

**LAPORAN
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

**TEMA
ENERGI BARU DAN TERBARUKAN**

**PENGEMBANGAN BIOENERGI YANG TERBARUKAN UNTUK
PRODUKSI BIO FUEL DAN BIO-OIL DARI LIMBAH BIOMASSA
DENGAN TEKNOLOGI FAST PYROLYSIS**

**DR. IR. MUHAMMAD WIHARTO, M.SI (NIDN 0030096607)
DR. MOHAMMAD WIJAYA. M., S.SI, M.SI (NIDN 0027097305)
DR.MUHAMMAD DANIAL.,M.Si (NIDN 0012116403)**



**Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Sesuai
Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian
Strategis Nasional Nomor : 034/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/2012
Tanggal 07 Maret 2012.**

**UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
NOVEMBER 2012**

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
HASIL PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL TAHAP I**

1. Judul Penelitian : Pengembangan Bioenergi yang Terbarukan untuk Produksi Biofuel dan Bioil dari Limbah Biomassa dengan Teknologi Pirolisis Fast
2. Peneliti Utama
- a. Nama Lengkap : **Dr.Ir. Muhammad Wiharto. M.Si**
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. NIP : 19660930 199203 1 004
 - d. Pangkat/Golongan : Penata / III d
 - e. Jabatan Struktural : Sekretaris PPLH UNM Makassar
 - f. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - g. Fakultas/Jurusan : MIPA /Biologi
 - h. Alamat : Jurusan Biologi FMIPA UNM Jl. Dg Tata Raya Kampus UNM Parangtambung Makassar 90224
 - i. Telepon/Faks/E-mail : 0411- 867037 /0411-880568
 - j. Alamat Rumah : Jl.Raya Pendidikan, Kompleks UNM Blok FIII / 1. Makassar 90222
 - k. Telepon/Faks 1 : 08152323478
 - l. E-mail : wiharto09@gmail.com
3. Jangka waktu penelitian : 2 (dua) Tahun
4. Pembiayaan
- a. Jumlah yang disetujui ke Dikti tahun ke-1: Rp .96.000,000-.
(Sembilan Puluh Enam Juta Rupiah)

Makassar, 14 November 2012

Mengetahui
Dekan FMIPA UNM



Dr. rer. nat. H. Muharram. M.Si

NIP. 19610517 198803 1 002

Surat Kuasa :

No. 4382/UN36/1/TU/2012

Tanggal .09 November 2012

Ketua Peneliti

Dr. Ir. Muhammad Wiharto . M.Si

NIP 19660930 199203 1 004



Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian

Prof. Dr. H. Jufri, M.Pd

NIP. 19591231 198503 1 016



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

LEMBAGA PENELITIAN

Kampus UNM Jl. A. Pangerang Pettarani, Makassar - 90222

Telepon (0411) 868879 - 884533 Fax. 868879 Email: lemlitunm@yahoo.co.id

- * Puslit Kependudukan dan Lingkungan Hidup
- * Puslit Pemberdayaan Perempuan
- * Puslit Budaya dan Seni Etnik Sulawesi

- * Puslit Makanan Tradisional, Gizi dan Kesehatan
- * Puslit Pengembangan Ilmu Pendidikan
- * Puslit Pemuda dan Olah Raga

SURAT KETERANGAN

No. 855/H36.9/PL/2012

Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar menerangkan bahwa :

Nama : Dr. Ir. Muhammad Wiharto, M.Si
NIP : 19660930 199203 1 004
Fakultas/Jurusan : FMIPA UNM/Biologi

Telah melaksanakan penelitian dengan judul :

"Pengembangan Bioenergi yang Terbarukan untuk Produksi Bio-Fuel dan Bio-Oil dari Limbah Biomassa dengan Teknologi Pirolisis Fast"

Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan, sebagai Ketua Peneliti

Anggota tim peneliti : 1. Dr. Mohammad Wijaya. M., S.Si., M.Si
2. Dr. Muhammad Danial, M.Si

Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar mendokumentasikan Laporan Penelitiannya pada bulan November 2012.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 07 Desember 2012

