

# **SKRIPSI**

## **ANALISA PENGHEMATAN BAHAN BAKAR PADA MESIN BENSIN BEROPERASI DUAL FUEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS HASIL GASIFIKASI BATUBARA KUALITAS RENDAH**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**SAFRIALTO**

**03051181419048**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**



# **SKRIPSI**

## **ANALISA PENGHEMATAN BAHAN BAKAR PADA MESIN BENSIN BEROPERASI DUAL FUEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS HASIL GASIFIKASI BATUBARA KUALITAS RENDAH**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH  
SAFRIALTO  
03051181419048**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**



## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISA PENGHEMATAN BAHAN BAKAR PADA MESIN BENSIN BEROPERASI DUAL FUEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS HASIL GASIFIKASI BATUBARA KUALITAS RENDAH

## SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:  
**SAFRIALTO**  
03051181419048



Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, 9 Mei 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing ,

Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T  
NIP. 19720716 200604 1 002



## HALAMAN PERSETUJUAN

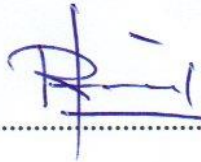
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisa Penghematan Bahan Bakar Pada Mesin Bensin beroperasi Dual Fuel Menggunakan Bahan Bakar Gas Hasil Gasifikasi Batubara Kualitas Rendah” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 4 Mei 2019.

Indralaya, 4 Mei 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

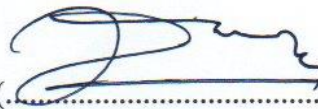
1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19560604 198602 1 001




(.....)

Anggota :

2. Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T  
NIP. 19590823 198903 1 001
3. Dr. Dewi Puspitasari, S.T, M.T  
NIP. 19700115 199412 2 001



(.....)



(.....)



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,



Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T  
NIP. 19720716 200604 1 002





## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : SAFRIALTO

Nim : 03051181419048

Judul : Analisa Penghematan Bahan Bakar Pada Mesin Bensin beroperasi Dual Fuel Menggunakan Bahan Bakar Gas Hasil Gasifikasi Batubara Kualitas Rendah

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri disamping tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, Juni 2019



Safrialto  
Nim: 03051181419048



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis persembahkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta Cinta-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini berjudul “Analisa penghematan bahan bakar bensin (premium) beroperasi dual fuel menggunakan bahan bakar gas hasil gasifikasi batubara kualitas rendah” yang di lakukan di laboratorium Teknik mesin. Skripsi ini merupakan bukti tertulis bahwa rangkaian tugas akhir telah selesai dijalankan, serta persyaratan salah satu kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Penulisan Skripsi ini tentunya penulis tidak bekerja sendiri, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang, baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu, dalam kesempatan penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Kedua Orang Tua Bapak Ahmad fauzi dan Ibu Rusdiana, S.E yang selalu mendukung, memberi semangat dan mendoakan tiada hentinya selama proses penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Sriwijaya.
3. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng.selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Fajri Vidian ST,MT selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
5. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Saft Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Universitas
7. Kepada adik - adik saya Wirawansah, Yulianda, dan Predianata atas dukungan, serta doa selama proses penyelesaian skripsi.
8. Kepada calon istriku tercinta Astri Damayanti A, Amd atas semangat yang selalu diberikan setiap waktu.

9. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin “*solidarity forever*”, terutama Teknik Mesin angkatan 2014.
10. Teman - teman seperjuangan di Balkon Hikma Jevie, S.T, M. Chandra, S.T, Ahmad Galih, S.T, dan M. Risky, S.T, M. Nursabdin, Devan OH.

