow down yang terjadi maka semakin besar pula Boiler feed water (BFW) yang terbuang sehingga perlu adanya make-up BFW.

Dalam memproduksi steam di Unit 92 (Heat Recovery Generator), peran Boiler sangat berpengaruh terhadap steam yang dihasilkan. Tetapi, peran Economizer juga sangat penting untuk diperhatikan. Karena dengan adanya alat Economizer tersebut dapat meningkatkan efisiensi kinerja Boiler dengan terjadinya pemanasan awal yang memanfaatkan panas flue gas (gas buang) yang berasal dari Boiler. Sehingga Boiler tidak memerlukan energi yang berlebih untuk memanaskan air hingga berubah menjadi uap (steam).

Dalam pekerjaan yang dilakukan oleh unit-92 HRSG terdapat juga kendala-kendala yang dapat terjadi karena kurangnya efisiensi suatu kerja alat itu sendiri seperti jika pada boiler yang dimana terdapat tube-tube yang sudah di plug, yang dimana otomatis dapat mempengaruhi kinerja unit ini untuk memproduksi steam, dan pada economizer juga ada di plug yang dimana akan mempengaruhi kinerja untuk tempat pemanasan awal pada air umpan, dan dimana dapat memperberat kerja boiler tersebut.

Heat recovey steam generator adalah suatu unit pada plant PT. Perta Arun Gas yang merupakan unit pembangkit steam yang berjenis ketel uap yang memanfaatkan energi panas panas sisa buangan gas turbin sebagai pembangkit. Berfungsi untuk memanaskan air dengan panas buang dari turbin Generator yang memproduksi steam yang bertekanan. Perpindahan panas dari api (FuelGas) ke air di dalam pipa-pipa Boiler terjadi secara konduksi. Akibat pemanasan selain temperature naik

hingga mendidih juga terjadi sirkulasi air secara alami, yakni dari drum turun melalui downcomer ke header bawah dan naik kembali ke drum melalui pipa-pipa riser. Adanya sirkulasi ini sangat diperlukan agar terjadipendinginan terhadap pipa-pipa pemanas dan mempercepat proses perpindahan panas. Kecepatan sirkulasi akan berpengaruh terhadap produksi uap dan kenaikan tekanan serta temperaturnya. Panas buang turbin Gas mengalir memanasi peralatan HRSG, seperti pada (gambar 1.) mulai dari superheater, kemudian menuju ke evaporator, ke economizer dan preheater dan selanjutnya keluar melalui cerobong pembuangan.



Gambar 1. HRSG (Heat Recovery Steam Generator)
(sumber:Control Room Operating HRSG)

Pada prinsipnya, antara HRSG dan Boiler adalah sama, yaitu suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan bantuan panas, yang sangat mendasar dalam perbedaan ini adalah sumber panas yang digunakan untuk membangkitkan uap. Energi panas yang terkandung didalam Gas buang/exhaust turbin Gas yang temperaturnya masih cukup tinggi (sekitar 500 °C) dialirkan masuk kedalam HRSG untuk memanaskan air di dalam pipa pipa pemanas, selanjutnya keluar ke cerobong dengan temperatur sekitar 150°C. Air didalam pipa-pipa pemanas yang berasal dari drum mendapat pemanasan dari Gas panas tersebut, sebagian besar akan berubah menjadi uap dan yang lain masih berbentuk air. Campuran air dan uap ini selanjutnya masuk kembali kedalam drum. Proses kerja HRSG ini adalah dengan memanfaatkan energi panas dari exhaust Gas buang pada turbin (PG-9001A, C, E, G dan H) sehingga dapat menghemat pemakaian Fuel Gas di HRSG. Air yang masuk (boiled feed water) dialirkan melalui pipa-pipa menuju economizer sebagai pemanasan awal, kemudian dialirkan menuju steam drum, dimana uap panas yang ringan naik keatas dan yang berat akan turun menuju mud drum

melalui tube-tube dan mendapatkan panas dari Fuel Gas maupun burner. Air yang telah menjadi steam akan kembali naik menuju steam drum dan akan dikirim ke pemakai [1].