Ketua,



Prof. Dr. H. Jufri, M.Pd

NIP. 19591231 198503 1016

RINGKASAN

PENGEMBANGAN BIOENERGI YANG TERBARUKAN UNTUK PRODUKSI BIO FUEL DAN BIO-OIL DARI LIMBAH BIOMASSA DENGAN TEKNOLOGI FAST PYROLYSIS *

(Muhammad Wiharto, Mohammad Wijaya M, Muhammad Danial 2011, 44 halaman)

Penelitian ini direncanakan berlangsung selama 2 tahun, Penelitian pada tahun pertama ini, memanfaatkan limbah biomassa (bambu, kemiri, kayu dan kulit buah kakao), dengan penggunaan teknologi pirolisis fast dan vaccum dalam pengembangan bioenergi yang terbarukan. Teknologi pirolisis adalah salah satu proses pembakaran tanpa udara dengan menggunakan reaktor listrik dan reaktor biasa (drum). Hasil pembakaran ini tidak mencemari lingkungan karena asap yang dihasilkan dapat dimasukkan ke dalam destilat (asap cair), arang serta tar, yang bermanfaat sebagai bahan bakar nabati (BBN). Dalam penelitian ini digunakan suhu pirolisis 350-550°C dengan menggunakan analisis GC-MS, FT-IR, ¹H NMR, SEM, dan TGA. Kegunaan penelitian ini menghasilkan sumber energi terbarukan dari limbah biomassa, diharapkan memberikan manfaat dalam perencanaan proses, dan pengembangan produk unggulan.

Tujuan penelitian ini menghasilkan bio-oil, ter oil dan bioarang melalui teknologi pirolisis fast, memperoleh fraksi-fraksi komponen kimia potensial dari limbah biomassa berpotensi sebagai bioenergi yang terbarukan, melakukan pengujian produk bioenergi dengan uji emisi dan mesin pada industri. Sampel terdiri dari serbuk bambu, kulit kapas, tempurung kemiri, ampas tebu, kulit kopi, tongkol jagung dikeringkan dan dianalisis kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin serta kadar air (% b/b). Setelah itu sampel yang terdiri dari limbah biomassa dengan ukuran partikel 400 Mesh pada suhu fast pirolisis 350-550°C. Teknologi pirolisis fast kemudian dianalisis rendemen asap cair, gas, ter oil dan arang. Produk gas di analisis menggunakan *Gas Chromatography with Thermal Conductivity Detector* (GC-TCD 20B Shimadzu, Japan). Morfologi arang diujikan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM S3700 N, Hitachi Japan) dan komposisi ter di deteksi dengan *Gas Chromatography -mass spectroscopy* (GC-MS system (7890 A- 5975 C GC MS with 7683 B ALS, Agilent Technology, USA). Karakterisasi Bio-Oil Komposisi bahan menggunakan Vario El Elementer Analyzer Elemental, Nilai kalor menggunakan IKA C-2000, Jenis senyawa fungsional menggunakan *Fourier Infra Red* FT-IR. Struktur senyawa organik menggunakan Proton *Magnetik Resonance Spectroscopy* ¹H NMR menggunakan JEOL-Ex 270 NMR Spectrometry .

Hasil penelitian ini diperoleh untuk analisis DTA/TGA dapat dilihat pada Gambar 1, bahwa suhu dekomposisi selulosa untuk kulit buah kakao ini berkisar antara 325,12°C, dengan pengurangan massa (*weight loss*) pada tahap ini sebesar 68,13% dan suhu dekomposisi lignin sebesar 502,02°C, dengan pengurangan massa sebesar 35,13%. Sedangkan untuk analisis DTA, diperoleh bahwa suhu puncak 96,49°C yang dimulai suhu awal 67,15°C sampai suhu akhir 136,41°C menghasilkan panas sebesar -1,04 kJ/g. Sedangkan suhu puncak lain 393,83 dimulai suhu awal 372,87°C sampai suhu akhir 435,55°C menghasilkan panas sebesar -1,15 kJ/g. Suhu dekomposisi lignin sebesar 510,852°C, dengan pengurangan massa sebesar 27,93%. Sedangkan untuk analisis DTA,

diperoleh bahwa suhu puncak 99,02°C yang dimulai suhu awal 59,47°C sampai suhu akhir 137,45°C menghasilkan panas sebesar -7,41 J atau -1,48 kJ/g.