Dalam penulisan ini, Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini baik dari segi pembuatan maupun dari segi penyajiannya. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan keritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Indralaya, juni 2019

Penulis



SAFRIALTO

Nim: 03051181419048

# DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	1
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian.....	2
1.5    Manfaat Penelitian .....	3
1.6    Sistematika Penulisan .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Batubara.....	5
2.1.1    Pengertian Batubara .....	5
2.1.2    Klasifikasi Batubara.....	6
2.1.3    Bahan Bakar Bensin (Premium).....	7
2.1.4    Pembakaran.....	8
2.2    Gasifikasi.....	9
2.2.1    Gasifier Tipe Downdraft .....	10
2.2.2    Reaksi Pada Reaktor Gasifikasi .....	10
2.3    Perhitungan Dasar Gasifikasi .....	12
2.3.1    Perhitungan Jumlah Udara Menggunakan Orifis Meter .....	12
2.3.2    Fuel Consumption Rate (FCR) .....	13
2.3.3    Kebutuhan Udara Stokiometri .....	13
2.3.4    Equivalensi Ratio .....	14
2.4    Motor Bensin .....	14
2.4.1    Prinsip Kerja Motor Bensin Empat Langkah (4 Tak) .....	15
2.5    Sistem Dual Fuel .....	18
2.6    Penghematan Bahan Bakar .....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1    Metode Penelitian.....	21

3.2	Diagram Alir Penelitian .....	21
3.3	Eksperimen Set-Up .....	23
3.4	Alat dan Bahan Pengujian .....	24
3.4.1	Alat .....	24
3.4.2	Bahan .....	28
3.5	Prosedur Penelitian .....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Hasil .....	33
4.1.1	Data Hasil Pengujian .....	33
4.1.2	Data Hasil Penujian Gasifikasi .....	34
4.1.2.1	Perhitungan Laju Aliran Massa Udara Proses Gasifikasi .....	34
4.1.2.2	Perhitungan Laju Aliran Massa Gas Proses Gasifikasi .....	35
4.1.2.3	Perhitungan Kebutuhan Udara Stokiometri Proses Gasifikasi .....	36
4.1.2.4	Perhitungan Laju Pemakaian Bahan Bakar Proses Gasifikasi .....	36
4.1.2.5	Perhitungan Perbandingan Udara dan Bahan Bakar A/F Gasifikasi .....	37
4.1.2.6	Equivalensi Rasio .....	37
4.1.2.7	Perhitungan Laju Pemakaian Bahan Bakar dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Mesin Bensin .....	38
4.1.2.8	Perhitungan Persentase Penghematan Bahan Bakar .....	41
4.2	Pembahasan .....	42
4.2.1	Proses Gasifikasi Batubara .....	42
4.2.2	Perbandingan Laju Pemakaian Bahan Bakar Bensin (Premium) Berdasarkan Beban Listrik Pada Pengujian Mesin Bensin .....	44
4.2.3	Hubungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Beban Listrik Pada Pengujian Mesin Bensin .....	45
4.2.4	Persentase Penghematan Bahan Bakar Terhadap Beban Listrik .....	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		47
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47
DAFTAR RUJUKAN .....		i
DAFTAR LAMPIRAN .....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Downdraft Gasifier.....	10
Gambar 2.2	Penampang Orifice Meter .....	12
Gambar 2.3	Cara Kerja Motor Bensin Empat Langkah.....	16
Gambar 2.4	Diagram P-V Siklus Ideal Motor Bakar Bensin Empat Langkah ..	16
Gambar 2.5	Diagram T-S Pada Siklus Otto Ideal .....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar 3.2	Eksperimen Set-Up .....	23
Gambar 3.3	Inverted Downdraf Gasifier .....	23
Gambar 3.4	Gasifier .....	25
Gambar 3.5	Manometer Tabung U .....	25
Gambar 3.6	Blower Reaktor .....	26
Gambar 3.7	Blower Hisap.....	26
Gambar 3.8	Generator Set.....	27
Gambar 3.9	Timbangan.....	27
Gambar 3.10	Stopwatch .....	28
Gambar 3.11	Batubara MT-46 .....	28
Gambar 3.12	Arang Kayu .....	29
Gambar 3.13	Minyak Tanah .....	30
Gambar 3.14	Minyak Bensin (Premium).....	30
Gambar 4.1	Perbandingan Waktu Operasi dan Lama Gas Menyala .....	43
Gambar 4.2	Tampak Api Gas Mampu Bakar.....	43
Gambar 4.3	Perbandingan Laju Pemakaian Bahan Bakar Bensin (Premium) Berdasarkan Beban Listrik.....	44
Gambar 4.4	Hubungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Beban Listrik .....	45
Gambar 4.5	Persentase Penghematan Bahan Bakar Terhadap Beban Listrik....	46





