ARTIKEL

OPTIMASI SISTEM KOGENERASI PADA KETEL UAP DI PABRIK GULA NGADIREDJO

Oleh:

HELMI ADAM JULIO

13.1.03.01.0188

Dibimbing oleh :

1. **HESTI ISTIQLALIYAH**
2. **AM. MUFARRIH**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2017

SURAT PERNYATAAN
ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2017

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: HELMI ADAM JULIO
NPM	: 13.1.03.01.0188
Telepun/HP	: 082231341153
Alamat Surel (Email)	: helmiadam0794@gmail.com
Judul Artikel	: OPTIMASI SISTEM KOGENERASI PADA KETEL UAP DI PABRIK GULA NGADIREDJO
Fakultas – Program Studi	: TEKNIK / TEKNIK MESIN
Nama Perguruan Tinggi	: UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI
Alamat Perguruan Tinggi	: JL. K.H. ACHMAD DAHLAN NO. 76 KEDIRI

Dengan ini menyatakan bahwa :

a. artikel yang saya tulis merupakan karya saya pribadi (bersama tim penulis) dan bebas plagiarisme;
b. artikel telah diteliti dan disetujui untuk diterbitkan oleh Dosen Pembimbing I dan II.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian data dengan pernyataan ini dan atau ada tuntutan dari pihak lain, saya bersedia bertanggungjawab dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Mengetahui		Kediri, 15 Agustus 2017
Pembimbing I	Pembimbing II	Penulis,
Hesti Istiqlaliyah, S.T., M.Eng	Am. Mufarrih, M.T.	Helmi Adam Julio
NIDN. 0709088301	NIDN. 0730048904	NPM. 13.1.03.01.0188

OPTIMASI SISTEM KOGENERASI PADA KETEL UAP DI PABRIK GULA NGADIREDJO

Helmi Adam Julio
13.1.03.01.0188
Fakultas Teknik – Teknik Mesin
helmiadam0794@gmail.com
Hesti Istiqlaliyah S.T., M.Eng.[1], Am. Mufarrih M.T[2]
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

ABSTRAK

Sistem kogenerasi merupakan sebuah sistem konversi energi yang menghasilkan dua keluaran yang berbeda yaitu listrik dan panas di dalam satu sistem. Di pabrik gula, sistem kogenerasi dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik tenaga uap. Penelitian ini bertujuan untuk optimalisasi energi terbarukan yang dapat dihasilkan dari Pabrik Gula dari produk samping berupa ampas yang digunakan sebagai bahan bakar sistem kogenerasinya.

Penelitian ini mengambil obyek Pabrik Gula Ngadiredjo yang merupakan salah satu dari pabrik-pabrik gula di lingkungan PT. Perkebunan Nusantara X (Persero). Metode penelitian melalui pengumpulan data, analisis data dan melakukan perhitungan potensi surplus energi dari model neraca massa dan neraca energi di pabrik gula yang ditinjau.

Hasil analisis menunjukkan bahwa PG Ngadiredjo memiliki potensi surplus energi dari kelebihan produk samping berupa ampas sebanyak 15,43 Ton/jam, setara dengan 3217,89 kW. Upaya optimasi dengan meningkatkan efisiensi penggunaan uap baru (*live steam*) pada penggerak mula. Upaya optimasi terhadap sub-sistem. Revitalisasi sub-sistem pembangkitan (ketel uap dan turbin generator).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa potensi surplus energi dari ampas pabrik gula yang digunakan sebagai bahan bakar sistem kogenerasi di pabrik gula dapat dioptimalkan dengan melakukan optimasi-optimasi terhadap sub-sistem sub-sistem dari pabrik gula baik sub-sistem produsen energi maupun pemakai energi. Sehingga dengan optimalnya sub-sistem akan berdampak pada optimumnya sistem pabrik gula secara keseluruhan yang dibuktikan dengan meningkatnya potensi surplus energi yang dapat diekspor keluar pabrik gula.