Berdasarkan proses dekomposisi diketahui kandungan lignin pada tempurung kemiri 53,93% lebih besar dibandingkan bambu campuran 35,53%, kulit buah kakao 31,04% dan serbuk kayu pinus 29,21% . Rendemen asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis kulit buah kakao sebesar 39,06% pada setiap suhu untuk waktu total pirolisis 5 jam dengan reaktor listrik dapat. Berdasarkan hasil analisis rendemen asap cair dari kulit buah kakao terdiri pada suhu 300°C sebesar 23,60%, pada suhu 350°C sebesar 6,90%, pada suhu 400°C sebesar 3,21%, pada suhu 450°C sebesar 3,08% dan pada suhu 500°C sebesar 2,27%.. kandungan asap cair yang diperoleh dari hasil GC-MS, yakni dari kulit buah kakao diperoleh aseton, asam asetat, fenol, 2 metil fenol, furfural alkohol, toluena, 2,5 xylene, asam propanoat, furan, dan asam butanoat. Produk pirolisis dari limbah biomassa menghasilkan produk levoglucosan dan hidroksi metil furfural (HMF) sebagai Biofuel

Hasil analisis XRD untuk arang kulit buah kakao menunjukkan derajat kristalinitas sebesar 39,42% . analisis XRD untuk arang tempurung kemiri menunjukkan bahwa derajat kristalinitas sebesar 36,74%. Sedangkan analisis XRD untuk arang bambu campuran menunjukkan bahwa derajat kristalinitas sebesar 50,78%.. Hasil analisis FTIR untuk bioarang untuk kulit buah kakao menunjukkan bahwa 1151,50 cm^{-1} terindikasi terjadi dehidrasi dan depolimerisasi untuk kandungan selulosa dan hemiselulosa. Perubahan puncak aromatik pada 1807,30 cm^{-1} menunjukkan adanya kandungan lignin. Sedangkan pada bilangan gelombang 3477,55 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H). dan serapan 871,82-748,45 cm^{-1} menunjukkan adanya C=C-H (Aromatic H). Setelah dilakukan uji ketahanan menghasilkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengalami proses pemanasan yang relatif lama adalah Briket Arang Tempurung Kemiri selama 100 Menit dibandingkan waktu briket Arang Bambu Campuran selama 60 Menit.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut adalah (1) Asap cair dan arang yang diperoleh dari limbah biomassa (bambu, tempurung kemiri, kayu, dan kulit buah kakao) melalui proses pirolisis mampu memperkaya sumber energi terbarukan (2). Model kinetika pirolisis diharapkan memberikan manfaat dalam perencanaan proses, dan pengembangan produk (3) Upaya mengurangi emisi karbon dari limbah kayu dengan cara menghitung kadar karbon dari asap cair dan arang Untuk tahap penelitian kedua rencana penggunaan arang (*charcoal*) yang diperoleh dari hasil pirolisis limbah biomassa sebagai bioarang (*biochar*).

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| Halaman Pengesahan | ii |
| Ringkasan dan Summary | iii |
| Prakata | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Tabel | ix |
| Daftar Gambar | x |
| Daftar Lampiran | xii |
| Bab I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Hasil yang Diharapkan..... | 2 |
| Bab II STUDI PUSTAKA | 5 |
| A. Potensi Limbah Biomassa..... | 6 |
| B. Mekanisme Proses Pirolisis..... | 19 |
| C. Energi Terbarukan..... | 12 |
| Bab III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN | 14 |
| A. Tujuan Khusus..... | 14 |
| B. Manfaat Penelitian..... | 14 |
| Bab IV METODE PENELITIAN | 16 |
| A. Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 16 |
| B. Bahan dan Alat..... | 16 |
| C. Tahapan Penelitian..... | 17 |
| D. Metode Analisis..... | 22 |
| Bab V HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| A. Hasil Penelitian Tahun Pertama..... | 23 |
| B. Pembahasan Hasil Penelitian..... | 36 |
| Bab VI SIMPULAN DAN SARAN | 39 |
| A. Simpulan..... | 39 |
| B. Saran..... | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | 40 |
| DAFTAR LAMPIRAN | 45 |



