Vol 1, No 2, Juli 2026
E-ISSN: -

DESAIN DAN SIMULASI MESIN GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT DENGAN MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

Muhammad Khoirul Adli[1], Jaelani Sidik[2], Suasih [3]
[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah Kediri.
[2,3] Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Wahidiyah
(rino.imanda@gmail.com)

Abstrak

Mesin gasifikasi tipe downdraft ini merupakan alternatif baru yang dapat menggantikan bahan bakar minyak yang lebih murah dan dapat diperbarui (renewable) dengan menggunakan sekam padi.. Komposisi syngas dapat diprediksi menggunakan suatu model matematika dengan metode CFD (Computational Fluid Dynamics) untuk melihat kinerja gasifikasi yang akan dilakukan. Salah satu software yang digunakan dalam pengembangan kode CFD adalah ANSYS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja suhu pembakaran, dan nilai setiap komponen syngas, serta menentukan komposisi terbaik bahan bakar pada alat gasifikasi tipe downdraft melalui simulasi dengan variasi massa bahan bakar dan kecepatan udara yang berbeda. Model yang digunakan adalah prinsip yang diselesaikan secara numerik menggunakan Algoritma Pressure Second Order. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Ansys diperoleh laju aliran flow udara yang paling efektif adalah 5 ms dimana pada aliran ini kalor terdisribusi lebih merata dibanding pada aliran flow yang lain.

Kata kunci : simulasi mesin gasifikasi tipe downdraft dengan menggunakan ansys

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya berdampak di berbagaibidang, khususnya kebutuhan bahan bakar sebagai sumber penggerak dari salah satu teknologi selain energi listrik. Bahan bakar minyak sebagaimana yang kita ketahui merupakan salah satu bentuk dari sumber daya alam yang tidak bisa diperbarui (nonrenewable) yang berasal dari sumber energi fosil. Hal tersebut berdampak adanya krisis bahan bakar minyak (BBM) karena cadangan minyak semakin menipis.

Salah satu cara dalam menyelesaikan masalah tersebut adalah mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif baru yang dapat menggantikan bahan bakar minyak yang lebih murah dan dapat diperbarui (renewable). Sumber energi tersebut seperti energi angin, matahari, energi potensial air, panas bumi, dan limbah. Pengembangan dan penelitian yang sedang dilakukan untuk mendapatkan energi alternatif yaitu salah satunya pemanfaatan biomassa. Biomassa merupakan sebuah istilah untuk semua bahan organik yang berasal dari tumbuh- tumbuhan, termasuk limbah tanaman budidaya, algae dan juga sampah organik (Susanto, 2018).

Indonesia mempunyai potensi biomassa yang sangat besar salah satunya yaitu ampas tebu yang merupakan hasil samping dari produsen gula pasir dimana bahan baku menggunakan tebu dan sekam padi yang merupakan bagian terluar dari padi. Biomassa ampas tebu dan sekam padi di Indonesia sedemikian melimpah,

namun belum terolah sepenuhnya dengan benar. Pemanfaatan ampas tebu dan sekam padi dapat dikembangkan manjadi bahan bakar alternatif berupa gas dengan metode pengolahan energi yang tepat salah satunya yaitu dengan proses gasifikasi. Produksi syngas atau produser gas dari biomassa melalui dekomposisi termal (gasifikasi) merupakan proses alternatif sebagai pengganti dari proses pembakaran sempurna yang biasa digunakan dalam sistem Proses dekomposisi termal (gasifikasi) pada dasarnya juga menghasilkan tar sebagai hasil samping terbentuk dari bahan selulosa yang dapat mengganggu lingkungan. Jadi dalam proses pengembangan dekomposisi termal (gasifikasi) yang ramah lingkungan dan effiesien perlu diperhatikan reaktor yang digunakan, jenis biomassa yang digunakan, jenis pereaksi serta kondisi saat operasi.