HRSG terdiri dari beberapa bagian yaitu: (1) Ruang Pengalihan (diverter) berfungsi untuk mengalihkan Gas buang turbin apakah gas buang tersebut digunakan sebagai pemanas atau tidak. Pengalihan ini dapat diatur secara otomatis atau manual. Pada diverter terdapat MOV (motor operated valve) yang berfungsi untuk menggerakkan katup (damper) dan juga Thermocouple Element (TE) untuk mendeteksi temperatur Gas buang turbin yang akan masuk ke diverter. (2) Ruang Bakar (Burner) merupakan penghasil api yang ikut dalam memanaskan air di Boiler, sebagai tambahan panas Boiler bila produksi uap panas yang di inginkan lebih banyak. Pada ruang bakar ini terdapat 4 (empat) tingkat api pembakar yang masing-masing memiliki sensor Thermocouple Element (TE) untuk mendeteksi besar kecil nya api. (3) Boiler (Ketel Uap) merupakan alat yang digunakan untuk mmenghasilkan uap/steam untuk berbagai keperluan. Jenis air dan uap air sangat dipengaruhi oleh tingkat efisiensi boiler itu sendiri. Pada mesin Boiler, jenis air yang digunakan harus di demineralisasi terlebih dahulu unruk mensterilkan air yang digunakan, sehingga proses penggunaan untuk dijadikan uap air dapat dimaksimalkan dengan sebaik-baiknya. (4) Economizer (Pemanas Awal) adalah untuk memanaskan air pengisi Boiler dengan memanfaatkan panas dari Gas sisa pembakaran di dalam boiler. Dengan meningkatnya temperatur air pengisi air boiler maka efisiensi boiler juga akan meningkat, Economizer sebagai tempat pemanasan awal agar air yang disalurkan ke steam drum tidak terlalu lama dipanaskan. Fungsi lainnya yaitu menghemat menghemat pemakaian bahan bakar pada burner. Economizer menyerap panas dari gas buang (flue gas) untuk meningkatkan temperatur air umpan hanya sampai di bawah temperatur saturated. Kemudian air tersebut dikirim menuju steam drum dan boiler. Pada economizer juga terdapat thermocouple element yang mendeteksi temperatur air yang akan masuk dan yang keluar pada economizer. (5) Steam Drum

Steam drum berfungsi sebagai reservoir campuran air dan uap air, dan juga memisahkan uap air dengan air pada proses pembentukan uap. Fungsi lain dari steam drum adalah sebagai tempat injeksi baha kimia, dan sistem Blowdown Konstruksi dari steam drum. Steam adalah satu bentuk energi yang digunakan dalam proses industri. Steam memiliki fungsi sebagai pemanas maupun penggerak turbin. Steam memiliki banyak keuntungan yaitu (a) *Steam* efisien dan ekonomis untuk dihasilkan, (b) *Steam* dapat dengan mudah dan murah untuk didistribusikan ke titik penggunaan, (c) *Steam* mudah dikendalikan, (d) Energinya mudah di transfer ke proses *Steam* bersifat fleksibel.

BFW (Boiler Feed Water) merupakan air yang dibutuhkan untuk feed dari ketel yang akan diolah menjadi steam (uap air) didalam ketel. Air umpan ketel dapat berupa air supply seluruhnya yang diolah atau air make up dan condensate berupa sirkulasi kembali dari uap air yang sudah dipakai kemudian dikondensasikan. Pada umumnya air umpan ketel berasal dari filtrasi pada treatment awal yang di treatment lagi melewati softener untuk dihilangkan kesadahnya, lalu lewat deaerator air digunakan sebagai air umpan ketel. Air umpan ketel diproses didalam ketel dengan panas yang tinggi diubah menjadi steam (uap air). Sebelum masuk kedalam ketel, air umpan ketel harus betul betul memenuhi spesifikasi yang diizinkan untuk menjaga faktor keamanan dan untuk ekonomi.

Economizer adalah alat pemindah panas berbentuk tubular yang digunakan untuk memanaskan air umpan boiler sebelum masuk ke steam drum. Istilah economizer diambil dari kegunaan alat tersebut, yaitu untuk menghemat (to economize) penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas (recovery) Gas buang sebelum dibuang ke atmosfer. Biro efisiensi (2004) menyatakan bahwa sebuah economizer dapat dipakai untuk memanfaatkan panas gas buang untuk pemanasan awal air umpan boiler. Setiap penurunan 220°C suhu gas buang melalui economizer atau pemanas awal terdapat 1% penghematan bahan bakar dalam boiler. Setiap kenaikan 60°C suhu air umpan melalui economizer atau kenaikan 200°C suhu udara pembakaran melalui pemanas awal udara, terdapat 1% penghematan bahan bakar dalam boiler.

