

ISBN : 978-602-6204-06-6

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL ART, SAINS DAN TEKNOLOGI

GORONTALO  
23 NOVEMBER

# 2016

INOVASI ART, SAINS DAN TEKNOLOGI BERKELANJUTAN UNTUK  
KEMAJUAN PEMBANGUNAN INDONESIA

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



PEMERINTAH  
PROVINSI GORONTALO



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO



ZTE UNIVERSITY

# **PROSIDING**

**SEMINAR NASIONAL ART, SAINS DAN TEKNOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO  
2016**

**INOVASI ART, SAINS DAN TEKNOLOGI BERKELANJUTAN UNTUK  
KEMAJUAN PEMBANGUNAN INDONESIA**

**Gedung Training Centre Damhil UNG  
Rabu, 23 November 2016**

**Editor :**

**Dr. Moh. Yusuf Tuloli, ST., MT**

**Dr. Anton Kaharu, S.T., MT**

**Dr. Marike Mahmud, ST., M.Si**

**Arip Mulyanto, M.Kom**

*THE*  
*Character Building*  
*UNIVERSITY*

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI ART, SAINS DAN TEKNOLOGI BERKELANJUTAN UNTUK KEMAJUAN PEMBANGUNAN INDONESIA

Editor : Dr. Moh. Yusuf Tuloli, ST., MT  
Dr. Anton Kaharu, S.T., MT  
Dr. Marike Mahmud, ST., M.Si  
Arip Mulyanto, M.Kom

Edisi Pertama  
Cetakan Pertama, 2016

Hak Cipta ©2016 pada penulis,  
Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku dalam bentuk apa pun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.



**Fakultas Teknik**  
Universitas Negeri Gorontalo

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

## TIM REVIEWER

- Prof. Dr. DHARSONO, M.Sn  
Institut Seni Indonesia Surakarta
- Ir. RINI DHARMASTITI M.Sc, Ph.D  
Universitas Gadjah Mada
- Ir. JACHRIZAL SUMABRATA, ST., MSc(Eng)., PhD.  
Universitas Indonesia
- Dr. RATNA WARDANI, MT  
Universitas Negeri Yogyakarta
- Dr. ISTAS PRATOMO  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- AFIFAH HARISAH, ST., MT., Ph.D  
Universitas Hasanuddin Makassar
- LANTO NINGRAYATI AMALI, Ph.D  
Universitas Negeri Gorontalo
- Ir. WAHAB MUSA, M.T, Ph.D  
Universitas Negeri Gorontalo
- Dr. MOHAMMAD YUSUF TULOLI, S.T., M.T.  
Universitas Negeri Gorontalo
- WRASTAWA RIDWAN, ST., MT  
Universitas Negeri Gorontalo
- IDHAM HALID LAHAY, ST., M.Sc  
Universitas Negeri Gorontalo
- HASDIANA SALEH, S.Pd., M.Sn  
Universitas Negeri Gorontalo

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

**SUSUNAN PERSONALIA  
SEMINAR NASIONAL ART, SAINS DAN TEKNOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO 2016**

**Pelindung** : Moh. Hidayat Koniyo, ST., M.Kom (Dekan FT)  
**Pengarah** : Arfan Utiahman, ST., MT. (Wakil Dekan II)  
Taufik Ismail Yusuf, ST., M.Si (Wakil Dekan III)  
**Penanggung Jawab** : Arip Mulyanto, S.Kom., M.Kom (Wakil Dekan I)

**Pelaksana**  
**Ketua** : Dr. Moh. Yusuf Tuloli, ST., MT  
**Sekretaris** : Lanto Ningrayati Amali, S.Kom., M.Kom., P.Hd  
**Bendahara** : 1. Dr. Hj. Marike Machmud, ST., M.Si  
2. Tuti Bengkal, S.Pd  
3. Charles Mopangga, S.Pd

**Panitia** : Dr. Beby.S.D.Banteng, ST., M.Sp Manda Rohandi, M.Kom  
Drs. Yus Irianto Abas, M.Pd Tadjudin Abdillah, S.Kom., M.Sc  
Isnawati Mohammad, S.Pd., M.Pd Abd. Azis Bouty, S.Kom., M.Kom  
Agus Lahinta, S.Kom., MT Dian Novian, S.Kom., MT  
Eka Vickraien Dangkoa, M.Kom Lillyan Hadjarati, S.Kom., M.Si  
Rahmat Doda, ST Stela Junus, ST., MT  
Hendro Siswanto Hasan Roviana Dai, S.Kom., MT  
Salahudin Ollii, ST., MT Ismail Haluti  
Moh. Rhamdan Arif Kaluku, M.Kom Yolanda Dunga, S.Pd  
Hilmansah Gani, S.Kom., M.Kom Ningsih Hamzah, S.Pd  
Rampi Yusuf, S.Kom., MT Siti Asna Sari Isa, S.Pd  
Alfian Zakaria, S.Kom., M.Kom Ratna L. Taha, S.Pd  
Arfan Usman Sumaga, ST., MT Sulastri Abas, S.T  
Jumiati Ilham, ST., MT Syafril  
Iskandar Z. Nasibu, S.Pd., M.Eng Fetri Labolo, A.Md  
Muh. Yasser Arafat, S.Pd., M.Pd Ade Khairani Djula, SH  
Abdi Gunawan Djafar, ST., MT Rifki Setiawan, SE  
Raif Latongko, A.Md Allan Tri Putra Amilie  
Marwan Arfan, A.Md