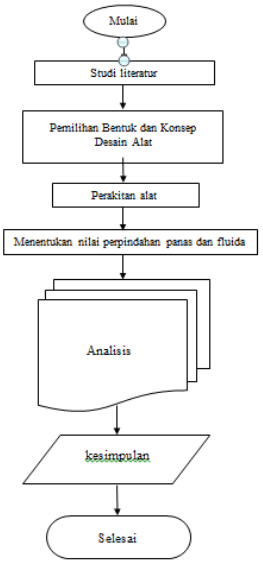
Penelitian model gasifikasi telah dilakukan dengan berbagai metode seperti Surjosatyo (2010) simulasi gasifikasi menggunakan biomassa, santoso et al (2019) menganalisis dinamika fluida pada reaktor gasifikasi, Huang dan Ramaswamy (2009) simulasi gasifikasi biomassa dengan reaktor downdraft dan lainnya. Pada penelitian ini berfokus pada pembahasan dalam pembuatan desain dan simulasi gasifikasi tipe downdraft serta menganalisanya menggunakan persamaan fluida dan perpindahan panas.

Berdasarkan permasalah terhadap potensi biomassa yang melimpah dan tidak terolah dengan baik, maka diberikan solusi berupa alat simulasi gasifikasi tipe downdraft yang digunakan untuk mengolah biomassa menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan. Pemilihan gasifier tipe downdraft dikarenakan memberikan hasil gas yang lebih bersih atau ramah lingkungan, karena asap yang mengandung tar akan terbakar akibat dari asap pirolisis yang bergerak melewati zona gasifikasi yang panas, sehingga memperkecil masalah lingkungan yang ditimbulkan (Kusuma, 2013). Diharapkan dengan simuliasi alat gasifikasi tipe downdraft ini dapat menjadi solusi dalam pengolahan biomassa khusunya sekam padi dan ampas tebu menjadi energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui (renewable).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan membuat simulasi alat penelitian, kemudian menganalisis mesin fluida dan perpindahan panas yang terjadi pada alat gasifikasi tipe downdraft dan menggunakan metode studi literatur yaitu berkaitan dengan masalah yang dibahas bak dari membaca di perpustakaan dan internet yang berfungsi untuk mendukung pendahuluan, studi pustaka, dan landasan teori.

ALUR PENELITIAN



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Awal Simulasi

Salah satu proses dalam tahap awal (pre-processor) simulasi CFD adalah mendefenisikan geometri model, dalam hal ini geometri throat downdraft gasifier. persamaan yang digunakan untuk menghitung geometri gasifier, seperti diameter (D) dan tinggi (H) gasifier dinyatakan dalam pers (4.1) dan (4.2).

FCR (Fuel Consumption Rate) adalah laju konsumsi bahan bakar gasifikasi (kg/jam) dan SGR (Specific Gasification Rate) merupakan laju gasifikasi spesifik (kg/jam.m2). Besarnya FCR dan SGR yang digunakan dalam Simulasi Numerik Proses Gasifikasi Limbah Sekam Padi pada penelitian ini adalah 3,5 kg/jam dan 160 kg/jam.m2. Dalam menentukan dimensi reactor gasifikasi dapat digunakan formula berikut ini (Khoiri, 2016).

D = (1.27 x FCR / SGR)^0.5……..4.1

H = SGR x T / *p*……..……4.2

ket:

D = Diameter Reaktor

T = lama waktu oprasi

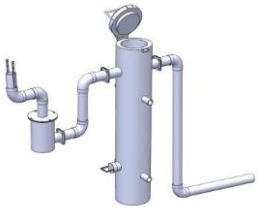
P = densitas sekam padi

Berdasarkan Pustaka densitas sekam padi sebesar 125 kg/m3. Lama waktu oprasi yang direncanakan adalah selama 0,6 jam atau 36 menit.

Berdasarkan formula pada pers (4.1), diameter dari reactor gasifikasi (tabung dalam) sebesar 0.167m atau 167mm. Sehingga diameter yang dipilih dengan menyesuaikan matrial yang ada dipasaran maka dipilih diameter sebesar 170mm.

