

DIPA REGULER-UNP

LAPORAN PENELITIAN

hensatm@yahoo.com



| | |
|---------------|-----------------------|
| PERPUSTAKAAN | ADANG |
| TERIMA TEL : | 10-01-2013 |
| NOMOR/NAMA : | HD |
| LEKSI : | K.1 |
| INVENTARIS : | 002/Hd/2013 - P.1 (1) |
| KLASIFIKASI : | 662 Has p.1 |

PENGARUH PERBANDINGAN KOMPOSISI *FILLER* DENGAN PEREKAT PADA BRIKET AMPAS TEBU TERHADAP NILAI KALOR

Oleh :

**Drs. Hasanuddin, M.S.
Hendri Nurdin, MT.
Drs. Darmawi, M.Pd.**

**Penelitian ini dibiayai oleh:
Dana DIPA Universitas Negeri Padang
Surat Perjanjian Kontrak Nomor: 447/UN35.2/PG/2012
Tanggal 25 Juli 2012**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2012**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**

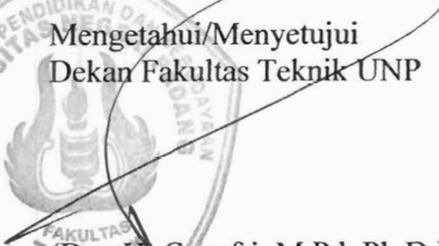
| | |
|----------------------------|--|
| 1. Judul Penelitian | Pengaruh Perbandingan Komposisi Filler Dengan Perekat Pada Briket Ampas Tebu Terhadap Nilai Kalor |
| 2. Bidang Ilmu | : Teknik (Teknologi & Rekayasa) |
| 2. Ketua Peneliti | |
| a. Nama Lengkap | : Drs. Hasanuddin, MS. |
| b. Jenis Kelamin | : Laki-laki |
| c. NIP | : 19550520 198003 1 005 |
| d. Disiplin Ilmu | : Teknik Mesin |
| e. Pangkat/Golongan | : Pembina / IV.a |
| f. Jabatan | : Lektor Kepala |
| g. Fakultas / Jurusan | : Teknik Mesin / Teknik |
| h. Alamat | : Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar - Padang |
| i. Telpon/Faks/E-mail | : 0751-7053508 |
| j. Alamat Rumah | : Jl. Belibis Blok E No.7 Air Tawar-Padang HP. 085355637810 |
| k. Telpon/Faks/E-mail | : Telp. 0751-7058977 |
| 4. Jumlah Anggota Peneliti | : 2 (dua) Orang |
| Nama Anggota 1 | : Hendri Nurdin, MT |
| Nama Anggota 2 | : Drs. Darmawi, M.Pd. |
| 5. Lokasi Penelitian | : Lab. Konversi Energi Teknik Mesin FT - UNP |
| Jumlah biaya Penelitian | : Rp 7.500.000,- |

Terbilang "*Tujuh Juta Lima Ratus Ribu Rupiah*"

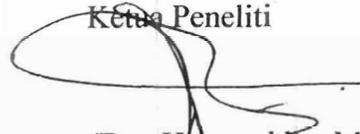
Mengetahui:
Pembimbing Penelitian


(Dr. Ambiyar, M.Pd.)
NIP. 19550213 198103 1 003

Mengetahui/Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik UNP


(Dr. H. Ganefri, M.Pd., Ph.D.)
NIP. 19631217 198903 1 003

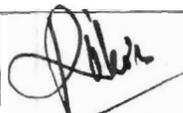
Padang, 14 Desember 2012
Ketua Peneliti


(Drs. Hasanuddin, MS.)
NIP. 19550520 198003 1 005

Menyetujui:
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang


(Dr. Alwen Bentri, M.Pd.)
NIP. 19610722 198602 1 002

**HALAMAN BUKTI KETERLIBATAN MAHASISWA
DALAM PROSES PENELITIAN**

| No. | Nama Mahasiswa | NIM | Bentuk Keterlibatan | Tanda Tangan Mahasiswa |
|-----|---------------------|-----------------|---|---|
| 1. | Hendra Jaya Saputra | 87776 / 2007 | Pengumpul data dan pengembangan instrumen pengujian |  |
| 2. | Riko Wahyudi | 87775 / 2007 | Pembuatan sampel uji dan pengolahan data |  |

Padang, 14 Desember 2012

Menyetujui:
Dosen Pembimbing Penelitian



(Dr. Ambiyar, M.Pd)
NIP. 19550213 198103 1 003

Ketua Peneliti



(Drs. Hasanuddin, MS.)
NIP. 19550520 198003 1 005

**HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**

1. a. Judul Penelitian : **Pengaruh Perbandingan Komposisi Filler Dengan Perekat Pada Briket Ampas Tebu Terhadap Nilai Kalor**
- b. Bidang Ilmu : Teknik (Teknologi & Rekayasa)
2. Personalia
- a. Ketua Peneliti
- Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Hasanuddin, MS.
 - Golongan /Pangkat /NIP : Pembina / IV.a / 19550520 198003 1 005
 - Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Mesin
- b. Anggota Peneliti 1
- Nama Lengkap dan Gelar : Hendri Nurdin, MT
 - Golongan /Pangkat /NIP : Penata Muda Tk. I / III.b / 19730228 200801 1 007
 - Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Mesin
- c. Anggota Peneliti 2
- Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Darmawi, M.Pd
 - Golongan /Pangkat /NIP : Pembina / IV.a / 19540305 198103 1 008
 - Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Mesin
3. Laporan Penelitian : Telah direvisi sesuai saran pereviu pada Seminar Hasil 6 Desember 2012

Padang, 14 Desember 2012

Pereviu I

Dr. Waskito, MT.
NIP. 19610808 198602 1 001

Pereviu II

Dr. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

Mengetahui:
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,

(Dr. Alwen Bentri, M.Pd.)
NIP. 19610722 198602 1 002

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pengaruh Perbandingan Komposisi Filler Dengan Perekat Pada Briket Ampas Tebu Terhadap Nilai Kalor*, yang dibiayai Dana DIPA UNP berdasarkan Surat Perjanjian Kontrak Nomor: 447/UN35.2/PG/2012 Tanggal 25 Juli 2012.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sample penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2012
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP. 19610722 198602 1 002

ABSTRAK

Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak (BBM) membuat harga energi yang tidak bisa diperbarui ini terus meningkat. Krisis energi dunia berakibat melonjaknya harga BBM lebih dari 200% sejak pertengahan 2005 sampai sekarang ini, dengan harga sudah di atas US\$90/barrel. Harga minyak bumi yang sulit diprediksi dalam satu dekade terakhir telah mendorong pengembangan bioenergi sebagai sumber energi alternatif. Pengembangan biomassa yang memanfaatkan limbah pertanian, kehutanan maupun industri perkebunan, bukan bahan pangan, merupakan alternatif dalam pengembangan energi dari sumber terbarukan yang akan menjadi pengganti BBM. Solusi yang tepat dalam menjawab permasalahan ini melakukan pemanfaatan limbah pertanian menjadi briket sebagai bahan bakar pengganti BBM. Pengembangan briket dari bahan ampas tebu sangat dimungkinkan. Dalam menentukan kualitas karakteristik nilai kalor briket ampas tebu yang dipengaruhi banyaknya komposisi kandungan yang merupakan perbandingan yang optimum. Sehingga dalam penelitian ini hanya dibatasi untuk mendapatkan nilai kalor briket dengan membuat perbandingan komposisi pengisi (*filler*) dengan perekat sebesar 70% : 30% sampai 90% : 10%. Perekat yang digunakan adalah tapioka. Selanjutnya briket di uji karakteristiknya untuk mendapatkan muatan nilai kalor pada masing-masing briket dengan menggunakan alat *bomb calorimeter*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor briket ampas tebu dapat diperoleh dengan melakukan eksperimen dan pengujian. Proses pembuatan briket dan metoda pembuatan sangat menentukan nilai kalor briket yang diproduksi. Komposisi campuran pengisi (*filler*) dan perekat yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kalor briket tersebut. Hal ini dibuktikan dari hasil uji briket dengan komposisi campuran 90% *filler* ampas tebu dan 10% perekat tapioka memiliki nilai kalor rata-rata maksimum sebesar 19607,89 kJ/kg. Nilai kalor rata-rata minimum yang dihasilkan briket dengan campuran prosentase 70% *filler* dan 30% perekat tapioka yaitu 18872.6 KJ/kg. Dari kondisi ini dapat dinyatakan bahwa nilai kalor briket ampas tebu dipengaruhi oleh komposisi campuran antara *filler* dan perekat yang digunakan pada proses pembuatannya. Semakin besar prosentase pengisi (*filler*) pada briket ampas tebu maka semakin besar nilai kalornya dan akhirnya sampai pada nilai kalor ampas tebu itu sendiri. Namun kenyataan lain bahwa dalam pembuatan briket sebaiknya menggunakan perekat.

Kata kunci : *briket, ampas tebu, nilai kalor, energi alternatif*

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN IDENTITAS | ii |
| HALAMAN BUKTI KETERLIBATAN MAHASISWA | iii |
| PENGANTAR | iv |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 3 |
| C. Batasan Masalah | 3 |
| D. Perumusan Masalah | 4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| A. Tanaman Tebu | 5 |
| B. Biomassa | 6 |
| C. Briket | 8 |
| D. Perekat | 10 |
| E. Proses Pembakaran Briket | 12 |
| F. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Briket | 15 |
| G. Nilai Kalor | 15 |
| H. Limbah Lingkungan | 17 |
| | |
| BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN | 19 |
| A. Tujuan Penelitian | 19 |
| B. Manfaat Penelitian | 19 |
| | |
| BAB IV METODE PENELITIAN | 20 |
| A. Jenis Penelitian | 20 |
| B. Waktu dan Tempat | 20 |
| C. Bahan | 20 |
| D. Peralatan | 21 |
| E. Metode Pelaksanaan Penelitian | 21 |
| F. Diagram Alir Penelitian | 23 |
| G. Pengamatan dan Pengolahan Data | 23 |
| H. Jadwal Kegiatan Penelitian | 24 |
| | |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN | 25 |
| A. Hasil Penelitian | 25 |
| B. Pembahasan | 26 |
| C. Perhitungan Hasil Pengujian Nilai Kalor | 28 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 30 |
| A. Kesimpulan | 30 |
| B. Saran | 30 |
| DAFTAR KEPUSTAKAAN | 32 |
| LAMPIRAN | 33 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan Penelitian | 24 |
| Tabel 5.1 Hasil Pengujian dan Kalkulasi Nilai Kalor | 25 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Tanaman Tebu | 5 |
| Gambar 2.2 Ampas Tebu | 6 |
| Gambar 2.3 Pembakaran yang Sempurna, yang Baik Dan Tidak Sempurna | 13 |
| Gambar 4.1 Ampas Tebu dan Tepung Tapioka | 20 |
| Gambar 4.2 Alat Pencetak Briket dan Cetakannya | 21 |
| Gambar 4.3 Alat Uji Bomb Kalorimeter | 21 |
| Gambar 4.4 Geometri dan Dimensi Briket | 22 |
| Gambar 4.5 Briket Ampas Tebu yang di produksi | 22 |
| Gambar 4.6 Diagram Alir Penelitian | 23 |
| Gambar 5.1 Grafik Hasil Uji Nilai Kalor Briket Ampas Tebu | 26 |
| Gambar 11 Grafik regangan komposit terhadap waktu perlakuan alkali | 24 |

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

- | | | |
|------------|------------------------------------|--|
| Lampiran 1 | Dokumentasi Kegiatan | |
| Lampiran 2 | Biodata Ketua dan Anggota Peneliti | |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak (BBM) membuat harga energi yang tidak bisa diperbarui ini terus meningkat. Krisis energi dunia berakibat melonjaknya harga BBM lebih dari 200% sejak pertengahan 2005 sampai sekarang ini, dengan harga sudah di atas US\$90/barrel. Harga minyak bumi yang sulit diprediksi dalam satu dekade terakhir telah mendorong pengembangan bioenergi sebagai sumber energi alternatif, di luar sumber energi fosil yang kian langka (*Yahya K. dan H. Santoso, 2009*). Lonjakan harga BBM membuat banyak negara kelimpungan. Meski telah lama dilakukan studi untuk mencari sumber energi terbarukan, belum ada solusi nyata yang benar-benar bisa menyamai BBM. Yang terbaru dan sudah mulai dikomersialkan adalah pemanfaatan minyak sawit dan buah jarak untuk menghasilkan biofuel. Upaya untuk mencari sumber energi terbarukan tidak berhenti sampai di situ. Salah satu energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia adalah biomassa. Kini, para ilmuwan tengah berupaya memanfaatkan limbah industri pangan untuk menghasilkan energi yang dikenal dengan biomassa. Dalam Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau) Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral yang dimaksud energi biomassa meliputi kayu, limbah pertanian/perkebunan/hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Sebagai negara agraris, Indonesia mempunyai potensi energi biomassa yang besar (*DESDM, 2004*).