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY

## ELEKTRO

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM INFORMASI KALENDER MUSIM BERBASIS KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT GORONTALO <i>Amirudin Y. Dako, Yowan Tamu</i> .....	365-372
SEGMENTASI WARNA RGB UNTUK MENDETEKSI OBJEK MANUSIA BERDASARKAN WARNA KULIT DAN FITUR BIOMETRIK WAJAH <i>Bambang Panji Asmara</i> .....	373-378
DESAIN EFEKTIVITAS PEMBEBANAN SISTEM DISTRIBUSI PLTMH DI DESA MONGILO KABUPATEN BONE BOLANGO, GORONTALO <i>Burhan Liputo</i> .....	379-386
KARAKTERISTIK OPTIK FITOPLANKTON UNTUK SENSOR PENGUKUR KONSENTRASI FITOPLAKTON <i>Gunady Haryanto, Vector Anggit Pratomo</i> .....	387-394
DESAIN TEKNIS ELEKTRIKAL MEKANIKAL PLTMH PADA SUNGAI BULANGO DESA MONGI'ILO INDUK KECAMATAN BULANGO ULU KABUPATEN BONE BOLANGO <i>Lanto Mohamad Kamil Amali</i> .....	395-400
PENGEMBANGAN TRAINER USB TO SERIAL BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MATA PELAJARAN PRAKTIK KOMUNIKASI DATA DAN INTERFACE <i>Muhammad Miftachurrohman, Rustam Asnawi</i> .....	401-408
<b>INDUSTRI</b>	
PENINGKATAN KUALITAS ECENG GONDOK SEBAGAI BAHAN PRODUK KERAJINAN <i>Hasanuddin, Lahay. I</i> .....	409-416
ANALISIS PETA TANGAN KANAN DAN TANGAN KIRI PENGRAJIN KARAWO <i>Idham Halid Lahay, Hasanuddin1, Stella Yunus</i> .....	416-422
KARAKTERISASI BIOMASSA LOKAL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MENGGUNAKAN REAKTOR PENGASIS TIPE DOWNDRAFT <i>Janter, Bisrul, Eka</i> .....	423-430
PROSPEK INDUSTRI PEMBUATAN SABUN ANTISEPTIK TRANSPARAN DARI MINYAK KELAPA DAN MINYAK SEREH <i>Mashuni, Halimahtussaddiyah R.</i> .....	431-438
ENERGI ALTERNATIF UNTUK KETAHANAN PANGAN <i>Moh. Riyandi Badu, Hendra Uloli</i> .....	439-444
PERBAIKAN KUALITAS PADA PROSES PEMBUATAN TAHU SUMEDANG DENGAN PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN GOOD MANUFACTURING PRACTICES DI CV. X <i>Wawan Kurniawan, Oki Bias Suranta</i> .....	445-450
PENGARUH TEMPERATUR DAN KEBISINGAN TERHADAP DAYA INGAT JANGKA PENDEK <i>Yunita Apri Yani, Idham Halid Lahay</i> .....	451-458
APLIKASI BIOETANOL UMBI WALUR (AMORPHOPHALLUS PAENIFOLIUS) SEBAGAI EXTENDER PREMIUM PADA MOTOR BENSIN 4 TAK 1 SILINDER <i>Muhaji</i> .....	459-464

# KARAKTERISASI BIOMASSA LOKAL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MENGGUNAKAN REAKTOR PENGASIS TIPE DOWNDRAFT

Janter<sup>1)</sup>, Bisrul<sup>2)</sup> dan Eka<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan)

email: [janterps@gmail.com](mailto:janterps@gmail.com)

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan)

email: [bisrulhapis@gmail.com](mailto:bisrulhapis@gmail.com)

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan)

email: [ekadaryanto@yahoo.co.id](mailto:ekadaryanto@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakter beberapa jenis biomassa yang digunakan sebagai umpan (feedstock) pada suatu proses gasifikasi untuk mendapatkan produk gas yang dapat terbakar (flammable gas). Mengubah bentuk fisik biomassa ataupun keseragaman ukuran biomassa jauh lebih mudah daripada mengubah dimensi atau komponen reaktor. Biomassa lokal (kayu, cangkang kelapa sawit, tempurung/batok kelapa, cangkang kemiri, bambu, tongkang jagung) yang merupakan limbah pertanian yang melimpah yang dapat digunakan sebagai umpan untuk reaktor gasifikasi. Berdasarkan data dan informasi dari studi-studi pendahuluan, sebuah prototipe reaktor dari tipe fixed-bed downdraft gasifier dibangun untuk digunakan sebagai reaktor pengujian. Produk gas (producer gas) diobservasi dan dianalisis berdasarkan nyala-nyala api (flame) yang dihasilkan setelah pembakaran pada burner. Termokopel digunakan untuk mengukur suhu api pembakaran produk gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nyala api berwarna biru menghasilkan suhu yang lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa nilai pembakaran (heating value) gas tersebut memiliki energi yang tinggi. Dari eksperimen yang telah dilakukan disimpulkan bahwa tempurung kelapa memiliki energi yang paling tinggi diantara biomassa yang digunakan, yaitu kayu dan bambu. Temperatur pembakaran gas dari tempurung kelapa rata-rata mencapai 350°C diikuti kayu dan bambu masing-masing 300°C dan 275°C.