Kinerja economizer ditentukan oleh Fluida yang mempunyai koefisien perpindahan panas yang rendah yaitu gas. Kecepatan perpindahan panas dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan koefisien perpindahan panas total dengan cara mengatur susunan tubing/properti fin dan meningkatkan luas kontak perpindahan panas. Respon yang dihasilkan oleh economizer adalah efektifitas perpindahan panas dan biaya operasi.

Efektifitas perpindahan panas adalah besarnya energi yang dapat diambil dari total jumlah energi yang dapat diserap. Semakin besar efisiensi perpindahan panas pada economizer, maka panas gas sisa yang diambil akan semakin banyak. Semakin besar efektivitas perpindahan panas yang terjadi, maka alat tersebut semakin efisien. Biaya operasi economizer ditentukan oleh tenaga fan dan pompa. Fan digunakan untuk mengalirkan udara pembakaran ke boiler melalui economizer. Semakin banyak loop dan semakin rumit susunan tubing pada economizer maka tenaga fan yang dibutuhkan semakin besar. Pompa digunakan untuk mengalirkan air umpan boiler ke economizer. Semakin panjang dan semakin banyak loop pada economizer, maka tenaga pompa yang dibutuhkan semakin besar [2, 3, 4].

Hukum kekal energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, tetapi energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Untuk itu perhitungan neraca panas umumnya harus diikuti dengan neraca massa. Gas buang (flue gas) adalah gas yang berasal dari proses pembakaran yang suhunya relatif tinggi terhadap suhu atmosfer. Dalam proses pembakaran tersebut bahan bakar dibakar dengan udara yang akan menghasilkan produk pembakaran yang berupa gas buang yang mengandung berbagai senyawa berbagai gas antara lain, H₂O, CO₂, dan N₂ ditambah dengan O₂, jika pemberian udara dilakukan secara berlebihan.

$$Q_{eg} = m_{eg} \times C_{peg} \times \Delta T \quad (1)$$

Dengan :

Q_{eg} = laju aliran energi gas buang dari pada sistem (KJ/h)

M_{eg} = laju aliran massa gas buang (Kg/jH)

C_{peg} = panas jenis gas buang (KJ/Kg.K)

ΔT = beda temperatur masuk dan keluar gas buang (K)

Besarnya energi panas yang diterima Boiler feed water (BFW) dapat diketahui dengan persamaan berikut ini:

$$Q_{BFW} = m_{BFW} \times C_{pBFW} \times \Delta T \quad (2)$$

Dengan:

Q_{BFW} = laju aliran energi BFW pada sistem (KJ/h)

m_{BFW} = laju aliran massa BFW (Kg/h)

C_{pBFW} = panas jenis BFW (KJ/Kg.K)

ΔT = beda temperatur masuk dan keluar BFW (K) [5,6,8].

Besarnya efisiensi economizer didefinisikan sebagai perbandingan antara laju energi yang diterima air umpan boiler (BFW) dengan laju aliran energi yang dilepas gas buang tersebut adalah:

$$\eta = \frac{Q_{bfw}}{Q_{eg}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- η = efisiensi economizer (%)
- Q_{bfw} = laju aliran energi pada BFW sistem (KJ/h)
- Q_{eg} = laju aliran energi gas buang pada sistem (KJ/h)

Besarnya efisiensi boiler didefinisikan sebagai perbandingan antara laju energi yang diterima air umpan boiler (BFW) dengan laju aliran energi yang dilepas gas buang tersebut adalah:

$$\eta = \frac{Q_{boiler}}{Q_{flue\ gas}} \times 100\% \quad (4)$$

Air umpan boiler (*Boiler feed water*) dialirkan melalui pipa-pipa menuju *economizer*, dimana sebelumnya air tersebut sudah di *treatment* untuk menghilangkan ion mineral (Mg dan Ca) dalam air dengan proses *softening* di unit *softener* dan dihilangkan dari gas-gas terlarut penyebab korosi seperti oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂) di *deaerator*. Air dipanaskan terlebih dahulu di *economizer* sebelum masuk ke *boiler* tanpa terjadi perubahan fasa akibat pengaruh tekanan pada sistem tersebut. Tujuan dilakukannya pemanasan awal ialah untuk mengurangi beban kerja dari *boiler* dalam proses pembentukan uap serta memanfaatkan lagi panas gas buang turbin (*flue gas*) sebelum dibuang ke atmosfer. Jika air yang keluar dari *deaerator* langsung dilewatkan masuk ke *steam drum* dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi, maka diperlukan panas yang sangat tinggi untuk mengubah air menjadi *steam*, sehingga bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran juga akan bertambah dan akan menyebabkan tegangan yang terjadi akibat pemanasan (*thermal stress*). Kemudian air tersebut dialirkan menuju *steam drum*, dimana uap panas yang ringan naik ke atas dan yang berat akan turun menuju mud drum melalui tabung-tabung yang dinamakan “down comer” dan mendapatkan panas dari *flue gas* maupun *burner*. Air yang telah menjadi *steam* akan kembali naik menuju *steam drum* dan akan dikirim ke pemakai [5,6, 7, 8].

