UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN TUGAS iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMBANG xiv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Perumusan Masalah 3
I.3 Batasan Masalah 3
I.4 Tujuan 4
I.5 Manfaat 4
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
BAB III 8
DASAR TEORI 8
III.1. Proses Pengolahan Tebu Menjadi Gula 8
III.1.1. Stasiun Penggilingan 10

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

III.1.2. Stasiun Pemurnian 11

III.1.3. Stasiun Penguapan 12

III.1.3. Stasiun Masakan dan Sentrifugasi 13

III.2. Sistem Kogenerasi Pabrik Gula 15

III.3. Hukum Termodinamika Pertama 18

III.4. Komponen Sistem Kogenerasi 19

III.4.1. Ketel Uap 20

III.4.2. Penggerak Mula 21

III.4.2.1. Turbin Penggiling 21

III.4.2.2. Pemukul Tebu 22

III.4.2.3. Pompa Air Ketel Uap 23

III.4.2.3. Turbogenerator 24

III.4.3. Penurun Tekanan 25

III.4.4. Desuperheater 26

III.4.5. Pemanas Nira 28

III.4.6. Evaporator 30

III.4.7. *Deaerator* 32

III.4.8. Pompa 33

III.5. Definisi Uap 34

BAB IV 35

PELAKSANAAN PENELITIAN 35

IV.1. Alat dan Bahan Penelitian 35

IV.2. Tata Laksana Penelitian 38

IV.2.1. Pemodelan Kogenerasi dengan *Cycle Tempo* dan verifikasi dari literatur 38

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

IV.2.2. Pengambilan Data di PG Gempolkrep 39
IV.2.3. Penentuan Parameter dan Kondisi Pabrik Gula 39
IV.2.4. Pemodelan Sistem Kogenerasi Aktual PG Gempolkrep 40
IV.2.5. Simulasi Sistem Kogenerasi 41
IV.2.6. Modifikasi Ketel Uap 44
IV.2.7. Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian 45
BAB V 46
HASIL DAN PEMBAHASAN 46
V.1. Verifikasi Pemodelan Kogenerasi dari Literatur 46
V.2. Sistem Kogenerasi PG Gempolkrep Aktual 53
V.3. Modifikasi Ketel Uap 56
V.4. Skenario Penambahan Turbin 59
BAB VI 62
KESIMPULAN DAN SARAN 62
VI.1. Kesimpulan 62
VI.2. Saran 62
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 65
A. Perhitungan Nilai Konsumsi Uap Modifikasi Ketel Uap 65
B. Perhitungan Skenario Penambahan Turbin 65

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Alat dan bahan penelitian. 35
Tabel 4.2. Data Operasi Boiler dan Turbin PG Gempolkrep. 35
Tabel 4.3. Data kebutuhan energi operasional peralatan penggerak pemula [4]. . 36
Tabel 4.4. Data-Data PG Gempolkrep [4]. 37
Tabel 4.5. Nilai beda tekanan dan suhu pada masing-masing evaporator [4]..... 37
Tabel 4.6. Nilai Beda suhu pada masing masing pemanas nira [4]. 37
Tabel 4.7. Jumlah air yang diuapkan tiap badan evaporator [4]. 38
Tabel 4.8. Perbedaan temperatur pada pemanas nira 41
Tabel 4.9. Tekanan dan Suhu Operasi *Boiler* [10]. 45
Tabel 5.1. Hasil Penentuan Parameter Efisiensi Isentropik pada simulasi. 47
Tabel 5.2. Pengaturan Parameter C Ratio. 47
Tabel 5.3. Hasil Verifikasi Laju Alir Massa Pipa pada Cycle Tempo. 50
Tabel 5.4. Komponen Input-Output Cycle-Tempo. 51
Tabel 5.5. Verifikasi Energi Pada Cycle Tempo..... 53
Tabel 5.6. Verifikasi model dengan data yang ada. 54
Tabel 5.7. Hasil pehitungan laju alir massa uap pada ketel uap. 56