Biomassa merupakan energi yang dihasilkan dari limbah industri pangan, seperti limbah minyak kelapa sawit (CPO), limbah padi dan limbah pabrik gula yaitu ampas tebu. Selain itu biomassa juga dapat dikembangkan dengan memanfaatkan limbah pengembangan bioetanol (tebu dan singkong), limbah biodiesel dan biooil (sawit dan jati). Pengembangan biomassa yang memanfaatkan limbah pertanian, kehutanan maupun industri perkebunan, bukan bahan pangan, merupakan alternatif dalam pengembangan energi dari sumber terbarukan yang akan menjadi pengganti BBM. Pemerintah telah mengeluarkan ketentuan tentang

empat tumbuhan untuk energi, yaitu tumbuhan sawit, jarak, singkong dan tebu. Pasalnya, di abad 21 ini salah satu masalah global yang sedang dihadapi banyak negara adalah kompetisi antara kecukupan pangan, jaminan ketersediaan energi dan perlindungan lingkungan. Mengingat pentingnya pengembangan biomassa itu, diharapkan beberapa negara, termasuk Indonesia untuk bersama-sama meneliti dan mengembangkan energi tersebut.

Tumbuhan yang paling cocok bagi Indonesia menurut konsep adalah tanaman tebu. Tanaman tebu merupakan alternatif sumber energi yang potensial karena tebu menghasilkan biomassa berupa ampas tebu (*bagasse*) dan daun tebu kering (*daduk*). Tebu juga tergolong sebagai tanaman yang paling efektif dalam mengubah energi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk biomassa. Tanaman tebu mampu memproduksi biomassa tidak kurang dari 100 ton/ha dalam waktu kurang dari 1 tahun. Dengan demikian, biomassa tebu merupakan sumber energi terbarukan yang potensial sebagai sumber energi (*Yahya Kurniawan dan H. Santoso, 2009*).

Negara Indonesia yang terletak di kawasan tropis dengan sebagian penduduknya masih bercocok tanam (agraris), merupakan salah satu Negara penghasil tebu terbesar. Dengan luas lahan mencapai 373.816 ton/ha dapat menghasilkan tebu sebanyak 84,91 ton/ha (*www.deptan.go.id*) dimana dari proses pengolahan keseluruhan tebu tersebut menjadi gula dihasilkan 90 % ampas tebu. Ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu untuk diambil niranya. Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus. Selama ini pemanfaatan ampas tebu yang dihasilkan masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *pulp*, *particle board*, bahan bakar *boiler* di pabrik gula. Disamping terbatas, nilai ekonomi yang diperoleh juga belum begitu tinggi, oleh karena itu diperlukan adanya proses teknologi sehingga terjadi *diversifikasi* pemanfaatan lahan pertanian yang ada, salah satunya dengan pembuatan briket ampas tebu sebagai bahan bakar alternatif.

Sumber energi alternatif adalah salah satu solusi untuk mengatasi masalah kebutuhan bahan bakar. Sumber energi alternatif tersebut adalah energi biomassa dengan memanfaatkan berbagai limbah pertanian. Biomassa dari ampas tebu dimanfaatkan menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif bagi masyarakat.

Selain itu, energi biomassa juga merupakan energi yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan emisi gas buang. Dalam penggunaan briket sebagai bahan bakar pada pembakaran dipengaruhi oleh kandungan karakteristik nilai kalor briket tersebut. Hal ini didasarkan pada proses pembuatan briket tersebut. Proses pembuatan briket sebagai bahan bakar yang terdiri dari *filler* dan perekat. Tentu saja komposisi kandungan antara keduanya harus sesuai sehingga tercapai karakteristik nilai kalor yang optimal. Selain kandungan komposisi, karakteristik briket juga dipengaruhi oleh tekanan pada pencetakan briket.

Berdasarkan wacana tersebut, maka diperlukan suatu kajian mengenai pengaruh perbandingan komposisi kandungan briket yang memiliki nilai kalor optimum sebagai bahan bakar dalam rangka pengembangan sumber energi alternatif pengganti BBM. Hal ini didukung dengan pertimbangan bahwa briket yang digunakan harus mempunyai nilai kalori tinggi untuk pembakaran.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi masalah-masalah yang dapat diteliti sebagai berikut :

1. Karakteristik nilai kalor briket.
2. Prosentase komposisi *filler* dan perekat pada briket yang optimal
3. Kelangkaan sumber energi
4. Pemanfaatan limbah biomassa

C. Batasan Masalah

Dalam menentukan kualitas karakteristik nilai kalor briket ampas tebu yang dipengaruhi banyaknya komposisi kandungan yang merupakan perbandingan yang optimum. Sehingga dalam penelitian ini hanya dibatasi untuk mendapatkan nilai kalor briket dengan membuat perbandingan komposisi *filler* dengan perekat sebesar 70% : 30% sampai 90% : 10%. Perekat yang digunakan adalah tapioka. Selanjutnya briket di uji karakteristiknya untuk mendapatkan muatan nilai kalor pada masing-masing briket dengan menggunakan alat *bomb kalorimeter*. Dengan demikian ruang lingkup penelitian ini mendalami besarnya nilai kalor yang terkandung pada briket ampas tebu yang dipengaruhi oleh

komposisi kandungannya dengan menggunakan alat bomb kalorimeter.

D. Perumusan Masalah

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) yang cukup besar di masyarakat, baik industri kecil maupun industri menengah mengakibatkan kekurangan sumber energi. Energi terbarukan sangat dibutuhkan dalam mengatasi kondisi ini. Untuk itu diperlukan pengembangan *biomassa* dari limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif yang memiliki karakteristik nilai kalor yang tinggi. Solusi yang tepat dalam menjawab permasalahan ini melakukan pemanfaatan limbah pertanian menjadi briket sebagai bahan bakar pengganti BBM. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh komposisi antara *filler* dengan perekat pada briket ampas tebu yang memiliki kualitas sebagai bahan bakar alternatif terutama dilihat nilai kalor.
2. Bagaimana melakukan pembuatan briket ampas tebu?

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

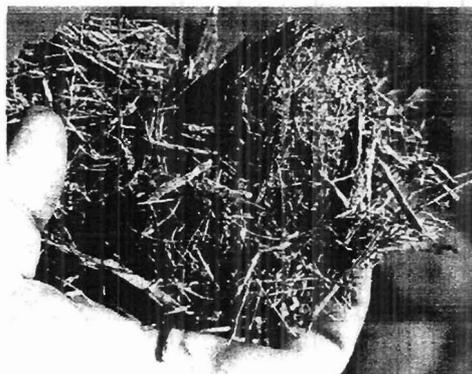
A. Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman tebu (Gambar 2.1) hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih satu tahun. Tebu digiling kemudian diekstrak niranya, hasil samping dari proses giling ini adalah ampas tebu.



Gambar 2.1 Tanaman Tebu

Selain memproduksi gula, pabrik gula juga menghasilkan dua macam limbah padat, yaitu: ampas tebu (*bagasse*) dan blotong (*filter cake*). Rata-rata ampas yang diperoleh dari proses giling 32 % tebu. Dengan produksi tebu di Indonesia pada tahun 2007 sebesar 21 juta ton potensi ampas yang dihasilkan sekitar 6 juta ton ampas per tahun. Daun tebu yang kering (dalam bahasa Jawa, dadhok) adalah biomassa yang mempunyai nilai kalori cukup tinggi. Di daerah pedesaan sering memakai dadhok itu sebagai bahan bakar untuk memasak; selain menghemat minyak tanah yang makin mahal, bahan bakar ini juga cepat menyala atau terbakar. Ampas tebu (Gambar 2.2) merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu untuk diambil niranya. Limbah ini banyak mengandung serat dan gabus.



Gambar 2.2 Ampas tebu

Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler. Ampas tebu selain dimanfaatkan sendiri oleh pabrik sebagai bahan bakar pemasakan nira, juga dimanfaatkan oleh pabrik kertas sebagai *pulp* campuran pembuat kertas. Apabila Pabrik gula dapat efisien dalam penggunaan bahan bakar maka ada potensi ampas lebih. Potensi ampas yang berlebih dapat dimanfaatkan untuk diproses sebagai produk turunan. Ampas dapat diproses menjadi produk antara lain partikel board, plastik, pith, xylitol, furfural. Kadangkala masyarakat sekitar pabrik memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar. Ampas tebu ini memiliki aroma yang segar dan mudah dikeringkan sehingga tidak menimbulkan bau busuk. Ampas tebu mengandung abu 3,82%, lignin 22,09%, selulosa 37,65%, sari 1,81%, pentosan 27,97%, SiO₂ 3,01%. Komposisi kimia ampas tebu meliputi; zat arang atau karbon (C) 23,7 %, zat cair atau hidrogen (H) 2 %, zat asam Oksigen (O) 20 %, air atau W (H₂O) 50 % dan gula atau pol 3 %. Tiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 3 % akan memiliki kalor sebesar 1825 kkal. Nilai bakar tersebut akan meningkat dengan menurunnya kadar air dan gula dalam ampas.

B. Biomassa

Biomassa adalah suatu limbah benda padat yang bisa dimanfaatkan lagi sebagai sumber bahan bakar selain batu bara (Syafi'i, 2003). Biomassa diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu biomassa kayu dan bukan kayu (Borman, 1998). Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan dan turunannya, baik tumbuh-tumbuhan di daratan maupun

yang tumbuh di dalam air. Dalam hal ini termasuk juga hasil hutan dan limbahnya, tumbuhan yang khusus di tanam untuk diambil energinya di ladang-ladang energi serta kotoran-kotoran hewan sebagai sumber energi. Biomassa juga merupakan salah satu sumber energi penting yang dapat diperbaharui. Disamping itu juga termasuk energi terbarukan yang sedang diteliti dan dikembangkan untuk dipersiapkan menjadi energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Biomassa dapat dibakar dalam bentuk serbuk, briket, ataupun batangan.

Biomassa dalam bentuk briket memiliki kandungan bahan zat terbang (*volatile*) tinggi tetapi kadar karbon (*fixed carbon*) rendah. Tingginya kandungan senyawa bahan zat terbang (*volatile*) dalam biomassa menyebabkan pembakaran dapat di mulai pada suhu rendah. Proses dekomposisi material (*devolatisasi*) pada suhu rendah ini mengindikasikan bahwa biomassa mudah dinyalakan dan terbakar. Namun, pembakaran yang terjadi berlangsung sangat cepat. Pembakaran biomassa menghasilkan kadar abu (*ash*) tergantung dari jenis bahannya, sementara nilai kalornya tergolong sedang.

Tanaman panen darat yang termasuk penghasil energi biomassa adalah:

- a. Tumbuhan gula seperti tebu dan sorgum manis.
- b. Tumbuhan daun, yaitu tumbuhan bukan kayu yang mudah dikonversi menjadi bahan bakar dan gas.
- c. Tumbuhan *silvikultur* (hutan) seperti *poplar hibrida*, *sycamore*, petai cina, getah manis, *alder*, *ekaliptus*, dan kayu-kayu keras lainnya.

Kotoran hewan dan manusia juga merupakan sumber energi dalam pembuatan gas *metana* untuk bahan bakar dan *etilena* digunakan dalam industri plastik. Hasil panen air diperoleh dari air tawar, air laut, dan air payau. Dalam hal ini harus diperhitungkan tumbuhan di atas air maupun di bawah air, termasuk rumput laut, ganggang dan yang sangat menarik *kelp californica*.

Berbagai cara pengkonversian biomassa menjadi energi, yaitu:

- a. Pembakaran langsung, seperti limbah kayu, sekam padi dan tongkol jagung.
- b. Konversi termodinamika dengan melakukan pemanasan, pencairan atau mereaksikannya dengan senyawa lain.

- c. Konversi biokimia baik menggunakan mikroba atau senyawa organik lainnya.

C. Briket

Briqueting merupakan metode yang efektif untuk mengkonversi bahan baku padat menjadi suatu bentuk hasil kompaksi yang lebih mudah untuk digunakan (www.ristek.go.id, 2004). Biobriket adalah bahan bakar padat yang berasal dari biomassa seperti kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, limbah pertanian yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk briket (penampilan dan kemasan yang lebih menarik) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar padat untuk keperluan energi sehari-hari. Penggunaan biobriket untuk kebutuhan sehari-hari sebaiknya digunakan biobriket dengan tingkat polusinya paling rendah dan pencapaian suhu maksimal paling cepat. Bahan-bahan yang bisa dijadikan sebagai bahan dasar pembuat briket diantaranya: tongkol jagung, limbah kayu (serutan dan serpihan) dan ranting pohon, batang jerami, batang ilalang, limbah tandan buah, sekam padi, ampas tebu (*bagasse*), kulit kopi, dan lain-lain. Bahan-bahan ini mudah ditemukan karena merupakan limbah hasil produksi.