LEMBAGA PENELITIAN

Kampus UNM Jl. A. Pangerang Pettarani, Makassar - 90222

Telepon (0411) 868879 - 884533 Fax. 868879 Email: lemlitunm@yahoo.co.id

- Puslit Kependudukan dan Lingkungan Hidup
- Puslit Makanan Tradisional, Gizi dan Kesehatan
- Puslit Pemberdayaan Perempuan
- Puslit Pengembangan Ilmu Pendidikan
- Puslit Budaya dan Seni Etnik Sulawesi
- Puslit Pemuda dan Olah Raga

SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL TAHUN ANGGARAN 2012 NOMOR : 207/UN36.9/PL/2012

Pada hari ini **Senin** tanggal **Sembilan** belas bulan **Maret** tahun **Dua** ribu dua belas, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

- 1 Prof. H. M. Asfah Rahman, M.Ed., Ph.D : Sebagai Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar yang berkedudukan di Makassar dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.
- 2 Dr. Ir. Muhammad Wiharto, M.Si : Dosen FMIPA Universitas Negeri Makassar dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama tim peneliti seperti tercantum dalam proposal penelitian selaku Ketua Pelaksana Penelitian selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Strategis Nasional T.A. 2012 dengan ketentuan dan syarat-syarat yang diatur dalam pasal-pasal berikut:

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penelitian dengan judul:

Pengembangan Bioenergi yang Terbarukan untuk Produksi Bio Fuel dan Bio Oil dari Limbah Biomassa dengan Teknologi Pirolisis Fast.

Pasal 2

PIHAK PERTAMA memberikan dana penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 sebesar **Rp.96.000.000 (Sembilan puluh enam juta rupiah)** sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Strategis Nasional T.A. 2012 Nomor : 034/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/2012, tanggal 07 Maret 2012, yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Nomor: 0541/023-04.1.01/00/2012, tanggal 09 Desember 2011.

Pasal 3

Pembayaran biaya penelitian akan dibayarkan secara bertahap ke rekening PIHAK KEDUA dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pencairan dana tahap pertama 70% sebesar Rp.67.200.000 (*Enam puluh tujuh juta dua ratus ribu rupiah*) setelah surat perjanjian pelaksanaan penelitian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak dan melaksanakan seminar awal.
- b. Pencairan dana tahap kedua 30% sebesar Rp.28.800.000 (*Dua puluh delapan juta delapan ratus ribu rupiah*) setelah menyerahkan laporan kemajuan pelaksanaan hibah penelitian disertai *logbook*, dan salinan laporan penggunaan keuangan 70% yang telah dilaksanakan, melaksanakan seminar antara, seminar hasil penelitian, menyerahkan laporan lengkap penelitian, luaran yang ditargetkan sesuai proposal penelitian, laporan lengkap pertanggungjawaban keuangan disertai *logbook* dan menandatangani surat pernyataan di Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar.
- c. Dana kegiatan pelaksanaan Penelitian Strategis Nasional T.A. 2012 sebagaimana dimaksud pada pasal 3 ayat (a,b) dibayarkan kepada PIHAK KEDUA :
Nama pada Rekening : Dr. Ir. MUHAMMAD WIHARTO, M.Si
Nomor Rekening : 152-00-9202179-5 (Bank MANDIRI)
NPWP : 47.343.575.8-805.000
- d. PIHAK PERTAMA berkewajiban mengorganisir dan memfasilitasi:
(1) Seminar Awal, Seminar Antara dan Seminar Hasil Penelitian.
(2) Monitoring dan Evaluasi (Monev) Internal Perguruan Tinggi sesuai fungsi dan peran Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar.