KATA KUNCI : Optimasi, Kogenerasi, Uap, Pabrik gula

I. LATAR BELAKANG

Produksi gula tebu *(sugar cane)* merupakan salah satu sektor penting ekonomi di Indonesia khususnya PG Ngadirejo di Kabupaten Kediri, Jawa Timur. Industri gula menghasilkan gula dan etanol sebagai salah satu produk yang dihasilkan. Dan juga panas dan energi listrik yang diproduksi untuk konsumsi dan penunjang aktifitas pabrik, dimana menggunakan ampas tebu *(baggase)* yang dihasilkan sebagai bahan bakar. Hampir semua pabrik gula tebu di

Indonesia mandiri dalam hal pasokan energi dan sebagian dari pabrik tersebut telah menjual surplus energi. Surplus energi ini umumnya dikonversi kedalam energi listrik yang kemudian dijual ke jaringan listrik negara.

Dari salah satu produk yang dihasilkan diatas adalah kogenerasi, yaitu pembangkitan dua bentuk energi yang berbeda secara bersama-sama dari satu sumber energi utama. Di pabrik gula, energi yang dibangkitkan adalah energi panas dalam bentuk uap untuk pemanas dalam proses sedangkan energi listrik untuk menggerakan peralatan proses. Pembangkitan energi panas (uap) dan energi listrik di Pabrik Gula dilakukan dengan Ketel *(Boiler)*, namun kebanyakan *Boiler* yang digunakan adalah *Boiler* konvensional yang masih belum dapat mengoptimalkan potensi energi yang dikandung dalam ampas tebu sebagai bahan bakar terbarukan *(renewable)*, disamping sistem distribusi dan penggunaan energi yang masih perlu dioptimalkan juga. Penerapan sistem kogenerasi yang optimal dapat meningkatkan produktifitas listrik di pabrik gula, oleh karena itu terdapat potensi listrik yang dapat di suplai ke jaringan listrik negara (PLN) (Saptyaji, 2010).

Optimasi yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan efisiensi ketel dan operasional penggunaan uap bekas pada proses. Sebagai langkah awal, perlu diadakan penelitian terhadap operasional penggunaan uap bekas yang digunakan dalam proses produksi gula. Langkah selanjutnya adalah menganalisis efisiensi ketel uap. Optimasi ini dilakukan untuk meningkatkan potensi energi yang dihasilkan. Dari hasil optimasi inilah diharapkan menghasilkan surplus energi listrik dengan memanfaatkan sumber energi terbaharukan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Jenis data yang digunakan dalam penelitian adalah data kuantitatif berdasarkan log sheet atau rekaman data yang ada di perusahaan dalam kurun waktu tertentu. Data yang dimaksud diantaranya tentang laju aliran massa bahan bakar, daya pembangkitan listrik dan uap, temperatur pada setiap *state*, konsumsi bahan bakar dan data lainnya yang diperlukan dalam penyusunan laporan ini.

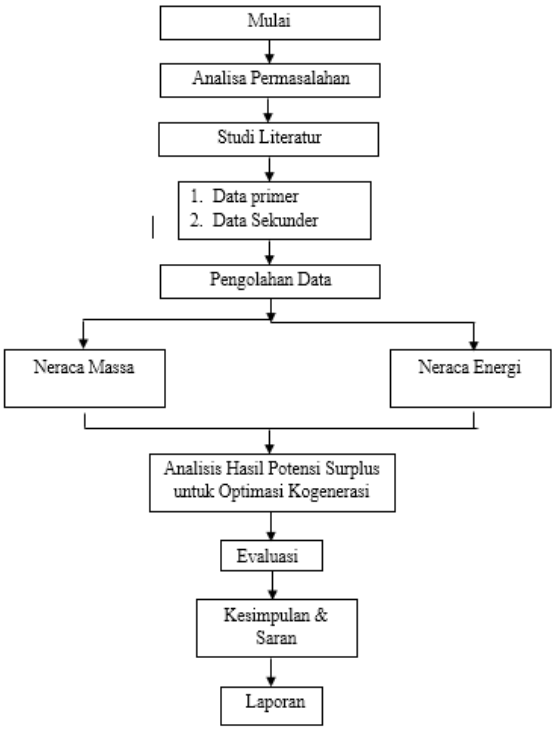
Terdapat beberapa langkah yang digunakan dalam penelitian ini. Langkah-langkah yang digunakan sebagai berikut.