**Kata Kunci:** Biomassa, Gasifikasi, Gas-dapat-terbakar, Temperature nyala

## 1. PENDAHULUAN

Secara turun temurun bahwa isu kehabisan minyak bumi sebagai sumber utama energi terus dikumandangkan oleh para pakar dibidang energi. Pada masa yang akan datang, kehabisan sumber energi utama ini akan mengakibatkan kelumpuhan total peradaban manusia di bumi ini. Semua mesin (*engine*) statis maupun dinamis saat ini tergantung kepada minyak bumi. Apabila minyak bumi betul-betul habis, sepertinya mesin-mesin ini menjadi tidak berguna dan menjadi barang rongsokan. Hal ini mendorong umat manusia untuk mencari sumber energi alternatif pengganti minyak bumi. Saat ini teknologi konversi minyak bumi menjadi gas sudah mulai berkembang dan sebagian mesin-mesin pembakaran dalam sudah menggunakan gas hasil konversi sebagai bahan bakarnya. Hal ini memberi petunjuk bahwa mesin-mesin berbahan bakar minyak (BBM) dapat menggunakan bahan bakar gas (BBG) sebagai bahan bakar pengganti tanpa melakukan modifikasi pada ruang bakar mesin tersebut. Persoalan yang muncul adalah bagaimana mendapatkan bahan bakar gas selain mengkonversi BBM ke BBG.

Biomassa termasuk sumber energi alternatif dengan produk utama adalah gas (*shyntetic gas*) yang dapat terbakar (*flammable gas*) bio-oil. Mengurangi penggunaan bahan bakar hidrokarbon/minyak bumi dengan memanfaatkan biomassa sebagai sumber energi dapat mengurangi pemanasan global akibat emisi karbon dioksida. Biomassa ini juga dikenal sebagai sumber energi yang melimpah, dapat diperbarui (*renewable*) dan bersifat *carbon-neutral* sebab karbon dioksida yang diproduksi selama proses pembakaran (*combustion*) ataupun penggasan (*gasification*) akan dipergunakan kembali oleh biomassa lainnya untuk bertumbuh melalui proses fotosintesis. Dengan kata lain bahwa biomassa dalam penggunaannya sebagai sumber bahan bakar tidak berkontribusi menambah jumlah karbon dioksida di atmosfer.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, karakterisasi, dan menguji beberapa jenis biomassa dalam menghasilkan produk gas dapat terbakar. Biomassa yang diuji seperti cangkang kelapa sawit, cangkang kemiri, tempurung kelapa, bambu dan lain-lain yang produksinya melimpah sebagai sisa olahan pertanian didaerah

lokasi penelitian. Sebuah reaktor penggas tipe *fixed-bed downdraft gasifier* skala laboratorium dibangun sebagai reaktor proses.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Biomassa sudah berperan sebagai sumber energi sejak dahulu dalam perkembangan peradaban manusia di dunia ini. Di awal tahun 1960-an misalnya, pemerintah Indonesia sudah mulai menyadari dan melihat biomassa sebagai sumber energi alternatif. Disamping sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan sifatnya terbarukan, produksinya juga melimpah mengingat negara Indonesia adalah negara agraria dengan produksi biomassa yang signifikan. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral bahwa sumber energi dari biomassa ekuivalen dengan 50.000 MW sedikit dibawah sumber energi dari air (*hydropower*). Ini menandakan bahwa biomassa sangat potensial dalam menyumbang kebutuhan energi di Indonesia serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi dari fosil. Dalam perencanaan energi nasional, di tahun 2025 pemerintah menargetkan 15% energi berasal dari energi terbarukan dan itu 5%-nya disumbangkan oleh biomassa [PIE, 2010].

Gasifikasi adalah suatu proses yang sifatnya memerlukan panas (*endothermic*) untuk mengonversi bahan bakar padat (umumnya biomassa) menjadi bahan bakar gas dengan kandungan utama adalah CO, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>. Berbeda dengan proses pembakaran, selain dengan udara, gasifikasi bisa dilakukan dengan menggunakan *gasification agent* yang lain misalnya uap air (*steam*). Namun selain memerlukan biaya untuk produksi uap air, proses menjadi sangat endotermis dan memerlukan tambahan energi dari luar sistem. Umumnya gasifikasi menggunakan oksigen dalam udara sebagai oksidator. Selain biaya murah, udara juga tersedia kapan saja diperlukan. Gasifikasi menggunakan udara sebagai agen dimaksudkan untuk mendapatkan energi panas dari pembakaran karbon (*char*) sisa proses gasifikasi sehingga proses dapat berlangsung tanpa asupan energi panas dari luar sistem. Umumnya oksigen yang diperlukan hanyalah dalam jumlah yang sedikit/terbatas. Oleh karena itu proses gasifikasi sering juga disebut proses *partial combustion* [Bridgewater dkk, 1999; Bridgewater, 2003; Digman dkk; 2009, Cabello dkk, 2000].