Nilai tinggi reaktor pada mesin gasifikasi sekam padi berdasarkan pada persamaan (4.2) didapatkan nilai tinggi reaktor sebesar 0.768 m atau 768 mm sehingga dimensi tinggi reaktor dibulatkan menjadi 0,8 m atau 800 mm. Dimensi dari tabung luar di desain lebih besar dari reaktor / tabung bagian dalam sehingga dimensi tabung luar didapatkan dengan diameter 220mm dan dengan tinggi 1000 mm. Ketebalan pada masing masing tabung didesain menyesuaikan matrial yang ada pada pasaran sehingga didapat ketebalan dari tabung dalam sebesar 6 mm dan ketebalan n pada tabung luar 4 mm.

Berdasarkan seluruh hasil perhitungan dimensi didapatkan desain tungku gasifikasi tipe downdraft double jacket sebagai berikut



Perbandingan jumlah bahan bakar dengan udara sebagai media oksidasi dalam proses gasifikasi disebut dengan Equivalence Ratio (ER). Sebagaimana yang telah diketahui, untuk mencegah terjadinya pembakaran sempurna dalam dalam proses gasifikasi maka jumlah media oksidasi (udara) harus dapat dikendalikan. Batas ER untuk proses gasifikasi yang ideal adalah antara 0.19 – 0.43(15). Sehingga dalam penelitian ini digunakan ER = 0.235 dengan besarnya mass flow (laju massa) udara (Wb) =0.004122 kg per-detik.

1. Model Komputasi

Berdasarkan bentuk hasil rancangan tungku gasifikasi tipe downdraft dengan simulasi double jaket sesuai dengan hasil yang telah di rancang menggunakan software solidworks di simulasikan dengan software ansys.

Hasil simulasi gasifikasi pada CFD terhadap kecepatan udara menunjukan perbedaan temperatur. Komposisi, *syngas* dan perbedaan kontur. Suhu dan komponen *syngas* berkomponen beragam tergantung perlakuan yang di lakukan.

Kec udara	5	7 ms	9 ms
Ga	V1 MAX	V2 MAX	V3 MAX
Faktor (X)	(x10^-03)	(x10^-3)	(x10^-3)
N	79	79	79
O	21	21	21
H	76	80	47.
C	44.	7	0.531
CO2	18.	24.	30.
CH4	10	72.	48.

Table simulasi sebaran fraksi mol

Nilai sebaran fraksi mol pada komponen gas variasi dapat di lihat pada table. Nilat sebaran tertinggi temperatur dan fraksi mol komponen syngas di hasilkan dari variasi V1 atau pada kecepatan 5 ms.

2. Pengukuran Kinerja Proses Gasifikasi

Pengukuran kinerja proses gasifikasi dilakukan berdasarkan besarnya volume (%) combustible gas (CO, H2 dan CH4) yang terdapat dalam syngas hasil gasifikasi. Volume combustible gas tersebut kemudian digunakan untuk menghitung besarnya HHV (Higher Heating Value), Y (dry gas yield), dan η (efisiensi gasifikasi).

HHV = /
HHV 5ms = 0.074922105 MJ/Nm3
Y = dry gas yield (Nm3/kg)
Y=Qa*0.79/T*N2% =18.559361 Nm3/kg
n=Hg*Y/Hb*100% = 11%

Dimana Qa adalah laju alir volume dari udara sebagai media oksidasi (Nm3/jam) dan dinyatakan dalam pers. (6). Wb adalah laju alir massa dari bahan umpan (kg/jam) dalam hal ini adalah TKKS, dan N2% adalah persentase volume dari gas Nitrogen (N2) dalam syngashasil gasifikasi. Sementara itu, Hg (MJ/Nm3) dan Hb (MJ/kg) adalah heating value dari

syngas hasil gasifikasi dan heating value biomassa (TKKS) hasil analisa proximate.