Penelitian telah banyak untuk mempelajari karakteristik pembakaran biobriket. Sulistyanto A. (2006), meneliti biobriket yang menggunakan bahan baku dari sabut kelapa yang dicampur dengan batubara, dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik pembakaran biobriket antara lain laju pembakaran, kandungan nilai kalor, berat jenis (*bulk density*) bahan bakar. Hasil penelitian Hartoyo, Ando dan Roliadi (2006) menyimpulkan bahwa kualitas briket arang yang dihasilkan setaraf dengan briket arang buatan Inggris dan memenuhi persyaratan yang berlaku di Jepang karena menghasilkan kadar abu dan zat mudah menguap yang rendah serta tingginya kadar karbon terikat dan nilai kalor. Selain itu hasil penelitian Hambali (2006) yang membuat briket dari bungkil jarak 80%, sekam/serbuk gergaji (20%) dengan perekat pati 1% menyimpulkan bahwa briket tersebut mempunyai nilai kalor sebesar 5500 kkal/kg. Sudrajat (2003) yang membuat briket arang dari delapan jenis kayu dengan perekat campuran pati dan molase menyimpulkan bahwa makin tinggi berat jenis kayu, kerapatan briket arangnya makin tinggi pula. Kerapatan

yang dihasilkan antara 0,45 - 1,03 gr/cm³ dan nilai kalor antara 7290 - 7456 kal/g. M. Syamsiro dan H. Saptoadi (2007), melakukan kajian tentang pembakaran briket biomassa cangkang kakao yang menghasilkan penurunan emisi CO seiring dengan kenaikan temperatur udara preheat dan kenaikan emisi CO secara cepat terjadi ketika pengurangan massa yang cepat. Proses pembuatan briket arang dengan cara berbeda yaitu tanpa perekat juga pernah dilakukan oleh Sri W (2002). Bahan baku serbuk gergajian kayu dikeringkan selanjutnya dibuat briket kayu dengan sistem ulir berputar dan berjalan sambil dipanaskan kemudian diarangkan dalam kiln bata. Kualitas briket arang yang dihasilkan mempunyai nilai kalor sebesar 6341 kal/g dan kadar karbon terikatnya sebesar 74,35 %. Siti J., (2008) melakukan penelitian sifat-sifat penyalaan briket biomassa dengan briket batubara dan arang kayu dengan perekat tapioka yang memperoleh hasil nilai kalor tertinggi dimiliki briket batubara yaitu sekitar 6.058,62 kal/gr, sedangkan nilai kalor terendah dimiliki briket dari sekam padi dengan nilai kalor sebesar 3.072,76 kal/gr.

Beberapa faktor persyaratan briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria adalah:

- a. Mudah dinyalakan dan tidak mengeluarkan asap banyak
- b. Emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun
- c. Kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama
- d. Menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

Beberapa kelebihan briket dibandingkan dengan bahan bakar jenis lainnya, dimana briket memiliki beberapa keunggulan seperti lebih ekonomis, api berwarna biru, bara api lebih tahan lama, panasnya sangat stabil, bila sirkulasi udara baik asap yang dihasilkan sedikit dan abu dari sisa pembakarannya pun sedikit. Begitu juga dengan pemanfaatan briket sebagai bahan bakar tentu memiliki kelemahan diantaranya pengeringan briket memerlukan waktu yang

panjang (lama), briket yang sudah jadi tidak boleh terkena air, memasak dengan briket harus cepat, Pemakaiannya harus sekali habis.

Pembuatan briket dengan pemanfaatan limbah mempunyai teknik tersendiri untuk memperoleh hasil yang baik. Secara umum teknologi pembriketan dapat dibagi menjadi tiga (Grover dan Mishra, 1996) yaitu:

- Pembriketan tekanan tinggi.
- Pembriketan tekanan medium dengan pemanas.
- Pembriketan tekanan rendah dengan bahan pengikat (*binder*).

Pembuatan briket dari limbah pertanian dan industri dilakukan dengan cara penambahan perekat. Di mana bahan baku dicacah terlebih dahulu kemudian ditumbuk, di campur perekat, di cetak (kempa dingin) dengan sistem hidroulik manual selanjutnya dikeringkan. Menurut Schuchart, dkk. (1996), pembuatan briket dengan menggunakan bahan perekat akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat. Disamping meningkatnya nilai kalor dari briket, kekuatan briket tersebut dari tekanan luar jauh lebih baik (tidak mudah pecah). Estela (2002) menggunakan dua cara dalam pembuatan briket yaitu kompaksi rendah dengan menggunakan bahan pengikat *clay*, *bentonit*, serta *yucca starch* dan kompaksi tinggi tanpa bahan pengikat. Penelitian menunjukkan nilai kalor briket tanpa pengikat dan kompaksi tinggi memiliki nilai kalor (13800 MJ/Kg) lebih tinggi dibandingkan dengan briket yang memakai bahan pengikat. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan perekat menurunkan nilai kalor briket. Karakteristik pembriketan dievaluasi diantaranya dengan melihat durabilitas, kekuatan mekanis, dan perilaku relaksasi. Relaksasi sangat dipengaruhi oleh tekanan pembriketan. Semakin tinggi tekanan maka relaksasi akan semakin bertambah.

D. Perekat

Perekatan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket diperlukan zat pengikat sehingga dihasilkan briket yang kompak dan akan lebih baik hasilnya jika dibandingkan tanpa menggunakan bahan perekat.

Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan pengikat dapat berdasarkan sifat dan jenis bahan baku perekatan briket.

Pembuatan briket juga memerlukan perekat karena dengan pembuatan briket menggunakan perekat Beberapa jenis bahan dapat digunakan sebagai pengikat diantaranya lempung (*clay*), tepung kanji (tapioka), tetes, dan aspal (ter). Perekat dapat memberikan kekuatan pada briket dari tekanan luar sehingga briket tidak mudah pecah.

Beberapa jenis perekat yang dapat digunakan menurut Kurniawan dan Marsono (2008), yaitu:

1) Perekat Aci (tapioka)

Perekat aci terbuat dari tepung tapioka yang mudah dibeli dari toko makanan dan di pasar. Perekat ini biasa digunakan untuk mengelem prangko dan kertas. Cara membuatnya sangat mudah yaitu cukup mencampurkan tepung tapioka dengan air, lalu dididihkan di atas kompor. Selama pemanasan tepung diaduk terus menerus agar tidak menggumpal. Warna tepung yang semula putih akan berubah menjadi transparan setelah beberapa menit dipanaskan dan terasa lengket di tangan.

2) Perekat Tanah Liat

Perekat tanah liat bisa digunakan sebagai perekat karbon dengan cara tanah liat diayak halus seperti tepung, lalu diberi air sampai lengket. Namun penampilan briket arang yang menggunakan bahan perekat ini menjadi kurang menarik dan membutuhkan waktu lama untuk mengeringkannya serta agak sulit menyala ketika dibakar.

3) Perekat Getah Karet

Daya lekat getah karet lebih kuat dibandingkan dengan lem aci maupun tanah liat. Ongkos produksinya relatif mahal dan agak sulit mendapatkannya. Briket arang yang menggunakan perekat ini akan menghasilkan asap tebal berwarna hitam dan beraroma kurang sedap ketika dibakar.

4) Perekat Getah Pinus

Briket arang menggunakan perekat ini hampir mirip dengan briket arang dengan menggunakan perekat karet. Namun, keunggulannya terletak pada daya benturan briket yang kuat meskipun dijatuhkan dari tempat yang tinggi (briket tetap utuh).

5) Perekat pabrik

Perekat pabrik adalah lem khusus yang diproduksi oleh pabrik yang berhubungan langsung dengan industri pengolahan kayu. Lem-lem tersebut mempunyai daya lekat yang sangat kuat tetapi harga produksinya relatif mahal.

E. Proses Pembakaran Briket

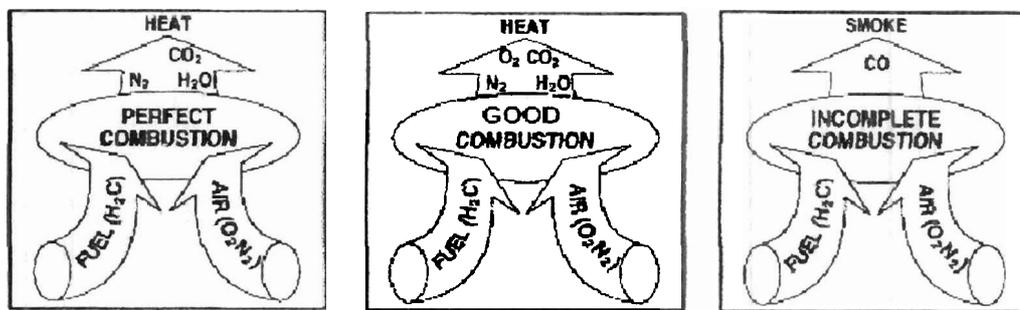
Unsur-unsur dalam bahan bakar yang dapat membentuk reaksi pembakaran dengan oksigen adalah karbon, hidrogen dan belerang. Karena itu proses pembakaran bahan bakar tidak lain adalah bentuk reaksi pembakaran dari ketiga unsur tersebut dengan oksigen. Pembakaran briket merupakan pembakaran volatile matter dan karbon tertambat dalam bahan bakar padat, melalui pelepasan zat yang mudah menguap seperti kandungan air. Setelah kandungan air hilang dari briket maka selanjutnya menyisakan abu, dan abu merupakan zat sisa hasil pembakaran. *United Nations Environment Programme* (2006), pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Emisi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa adalah CO₂, CO, NO_x, SO_x, dan partikulat. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Oksigen (O₂) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20,9% dari udara. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. Bahan bakar gas akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup.

Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya. Nitrogen dianggap sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan untuk

pembakaran. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun. Karbon, hidrogen dan sulfur dalam bahan bakar bercampur dengan oksigen di udara membentuk karbon dioksida, uap air dan sulfur dioksida, melepaskan panas masing-masing 8.084 kkal, 28.922 kkal dan 2.224 kkal (www.energyefficiencyasia.org). Pada kondisi tertentu, karbon juga dapat bergabung dengan oksigen membentuk karbon monoksida, dengan melepaskan sejumlah kecil panas (2.430 kkal/kg karbon). Karbon terbakar yang membentuk CO_2 akan menghasilkan lebih banyak panas per satuan bahan bakar daripada bila menghasilkan CO atau asap.

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” pembakaran yaitu (1) *Temperature*/ suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalaan bahan bakar, (2) *Turbulence*/ Turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan (3) *Time*/ Waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna.

Pembakaran sempurna (*complete combustion*) dapat dicapai dengan pencampuran antara bahan bakar dan oksidator tepat atau baik, dengan rasio udara dan bahan bakar yang tepat. Pencampuran yang baik terjadi kalau berlangsung secara turbulen. Pada Gambar 2.3 diperlihatkan berbagai kondisi pembakaran secara ilustrasi.



Gambar 2.3. Pembakaran Yang Sempurna, Yang Baik Dan Tidak Sempurna
(United Nations Environment Programme, 2006)

Kalor yang dihasilkan dari pembakaran sempurna (*complete combustion*) 1 satuan berat bahan bakar padat atau bahan bakar cair atau 1 satuan volume bahan

bakar gas pada kondisi baku (tekanan 1 atm, suhu 25 °C atau 60 °F). Dengan melakukan suatu pengujian dengan menggunakan bomb kalorimeter akan dapat diperoleh nilai kalor dari hasil pembakaran.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pembakaran pada briket adalah:

1) *Kualitas briket*

- a. Kadar air. Dengan kadar air (*moisture content*) yang terlalu tinggi akan sangat berpengaruh terhadap pembakaran karena panas yang dihasilkan oleh briket akan menguapkan air terlebih dahulu. Untuk setiap 1% kadar air akan kehilangan panas sebanyak 9,6 kcal/kg.
- b. Zat terbang (*volatile matter*). Bila zat terbang yang dimiliki semakin tinggi maka akan semakin baik pembakarannya, lidah api makin panjang dan pembakaran semakin baik.
- c. Karbon tertambat (*fixed carbon*). Sebagian besar pembakaran briket adalah pada tahap pembakaran karbon tertambat ini. Karbon tertambat akan bereaksi dengan udara (O₂) dan menghasilkan panas.
- d. Belerang (Sulfur). Walaupun belerang ini dapat terbakar dan menghasilkan panas, tetapi unsur ini harus sekecil mungkin, karena sulfur yang tinggi dapat mencemari lingkungan seperti asap dan bau yang menyengat.