Beberapa peneliti fokus pada reaktor *fluidized bed* dibandingkan *fixed bed* sebagai reaktor gasifikasi biomassa. Dari segi nilai bakar (*heating value*) dari produk gas, *fluidized bed* memang lebih baik dari *fixed bed*. Hal ini dikarenakan pencampuran (*mixing*) antara partikel biomassa dengan *bed partikel* (umumnya pasir) membuat perpindahan panas pada *fluidized bed* lebih baik dibandingkan *fixed bed*. Namun efisiensi *fixed bed* masih lebih bagus dibandingkan *fluidized bed*. Hal ini dikarenakan masih banyak karbon halus yang tidak sempat terbakar yang keluar dari reaktor *fluidized-bed* bersama dengan produk gas [Gomez dkk, 2011]. Reaktor *fixed bed* menjadi pilihan utama mengingat konten tar dalam produk gas-nya lebih sedikit dibandingkan dengan *fluidized bed*. Hal ini dikarenakan oleh temperatur kerja *fixed bed* lebih tinggi dari *fluidized bed*. Temperatur sangat berpengaruh pada kandungan tar dalam produk gas. Semakin tinggi temperatur proses gasifikasi maka semakin rendah pula kandungan tar dalam produk gas [Gomez dkk, 2011].

Mengingat melimpahnya sumber-sumber energi alternatif dari biomassa, maka sebuah reaktor penggas biomassa seyogianya mampu untuk menggasifikasi berbagai macam biomassa dari berbagai karakter, tipe dan ukuran. Perlu di rancang sebuah reaktor penggas biomassa yang fleksibel untuk berbagai biomassa pada kondisi begitu diterima. Berbagai literatur membahas mengenai reaktor *downdraft* yang di uji pada berbagai macam jenis dan ukuran biomassa. Reaktor ini banyak diteliti namun masih terbatas pada karakteristik biomassa seperti *moisture* dan distribusi ukuran partikel biomassa.

Penggunaan ukuran biomassa yang kecil (*pellet*) dapat mengurangi performa reaktor pada produksi gas dan kestabilan pengoperasian reaktor [Simeone dkk, 2012; Biagini dkk, 2014]. Sekitar 75% reaktor ini dipasarkan karena keandalannya dibandingkan dengan reaktor penggas lain [Dutta dkk, 2014]. Reaktor *downdraft* menghasilkan gas dengan kandungan tar yang rendah dan sesuai bila digunakan sebagai bahan bakar mesin-mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) [Bocci dkk, 2014; Martinez dkk, 2012]. [Ptasinski dkk, 2007] mencoba beberapa jenis biomassa untuk mengetahui performa sebuah gasifier dan membandingkannya dengan batu bara. Zainal dkk.(2002) juga melakukan penelitian menggunakan reaktor *downdraft* dengan biomassa kayu bekas dari industri perkayuan (*wood chip*). Mereka melakukan studi untuk mengetahui nilai kalor dari biomassa tersebut dengan berbagai variabel yang dikontrol.

Melalui sebuah reaktor *downdraft* skala pilot, Dogru dkk.(2002a) melaporkan hasil gasifikasi menggunakan *sewage sludge* sebagai bahan bakar. Vimal dkk.(2014) juga melakukan studi terhadap sebuah reaktor *downdraft* menggunakan bahan bakar batubara lignite untuk mengetahui kemampuan bahan bakar tersebut. Mereka melaporkan bahwa ukuran partikel batubara sangat mempengaruhi performa reaktor *downdraft*. Menurut studi yang mereka lakukan bahwa ukuran batubara dari 22 mm s/d 25 mm menghasilkan gas dengan kualitas paling optimal. Ratnadhariya dan Channiwala (2010) meneliti penyebaran gas produk gasifikasi sepanjang lateral reaktor *downdraft* dengan biomassa kayu sebagai bahan bakar. Skoulou dkk.(2008) juga melaporkan studi gasifikasi pada reaktor *downdraft* skala laboratorium dengan *olive kernel* sebagai bahan bakar.

Kehandalan reaktor *downdraft* sangat dipengaruhi oleh distribusi temperatur di daerah proses pengeringan (*drying*) dan daerah proses pirolisis (*pyrolysis*). Panas yang diperlukan untuk daerah-daerah tersebut berasal dari hasil pembakaran arang (*char*) sisa proses pirolisis. Proses pembakaran arang ini terjadi di daerah atau zona pembakaran (*combustion*). Pada reaktor *downdraft* biasa/konvensional, suplai udara hanya pada daerah pembakaran saja. Panas yang dihasilkan merambat ke daerah pengeringan dan pirolisis dengan sendirinya. Hal ini akan mengakibatkan kurangnya asupan panas sehingga proses pengeringan dan pirolisis kurang sempurna. Hal ini akan mengakibatkan temperatur keseluruhan reaktor menjadi rendah. Akibatnya produksi dan kualitas gas akan rendah.