Dalam Penelitian ini bertujuan untuk performance dari Economizer untuk proses pemanasan awal Boiler feed water (BFW) dan kinerja dari Boiler dalam mencukupi kebutuhan steam bagi unit-unit pemakai.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Tempat pengamatan dilakukan ditempat PT.Perta Arun Gas dan PT.Pertamina Hulu Energi yang dilakukan pada Unit-92 (Heat Steam Generator), Utilities Plant di PT.Perta Arun Gas. Unit-92 Heat recovery steam generator adalah unit penghasil steam untuk kebutuhan pabrik [3].

- Indikator Kinerja
 - a. Flow (fuel gas,BFW)
 - b. Temperatur (flue gas,BFW)
 - c. Tekanan (Flue gas, BFW)

- Perhitungan laju alir massa fuel gas (mf)
 - Menghitung nilai Pr dan Tr
 - Menghitung faktor kompresibilitas (Z)
 - Menghitung densitas (ρ) campuran pada aliran fuel gas
 - Menghitung laju alir fuel gas (m_f)
 - Massa fuel gas diubah ke satuan Kmol/h (nf)
 - Jumlah udara (Kmol) x BM udara
 - Jumlah aliran massa flue gas (m_{TEG})
 - Laju alir mol flue gas (n_{TEG})

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Operasi Flue Gas

Waktu (Jam)	Tekanan (Mbareg)	Temperature(°C)			
		Boiler		Economizer	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
00.00	17	592	238,32	238,31	165,53
02.00	17	588	238,61	238,63	164,62
04.00	17	579	243	243	165,81
06.00	17	584	240	240	165,62
08.00	17	585	237,72	237,72	165,11
10.00	16	597	238,61	238,61	165,32
12.00	16	542	238	238	164,24
14.00	16	599	238,82	238,83	164
16.00	16	605	240	240	161
18.00	16	603	240	240	164,72
20.00	17	607	243,13	243,12	165,51
22.00	17	601	240,33	240,31	164,73
Rata-rata	16,58333	590,16667	239,75	239,75	164,6667

Tabel 2. Data Operasi Boiler Feed Water

Waktu (jam)	Boiler Feed Water		Temperatur BFW (°C)		Steam Drum	
	Flow (T/hr)	Tekanan (Kg/cm ²)	Inlet	Outlet	Tekanan (Bareg)	Flow (T/hr)
			Economizer	Economizer		
00.00	92	24,02	122,2	176,32	7,9	88,1
02.00	90	24,03	120,4	175,61	7,7	86
04.00	92,2	24,03	120,8	175,73	7,7	86,5
06.00	93,1	24	121,3	174,84	7,5	84,4
08.00	93,4	24,08	121,8	175,42	7,7	86,2
10.00	93,8	23,95	122,9	96	7,8	87,3
12.00	94,7	23,96	121,7	175,43	7,7	86,2
14.00	93,6	23,95	121,5	175,51	7,8	86,9
16.00	95,5	23,93	120,1	177	7,9	87,9
18.00	91,6	24	121,6	175,81	7,9	87
20.00	95,9	23,94	121,2	176,82	8	89,4
22.00	95,2	23,94	121,6	176,24	7,9	87,7
Rata-rata	93,4166	23,9858	121,425	169,208333	7,791667	86,966

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan

Parameter	Nilai
QTEG	717.642.365,2 kJ/hr
Q _{boiler}	684.759.111,8 kJ/hr
Q _{economizer}	32.883.251,4 kJ/hr
Q _{air total}	414.646.251,4 kJ/hr
Efisiensi boiler, η_{Boiler}	57%
Efisiensi economizer, $\eta_{Economizer}$	56 %