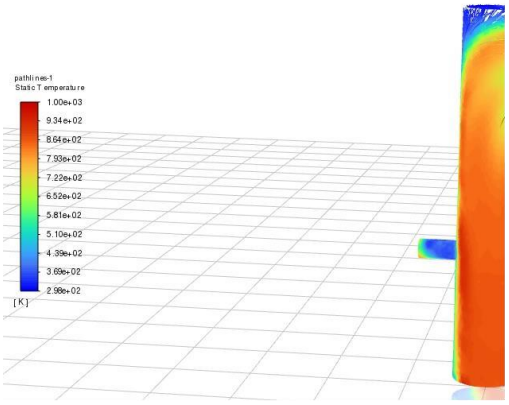
Qa = ER*FCR*SA/p = 34.42566752 Nm3/jam

Dengan SA adalah stoichiometric air fuel ratio dan ρa adalah massa jenis udara = 1.2 kg/m3 Berdasarkan perhitungan, maka besarnya laju alir volume udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10.25Nm3/jam. Berdasarkan efisiensi gasifikasi maka dapat dihitung besaran daya output gasifikasi (PO)

Po=(FCR*HHV*n/3.6) = 1.646050604 kW

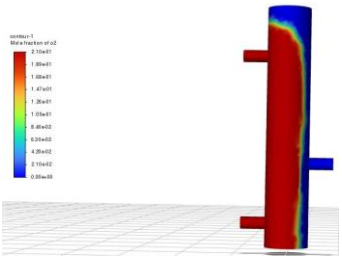
B. Hasil Simulasi Termal 5ms

Hasil simulasi termal dengan menggunakan software ansys dengan mengaplikasikan laju aliran udara atau flow inlet sebesar 5ms dapat diketahui berdasarkan gambar dibawah ini.



Gambar menunjukkan grafik besaran rata-rata dari distribusi temperatur disepanjang tinggi reaktor gasifikasi yang ditandai dengan notasi lingkaran. Distribusi temperatur tersebut diatas mewakili proses thermo chemical yang terjadi disetiap zona yang ada di reaktor gasifikasi.

Dari gambar tersebut didapat diketahui nilai temperature tertinggi sebesar 1000K yang terdapat pada zona oksidasi yang sejajar dengan aliran flow input udara dan flow output gas. Sementara pada area drying yang berada diketinggian sejajar dengan pipa flow input udara mendapatkan nilai suhu sebesar 510K. Nilai Posisi temperature tertinggi tepat sejajar secara vertical dengan inlet udara dan outlet gas, dimana pada lokasi tersebut terdapat konsentrasi Oksigen (O2) paling banyak sehingga pembakaran Hal tersebut bisa diketahui simulasi konsentrasi fraksi pada gambar berikut ini.

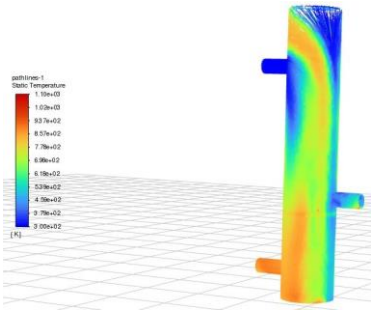


yang terjadi didalam reaktor terjadi lebih sempurna dibandingkan area lain. dari hasil mol O2 Dalam zona oxidation terjadi proses eksotermis (melepas kalor) reaksi ini terjadi antara sekam padi yang di soflei dengan udara karna oksigen mengandung udara yang menyediakan panas untuk proses endotermis (menyerap kalor panas) terjadi ada saat penyaringan di ketiga zona lainnya. Combustible gas yang paling banyak terbentuk adalah hidrogen (H2) diikuti dengan methane (CH4) dan gas carbon monoksida (CO). Persentase dari gas CO2 memiliki jumlah kecil dalam komposisi syngas mada laju flow udara simulasi sebesar 5ms.