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Batubara Dalam Kelas Konvensional.....	6
Tabel 2.2.	Klasifikasi Peringkat Batubara Oleh ASTM .....	7
Tabel 2.3.	Karakteristik Premium .....	8
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Proses Gasifikasi.....	33
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Mesin Bensin Single Fuel dan Dual Fuel .....	33
Tabel 4.3.	Analisis Ultimate Batubara .....	36
Tabel 4.4.	Hasil Pengolahan Data Gasifikasi.....	38
Tabel 4.5.	Tabel Hasil Pengolahan Mesin Bensin <i>Single Fuel</i> .....	38
Tabel 4.6.	Tabel Hasil Pengolahan Mesin Bensin <i>Dual Fuel</i> .....	40



# ANALISA PENGHEMATAN BAHAN BAKAR PADA MESIN BENSIN BEROPERASI DUAL FUEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS HASIL GASIFIKASI BATUBARA KUALITAS RENDAH

Fajri Vidian\*, Safrialto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

\*e-mail: fajri.vidian@unsri.ac.id

## Abstrak

Perkembangan zaman yang semakin modern mengakibatkan dunia mengalami tiga krisis besar salah satunya sumber energi. Indonesia merupakan negara yang mempunyai banyak sumber energi seperti: gas alam, minyak bumi, energi air, geothermal, dan batubara, tetapi belum di manfaatkan secara optimal khususnya sumber energi batubara. Batubara yang ada di Indonesia rata-rata batubara kualitas rendah dan belum di manfaatkan secara merata khususnya di wilayah Sumatera Selatan. Salah satu pemanfaatan batubara dapat dilakukan dengan beberapa cara dan metode, salah satunya adalah gasifikasi batubara. Teknologi gasifikasi batubara adalah sebuah proses mengubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas atau gas mampu bakar. Pada penelitian ini proses gasifikasi batubara menggunakan batubara jenis MT-46 sebanyak 14 kg setiap pengujian dengan waktu operasi rata-rata 173 sampai 180 menit dan lama nyala api yang berbeda-beda sekitar 168 sampai 175 menit. Hasil pengujian ini menunjukkan nilai laju aliran massa udara gasifikasi 8,5 kg/h, nilai laju aliran masa bahan bakar 4,6 hingga 4,8 kg/h serta nilai laju aliran massa gas gasifikasi 11,55 kg/h setiap kali pengujian, dengan nilai perbandingan udara dan bahan bakar gasifikasi (A/F) 1,7 hingga 1,8, nilai *equivalensi ratio* antara 0,23 hingga 0,25 gas yang dihasilkan merupakan gas mampu bakar dengan presentasi penghematan bahan bakar untuk pengujian tanpa beban 14,69%, beban 300 watt 15,79%, beban 500 watt 16,57%, beban 700 watt 16,42%, beban 1000 watt 13,15%.

**Kata kunci:** Energi, Batubara, Gasifikasi, Gasifikasi, Massa Udara, Massa Gas, Massa Bahan Bakar, Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (A/F), *Equivalensi Ratio*, Penghematan.