Beberapa riset telah mengarah pada sebuah modifikasi dimana udara dan ataupun produk gas juga diinjeksikan ke daerah pirolisis sehingga di daerah pirolisis terjadi pembakaran secara parsial yang akan menghasilkan panas tambahan pada daerah pengeringan dan pirolisis. Proses seperti ini disebut dengan reaktor bertingkat. Reaktor *downdraft* bertingkat telah diteliti oleh beberapa peneliti dan mereka melaporkan bahwa kualitas produk gas meningkat dengan menggunakan reaktor bertingkat [Jaojaruek dkk. (2011); Ma dkk. (2012); Guo dkk. (2014); Galiando dkk. (2014)].

Beberapa tahun belakangan ini, investigasi penggunaan produk gas dari gasifikasi biomassa pada mesin-mesin pembakaran dalam sudah semakin meningkat. Mesin pembakaran dalam dengan jenis percikan api (*spark-ignition engines*) paling banyak diteliti sebab mesin dapat diuji tanpa mengubah dimensi dari pada mesin. Di daerah yang sulit terjangkau jaringan listrik, sistem pembangkit tenaga listrik berbasis biomassa menjadi pilihan utama mengingat ketersediaan biomassa yang mudah didapatkan. Produk gas dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin pembakaran dalam yang dihubungkan langsung dengan generator pembangkit energi listrik [Tsiakmakis dkk. 2014]. Melalui modeling [Bhattacharya dkk. (2011)] juga menemukan cara lain penggunaan produk-gas menjadi bahan bakar turbin gas yang dihubungkan dengan generator listrik. Tidak kalah urgensinya adalah menjadikan produk gas sebagai bahan bakar pada pembangkit uap (*steam boiler*) untuk penggerak turbin uap yang juga dikopel langsung dengan generator pembangkit listrik seperti yang disarankan oleh [Dong dkk. (2010)].

Beberapa eksperimen terhadap reaktor *fixed bed* tipe *downdraft* juga dilakukan menggunakan *wood chip* sebagai umpan. Dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed*, reaktor *downdraft* menghasilkan nilai bakar produk gas lebih rendah, namun kandungan ter (*tar*) lebih sedikit. Kondisi ini yang membuat para peneliti cenderung menggunakan produk gas dari *downdraft* sebagai bahan bakar mesin pembakaran dalam, *internal combustion engine* (ICE) menggantikan bahan bakar cair. Kandungan ter dalam produk gas harus diminimalisir ketika akan digunakan sebagai bahan bakar karena ter sifatnya lengket dan dapat menyebabkan tersumbatnya saluran-saluran dalam mesin dan tentunya akan menyebabkan kerusakan mesin. Disamping itu pengoperasian reaktor *downdraft* jauh lebih mudah dibandingkan reaktor tipe *fluidized bed*.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Material

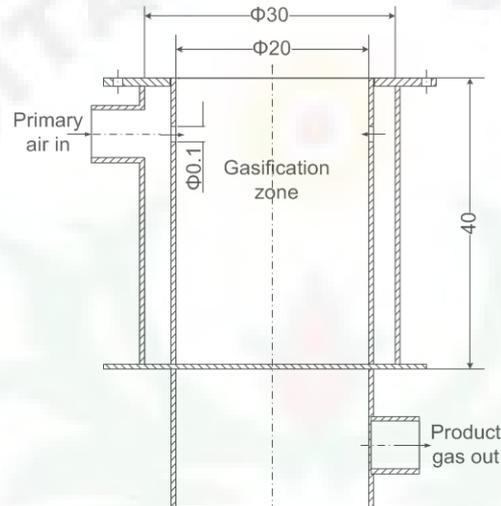
Ada tiga jenis biomassa yang diuji coba yaitu kayu, tempurung kelapa, dan bambu. Karakteristik ketiga biomassa tersebut seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut,