2) *Kondisi pembakaran*

- a. Jumlah udara harus mencukupi. Dalam reaksi pembakaran jumlah udara sangat diperlukan untuk melakukan reaksi antara bahan yang mudah terbakar dengan oksigen.
- b. Temperatur ruang pembakaran. Temperatur pembakaran harus tinggi karena briket merupakan bahan bakar padat sehingga dalam penyalaan awal harus didukung oleh temperatur yang tinggi (penyulut). Setelah mendapatkan panas yang cukup untuk dapat terbakar maka briket tersebut akan terbakar sendiri.
- c. Kontak antara briket dan udara. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna, kontak antara briket dengan udara harus dijaga. Jika kontak/persinggungan antara briket dan udara tidak bagus maka

pembakaran tidak akan sempurna. Hal ini dipengaruhi oleh lubang-lubang udara pembakaran dan cara menyusun briket.

F. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas briket

Dalam pemakaian briket diperlukan kualitas briket untuk dapat menghasilkan pembakaran yang baik dan bersih dari emisi juga tidak mudah hancur. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas briket adalah:

1) Ukuran butir.

Ukuran butir memengaruhi proses pembakaran karena ukuran butir semakin halus akan semakin memperbesar bidang sentuh pada permukaan sehingga kontak langsung dengan udara, maka akan semakin baik dan reaksi berlangsung dengan cepat.

2) Kuat tekan dan perekatan.

Kuat tekan dan perekatan yang rendah akan menyebabkan briket mudah hancur dalam proses pemindahan dari satu tempat ke tempat lain atau juga dalam proses bongkar muat.

3) Bahan pencampur/imbuan.

Bahan imbuhan yang baik dan seimbang akan menurunkan pencemaran/emisi seperti kadar belerang dalam pembakaran. Di samping itu dengan adonan yang baik dan bahan tambahan dengan jumlah yang tepat, akan meningkatkan kualitas briket seperti pembakaran dan kekuatan tekan sehingga briket tidak mudah hancur.

G. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan, dan diukur sebagai nilai kalor kotor (*gross calorific value*) atau nilai kalor netto (*nett calorific value*). Perbedaannya ditentukan oleh panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran. Nilai kalor bahan bakar menurut Eddy dan Budi (1990) merupakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar dengan satuan kJ/kg, kJ/m³, kkal/kg, kkal/m³, Btu/lb, atau Btu/ft³. M. M. El-Wakil (1992) mendefinisikan nilai kalor

adalah kalor yang berpindah bila hasil pembakaran sempurna. Nilai kalor kotor atau *gross calorific value* (GCV) mengasumsikan seluruh uap yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terembunkan atau terkondensasikan. Nilai kalor netto (NCV) mengasumsikan air yang keluar dengan produk pengembunan tidak seluruhnya terembunkan. Bahan bakar harus dibandingkan berdasarkan nilai kalor netto.

Analisa kalor suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dibebaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya pembakaran reaksi atau proses (Eddy dan Budi, 1990). Nilai kalor yang tinggi akan membuat pembakaran menjadi lebih efisien dan dapat menghemat kebutuhan briket yang digunakan. Menurut standard ASTM D2015 nilai kalor ditentukan dalam uji standard bomb kalorimeter. Ada dua macam penentuan yaitu nilai kalor atas *higher heating value* (HHV) dan nilai kalor bawah *lower heating value* (LHV). Nilai kalor atas (HHV) merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap. Nilai kalor bawah (LHV) merupakan nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap.

Nilai kalor atas atau *higher heating value* (HHV) dapat dihitung dengan persamaan:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) c_v \quad (kJ/kg) \quad (1)$$

Sedangkan nilai kalor bawah atau *lower heating value* (LHV) dihitung dengan persamaan:

$$LHV = HHV - 3240 \quad (kJ/kg) \quad (2)$$

Dimana:

T_1 = Suhu air pendingin sebelum dinyalakan ($^{\circ}C$)

T_2 = Suhu air pendingin sesudah dinyalakan ($^{\circ}C$)

T_{kp} = Kenaikan suhu kawat penyalakan ($^{\circ}C$)

c_v = Panas jenis alat *bomb kalorimeter* ($kJ/kg^{\circ}C$)

Dalam analisis dari tiap jenis dan komposisi bahan campuran briket serta parameter perlakuan yang sesuai kebutuhan. Dengan analisis data dan perhitungan menggunakan rumus baku yang ada dan diolah berbantuan komputasi sangat

dimungkinkan. Rumus dasar untuk analisis nilai kalor berdasarkan komposisi campuran digunakan persamaan Dulong dan Petit yaitu;

a. Nilai Pembakaran Tinggi (Higher Heating Value/HHV):

$$\text{HHV} = 33.950 C + 144.200 (H_2 - 1/8. O_2) + 9.400 S \quad \text{kJ/kg}$$

b. Nilai Pembakaran Terendah (Lower Heating Value/LHV):

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2.400 (M + 9 H_2) \quad \text{kJ/kg}$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat (Sulistyanto A, 2006), antara lain ukuran partikel, kecepatan aliran udara, jenis bahan bakar, temperatur udara pembakaran, karakteristik bahan bakar padat yang terdiri dari kadar karbon, kadar air (*moisture*), zat yang mudah menguap (*volatile matter*), kadar abu (*ash*), nilai kalor. Semakin besar nilai kalor maka kecepatan pembakaran semakin lambat. Makin tinggi berat jenis bahan bakar semakin tinggi pula nilai kalor yang diperolehnya. Dengan demikian, maka biomassa yang memiliki berat jenis yang tinggi memiliki nilai kalor yang tinggi. Apabila biomassa tersebut mengalami proses pembakaran, kecepatan pembakarannya lebih lambat dibandingkan dengan biomassa yang memiliki berat jenis yang lebih rendah.

H. Limbah Lingkungan

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah merupakan suatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan, serta lingkungan dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. Secara Umum limbah dibagi dua yaitu:

- a. Limbah ekonomis, yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku.
- b. Limbah non ekonomis, yaitu limbah yang dapat merugikan dan membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

Proses pengolahan limbah padat industri di kelompokkan berdasarkan fungsinya yaitu pengkonsentrasian, pengurangan kadar air, stabilisasi dan pembakaran dengan *incinotor*. Pengolahan tersebut pada industri penghasil limbah

dapat dilakukan sendiri-sendiri atau secara berurutan tergantung dari jenis dan jumlah limbah padat yang dihasilkan. Salah satu cara mengatasi limbah padat dengan cara pembakaran. Pembakaran dilakukan *sludge* dengan suhu tinggi. Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti insenerator karena dengan pembakaran dengan suhu tersebut dapat sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan pembuatan biomassa dari limbah tanaman dengan memanfaatkan ampas tebu menjadi briket bahan bakar
2. Membuktikan pengaruh komposisi *filler* dengan perekat terhadap nilai nilai kalor briket ampas tebu
3. Membuktikan bahwa briket ampas tebu merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan oleh masyarakat.

B. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan berbagai pihak terkait yang berkompeten dalam bidang penelitian dan industri, yaitu:

1. Sebagai salah satu referensi dalam mengatasi limbah tanaman dan lingkungan,
2. Sebagai rekomendasi bagi pemerintah serta pengembangan penelitian dilingkungan akademik dan masyarakat.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

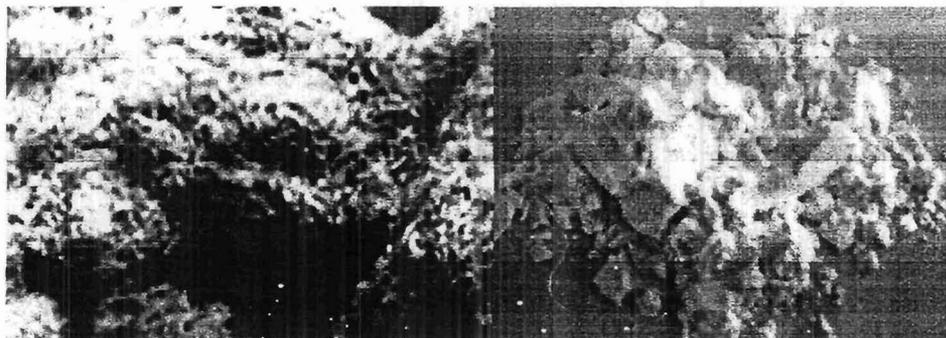
Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen, dimana hasil pengujian diperoleh melalui percobaan langsung terhadap benda uji. Berdasarkan pokok masalah yang di bahas dalam bab sebelumnya, maka data diperoleh melalui hasil pengujian lama nyala api dan nilai kalor briket ampas tebu, dilanjutkan dengan pengamatan dan analisa terhadap data yang diperoleh dari percobaan di laboratorium.

B. Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dalam jangka waktu empat bulan, mulai dari pengajuan proposal, proses pembuatan spesimen, pengujian, analisa data sampai pembuatan laporan. Adapun tempat pelaksanaan penelitian adalah di laboratorium konversi energi Teknik Mesin FT-UNP Padang dan Labor PT. Sucofindo.

C. Bahan

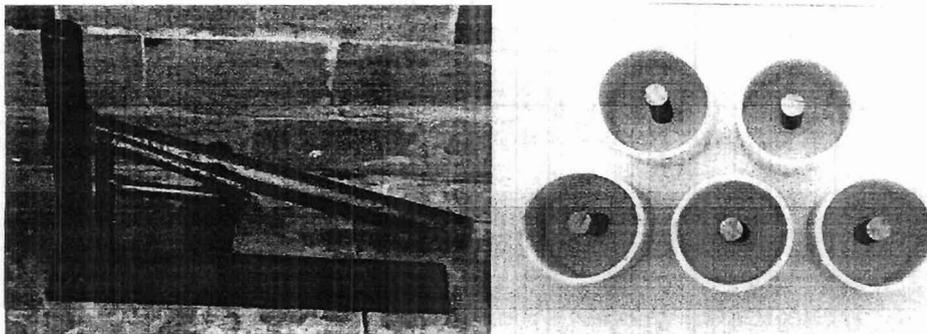
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu dari hasil penggilingan tebu. Ampas tebu diperoleh dari limbah Industri penghasil gula tebu (saka) dan pedagang penjual air tebu. Ampas tebu kemudian dicacah dan dijadikan briket bahan bakar dengan menggunakan pengikat tepung kanji (tapioka) yang dicampur getah damar. Bahan baku untuk pembuatan briket diperlihatkan pada Gambar 4.1.



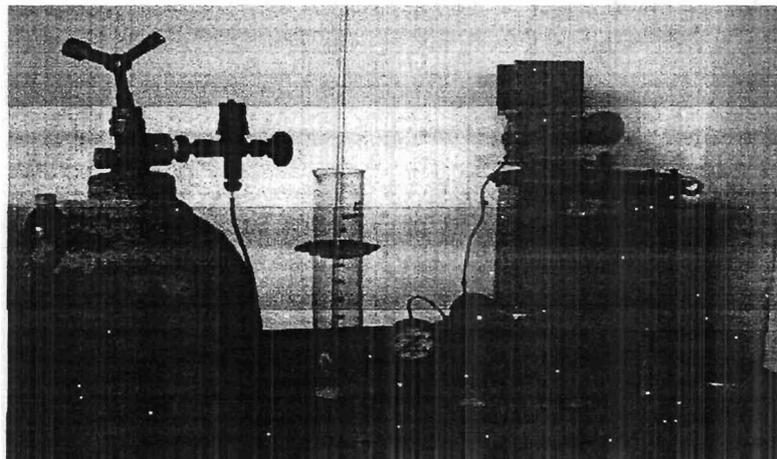
Gambar 4.1 Ampas Tebu dan Tepung Tapioka

D. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pencacah (*mixer*) ampas tebu, unit pencetak briket (Gambar 4.2), unit bomb kalorimeter beserta kelengkapannya, unit oven pemanas, neraca analitik, cawan, termometer, kawat pijar, tabung oksigen, Indikator *methyl red*, stopwatch, buret, pinset dan tungku masak (*anglo*). Dalam pengujian nilai kalor briket digunakan alat bomb kalorimeter (Gambar 4.3) dimana suatu alat yang digunakan untuk menentukan panas yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar dan oksigen pada volume tetap.