A. Pengambilan Data di PG Ngadiredjo

Pengambilan data dan pengamatan sistem kogenerasi dilakukan di PG Ngadirejo kecamatan Kras, Kediri. Pabrik Gula Ngadiredjo berada dibawah kepemilikan PT Perkebunan Nusantara X Persero. Pengambilan data dilakukan dalam rentang waktu 2-31 Mei 2017.

B. Pengolahan Data

Peneliti melakukan perhitungan neraca massa dan neraca energi untuk mengetahui analisis hasil dari sistem dan proses produksi gula dan selanjutnya dilakukan analisis hasil untuk optimasi sistem kogenerasi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

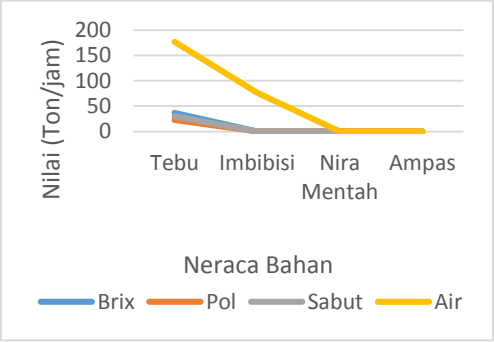
III. HASIL DAN KESIMPULAN

A. Hasil Penelitian

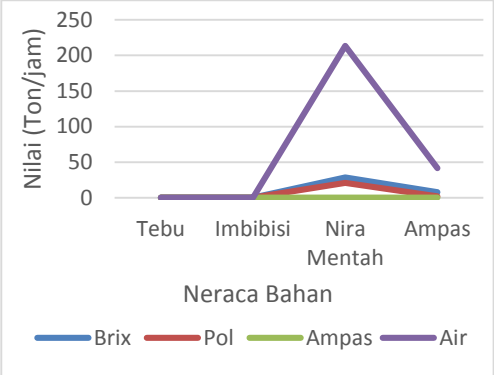
Untuk mengetahui potensi surplus energi dari pabrik gula maka disusun neraca massa dan neraca energinya untuk menentukan jumlah ampas yang dapat dihasilkan sebagai bahan bakar dan besarnya energi yang diperlukan untuk proses produksi tebu menjadi gula. Selisih dari energi yang dapat dibangkitkan ampas dengan energi yang digunakan dalam proses produksi merupakan potensi surplus energi terbarukan dari pabrik gula.

1. Neraca Massa Stasiun Gilingan

Terdapat 4 arus utama dalam perhitungan neraca massa di stasiun gilingan yaitu arus masuk (*input*) yang terdiri dari arus tebu masuk dan arus air imbibisi digunakan, kemudian arus keluar (*output*) yang berupa arus nira mentah dan arus ampas dihasilkan . Neraca massa dihitung dengan konsep dasar neraca bahan dimana jumlah bahan masuk sama dengan jumlah bahan keluar.