Vol 1, No 2, Juli 2026
E-ISSN: -

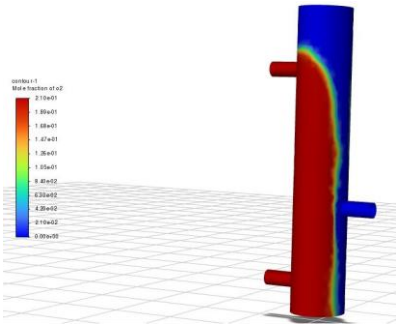
C. Hasil Simulasi Termal 7ms

Hasil simulasi termal dengan menggunakan software ansys dengan mengaplikasikan laju aliran udara atau flow inlet sebesar 7ms dapat diketahui berdasarkan gambar dibawah ini.

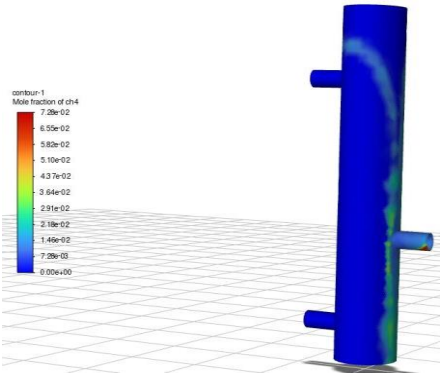


Dari gambar tersebut didapat diketahui nilai temperature tertinggi sebesar 1100K yang terdapat pada zona oksidasi yang sejajar dengan aliran flow input udara dan flow output gas. Namun sebaran panas pada variasi flow 7ms tidak sebagus sebaran temperature panas pada penggunaan flow 5ms, hal ini terjadi karena laju udara yang masuk terlalu cepat sehingga panas tidak menyebar dengan sempurna.

Hal ini juga tidak sesuai dengan batas ER ideal pada proses gasifikasi. Dimana semakin besar laju aliran udara maka nilai ER akan semakin kecil. Pada aliran flow udara 7ms penyebaran rata rata panas tertinggi terdapat diantara gas O2 dengan Gas CH4 hal ini bisa diketahui berdasarkan komparasi antara gambar temperature pada aliran 7ms dengan gambar fraksi mol gas O2 dan CH4 yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Hasil Simulasi Fraksi Mol Gas CH4



Hasil Simulasi fraksi mol gas O

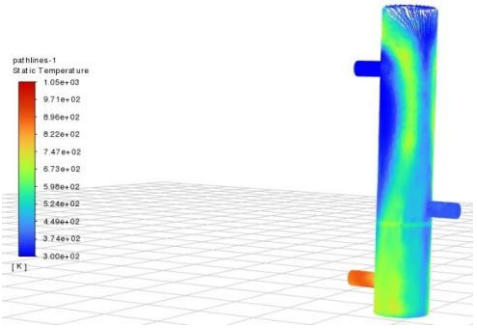
Pada Batasan antara fraksi gas O2 dan CH4 nilai temperature yang didapat lebih tinggi karena adanya raksi pembakaran yang lebih bagus karena gas CH4 terbakar sempurna dengan adanya O2.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Avicenna Muhammad Izzanour et. Al., 2021) fraksi massa yang dihasilkan dari reaksi pembakaran selaras dengan kontur temperature pembakaran yang terjadi. Hal ini karena korelasi yang terjadi antara reaksi pembakaran dan fraksi massa CO2 yang dihasilkan. Jumlah CO2 yang dihasilkan selama pembakaran mengindikasikan jumlah carbon yang bereaksi dengan oksigen, apabila reaksi terjadi secara baik maka kadar CO2 yang dihasilkan akan semakin banyak nilainya.

Vol 1, No 2, Juli 2026
E-ISSN: -

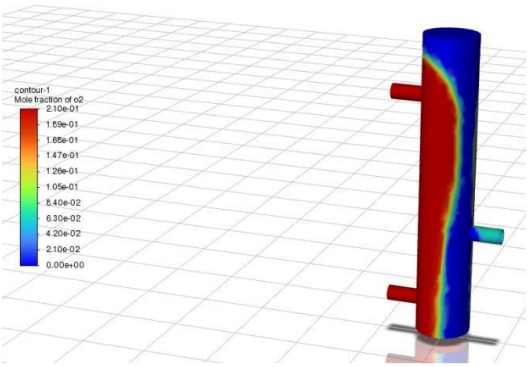
D. Hasil Aliran Udara Atau Flow Inlet Sebesar 9 ms.