Gambar 4.2 Alat Pencetak Briket dan Cetakannya

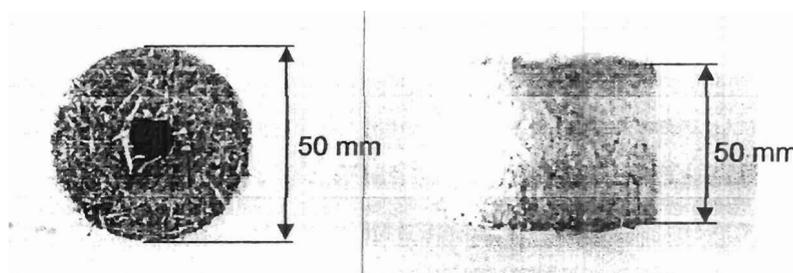


Gambar 4.3 Alat Uji Bomb Kalorimeter

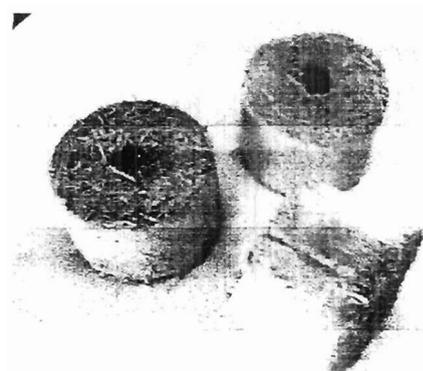
E. Metode Pelaksanaan Penelitian

Proses pembuatan briket ampas tebu dilakukan dengan manual dan sederhana. Ampas tebu bisa ditemukan dari penjual air tebu yang sudah melakukan penggilingan, atau dari industri gula tebu, kemudian ampas tebu dijemur untuk menghilangkan endapan air dari sisa penggilingan. Ampas tebu kemudian dicacah menjadi bentuk serbuk diusahakan pencacahan merata

kehalusannya, agar dapat menyatu lebih baik dengan perekat. Bahan perekat pada briket digunakan tepung kanji (tapioka). Kemudian ampas tebu yang sudah menjadi serbuk ditimbang, begitu juga dengan perekat tapioka untuk mendapatkan perbandingan antara ampas tebu (*filler*) dan perekat. Perbandingan jumlah campuran yang dibuat adalah, 70% ampas tebu 30% perekat tapioka, 80% ampas tebu 20% tapioka dan 90% ampas tebu 10% tapioka. Campuran tersebut diaduk (*sandwich*) dalam cawan, dengan ditambahkan air secukupnya. Selanjutnya dicetak berbentuk silinder dengan tinggi 50 mm, berdiameter 50 mm yang pada bagian tengah dilubangi 12 mm. Pencetakan dilakukan dengan tekanan. Briket yang telah dicetak harus dijemur dan dikeringkan selama 4 hari (tidak boleh terkena air). Tempat penyimpanan briket ampas tebu tidak diperlukan tempat khusus tetapi harus menghindarkan briket tidak terkena air. Geometri dan dimensi briket yang diproduksi ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Briket ampas tebu yang telah kering kemudian dilakukan pengujian terhadap kualitasnya. Beberapa hal yang diuji menyangkut kualitas briket yaitu penetapan bahan kering dan nilai kalor briket.



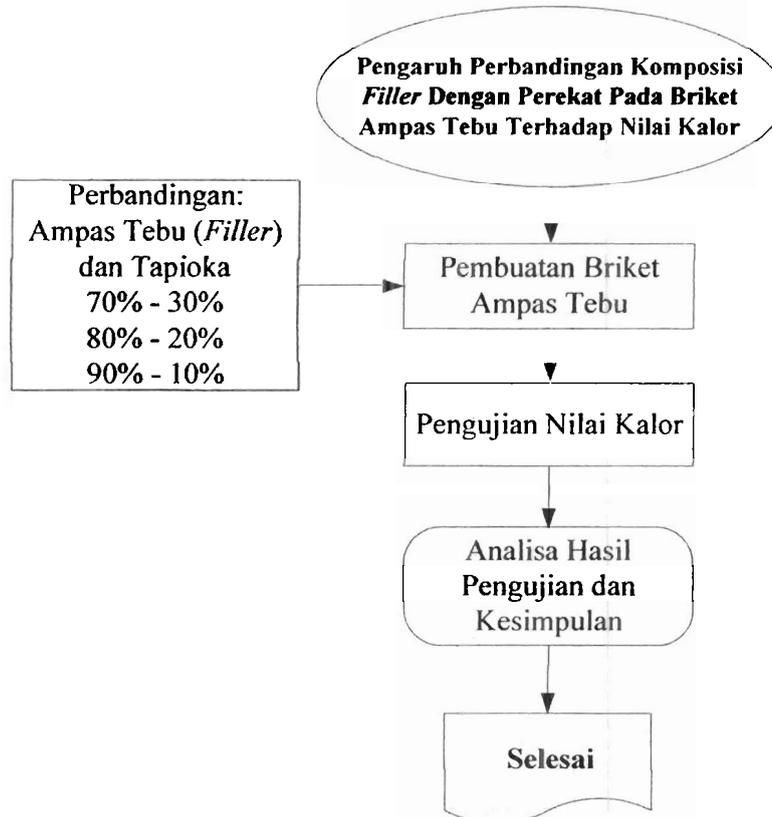
Gambar 4.4 Geometri dan Dimensi Briket



Gambar 4.5 Briket Ampas Tebu yang di produksi

F. Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir penelitian (Gambar 4.6) untuk memudahkan peneliti dalam menyelesaikan penelitian.



Gambar 4.6. Diagram Alir Penelitian

G. Pengamatan dan Pengolahan Data

Setelah beberapa sampel briket diuji pada bomb kalorimeter dan mendapatkan beberapa data uji, selanjutnya dilakukan pengolahan data uji dengan kalkulasi matematis dengan menggunakan persamaan 1. Nilai kalor atas atau *higher heating value* (HHV) dapat dihitung dengan persamaan:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) c_v \quad (kJ/kg) \quad (1)$$

Sehingga dari keseluruhan pengujian akan diketahui nilai kalor rata-rata briket. Dari pengolahan data uji nantinya dapat disimpulkan komposisi yang optimal pada pembuatan briket ampas tebu dengan menggunakan perekat tapioka. Dengan melakukan verifikasi dari hasil nilai kalor yang diperoleh sekaligus membandingkannya terhadap masing-masing komposisi.

H. Jadwal Kegiatan Penelitian

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini direncanakan selama 4 (empat) bulan seperti diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

| No | Uraian kegiatan | Interval waktu (bulan) | | | |
|----|---|---------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Identifikasi limbah ampas tebu | x | | | |
| 2 | Persiapan bahan dan peralatan | | x | | |
| 3 | Pembuatan Briket ampas tebu sesuai komposisi | | x | x | |
| 4 | Pengujian Nilai Kalor | | x | x | |
| 5 | Analisa hasil pengujian | | | x | x |
| 6 | Menyimpulkan hasil analisa dan pembuatan laporan penelitian | | | | x |

BAB V

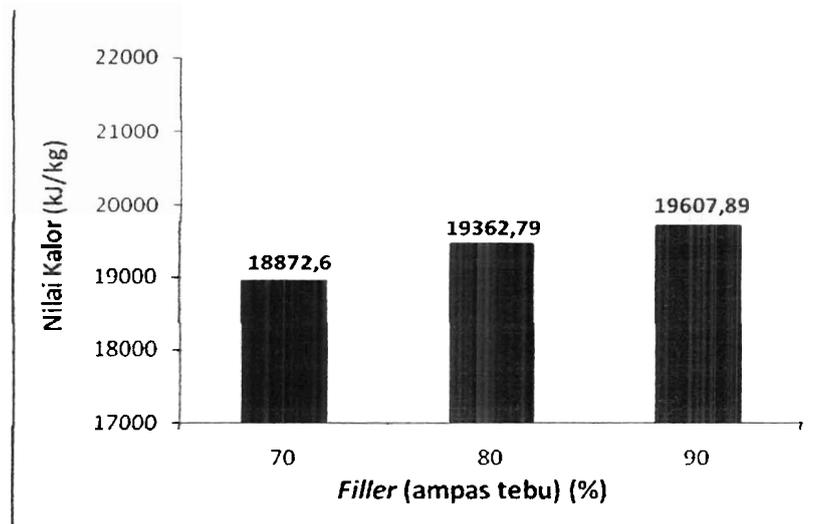
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian dengan menggunakan alat bomb kalorimeter diperoleh nilai kalor atas (*HHV*) dan nilai kalor bawah (*LHV*). Dengan menggunakan persamaan sebelumnya dapat dihitung Nilai kalor atas atau *higher heating value* (*HHV*) dan nilai kalor bawah (*LHV*). Hasil pengujian dan kalkulasi perhitungan nilai kalor seperti ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian dan Kalkulasi Nilai Kalor

| Bahan Briket | | Sampel | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | c _v | T _{kp} | HHV kJ/kg |
|----------------------|--------------------------|--------|------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Ampas Tebu (%) | Tepung Tapioka (%) | | | | | | |
| 70 | 30 | 1 | 27.07 | 27.36 | 73529,6 | 0,05 | 17647.10 |
| | | 2 | 27.41 | 27.72 | 73529,6 | 0,05 | 19117.70 |
| | | 3 | 27.77 | 28.09 | 73529,6 | 0,05 | 19852.99 |
| Rata-rata | | | | | | | 18872.6 |
| 80 | 20 | 1 | 25.97 | 26.27 | 73529,6 | 0,05 | 19117.7 |
| | | 2 | 26.40 | 26.71 | 73529,6 | 0,05 | 18382.4 |
| | | 3 | 26.72 | 27.05 | 73529,6 | 0,05 | 20588.29 |
| Rata-rata | | | | | | | 19362.79 |
| 90 | 10 | 1 | 25.83 | 26.13 | 73529,6 | 0,05 | 18382.40 |
| | | 2 | 26.32 | 26.63 | 73529,6 | 0,05 | 19117.70 |
| | | 3 | 26.78 | 27.12 | 73529,6 | 0,05 | 21323.58 |
| Rata-rata | | | | | | | 19607.89 |



Gambar 5.1 Grafik Hasil Uji Nilai Kalor Briket Ampas Tebu

B. Pembahasan

Dalam proses pembuatan briket ampas tebu, bahan dasar yang digunakan berasal dari limbah pertanian, disamping ekonomis juga dapat membantu pemerintah dalam penanggulangan limbah pertanian. Biomassa juga termasuk limbah pertanian yang mengandung bahan organik yang bersal dari tumbuh-tumbuhan contohnya ampas tebu, Biomassa juga merupakan salah satu sumber energi penting yang dapat diperbaharui. Pengolahan biomassa menjadi sesuatu yang bermanfaat dan dapat dipergunakan menjadi hal yang terpenting dalam mengatasi kekurangan bahan bakar bersifat padat selain masalah lingkungan. Biomassa hasil limbah pertanian, sering diolah menjadi briket sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Namun dalam pengolahan briket tentu saja diperlukan penanganan yang benar sehingga karakteristik briket yang dihasilkan menjadi lebih baik. Dalam pembuatan briket dengan bahan limbah pertanian seperti ampas tebu sebagai *filler*-nya perlu menjadi perhatian selain bahan pengikatnya. Menurut Kurniawan dan Marsono (2008), ada beberapa jenis perekat yang dapat digunakan untuk membuat briket seperti, perekat aci (tapioka), perekat tanah liat, perekat getah karet, perekat getah pinus dan perekat pabrik. Selain itu, jumlah campuran dalam fraksi prosentase berat yang terkandung pada briket juga sangat mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Peneliti menggunakan tapioka sebagai perekat, karena tapioka mudah didapatkan dalam

kehidupan sehari-hari harganya pun cukup murah. Sebagai *filler* briket digunakan ampas tebu dengan komposisi persentasenya dengan perekat ditentukan pada variasi perbandingan 70%:30%, 80%:20%, dan 90%:10%. Dimana ampas tebu lebih banyak dari pada perekat. Pemilihan ampas tebu sebagai bahan utama pengisi (*filler*) briket dikarenakan memiliki karakteristik kalor yang baik dibandingkan dengan limbah pertanian lainnya.

Berdasarkan data penelitian, diperoleh nilai kalor yang berbeda untuk masing-masing variasi campuran antara *filler* dan perekat dalam pembuatan briket ampas tebu. Nilai kalor rata-rata briket yang mengandung *filler* ampas tebu 70% dan 30% perekat tapioka sebesar 18872.6 kJ/kg. Briket dengan komposisi *filler* ampas tebu 80% dan 20% perekat tapioka memiliki nilai kalor rata-rata sebesar 19362.79 kJ/kg. Briket yang mengandung komposisi *filler* ampas tebu 90% dan ampas tebu dan 10% perekat tapioka diperoleh nilai kalor rata-rata sebesar 19607.89 kJ/kg. Hasil secara keseluruhan pengujian nilai kalor briket dapat dilihat pada Tabel 2. Bila dilihat dari grafik pada Gambar 4.1 dapat dinyatakan bahwa semakin besar kandungan filler ampas tebu pada briket maka semakin besar nilai kalor dari briket tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai kalor briket dipengaruhi oleh banyaknya komposisi kandungan antara *filler* dan perekat pada briket ampas tebu. Dalam hal ini perekat yang digunakan berupa tepung tapioka. Hasil ini juga menunjukkan bahwa persentase komposisi optimum pada briket ampas tebu yaitu pada variasi komposisi filler ampas tebu 90% dan perekat tapioka 10%. Nilai kalor briket ampas tebu menunjukkan bahwa keterpakaiannya briket ini sangat dimungkinkan dijadikan sebagai bahan bakar padat alternatif oleh masyarakat. Selain itu juga dapat menjawab permasalahan yang ada di masyarakat tentang bahan bakar pengganti minyak (BBM) dan sekaligus dapat mengurangi serta mengatasi limbah pertanian berupa ampas tebu. Kelebihan briket ampas tebu dibandingkan dengan bahan bakar jenis lainnya, dimana briket memiliki beberapa keunggulan seperti lebih ekonomis, bara api lebih tahan lama, panasnya stabil, bila sirkulasi udara baik asap yang dihasilkan sedikit dan abu dari sisa pembakarannya pun sedikit. Suatu hal yang terpenting adalah briket ampas tebu ini lebih ramah lingkungan bila dibandingkan briket batu bara. Nilai kalor briket ampas tebu lebih rendah dibandingkan briket batu bara yang memiliki nilai kalor

sebesar 6058 kal/gr (25345 kJ/kg). Tetapi akibat pembakarannya menimbulkan polusi dan pencemaran dalam arti tidak ramah lingkungan. Dari proses pembuatan briket yang sangat sederhana namun membutuhkan waktu pengeringan yang cukup lama sehingga kandungan air habis. Dalam hal penggunaan, briket harus menggunakan tungku briket yang khusus atau tungku anglo karena pembakaran briket hanya memanfaatkan panas yang ditahan oleh tungku briket sehingga lidah api pembakaran sedapat mungkin tidak timbul.