Pasal 4

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk:

- a. Mengikuti seminar awal, seminar antara dan seminar hasil penelitian.
- b. Mengikuti Monitoring dan evaluasi lapangan pelaksanaan Penelitian Kompetitif Nasional dilakukan secara internal oleh perguruan tinggi dan secara eksternal oleh Dit. Litabmas Dikti dan Mengisi aplikasi *online/offline* pelaksanaan penelitiannya secara berkala 2 bulan sekali terhitung mulai penandatanganan kontrak penelitian.
- c. Mempublikasi penelitiannya pada jurnal ilmiah nasional terakreditasi atau jurnal bereputasi internasional.
- d. Menghasilkan Proses/produk IPTEKS-SOSBUD berupa metode, *blue print*, prototipe, sistem, kebijakan atau model yang bersifat strategis dan berskala nasional, atau Teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat (disertai pedoman penerapannya).
- e. Menghasilkan HKI dan Buku ajar.
- f. Menyerahkan Laporan Lengkap Penelitian.
- g. Membayar pajak sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 5

- a. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan (Maret s.d Nopember) dan berakhir tanggal **19 Nopember 2012**, terhitung dari tanggal yang tercantum dalam surat perjanjian pelaksanaan.
- b. Apabila PIHAK KEDUA dengan suatu alasan tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan perjanjian ini, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim.

- c. Apabila batas waktu habisnya penelitian ini **PIHAK KEDUA** belum menyerahkan hasil pekerjaan seluruhnya kepada **PIHAK PERTAMA**, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan denda sebesar 1‰ (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai surat perjanjian pelaksanaan penelitian, terhitung dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan sampai dengan berakhirnya pembayaran dana penelitian.
- d. Apabila **PIHAK KEDUA** tidak menyerahkan laporan hasil penelitiannya sampai batas waktu yang telah ditetapkan pada kontrak kerja ini dalam akhir tahun anggaran yang sedang berjalan dan batas waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka seluruh biaya yang bersangkutan yang belum sempat dicairkan, dinyatakan hangus (tidak dapat dicairkan kembali).
- e. Kelalaian yang menyebabkan tidak selesainya penelitian sehingga luaran yang dijanjikan dalam proposal sebagaimana dimaksud pada pasal 4 ayat (d) tidak terpenuhi menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA**.

Pasal 6

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk menjamin bahwa penelitian dengan judul sebagaimana disebut pada pasal 1 bukan plagiat atau duplikasi penelitian. Jika ternyata bahwa penelitian yang dilakukan adalah plagiat atau duplikasi penelitian, maka **PIHAK KEDUA** bersedia dibatalkan penelitiannya oleh **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan semua dana yang diterima ke Kas Negara.

Pasal 7

- a. **PIHAK KEDUA** harus menyerahkan laporan hasil penelitian sebanyak 8 (delapan) eksemplar dan 1 (satu) buah "soft copy".
- b. Laporan hasil penelitian dalam bentuk "hard copy" tersebut harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - 1. Bentuk/ukuran kertas kuarto;
 - 2. Warna sampul muka kuning tua;
 - 3. Dibawah bagian kulit ditulis: Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Strategis Nasional Nomor 034/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/ 2012, tanggal 07 Maret 2012.
- c. **PIHAK KEDUA** juga diharuskan untuk mengirimkan 1 (satu) eksemplar laporan hasil penelitian "hard copy" langsung kepada :
 - 1. Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, Jalan Salemba Raya 28A, Jakarta 10002;
 - 2. Pusat Dokumentasi Ilmiah Indonesia (PDII) LIPI, Jalan Gatot Subroto, Jakarta;
 - 3. BAPPENAS c.q. Biro APKO, Jalan Suropati No.2, Jakarta;
 - 4. Perpustakaan Perguruan Tinggi yang bersangkutan;
 - 5. Fakultas masing-masing peneliti.

Pasal 8

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan ke Kas Negara sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 9

- a. Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan memilih pengadilan negeri apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah.
- b. Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

Pasal 10

Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Strategis Nasional ini dibuat rangkap 3 (tiga), dua diantaranya bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materainya dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.



PIHAK KEDUA




Dr. Ir. Muhammad Wiharto, M.Si
NIP. 19660930 199203 1 004