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem kogenerasi pabrik gula sederhana..... 2
Gambar 2.1. *Process Flow Diagram* PG Gempolkrep dalam penelitian Fathur Rahman Rifai [4]..... 7
Gambar 3.1. Skema proses pengolahan gula dengan sistem kogenerasi. 9
Gambar 3.2. Skema proses penggilingan pada pabrik gula. 10
Gambar 3.3. Proses pengolahan nira mentah pada stasiun pemurnian. 12
Gambar 3.4. Proses pemisahan air dari nira pada evaporator. 13
Gambar 3.5. Proses kristalisasi nira pada stasiun masakan dan sentrifugasi. 14
Gambar 3.6. *Ideal cogeneration plant*. 15
Gambar 3.7. Sistem kogenerasi di pabrik gula umumnya saat ini digunakan. 16
Gambar 3.8. Tata letak peralatan utama dalam siklus Rankine (kiri). Diagram T-s (suhu vs entropi) dari siklus Rankine (kanan) [6]. 17
Gambar 3.9. Proses pemerahan yang di beri umpan oleh pisau pencacah dengan HSD. 23
Gambar 3.10. Skema neraca energi turbin *backpressure*..... 24
Gambar 3.11. Penurun tekanan uap [8]. 26
Gambar 3.12. Prinsip kerja dari desuperheater [8]. 27
Gambar 3.13. Skematik heat exchanger. 29
Gambar 3.14. Skematik pada drum. 31
Gambar 4.1. Alur perhitungan Cycle-Tempo [11]. 42
Gambar 4.2. Kesetimbangan energi pada setiap komponen. 44
Gambar 4.3. Diagram alur tata laksana penelitian 45
Gambar 5.1. Model Sistem Kogenerasi Pabrik Gula Gempolkrep verifikasi dengan literatur..... 48
Gambar 5.2. Model Sistem Kogenerasi Pabrik Gula Gempolkrep Aktual. 55
Gambar 5.3. Perubahan nilai konsumsi uap penggerak pemula selain turbo generator akibat perubahan tekanan dan suhu ketel uap. 57
Gambar 5.4. Perubahan nilai konsumsi uap turbin listrik akibat perubahan tekanan dan suhu ketel uap. 58

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.5. Perubahan daya output pada turbin SNM dan turbin Shinko akibat perubahan tekanan dan suhu ketel uap. 59
Gambar 5.6. Skenario penambahan turbin pada daya yang dihasilkan dari simulasi. 60

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Kuantitas	Satuan
$\dot{m}$	Laju aliran massa	kg/s
Ė	Laju aliran energi	kJ/s
$\dot{Q}$	Laju aliran kalor	kJ/s
Q	Kalor	kJ
$\dot{W}$	Laju aliran kerja	kJ/s
η	Efisiensi	%
T	Suhu	^{o}C
h	Entalpi spesifik	kJ/kg
P	Daya listrik	kW
e_k	Energi kinetik	J
e_p	Energi potensial	J
q	Panas hilang	Kj/kg
w	Kandungan air ampas	%
t	Suhu gas buang	^{O}C
α	Koefisien kehilangan panas terdapat bahan bakar tidak terbakar	-
β	Koefisien kehilangan panas akibat konveksi dan radiasi	-
γ	Koefisien kehilangan panas akibat pembakaran tidak sempurna	-
m	Rasio kebutuhan berat udara dalam pembakaran teoritis	-
Mv	Panas pembangkitan uap per kg ampas dibakar	kJ/kg
s	Pol ampas	%

Singkatan

Cratio	*Circulation Ratio*
PG	Pabrik Gula
BFWP	*Boiler Feed Water Pump*

PEMODELAN TERMODINAMIKA KOGENERASI PABRIK GULA DENGAN FRAKSI LISTRIK RENDAH - STUDI KASUS PABRIK GULA GEMPOLKREP
ALFI AL FAHREIZY, Dr.-Ing. Sihana, Ir. Kutut Suryopratomo, M.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

GCV	*Gross Caloric Value*

Subskrip

turbine	Turbin
pump	Pompa
C	*Cool*
H	*High*
in	Masukan
out	Keluaran
system	Sistem
mass,in	Massa masukan
Mass,out	Massa keluaran
s	*Superheated steam*
b	*Bagass* (ampas tebu)
T	Turbin
a	Aktual
PR	*Pressure Reducer*
$Dout$	*Desuperheater out*
Din	*Desuperheater in*
w	Air injeksi
HE	*Heat Exchanger*
N	Nira
K	Kondensat
$Drum$	Drum
V	*Vapor*
dea	*Deaerator*