C. Perhitungan Hasil Pengujian Nilai Kalor

Perhitungan nilai kalor atas atau *higher heating value* (HHV) briket ampas tebu pada prosentase variasi 90% *filler* ampas tebu dan 10% perekat tapioka (benda uji 1) dengan menggunakan persamaan:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) c_v \quad (kJ/kg)$$

dimana:

T_1 = Suhu air pendingin sebelum dinyalakan (25,83 °C)

T_2 = Suhu air pendingin sesudah dinyalakan (26,13 °C)

T_{kp} = Kenaikan suhu kawat penyala (0,05 °C)

c_v = Panas jenis alat *bomb kalorimeter* (73529,6 kJ/kg °C)

maka:

$$\begin{aligned} HHV &= (26,13 - 25,83 - 0,05) (73529,6) \\ &= 0,25 (73529,6) \\ &= 18382,40 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Keseluruhan hasil kalkulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan kondisi bahan kering, komposisi kimia ampas tebu akan mengalami perubahan dari kondisi basah. Komposisi kimianya terdiri dari unsur C (*carbon*) 47 %, H (*Hydrogen*) 6,5 %, O (*Oxygen*) 44 % dan abu (*Ash*) 2,5 %. Dengan berpedoman pada kondisi ini maka nilai kalor ampas tebu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Dulong dan Petit.

Nilai kalor atas (*Higher Heating Value*):

$$HHV = 33950 C + 144200 \left(H_2 \cdot \frac{O_2}{8} \right) + 9400 S \quad kJ/kg$$

maka:

$$\begin{aligned} HHV &= 33950 (0,47) + 144200 \left(0,065 \cdot \frac{0,44}{8} \right) + 9400 (0) \\ &= 17398,5 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Nilai kalor bawah (*Lower Heating Value*):

$$LHV = HHV - 2400 (H_2O + 9 H_2) \quad \text{kJ/kg}$$

maka:

$$\begin{aligned} LHV &= 17398,5 - 2400 (0 + 9(0,065)) \\ &= 15994,5 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pembuatan biomassa dari limbah tanaman dengan memanfaatkan ampas tebu menjadi briket bahan bakar dapat dilakukan dengan cara manual. Ampas tebu dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan endapan air kemudian dicacah sampai halus, ampas tebu ditimbang, begitu juga dengan perekat tapioka, dengan perbandingan jumlah prosentase campuran 70% ampas tebu 30% tapioka, 80% ampas tebu 20% tapioka dan 90% ampas tebu 10% tapioka, untuk tiga kali percobaan, selanjutnya diaduk ditambahkan air secukupnya. Selanjutnya dicetak dengan menggunakan alat pencetak briket yang sederhana. Briket yang dihasilkan berbentuk silinder yang berdiameter 50 mm dan tinggi 50 mm, dimana pada bagian tengah dilubangi 12 mm. Pencetakan dilakukan dengan tekanan manual. Briket yang telah dicetak dijemur pada sinar matahari untuk menghilangkan kadar air yang mengendap dan dikeringkan selama 4 hari. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik briket ampas tebu yang dibuat dengan berbagai variasi prosentase campuran.
2. Nilai kalor briket ampas tebu dapat diperoleh dengan melakukan eksperimen atau pengujian dengan alat bomb kalorimeter. Proses pembuatan briket dan metoda pembuatan sangat menentukan nilai kalor briket yang diproduksi. Komposisi campuran pengisi (*filler*) dan perekat yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kalor briket tersebut. Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian nilai kalor briket dengan komposisi campuran 90% *filler* ampas tebu dan 10% perekat tapioka memiliki nilai kalor rata-rata maksimum sebesar 19607.89 KJ/kg. Nilai kalor rata-rata minimum yang dihasilkan briket dengan campuran prosentase 70% *filler* dan 30% perekat tapioka yaitu 18872.6 KJ/kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai kalor briket dipengaruhi oleh banyaknya komposisi kandungan antara *filler* dan perekat pada briket ampas tebu. Dengan demikian prosentase komposisi yang optimum pada pembuatan briket ampas

tebu yaitu pada variasi komposisi *filler* ampas tebu 90% dan perekat tapioka 10%.

3. Nilai kalor briket ampas tebu yang diperoleh menunjukkan bahwa keterpakaian briket ini sangat dimungkinkan dijadikan sebagai bahan bakar padat alternatif oleh masyarakat. Sehingga hal ini dapat menjawab permasalahan yang ada di masyarakat tentang bahan bakar pengganti minyak (BBM) dan sekaligus dapat mengurangi serta mengatasi limbah pertanian berupa ampas tebu. Suatu hal yang terpenting adalah briket ampas tebu ini lebih ramah lingkungan bila dibandingkan briket batu bara. Dari proses pembuatan briket yang sangat sederhana namun membutuhkan waktu pengeringan yang cukup lama sehingga kandungan air habis. Dalam hal penggunaan, briket harus menggunakan tungku briket yang khusus atau tungku anglo karena pembakaran briket hanya memanfaatkan panas yang ditahan oleh tungku briket sehingga lidah api pembakaran sedapat mungkin tidak timbul.

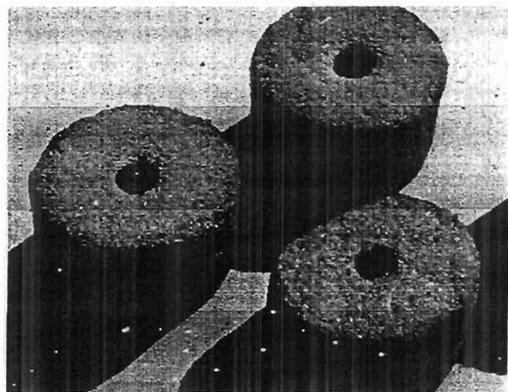
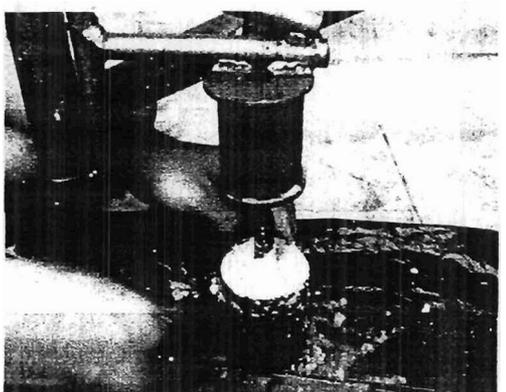
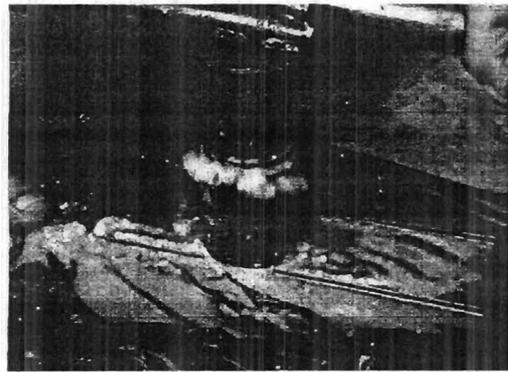
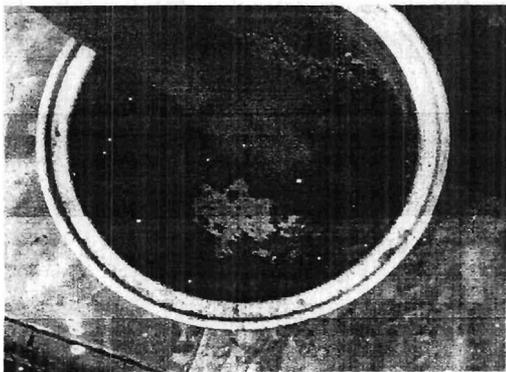
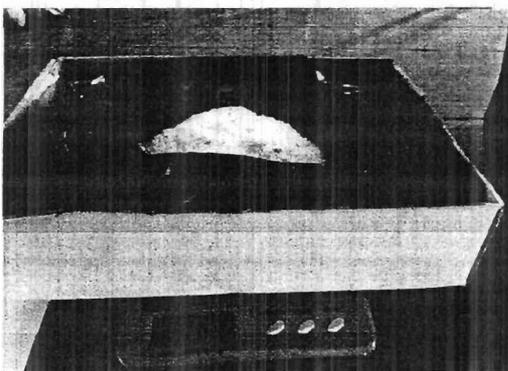
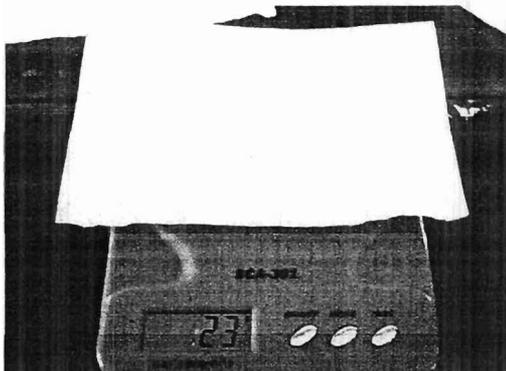
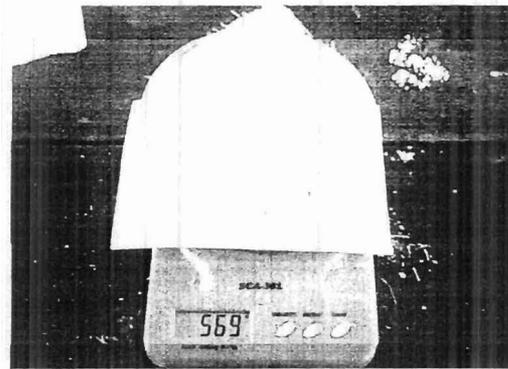
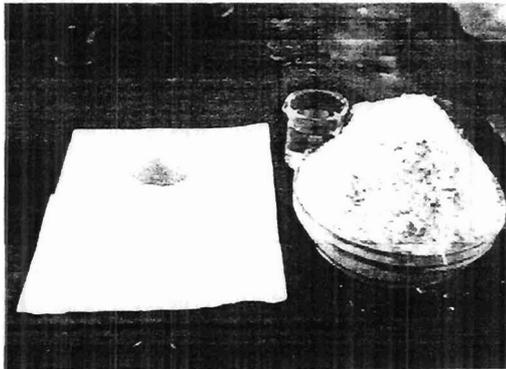
B. Saran