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yana, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 19711225 199702 1 001

Inderalaya, Juli 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing,

Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T  
NIP. 19720716 200604 1 002



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan zaman yang semakin modern mengakibatkan dunia mengalami tiga krisis besar salah satunya yaitu krisis sumber energi, diketahui ketersediaan sumber energi di dunia ini semakin meningkat dari waktu ke waktu, seiring dengan pertumbuhan penduduk di dunia, hal ini akan mempengaruhi ketahanan nasional dari suatu negara. Sebagaimana yang kita ketahui Indonesia yang juga merupakan suatu negara kepulauan mempunyai banyak sumber energi seperti: gas alam, minyak bumi, energi air, geothermal, dan batubara. Indonesia juga menjadi salah satu negara produsen dan eksportir sumber energi batubara terbesar di dunia sejak tahun 2005 dengan jumlah produksi 425 juta ton saat ini.

Batubara yang ada di Indonesia pada umumnya adalah batubara kualitas rendah, dengan jumlah mencapai 70 – 80 % dan masih belum di manfaatkan secara optimal walaupun cadangan batubara di Indonesia sangat melimpah khususnya di wilayah Sumatera Selatan. Pemanfaatan batubara sebenarnya dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satu metodenya adalah gasifikasi batubara. Teknologi gasifikasi batubara adalah teknologi yang mengubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas. Proses teknologi gasifikasi batubara ini mempunyai beberapa keunggulan seperti lebih efisiensi, ramah lingkungan dan polusi yang dihasilkan tidak berbau.

Produsen gas hasil dari proses gasifikasi batubara dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan, baik untuk kebutuhan sehari-hari, kebutuhan untuk industri seperti penggerak turbin gas maupun sebagai bahan bakar untuk mesin internal. Penggunaan gas hasil gasifikasi untuk bahan bakar mesin internal atau mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) seperti mesin bensin dan mesin diesel sebenarnya sudah sejak lama di terapkan, Gas hasil gasifikasi tersebut digunakan bersamaan dengan solar atau bensin untuk menghasilkan proses pembakaran di ruang bakar (Suprpto and Heryadi, 2009).

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan bagaimana penghematan bahan bakar yang terjadi jika mesin bensin beroperasi dengan sistem dual fuel bahan bensin dan gas hasil gasifikasi batubara.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah untuk dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Variasi tanpa beban.
2. Beban 300W.
3. Beban 500W.
4. Beban 700W.
5. Beban 1000W.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan pengaruh peningkatan beban listrik (tanpa beban dan beban 300W, 500W, 700W, dan 1000W) terhadap laju pemakaian bahan bakar bensin baik beroperasi *single fuel* dan *dual fuel*.
2. Mendapatkan pengaruh beban listrik (tanpa beban dan beban 300W, 500W, 700W, dan 1000W) terhadap laju konsumsi sfesifik bensin.
3. Mendapatkan pengaruh peningkatan beban listrik (tanpa beban dan beban 300W, 500W, 700W, dan 1000W) terhadap laju penghematan bahan bakar.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai gasifikasi batubara dalam proses dual fuel.
2. Memberi kajian baru mengenai hasil penelitian pengerak mesin bensin dan bahan bakar gasifikasi batubara.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada penulisan proposal skripsi, sistematika penulisan terdiri dari beberapa bab, dimana pada setiap bab terdapat uraian-uraian yang mencakup pembahasan proposal skripsi ini secara keseluruhan. Diantaranya adalah sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Membahas tentang metode penelitian, peralatan, bahan penelitian, dan prosedur penelitian.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang data pengujian, perhitungan data pengujian, dan pembahasan hasil penelitian.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian.