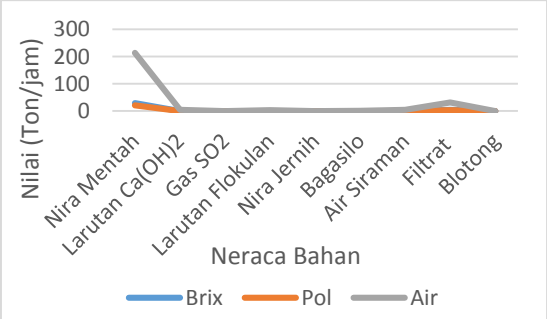


Gambar 2. Grafik Neraca Massa Masuk Stasiun Gilingan

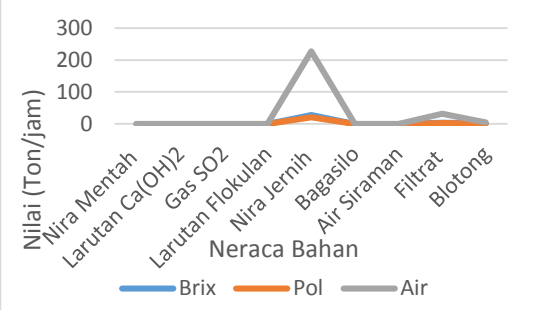


Gambar 3. Grafik Neraca Massa Keluar Stasiun Gilingan

2. Neraca Massa Stasiun Pemurnian



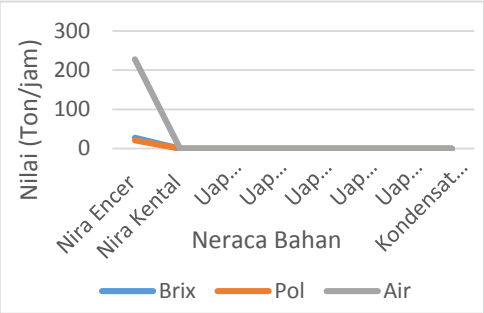
Gambar 4. Grafik Neraca Massa masuk Stasiun Pemurnian



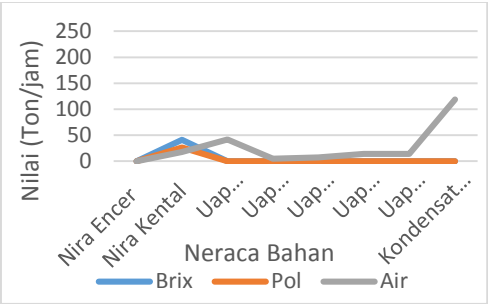
Gambar 5. Grafik Neraca Massa keluar Stasiun Pemurnian

3. Neraca Massa Stasiun Penguapan

Pada umumnya, melakukan perhitungan neraca massa stasiun penguapan di pabrik gula sekaligus melakukan perhitungan neraca energinya, mengingat bahwa air yang diuapkan dari larutan nira merupakan sumber energi untuk evaporator multi efek.



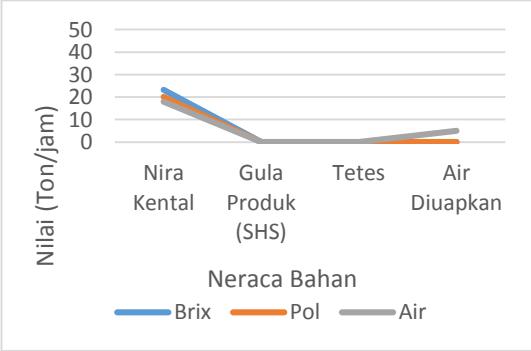
Gambar 6. Grafik Neraca Massa masuk Stasiun Penguapan



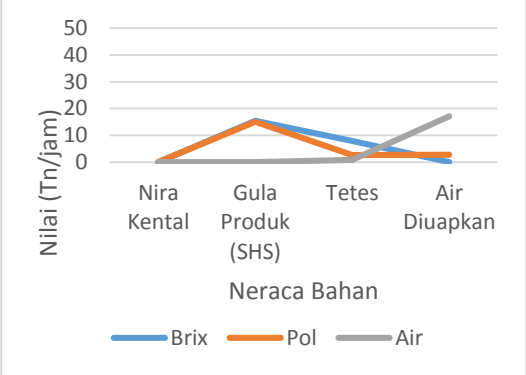
Gambar 7. Grafik Neraca Massa keluar Stasiun Penguapan

4. Neraca Massa Stasiun Masakan dan Sentrifugasi

Proses masakan pada prinsipnya adalah proses penguapan nira kental hingga menjadi gula kristal dan larutan gula sisa atau molasses, Data diperlukan untuk menyusun neraca massa total stasiun masakan adalah data nira kental dari stasiun penguapan, data kualitas gula produk (SHS) serta kualitas produk samping berupa tetes yang ingin dicapai.