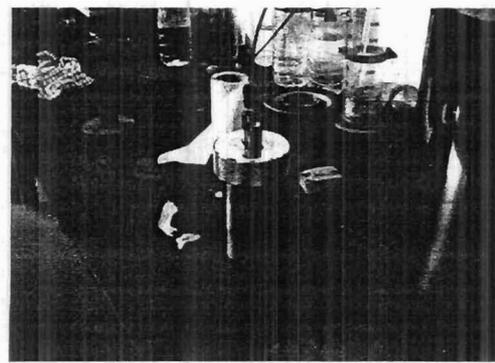
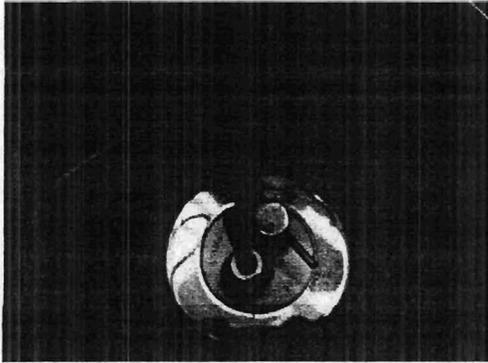
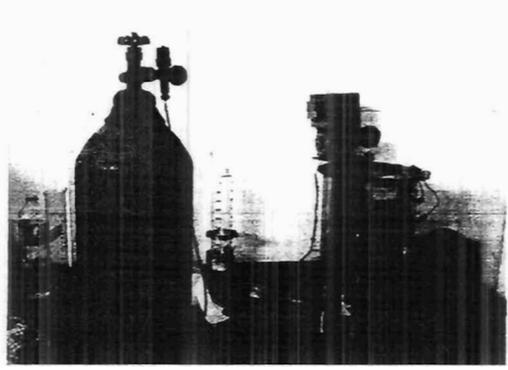
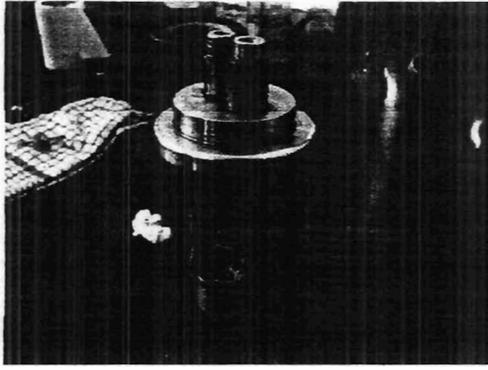
Kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan masih dapat dilanjutkan lagi untuk mendapatkan kajian yang lebih spesifik mengenai karakteristik briket ampas tebu. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mengatasi limbah tanaman dan lingkungan, menjadi rekomendasi bagi pemerintah serta pengembangan penelitian dilingkungan akademik dan masyarakat.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- ASTM D 2015.(2000). *Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter*.
- ASTM D 5865.(2006). *ASTM Method*.
- Borman, G.L., dan Ragland, K.W. (1998). *Combustion Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Bureau of Energy Efficiency. (2004). *Energy Efficiency in Thermal Utilities*. Chapter 1.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM). (2004). *Statistik Energi Indonesia*.
- Eddy dan Budi. (1990). *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, JTM-FTI-ITS, Surabaya.
- Estela, A., (2002). *Rice husk-an Alternative Fuel in Peru*, Boiling Point No.48.
- Grover, P.D. dan Mishra, S.K. (1996). *Biomass Briquetting : Technology and Practices*, Field Document No. 46, FAO-Regional Wood Energy Development Program (RWEDP) In Asia, Bangkok.
- Hambali, E., dkk. (2006). *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*. Penebar Swadaya, Jakarta
http://www.alpensteel.com/article/60-108-energi-bio-fuel/749-biomassa_energi-alternatif-dari-limbah-industri-pangan.html
<http://www.deptan.go.id>
<http://www.energyefficiencyasia.org>
<http://www.ristek.go.id>
- K.D Maison, 2006, “*Briket Batubara Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Tanah*”, Bandung, <http://www.Indeni.org>. Diunduh 28 Maret 2012.M. M. Wakil. (1992). *Instalasi Pembangkit Daya*, Jilid-1, Erlangga, Jakarta.
- M. Syamsiro dan Harwin Saptoadi. (2007). *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat*, Seminar Nasional Teknologi (SNT), Yogyakarta, ISSN : 1978 – 9777.
- Siti J. (2008). *Sifat-Sifat Penyalaan Dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara Dan Arang Kayu*, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, No. 2
- Sulistiyanto A. (2006). *Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa*, Vol 7, No.2, pp 77-84
- Syafi'i, W., (2003). *Hutan Sumber Energi Mass Depan*, <http://www.kompas.co.id>. Harian kompas 15 april 2003
- Schuchart, dkk.(1996). *Pedoman Teknis Pembuatan Briket Bioarang*, Medan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan Sumatera Utara
- Yahya Kurniawan dan H. Santoso. (2009). *Listrik Sebagai Ko-Produk Potensial Pabrik Gula*, Jurnal Litbang Pertanian, 28 (1).
- United Nations Environment Programme. (2006). *Bahan Bakar dan Pembakaran*. www.energyefficiencyasia.org ©UNEP 23

LAMPIRAN 1. Dokumentasi Kegiatan





LAMPIRAN 2: Biodata Ketua dan Anggota Peneliti**BIODATA****Ketua Peneliti:**

1. Nama : Drs. Hasanuddin, M.S
2. NIP/NIK : 195505201980031005
3. Jenis Kelamin : Laki-laki
4. Tempat / Tanggal Lahir : Inuman - Indragiri, 20 Mei 1955
5. Status Perkawinan : Kawin
6. Agama : Islam
7. Golongan / Pangkat : IV.a /Pembina
8. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
9. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
10. Alamat : Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang - 25131
Telp./Faks. : (0751) 51260/ Fax. 55628
11. Alamat Rumah : Jl. Belibis Blok E/7 Air Tawar Padang 25131
Telp./HP : (0751) 7058977/ 085355637810
12. E-mail : hasanuddinoniakino @ yahoo.co.id

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

| Tahun Lulus | Jenjang | Perguruan Tinggi | Jurusan/ Bidang Studi |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| 1977 | Sarjana Muda Pendidikan | FKT IKIP Padang | Teknik Mesin |
| 1979 | Sarjana Pendidikan (Drs) | FKT IKIP Padang | Teknik Mesin |
| 1993 | Magister Sains (S2) | IPB Bogor | Ilmu Perencanaan Pembangunan Wilayah & Pedesaan |

PENGALAMAN PENELITIAN

| Tahun | Judul Penelitian | Jabatan | Sumber Dana |
|--------------|--|----------------|--------------------|
| 1981 | Analisis Item Test masuk FKT IKIP Padang 1981 | Anggota | IKIP Padang |
| 1995 | Studi Kehidupan Sosial Budaya Masyarakat Terasing Mentawai di Desa Sotboyak Siberut Utara | Anggota Tim | Depsos -RI Sumbar |
| 1996 | Analisis Potensi Pembangunan Desa Sukoharjo (Studi Tentang Desa Tertinggal di Kab. Solok) | Ketua | OPF IKIP |
| 1998 | Analisis Lokasi Industri Dalam Pembangunan Wilayah (Studi tentang Spesialisasi dan Lokasional Industri Kecil di Kabupaten 50 Kota) | Ketua | OPF IKIP |

| | | | |
|------|--|---------|------------|
| 1998 | Profil Sosioekonomi Demografi dan Perlindungan Tenaga Kerja Wanita pada Industri Pengolahan Karet Alam | Ketua | DP3M Dikti |
| 1999 | Agihan Pendapatan dan Curahan Tenaga Kerja pada Wilayah Sentra Industri Gula Merah di Kabupaten Agam | Ketua | Rutin IKIP |
| 2000 | Rancang Bangun Dryer Keripik Tahu dengan Pemanasan Kombinasi Tenaga Surya dan Bahan Bakar Sekam | Anggota | Rutin IKIP |
| 2001 | Analisis Distribusi Pendapatan dan Faktor Produksi Rumah Tangga di Pedesaan | Anggota | Rutin IKIP |
| 2010 | Briket Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Alternatif | Ketua | DIPA UNP |

PELATIHAN PROFESIONAL

| Tahun | Pelatihan | Penyelenggara |
|-------|--|--------------------------------|
| 1983 | Penataran Manajemen Workshop dan Laboratorium | FPTK IKIP Padang |
| 1984 | Penataran Ketrampilan Teknik Phase II | FPTK IKIP Padang |
| 1984 | Penataran Ketrampilan Mengajar Phase I dan Phase II | FPTK IKIP Padang |
| 1985 | Penataran Teaching Methods III | FPTK IKIP Padang |
| 1985 | Penataran dan Lokakarya Wawasan Almamater III | FPTK IKIP Padang |
| 1988 | AKTA Mengajar V | Ditjen Dikti – IKIP Padang |
| 1992 | Short Course Optimization in Technics | HEDS JICA- Unila Lampung |
| 1993 | Pengenalan Pendidikan Polyteknik | PEDC- Bandung |
| 1994 | Penataran Konversi Energi | HEDS JICA- Univ.Nomensen Medan |
| 1997 | Penataran Metodologi Penelitian Peranan Wanita | Dikti Depdikbud Jakarta |
| 1999 | Penataran Use Factor Peralatan Laboratorium | HEDS JICA- UDA Medan |
| 1999 | Penataran dan Lokakarya Proses Produksi dan Manajemen Mutu untuk Industri Kecil & Menengah | HEDS JICA- Unand Padang |
| 2000 | Pelatihan Pengelolaan Keuangan Perguruan Tinggi | UNP Padang |

PENGALAMAN JABATAN

| Jabatan | Institusi | Tahun s.d. |
|---|-----------------------------------|----------------|
| Kepala Laboratorium Fisika-Mekanika Mesin | Jurusan Mesin FPTK IKIP Padang | 1983 - 1989 |
| Sekretaris Lembaga Penelitian | Universitas Negeri Padang | 1996 - 2002 |

PENGALAMAN MENGAJAR

| Mata Kuliah | Jenjang | Institusi/Jurusan/Program | Tahun s.d. |
|-------------------------------------|--------------|---|--------------------|
| Matematik Teknik | S1 | FKT IKIP/FT UNP, Pendidikan Teknik Mesin | 1980 - sekarang |
| Matematik Teknik | D3 | F T UNP, Teknik Mesin | 1997 - sekarang |
| Mekanika Teknik | S1 | FPTK IKIP, Pend.Teknik Mesin | 1982 - 1990 |
| Mekanika Fluida | S1 dan D3 | FPTK IKIP/ FT UNP, Pend.Teknik Mesin/Teknik Mesin | 1997 - sekarang |
| Teknologi Tenaga Fluida | S1 | FPTK/FT UNP | 1996 - 2002 |
| Manajemen Industri | S1 dan D3 | FPTK IKIP/FT UNP, Pend.Teknik Mesin/Teknik Mesin | 1997- sekarang |
| Mesin Konversi Energi | S1 | Pend. Teknik Mesin/BJJ Medan | 2005 - 2008 |
| Riset Operasi | S1 | Manajemen FE UNP | 2007 - 2008 |
| Mesin Teknologi Terapan | S1/D3 | FT UNP/Teknik Mesin/Pend. Teknik Mesin | 2002- sekarang |
| Evaluasi Proyek | D3 | FPTK IKIP, Teknik Mesin | 2000 - 2005 |
| Matematika Ekonomi (Matrikulasi) | S2 | Magister Ilmu Ekonomi FE UNP | 2007- sekarang |
| Matematika Ekonomi (Matrikulasi) | S2 | Magister Manajemen FE UNP | 2001- sekarang |
| Manajemen Operasi/Produksi | S2 | Magister Manajemen FE UNP | 2001- sekarang |

KARYA TULIS ILMIAH**A. Buku/Bab/Jurnal**

| Tahun | Judul | Penerbit/Jurnal |
|-------|--|------------------|
| 1988 | Kinematika Mesin, Jilid 1 (Buku Diktat Kuliah) | MRC FPTK IKIP |
| 1998 | Pompa dan Aktuator Hidrolik (Buku Diktat Kuliah) | MRC FPTK IKIP |
| 1998 | Analisis Fungsi Keuntungan dan Kondisi Skala | Sainstek, Vol I- |

| | | |
|------|---|-----------------------------|
| | Usaha Industri Kecil Bordir di Kabupaten Agam | 1 |
| 2002 | Kajian Jender Terhgap Wanita dan Industrialisasi: Studi pada Industri Pengolahan Karet Alam Kota Padang | Humanus, Vol IV-2 |
| 2003 | Impedensi Aliran Fluida Dalam Rangkaian Pemipaan Sistem Hidrolik | Sainstek, Vol V- 2 |
| 2008 | Mesin Konversi Energi (Modul BJJ P4TK Medan) | |
| 2010 | Karakteristik Nilai Kalor Briket Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Alternatif | Teknomekanik, Vol. 2, No. 2 |
| 2011 | Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Padat (Briket) Alternatif | Teknomekanik Vol. 3, No. 1 |

B. Makalah/Poster

| Tahun | Judul | Penyelenggara |
|-------|--|---------------------------|
| 2002 | Perencanaan dan Evaluasi Rencana Penelitian | Badan Diklat Pemda Sumbar |
| 2002 | Konsep dan Strategi Peningkatan Kualitas SDM Kuantan Singingi Melalui Pendidikan Berbasis Masyarakat Lokal | IPPR- Sumatera Barat |
| 2003 | Etika Pengutipan dan Pengacuan serta Kepustakaan dalam Karya Tulis Ilmiah | Dinas Pendidikan Sumbar |

C. Penyunting/Editor/Reviewer/Resensi

| Tahun | Judul | Penerbit/Jurnal |
|-------|---|--|
| 2003 | Analisis Peningkatan Perpindahan Kalor dan Aliran Fluida Di Dalam Pipa Sepusat Horisontal Dengan Memasang Tubular Berbentuk Triangular Ring pada Permukaan (Hasan Maksum, FT UNP Padang)) | Sainsteks, Vol V-2 (Anggota Redaksi/Penyunting) |
| 2004 | Kajian Eksperimental Pengaruh Perubahan Suhu pada Siklus Primer Terhadap Performansi Mesin Refrigerasi Hibrid dengan Refrigeran Hidrokarbon HCR 12 (Asrizal, Universitas Riau) | Sainstek, Vol VII-1 (Anggota Redaksi/Penyunting) |