## DAFTAR RUJUKAN

- Berkowitz, N., 1985. *The Chemistry of Coal* Elsevier, Netherland.
- Bridgewater, A., 2003. Renewable Fuel and Chemicals by Thermal Processing Of Biomass., *Chemical Engineering jurnal* 91, 87–102.
- Diessel, 1981. Batubara dan mineral, *Transaction of the ASAE* 28 (6), 2037–2041.
- Dayanto., 1985. Bahan Bakar Bensin dan batubara. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 1, 90–95.
- Fatimah, A.M., Ragina, F.S., Siahaan, N., and Batih, H., 2016. Gasifikasi Biomassa : Studi Kasus Proyek di Desa Munduk , Buleleng , 1–15. Indonesia Institut Energy Economics.
- Feng, P. et. al ., 2016. Entrained flow gasification of coal/bio-oil slurries. *Energy* 111, 793–802. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.05.115>.
- Hoki, M., Sato, K., Miao, Y., D., and Nishidate, J., 2002. The Study of biomass gasification system - temperature control of rice husk gasifier. *Proceeding of the Internasional Agricultural Engineering Conference Wuxi, Cina* 28–30, 200, 578–582.
- Mardiansyah, A., 2015. Analisa performa mesin menggunakan bahan bakar premium terhadap daya dan torsi pada toyota kijang innova engine itr-fe. Unipersitas Diponogoro.
- Mujadi, K., 2012. Uji untuk kerja pembangkit listrik bergerak motor bakar berbahan bakar syngas dari gasifikasi sekam padi uap-udara. Universitas Sebelas Maret.
- Nahampun, F., 2017. Kajian Pengeluaran Residu Proses Gasifikasi Fernando Nahampun Departemen Teknik Mesin Dan Biosistem. Institut Pertanian Bogor.
- Promes, E.J.O., Woudstra, T., Schoenmakers, L., Oldenbroek, V., Thattai, A.T., and Aravind, P. V, 2015. Thermodynamic evaluation and experimental validation of 253 MW Integrated Coal Gasification Combined Cycle power plant in Buggenum , Netherlands. *APPLIED ENERGY* 155, 181–194. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.006>.
- Purwantana, B., 2007. Pengembangan Gasifier Untuk Gasifikasi Limbah Padat Pati Aren (Arenca Pinnata Wurmb) 27, 3. Universitas Gajah Mada.

- Rahardjo, B.S., 2007. Sirkulasi Unggun Mengambang Untuk Membangkitkan Listrik 1 Mw 17. Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi (PTPSE), Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi dan Material (TIEM), BPP Teknologi,
- Ridhuan, K., 2017. Pengaruh Filter Dan Cyclone Pada Reaktor Gasifikasi Tipe Updraft Terhadap Hasil Pembakaran Syn-Gas 6, 44–53. Universitas Muhamadyah Metro.
- Riza, A., Bindar, Y., Susanto, H., Mesin, J.T., Teknik, F., and Tarumanagara, U., 2017. Pengaruh kadar karbon pada proses gasifikasi 21, 1–8. Universitas Tarumanagara.
- Suharto, Ahmad 2004. Kajian Awal Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi Di Provinsi Sulawesi Selatan. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia V 3*, 434–442. Pusat Penelitian dan Perkembangan Teknologi Mineral Batubara.
- Suprpto, S., and Heryadi, D., 2009. UNTUK PLTD SISTEM DUAL FUEL 121–130. Pusat Penelitian dan Perkembangan Teknologi Mineral Batubara.
- Vera, D., Jurado, F., Mena, B. De, and Schories, G., 2011. Comparison between externally fired gas turbine and gas fired gas turbine system for the olive oil industry. *Energy* 36, 6720–6730. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.036>.
- Vidian., Fajri, 2008. Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. *Jurnal Teknik Mesin* 10, 88–93.
- Vidian, F., Hasan. Basri., and Sihotang, D., 2017. Design, Construction and Experiment on Imbert Downdraft Gasifier Using South Sumatera Biomasa and Low Rank Coal as Fuel. *Mechanical Engineering Department; Universitas Sriwijaya*.
- Wibowo, W.A., Pranolo, S.H., and Wijayanta, A.T., 2017. Reducing Gasoline Specific Consumption in Dual-Fuel Electricity Generation by Using Combustible Gas from Rice Husk Gasification 76, 223–228.
- Wiratmaja, I.G., 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian

Biogasoline 4. Universitas Undayana

Y. A. Çengel and M. A. Boles, 2006. *Thermodynamics: An Engineering Approach*,  
5th ed. *McGraw-Hil*, New York