Gambar 8. Grafik Neraca Massa masuk Stasiun Masakan dan Sentrifugasi



Gambar 9. Grafik Neraca Massa keluar Stasiun Masakan dan Sentrifugasi

B. Perhitungan Neraca Energi dan Potensi Surplus Energi Ampas

Perhitungan neraca energi di pabrik gula dalam penelitian ini dimulai dari potensi bahan bakar dari jumlah ampas yang dihasilkan dari perhitungan neraca massa berdasarkan kapasitas giling dan kadar sabut tebu digiling. Neraca energi juga disusun dengan model generik sistem ko-generasi pabrik gula dimana ampas yang dihasilkan dari stasiun gilingan digunakan sebagai bahan bakar *boiler* untuk menghasilkan uap kemudian uap baru yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin-turbin penggerak di stasiun gilingan dan turbin penggerak generator listrik, selanjutnya uap keluar dari turbin-turbin tersebut yang disebut uap bekas digunakan sebagai pemanas

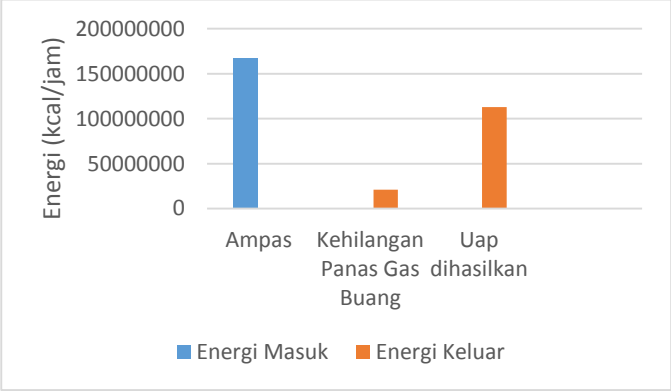
pada alat pemanas dan alat penguapan dalam proses pabrikasi gula.

Pada umumnya, neraca energi dipabrik gula disusun dalam dua tahapan utama yaitu yang pertama adalah tahap penghitungan produksi energi uap kemudian yang kedua adalah tahap penghitungan penggunaan energi uap.

1. Perhitungan Neraca Energi Produksi Uap di PG Ngadirejo :

Tabel 1. Neraca Energi Produksi Uap

Neraca Energi Produksi Uap	Energi (kcal/jam)	
	IN	OUT
Ampas (GCV)	167166393,6	
Kehilangan panas gas buang (cerobong)		21254865,6
Uap (20 kg/cm2.abs, 325 ˚C)		112834700
Jumlah	167166393,6	134089565,6
Selisih (Potensi Kelebihan Energi)	**33076828**	



Gambar 10. Grafik Neraca Energi Produksi Uap

Dari ringkasan hasil perhitungan neraca energi dalam produksi uap di PG Ngadirejo diatas terlihat bahwa terdapat potensi kelebihan energi sebesar 33076828 kcal/jam.

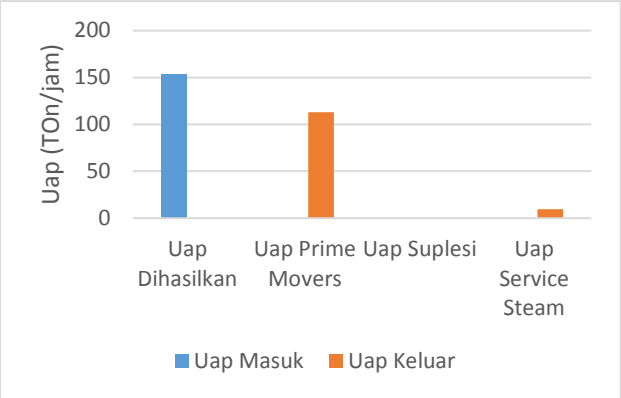
2. Penggunaan Energi Uap

Pengguna energi uap di pabrik gula dibagi menjadi bagian besar yaitu pertama, uap baru (*live steam*) digunakan untuk menggerakkan turbin-turbin penggerak mula (*prime movers*) seperti turbin penggerak peralatan penyiapan tebu (pisau tebu dan *unigrator*), turbin penggerak gilingan dan turbin penggerak turbin generator untuk menghasilkan listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik baik kebutuhan listrik di stasiun pembangkit maupun di dalam proses produksi. Kedua adalah uap bekas, yaitu uap yang keluar dari turbin-turbin penggerak mula (*prime*

movers) yang akan digunakan untuk mencukupi kebutuhan uap pemanas untuk pemanasan maupun penguapan di dalam proses produksi.