Hasil simulasi termal dengan menggunakan software ansys dengan mengaplikasikan laju aliran udara atau flow inlet sebesar 9 ms dapat diketahui berdasarkan gambar dibawah ini.



Dari gambar tersebut didapat diketahui nilai temperature tertinggi sebesar 1050K. Namun sebaran panas pada variasi flow 9 ms Lebih buruk dibanding sebaran temperature panas pada penggunaan flow 5ms dan 7ms, hal ini terjadi karena laju udara yang masuk terlalu cepat sehingga panas tidak menyebar dengan sempurna.

Pada aliran flow udara 9ms penyebaran rata rata panas tertinggi terdapat diantara gas O2 dengan Gas CH4 yang mana hal ini sesuai dengan hasil simulasi pada aliran flow udara 7ms. Fenomena ini bisa diketahui berdasarkan komparasi antara gambar temperature pada aliran 7ms dengan gambar fraksi mol gas O2 dan CH4 yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar simulasi fraksi mol gas O2.



Pada Batasan antara fraksi gas O2 dan CH4 nilai temperature yang didapat lebih tinggi karena adanya raksi pembakaran yang lebih bagus karena gas CH4 terbakar sempurna dengan adanya O2, dimana fenomena tersebut juga terjadi pada aliran flow udara 7ms.

PENUTUP

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Ansys diperoleh laju aliran flow udara yang paling efektif adalah 5 ms dimana pada aliran ini kalor terdisribusi lebih merata dibanding pada aliran flow yang lain. Sementara pada area drying yang berada diketinggian sejajar dengan pipa flow input udara mendapatkan nilai suhu sebesar 510K. Nilai temperature tertinggi sebesar 1000K yang terdapat pada zona oksidasi yang sejajar dengan aliran flow input udara dan flow output gas. variasi flow 9 ms Lebih buruk dibanding sebaran temperature panas pada penggunaan flow 5ms dan 7ms, hal ini terjadi karena laju udara yang masuk terlalu cepat sehingga menyebar dengan sempurna. Nilai kalor tertinggi pada tiap titik perlakuan variasi flow didapat pertemuan antara gas hydroge CH4,

karena pada titik terse pembakaran sempurna. Laju aliran flow dari hasil simulasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai temperatur maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

Basu, Prabir, 2010, "Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory", Elsevier Inc., Oxford.

Botahala, L. 2019. Perbandingan Efektivitas Daya Absorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Galian. Yogyakarta. Penerbit Deepublish.

Buchori, L. 2009. Buku Ajar Perpindahan Panas. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang-Jawa Tengah.

Cengel, Y.A. 2003. Heat Transfer A Practical Approach, Second Edition. Singapore: Mc Graw-Hill, Book Company. Halaman 26.Erwanto, Y. 2018. Desain dan Kinerja Pompa

Hydram Spiral. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas 17 Augustus 1945 Surabaya. Surabaya- Jawa Timur.

Febriyanti, E. 2019. Simulasi Distribusi Aliran Gas CO dari Emisi Cerobong Menggunakan Simflow 3.1. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Hidayat, A. 2013. Proposal Penelitian.Karakteristik Proses Gasifikasi Biomassa pada Reaktor Downdraft Sistem Batch dengan Variasi Air-Fuel Ratio (AFR) dan Ukuran Biomassa. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. DIY-Jawa Tengah.

Hidayati, A, S, D, S, N., Kurniawan, S., Restu, N, W., Ismuyanto, B. 2016. Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif. Jurnal Teknik Kimia, 3 (4).

Huang, H. J dan S. Ramaswamy. 2009. Modeling Biomass Gasification using Thermodynamic Equilibrium Approach. Appl Biochem Biotechnol. 154:193–204.

Kusuma, I. P. 2013. Studi Pemanfaatan Biomassa Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Kalimantan Selatan (Studi Kasus Kabupaten Tanah Laut). Jurusan Teknik Elektro- FTI, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.