Tabel 1. Karakter biomassa umpan

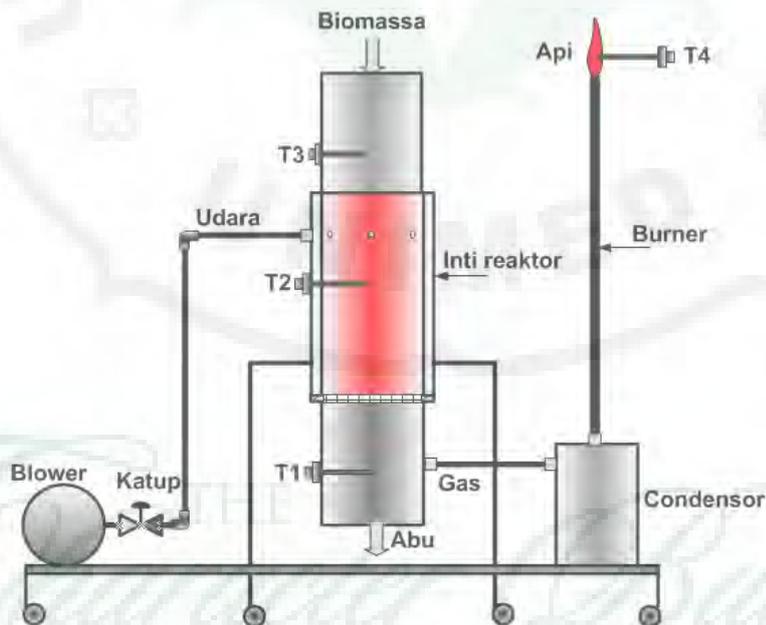
Biomassa	Kayu (wood)	Tempurung kelapa	Bambu
<b>Proximate Analysis (Wt %)</b>			
Fixed Carbon	16.81	17.11	15.20
Volatiles	75.11	68.82	80.30
Moisture	6.25	6.51	15
Ash	1.83	7.56	4,50
<b>Ultimate Analysis (Wt %)</b>			
C	46.56	47.89	39.3
O	46.13	45.75	54.3
H	6.24	6.09	6.1
N	0.14	0.22	0.6
S	0.02	0.05	0.018
LHV (MJ/kg)	18.1	20.89	18.40

## Reaktor gasifikasi

Inti reaktor (*gasification zone*) dibuat dari besi tuang terdiri dari dua buah silinder disusun sepusat (*concentric*) dengan diameter 20 dan 30 cm masing-masing untuk silinder dalam dan luar serta ketinggian sebesar 30 cm. Dinding reaktor bagian luar diisolasi dengan menggunakan asbestos untuk mengurangi kehilangan panas dari reaktor. Udara primer untuk proses gasifikasi didistribusikan melalui enam lubang dengan diameter 1-cm yang dibuat di dinding silinder dalam. Ruang diatas inti reaktor untuk proses pengeringan dan penguapan zat-zat *non-condensable* serta dibagian paling atas adalah *biomass hopper* dimana biomass diumpun ke dalam reaktor. Prototipe reaktor dan susunan peralatan penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 1. Skema prototipe inti reaktor



Gambar 2. Susunan peralatan penelitian

Bagian-bagian utama reaktor dalam penelitian ini adalah; (1) Reaktor gasifikasi; (2) Kondensor, dan (3) Burner. Dalam proses operasional, sebuah penghembus udara (*blower*) dari tipe *high flow rate* digunakan untuk mensuplai udara untuk keperluan proses gasifikasi. Termokopel T1, T2, T3, dan T4 ditempatkan pada daerah-daerah dimana data temperatur sangat diperlukan.

## Equivalence Ratio (ER)

Parameter yang digunakan adalah berdasarkan *equivalence ratio* (ER) yaitu perbandingan udara-bahan bakar untuk proses gasifikasi. Berhubung peralatan pengukuran performansi reaktor di laboratorium sangat terbatas, maka cara yang dilakukan untuk mengetahui kualitas produk gas adalah dengan cara mengukur suhu gas hasil pembakaran diujung pipa burner dan mengobservasi warna yang dihasilkan dari pembakaran gas tersebut. Karena keterbatasan volume reaktor, maka selama penelitian jumlah biomassa yang digunakan diambil sama untuk semua jenis. Dengan demikian variabel yang mudah dikontrol adalah udara primer yang masuk ke inti reaktor. Equivalence ratio yang digunakan dalam penelitian ini dihitung berdasarkan persamaan berikut,

$$ER = \frac{\text{Laju udara primer} \times \text{waktu operasional}}{\text{Jumlah biomassa} \times 6.26}$$

Range ER yang digunakan selama penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini,

Tabel 2. Range ER yang digunakan

Run No	Biomassa (kg)	Laju udara lpm	Time min	ER
1	2	100	30	0,24
2	2	150	30	0,36
3	2	200	30	0,48
4	2	250	30	0,60

Pengujian dilakukan dengan melalui beberapa tahapan hingga mendapatkan output yang diharapkan, yaitu:

### Pemanasan awal

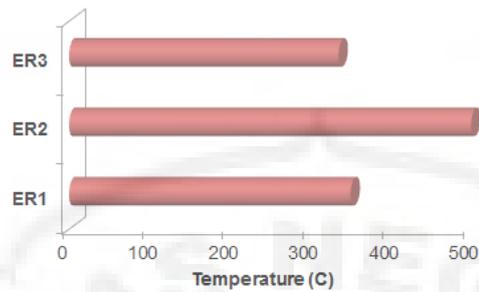
Dalam memulai operasi sebuah reaktor gasifikasi, *start-upheating* atau pemanasan awal reaktor sebelum proses gasifikasi menjadi sangat penting terkait dengan energi dan waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur yang memadai untuk sebuah proses gasifikasi. Dalam penelitian ini pemanasan awal dilakukan dengan menggunakan bahan bakar arang (*charcoal*). Sejumlah arang dibakar terlebih dahulu menggunakan LPG kemudian dimasukkan kedalam reaktor setelah arang tersebut menjadi baratepatnya diatas grate, lalu sejumlah biomassa dimasukkan kedalam reaktor tepat diatas bara, kemudian blower dihidupkan untuk mensuplai udara pembakaran didalam reaktor. Proses pemanasan terus berlangsung dan panas dari pembakaran arang dan biomassa akan menaikkan temperatur reaktor hingga mencapai kondisi yang sesuai untuk proses gasifikasi. Setelah temperatur operasional tercapai maka proses gasifikasi dimulai, udara untuk proses gasifikasi diatur dan biomassa didalam reaktor dikontrol dan diumpun setiap waktu tertentu untuk menjaga kesinambungan proses.