Tabel 2. Neraca Energi Penggunaan Uap

Neraca Energi Penggunaan Uap	Uap (Ton/jam)		Energi (kcal/jam)	
	IN	OUT	IN	OUT
Uap (20 kg/cm2.abs, 325 °C)	153,1		112834700	
Uap untuk Prime Movers		113,04		83310480
Uap untuk Suplesi Proses Pabrikasi		0		0
Uap untuk Steam Service		9,49		6994130
Jumlah	153,1	122,53	112834700	90304610
Selisih (Potensi Kelebihan Energi)	30,57			22530090



Gambar 11. Grafik Neraca Energi Penggunaan Uap PG Ngadirejo

C. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan teknis yang dapat diambil dari hasil pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca energi menunjukkan bahwa potensi surplus energi dari ampas pabrik gula yang digunakan sebagai bahan bakar sistem kogenerasi di pabrik gula dapat dioptimalkan dengan melakukan optimasi-optimasi terhadap sub-sistem sub-sistem dari pabrik gula baik sub-sistem produsen energi maupun pemakai energi. Sehingga dengan optimalnya sub-sistem akan berdampak pada optimumnya sistem pabrik gula secara keseluruhan yang dibuktikan dengan meningkatnya potensi surplus

energi yang dapat diekspor keluar pabrik gula.

2. Semakin efisien penggunaan uap baru, dan pemanfaatan uap bekas maka bisa dikonversikan untuk sistem pembangkitan energi listrik dalam upaya optimasi kogenerasi. Kelebihan uap baru 30,57 Ton/jam merupakan potensi surplus energi dari sistem kogenerasi di pabrik gula berbahan bakar ampas di PG Ngadirejo. Bila kelebihan uap tersebut digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan turbin generator yang memiliki nilai konsumsi uap spesifik (SSC) 9,5 kg/kWh maka jumlah kelebihan listrik yang dapat dijual (diekspor) dari PG Ngadirejo adalah sebesar 3217,89 kW
3. Potensi surplus energi ditentukan oleh efisiensi sistem kogenerasi dan pemakaian energi secara keseluruhan. Uap merupakan energi utama pada Pabrik Gula. Rasio uap yang dibangkitkan berdasarkan hasil perhitungan sebesar 1,98 kg uap/kg ampas. Ampas yang digunakan untuk bahan bakar sebesar 77,72 Ton/jam sehingga total uap yang dihasilkan sebesar 153,1 Ton/jam. Efisiensi ketel uap sebesar 67,49 %. Efisiensi ketel uap dipengaruhi oleh rasio uap yang dibangkitkan per kg ampas, jika uap yang dibangkitkan per kg ampas tinggi maka dapat dicapai efisiensi sistem kogenerasi. Selain itu pemakaian energi yang efisien juga mempengaruhi efisiensi ketel. Penggunaan energi yang efisien dapat meminimalkan kerja turbin yang menggunakan uap.

IV. DAFTAR PUSTAKA

E. Hugot and G. H. Jenkins, 1986, *Handbook of Cane Sugar Engineering*. Amsterdam,

Harnowo,Saptyaji, 2010, *Optimalisasi Kogenerasi di Pabrik Gula*: LPP Yogyakarta, (*Online*), tersedia : http://www.lpp.ac.id/2013/11/optimalisasi-kogenerasi-di-pabrik-gula/ , diakses 07 Januari 2017.

Rifai, Fathur Rahman, 2015, *Studi Potensi Energi Terbarukan dari Sistem Kogenerasi di Pabrik Gula*, Tesis, Pascasarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta

Y. Kurniawan dan H. Santoso, 2009, *Listrik Sebagai Ko-Produk Potensial Pabrik Gula*, Litbang Pertan., no. 28.1 : 3