HRSG (*Heat recovery steam generator*) adalah unit penghasil uap bertekanan pada unit 92 di Plant PT. Perta Arun Gas yang dimana hasil uap yang digunakan untuk kebutuhan pabrik. Uap hasil dari unit ini digunakan sebagai media pemanas kepada unit-unit pengguna. Steam dihasilkan dari air yang dididihkan dengan gas panas yang diperoleh dari *exhaust* hasil dari pembakaran turbin. Gas exhaust tersebut memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan oleh steam generator yaitu *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) bertujuan untuk memproduksi steam (uap) dan untuk menghemat pemakaian bahan bakar yang besar. HRSG dapat menghasilkan steam jenuh (*Saturated Steam*).

Economizer pada *heat recovery steam generator* berfungsi sebagai tempat pemanasan awal, *Economizer* adalah alat pemindah panas berbentuk tubular yang digunakan untuk memanaskan air umpan *boiler* sebelum masuk ke *steam drum*. Istilah *economizer* diambil dari kegunaan alat tersebut, yaitu untuk menghemat (*to economize*) penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas (*recovery*) gas buang sebelum dibuang ke atmosfer. Seperti yang diketahui bahwa alat *economizer* yang digunakan untuk pemanasan awal sebelum ke *boiler* maka dengan adanya *economizer* kebutuhan burner dalam memberikan energi dapat berkurang dan dimana apabila dapat mengurangi penggunaan *fuel* gas pada *burner*.

Oleh karena itu pada *economizer* juga di evaluasi untuk mengetahui seberapa besar efisiensi dari alat *economizer* dan didapatkan sebesar 56 %. Namun kajian yang dilakukan oleh Romi arza (2016) alat *economizer* yang unit E (B-9203 E) telah di evaluasi dengan efisiensi sebesar 68,9%, dan didapatkan lah penurunan 12,9 % dalam kurun waktu 4 tahun. Penurunan kinerja dari alat ini dikarenakan adanya kerak (*scale*) pada *tube-tube* dari *economizer* tersebut, dan bisa dari air *boiler* yang

kurang optimal dalam menghilangkan kesadahan yang mengakibatkan terbentuklah kerak-kerak yang dapat menghambat laju panas, selain itu bisa dari faktor *blowdown* yang dapat juga mengurangi panas dari *boiler feed water* itu sendiri, yang dapat menyebabkan terbentuklah endapan yang mengeras dan menjadi kerak. Untuk mengatasi permasalahannya itu sama dengan mengatasi permasalahan pada Boiler.

Namun setelah ditinjau langsung kelapangan dengan efisiensi 56% untuk *Economizer* dan untuk efisiensi dari *boiler* sebesar 57 % dapat terlihat pada pabrik alat ini masih bisa beroperasi dengan mencukupi kebutuhan pabrik dengan normal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi boiler pada *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) didapatkan sebesar 57 %.
2. Efisiensi *economizer* pada *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) didapatkan sebesar 56 %.
3. Terjadi penurunan 12,9 % dalam kurun waktu 4 tahun pada *economizer*
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi alat pada HRSG adalah terbentuknya kerak (*scale*), adanya kebocoran pipa-pipa, adanya *plugging* pada pipa-pipa *boiler* atau *economizer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arza, R. (2016). *Perbandingan Kebutuhan Panas Pada Kondisi Unfired dan Fired DiEconomizer (B-9203E) Di Unit 92 (HRSG). Teknik Kimia PNL: Tugas Akhir.*
- [2] D.Q Kern. (1965). *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill Company.
- [3] Deltak, L. (2002). *Operating Manual and Data Design*. USA: Minneapolis.
- [4] Gean koplis, C. (1983). *Transport Processes and Unit Operation*. singapore: PrenticeHall.
- [5] Himmelblau, D. (1999). *Prinsip-prinsip dasar dan kalkulasi dalam teknik kimia. J a k a r t a* : PT. Prenhallindo.
- [6] Mc.Cabe, W. L. (2005). *Unit Operation of Chemical Engineering Seventh Edition. U S A* : McGraw hill Inc.
- [7] Rahmayani, S. (2017). *Kinerja Heat Recovery Steam Generator Kondisi Fired Unit B-9203 E. Tugas Akhir, 1-82.*
- [8] Reklaitis.G.V. (1982). *Introduction Material&Energy Balance. Dalam IntroductionMaterial&Energy Balance.*