PESERTA KONFERENSI/SEMINAR/LOKAKARYA/SIMPOSIUM

| Tahun | Judul Kegiatan | Penyelenggara |
|-------|--|-----------------|
| 1982 | Lokakarya Pengembangan Kurikulum dan Sylabus FKT IKIP Padang | FKT IKIP Padang |
| 1982 | Lokakarya Teknik Evaluasi Matakuliah Teori dan Praktek FKT IKIP Padang | FKT IKIP Padang |
| 1983 | Seminar nasional Tentang Laboratorium & Studio LPTK | P3DK Dikti |

| | | |
|------|--|------------------------------|
| 1985 | Rapat Nasional Pemantapan Kreteria Pedoman Laboratorium/Studio LPTK | P3DK Dikti |
| 2000 | Workshop Nasional Perumusan Kebijakan Penelitian Strategis serta Peningkatan Sistem Manajemen Penelitian | ITB,LAPI, URGE Dikti |
| 2007 | Workshop Etika Bisnis dalam Pemanfaatan Hasil-hasil Riset Iptek oleh Dunia Bisnis dan Industri | UBH dan Kementrian Ristek RI |
| 2007 | Pereviuw seminar Hasil Penelitian Hibah Pengajaran/Teaching Grant TPSDP Dosen Politeknik | Politeknik Negeri Padang |

KEGIATAN PROFESIONAL/PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

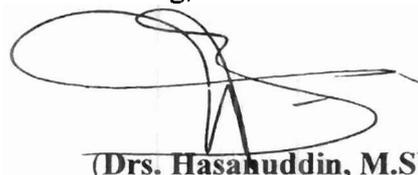
| Tahun | Kegiatan |
|-------|---|
| 1986 | Tim Perencana dan Pelaksana Proyek Pembangkit Listrik Tenaga MikroHydro di desa Air Bar-bar Kecamatan Luhak- Kabupaten 50 Kota |
| 2002 | Pelatihan Ketrampilan Teknik Pengelasan dalam Rangka Pembinaan dan Pengembangan Sikap Berwiraswasta Pemuda Putus Sekolah di Kelurahan Lb.Buaya-Kec.Koto Tengah Padang |
| 2003 | Pelatihan dan Pembimbingan Penulisan Karya Tulis Ilmiah untuk guru-guru Se Sumatera Barat |
| 2011 | IbM Kelompok Tani Tebu di Nagari Lawang |
| 2011 | Pelatihan Perawatan dan Perbaikan Alat Penggiling Tebu di Kabupaten Agam |

ORGANISASI PROFESI/ILMIAH

| Tahun | Organisasi | Jabatan |
|-------|--|---------|
| 1980 | Keanggotaan ISPI | Anggota |
| 2004 | Aptekindo | Anggota |
| 2004 | Ikatan Alumni FT UNP | Anggota |
| 2008 | Ikatan Sarjana Pendidikan Teknologi & Kejuruan Indonesia | Anggota |

Saya menyatakan bahwa semua keterangan dalam Biodata ini adalah benar dan apabila terdapat kesalahan, saya bersedia mempertanggung jawabkannya.

Padang, 14 Desember 2012



(Drs. Hasahuddin, M.S)

Anggota Peneliti 1:

1. Nama Lengkap dan Gelar : Hendri Nurdin, MT
2. NIP : 19730228 200801 1 007
3. Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 28 Februari 1973
4. Pangkat / Gol. : Penata Muda Tk. I / III.a
5. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
6. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Mesin UNP
7. Alamat Kantor : Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar
Padang 25131
Telepon 0751 – 7053508
8. Alamat Rumah : Komplek Safa Marwa Blok I/2, Lubuk
Minturun - Sungai Lareh, Padang – Sumbar
HP. 081374308765
Email: hens2tm@yahoo.com
9. Pendidikan Terakhir : Magister Teknik Mesin (S2)
Tempat Pendidikan : USU – Medan
Tahun Lulus : 2006

10. Pengalaman Penelitian:

| No. | Judul | Tahun |
|-----|--|-------|
| 1 | Analisis Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Pada Material Komposit Serat Terhadap Beban Tarik | 2011 |
| 2 | Kekuatan Sambungan Las Pipa Baja Karbon Pada Posisi Pengelasan 5G Dan 6G menggunakan Elektroda E-7018 | 2011 |
| 3 | Analisa Kegagalan Poros Baja Karbon ST. 60 Akibat Beban Tarik | 2010 |
| 4 | Briket Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Alternatif | 2010 |
| 5 | Pengaruh Perbandingan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Pada Material Komposit Berpenguat Serat Glass. | 2009 |
| 6 | Pengaruh Penggunaan Jenis Serat pada Material Komposit Polimer Terhadap Kekuatan Tarik | 2008 |
| 7 | Analisa Kegagalan Poros Kenderaan Material Baja Karbon Rendah menggunakan SHPB | 2007 |
| 8 | Rancang Bangun Alat Pengerol Pipa pada Industri Kecil | 2007 |
| 9 | Pembuatan Tungku Peleburan Aluminium pada Industri Kecil Menengah | 2006 |

10. Publikasi

| No. | Publikasi |
|-----|--|
| 1 | Hendri N & Purwantono , Kontribusi Kinerja Juru Las Terhadap Produktifitas Kerja Di Bengkel Las Kota Padang, Jurnal Pakar Pendidikan Vol. 10, No.2, Juli 2012 |

| | |
|---|---|
| 2 | Hendri N , Analisis Sambungan Las Pipa Baja Karbon Menggunakan Elektroda E-7018 Dengan Posisi Pengelasan 5G, Jurnal Teknomekanik ISSN 1979-6102, Vol. 3, No. 2, Juli 2011 |
| 3 | Hendri N , Pengukuran Tegangan dan Respon Bumper Mobil Komposit Polimer Terhadap Beban Impak, Jurnal Teknomekanik ISSN 1979-6102, Vol. 3, No.1, Januari 2011 |
| 4 | Hendri N , Pengaruh Jenis Serat Pada Komposit Polimer Terhadap Kekuatan Tarik, Jurnal SAINTIKA, Vol. 1, No. 1 Maret 2010 |
| 5 | Hendri N , Analisa Kegagalan Poros Roda Kenderaan Material Baja Karbon Akibat Beban Fatik, Jurnal Teknomekanik, Vol. 2, No.1, Januari 2010 |
| 6 | Hendri Nurdin , Pengukuran Respon Langsung Headform Komposit Terhadap Beban Impak Kecepatan Tinggi, Kumpulan Makalah ISSN No.1693-6809, Mei 2009 |
| 7 | Hendri N , Simulasi Respon Headform Komposit Polimer Akibat Beban Impak Kecepatan Tinggi, Teknomekanik ISSN 1979-6102 - Jurnal Teknik Mesin UNP, Vol. 1, No. 1, Januari 2009 |

11. Seminar / Konferensi yang diikuti (3 tahun terakhir)

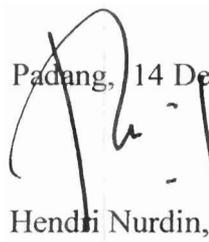
| No | Seminar / Konferensi | Tempat | Sebagai | Tahun |
|----|--|---------------------------|------------|-------|
| 1 | Workshop Penulisan Buku Teks | PBH - UNP Padang | Peserta | 2012 |
| 2 | Pelatihan Audit Internal SMM ISO 9001:2008 | PPs. UNP | Peserta | 2012 |
| 3 | Workshop Pelatihan Materi Praktikum Fisika | FT - UNP | Peserta | 2011 |
| 4 | Seminar "Persiapan Memasuki Dunia Industri dan Wirausaha" | FT - UNP | Peserta | 2011 |
| 5 | Pelatihan Penasehat Akademis Bagi Dosen Muda UNP-Padang | UNP Padang | Peserta | 2010 |
| 6 | Studium General pada PIMNAS XXIII | UNMAS Bali | Peserta | 2010 |
| 7 | Seminar Nasional "Pengembangan Kurikulum Program Diploma Berbasis Kompetensi Dunia Usaha dan Industri" | FT. UNP | Peserta | 2010 |
| 8 | National Seminar "Technical Requirement of Safer Houses Construction From Earthquake" | FT. UNP | Peserta | 2010 |
| 9 | Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah Terpusat (DIKTI) | Garuda Plaza Hotel, Medan | Peserta | 2009 |
| 10 | Pelatihan Desain Produk Menggunakan AutoCAD dan MSC/Nastran | IC Star USU | Instruktur | 2007 |

12. Mata Kuliah Yang Diampu

- a. Elemen Mesin
- b. Teknologi Bahan
- c. Pengujian Bahan
- d. Mesin Teknologi Terapan

Demikian hal ini saya perbuat dengan sebenar-benarnya

Padang, 14 Desember 2012



Hendri Nurdin, MT

Anggota Peneliti 2:**A. Identitas Diri:**

- 1 Nama Lengkap (dengan gelar) : **Drs. Darmawi, M.Pd** (L)
- 2 Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- 3 Jabatan Struktural : Dosen
- 4 NIP : 19540305 198103 1 008
- 5 NIDN : 0005035405
- 6 Tempat dan Tanggal Lahir : Padang, 05 Maret 1954
- 7 Alamat Rumah : Jl. Limau Kunci No. 43 Lapai 1 Padang
- 8 Nomor Telepon/Faks/ HP : 0751-7056493
- 9 Alamat Kantor : Jl. Prof.Dr.Hamka Kampus UNP Air Tawar – Padang 25131
- 10 Nomor Telepon/Faks : 0751-7053508
- 11 Alamat e-mail : mpakmawi@yahoo.com
- 12 Lulusan yang Telah Dihilangkan : S-1= 25 orang;
S-2= -
S-3= -
- 13 Mata Kuliah yg Diampu : 1.Statika Struktur
2. Mekanika Kekuatan Bahan
3. Matematika Teknik
4. Metode Mengajar Khusus

B. Riwayat Pendidikan

| | S-1 | S-2 | S-3 |
|------------------------------|--------------------|---|------------|
| Nama Perguruan Tinggi | IKIP Padang | IKIP Jakarta | - |
| Bidang Ilmu | Teknik Mesin | Pendidikan Teknologi dan Kejuruan | - |
| Tahun Masuk-Lulus | 1974 - 1979 | 1993 -1995 | - |

| | | | |
|--------------------------------|---|---|---|
| Judul Skripsi/Thesis/Disertasi | - | - | - |
| Nama Pembimbing/Promotor | - | - | - |

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Tahun | Judul Penelitian | Pendanaan | |
|-----|-------|--|----------------|---------------|
| | | | Sumber* | Jml (Juta Rp) |
| 1 | 2005 | Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Kelapa Jenis Engkol Batang Penggerak Tunggal | Dana Rutin UNP | 5 |

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Tahun | Judul Pengabdian Kepada Masyarakat | Pendanaan | |
|-----|-------|--|----------------|---------------|
| | | | Sumber* | Jml (Juta Rp) |
| 1 | 2000 | Pelatihan Keterampilan Dasar Kerja BANGku dan Kerja Mesin Bagi Anak-anak Panti Asuhan Kecamatan Pauh | Dana Rutin UNP | 3,5 |

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Judul Artikel Ilmiah | Volume/ Nomor/Tahun | Nama Jurnal |
|-----|----------------------|------------------------|-------------|
| | | | |

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar | Judul Artikel Ilmiah | Waktu dan Tempat |
|-----|---------------------------------|----------------------|------------------|
| | | | |

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Judul Buku | Tahun | Jumlah Halaman | Penerbit |
|-----|-------------------------------|-------|----------------|----------|
| 1 | Prinsip Dasar Konversi Energi | 2008 | - | - |
| 2 | Statika Struktur | 2008 | - | - |
| 3 | Mekanika Kekutan Bahan | 2008 | - | - |
| 4 | Termodinamika | 2008 | - | - |

H. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 – 10 Tahun Terakhir

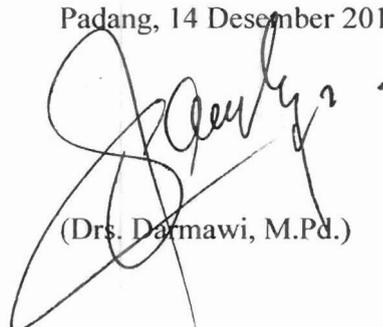
| No. | Judul/Tema HKI | Tahun | Jenis | Nomor P/ID |
|-----|----------------|-------|-------|------------|
| 1 | | | | |

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

| No. | Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan | Tahun | Tempat Penerapan | Respons Masyarakat |
|-----|--|-------|------------------|--------------------|
| 1 | | | | |

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian.

Padang, 14 Desember 2012



(Drs. Darmawi, M.Pd.)