### Observasidan pengambilan data

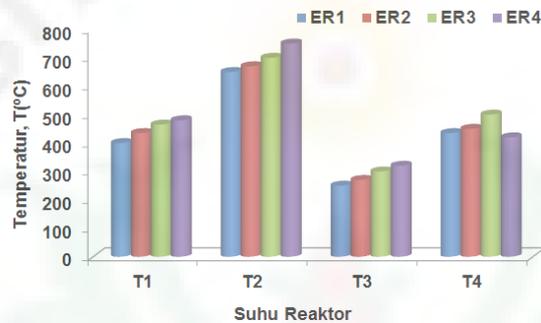
Pada awalnya terlihat asap berwarna putih, yaitu produk pirolisis *noncombustible gas*. Kira-kira 10-15 menit kemudian keluar asap tidak berwarna yang sesungguhnya itu adalah *combustible gas* sebagai produk gasifikasi. Kualitas gas produk gasifikasi dapat diketahui dengan membakarnya setelah melalui proses pembersihan. Dari nyala api (*flare*) dapat diketahui bahwa proses gasifikasi berlangsung dengan baik. Kelajuan produksi gas diukur menggunakan *orifice meter* yang diletakkan setelah proses pendinginan pada kondensor.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan produk gas yang berkualitas atau mengandung nilai kalor yang tinggi, maka beberapa parameter diuji coba. Dalam penelitian ini *equivalence ratio* (ER) adalah variabel yang digunakan untuk mendapatkan produk gas yang berkualitas. Dalam penelitian ini massa umpun dibuat sama untuk semua jenis biomassa selama percobaan karena keterbatasan volume reaktor. Untuk mendapatkan ER yang sesuai cukup dengan mengatur katup kontrol udara primer masuk kedalam inti reaktor. Gambar 3 berikut ini adalah grafik yang menunjukkan pengaruh ER terhadap temperatur reaktor pada berbagai biomassa umpun dan dalam range/kisaran ER yang digunakan.



Gambar 3. Pengaruh ER terhadap suhu nyala api (T4)



Gambar 4. Pengaruh ER terhadap suhu reaktor dengan umpan tempurung kelapa

Gambar 5 berikut memberikan informasi bahwa ER sangat berpengaruh kepada nilai bakar produksi gas



Gambar 5. Pengaruh ER terhadap temperature pembakaran gas (T4) dengan biomassa tempurung kelapa

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil eksperimen dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Satu unit reaktor dapat digunakan untuk beberapa jenis biomassa, khususnya dalam penelitian ini menggunakan tiga jenis biomassa pada reaktor *fixed-bed downdraft* gasifier.
2. Parameter operasional yang paling berperan adalah *equivalence ratio* (ER), yang dengan mudah dapat dikontrol hanya dengan menggunakan katup kontrol aliran udara kedalam daerah proses gasifikasi berlangsung
3. Tempurung kelapa memiliki nilai kalor yang tinggi dibandingkan kedua biomassa dalam penelitian ini. Hal ini dapat diketahui dari temperatur dan warna api yang dihasilkan.

### Saran

1. Perlu dilakukan kajian lebih mendalam dengan meningkatkan kapasitas reaktor menjadi skala industri.
2. Fasilitas-fasilitas untuk kajian bioenergi perlu dikedepankan mengingat pentingnya kajian ini yang dapat membantu pemerintah terkait inovasi dibidang energi

## 6. UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian ini dengan nomor kontrak 022A/UN33.8/KU/2016 Tanggal 10 Pebruari 2016.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya, A., Manna, D., Paul, B., Datta, A. (2011). "Biomass integrated gasification combined cycle power generation with supplementary biomass firing: Energy and exergy based performance analysis". *Energy*, Vol. 36, 2599-2610.
- Biagini, E., Barontini, F., Tognotti, L. (2014). "Gasification of agricultural residues in a demonstrative plant: Corn cobs". *Bioresource Technology*, Vol. 173, 110-116.
- Bocci, E., Sisinni, M., Moneti, M., Vecchione, L., Di Carlo, A. (2014). "State of Art of Small Scale Biomass Gasification Power Systems: A Review of the Different Typologies". *Energy Procedia*, Vol. 45, 247-256.
- Bridgwater, A. V., Meier, D., Radlein, D. (1999). "An overview of fast pyrolysis of biomass". *Organic Geochemistry*, Vol. 30, 479-93.
- Bridgwater, A. V. (2003). "Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass". *Chemical Engineering Journal*, Vol. 91, 87-102.
- Caballero, M.A., Corella, J., Aznar, M. P., Gil, J. (2000). "Biomass gasification with air in fluidized bed. Hot gas cleanup with selected commercial and full-size nickelbased catalysts". *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 39, 1143-54.
- Digman Brett, Joo Hyun Soo, Kim Dong-Shik. (2009). "Recent progress in gasification/pyrolysis technologies for biomass conversion to energy". *American Institute of Chemical Engineers. Environmental Progress & Sustainable Energy*, Vol. 28, 47-51.
- Dogru, M., Howarth, C.R., Akay, G., Keskinler, B., Malik, A.A. (2002). "Gasification of hazelnut shells in a downdraft gasifier". *Energy*, Vol. 27, 415-427.
- Dong, C., Yang, Y., Yang, R., Zhang, J. (2010). "Numerical modeling of the gasification based biomass co-firing in a 600 MW pulverized coal boiler". *Applied Energy*, Vol. 87, 2834-2838.
- Dutta, P.P., Pandey, V., Das, A.R., Sen, S., Baruah, D.C. (2014). "Down Draft Gasification Modelling and Experimentation of Some Indigenous Biomass for Thermal Applications". *Energy Procedia*, Vol. 54, 21-34.
- Galiando A.L., Lora, E.S., Andrade, R.V., Giraldo, S.Y. (2014). "Biomass gasification in a downdraft gasifier with a two-stage air supply: Effect of operating conditions on gas quality". *Biomass and bioenergy*, Vol. 61, 236-244.
- Gómez-Barea A., Leckner B, Ollero P. (2011). "Optimization of char and tar conversion in fluidized bed biomass gasifiers". *Fuel*, Vol. 103, 42-52.
- Guo, F., Dong, Y., Guo, C. (2014). "Effect of design and operating parameters on the gasification process of biomass in a downdraft fixed bed: An experimental study". *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39, 5625-5633.
- Jaojaruek, K., Jarunthammachote, S., Gratuito, M.K.B. (2011). "Experimental study of wood downdraft gasification for an improved producer gas quality through an innovative two-stage air and premixed air/gas supply approach". *Bioresource Technology*, Vol. 102, 4834-4840.
- Ma, Z., Zhang, Y., Qu, Y., Zhou, J., Qin, H. (2012). "Design and experimental investigation of a 190 kWe biomass fixed bed gasification and polygeneration pilot plant using a double air stage downdraft approach". *Energy*, Vol. 46, 140-147.
- Martinez, J.D., Mahkamov, K., Andrade, R.V., Lora, E.E.S. (2012). "Syngas production in downdraft biomass gasifiers and its application using internal combustion engines". *Renewable Energy*, Vol. 38, 1-9.
- PIE. Statistik Ekonomi Energi Indonesia. (2010). Jakarta: Pusat Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral
- Ptasinski, K.J., M.J. Prins, and A. Pierik. (2007). "Exergetic evaluation of biomass gasification". *Energy*, Vol. 32, 568-574.
- Ratnadhariya, K. and Channiwala, S.A. (2010). "Experimental studies on molar distribution of CO/CO<sub>2</sub> and CO/H<sub>2</sub> along the length of downdraft wood gasifier". *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, 452-458.
- Simone, M., Barontini, F., Nicoletta, C., Tognotti, L. (2012). "Gasification of pelletized biomass in a pilot scale downdraft gasifier". *Bioresource Technology*, Vol. 116, 403-412.
- Skoulou, V., Zabaniotou, A., Stappopoulos. (2008). "Syngas production from olive tree cuttings and olive kernels in a downdraft fixed-bed gasifier". *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 33, 1185-1194.

- Tsiakmakis, S., Mertzis, D., Dimaratos, A., Toumasatos, Z. (2014). "Experimental study of combustion in a spark ignition engine operating with producer gas from various biomass feedstocks". *Fuel*, Vol. 122, 126-139
- Paterl, V. R., Upadhyay, D. S., Patel, R. N. (2014). "Gasification of lignite in a fixed bed reactor: Influence of particle size on performance of downdraft gasifier". *Energy*, Vol. 78, 323-332.
- Zainal, Z. A., Rifau, A., Quadir, G. A., Seetharamu, K. N. (2002). "Experimental investigation of a downdraft biomass gasifier". *Biomass and Bioenergy*, Vol. 23, 283-289.



THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



PEMERINTAH  
PROVINSI GORONTALO



UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

# SERTIFIKAT

DIBERIKAN KEPADA

**JANTER PANGADUAN SIMANJUNTAK, S.T., M.T. Ph.D.**

SEBAGAI

## PEMAKALAH

DALAM SEMINAR NASIONAL ART, SAINS DAN TEKNOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

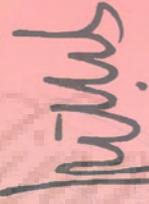
TEMA :

**INOVASI ART, SAINS DAN TEKNOLOGI BERKELANJUTAN UNTUK  
KEMAJUAN PEMBANGUNAN INDONESIA**

**GORONTALO, 23 NOVEMBER 2016**

MENGETAHUI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK



MOH. HIDAYAT KONIYO, ST., M. Kom

NIP. 197304162001121001

KETUA PANITIA



Dr. M. YUSUF TULOLI, ST., MT

NIP. 197101042001121002