

**DISERTASI**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI HIBRID  
*DEHUMIDIFIER* DAN *FLASH DRYER* UNTUK  
PENINGKATAN KUALITAS BATUBARA  
PERINGKAT RENDAH SUMATERA SELATAN**



**IRWIN BIZZY**

**03043621520011**

**PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK  
PROGRAM DOKTOR  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

## RINGKASAN

### **PENGEMBANGAN TEKNOLOGI HIBRID *DEHUMIDIFIER* DAN *FLASH DRYER* UNTUK PENINGKATAN KUALITAS BATUBARA PERINGKAT RENDAH SUMATERA SELATAN**

Karya Tulis Ilmiah berupa Disertasi, 02 Agustus 2019

Irwin Bizzy, Riman Sipahutar, Eddy Ibrahim, dan Muhammad Faizal

*Development of Hybrid Dehumidifier and Flash Dryer Technology for Improving the Quality of Low Rank Coal South Sumatra*

xxvii + 125 halaman, 7 tabel, 62 gambar

Batubara peringkat rendah memiliki kalori rendah hingga sedang. Batubara jenis ini diminati oleh konsumen yang bergerak di bidang penghasil energi dikarenakan harga per ton batubara relatif murah. Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan nilai kalori batubara ini. Penerapan teknologi pengeringan batubara diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi batubara peringkat rendah. Batubara hasil proses pengeringan mempunyai harga persatuan kalori yang tinggi dibandingkan batubara basah. Indonesia sebagai salah satu penghasil batubara dunia memiliki ketersediaan batubara jenis ini sangat besar terutama di Pulau Kalimantan dan Sumatera, khususnya Provinsi Sumatera Selatan. Secara umum, batubara ini mempunyai karakteristik *inherent moisture* tinggi, *total moisture* tinggi, *calorific value* rendah, *hardgrove index* tinggi, dan *volatile matter* tinggi. Kandungan *Fixed Carbon* atau FC dan *volatile matter* atau VM adalah faktor penentu utama dalam pengujian pemilihan jenis batubara yang akan digunakan dan pengujian fisik yang lain. Provinsi Sumatera Selatan memiliki cadangan batubara peringkat rendah yang sangat besar dan sebagian besar mempunyai nilai kalori rendah. Nilai kalori yang rendah memiliki dampak pada proses pembakaran batubara tersebut dan mengurangi efisiensi peralatan pembangkit maupun penggunaan untuk keperluan proses yang lainnya. Salah satu unsur yang banyak dalam batubara peringkat rendah adalah air. Air dalam batubara dibagi dalam dua kriteria, yaitu air permukaan atau *surface moisture* dan air inheren atau *inherent moisture*. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI13-6011-1999 (1999) bahwa klasifikasi batubara Indonesia dibagi menjadi dua yaitu *Brown coal* dan *Hard coal*. *Brown coal* atau batubara energi rendah adalah jenis batubara dengan peringkat paling rendah, bersifat lunak, mengandung air yang tinggi (10-70%), masih tampak struktur kayu. Nilai kalorinya lebih kecil dari 7000 cal/g (*dry ash free-ASTM*). *Hard coal* didefinisikan sebagai semua jenis batubara yang memiliki peringkat lebih tinggi dari *Brown coal*, bersifat lebih keras, kompak, mengandung kadar air yang relatif rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan relatif tahan terhadap kerusakan fisik pada saat penanganan atau *coal handling*. Nilai kalorinya lebih besar dari 7000 cal/g (*dry ash free-ASTM*).

Penelitian tahap pertama telah dilakukan pada batubara peringkat rendah Sumatera Selatan, yang berasal dari Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Musi Banyuasin, dan Kabupaten Lahat. Hasil penelitian tahap pertama adalah analisa proksimat yang terdiri dari *total moisture* (TM) = 24,75% arb, *inherent moisture* (IM) = 7,81% adb, *fixed carbon* (FC) = 43,72% adb, *volatile matter* (VM) = 44,71% adb, *ash content* (ASH) = 3,76 % adb, *calorific value* (CV) = 6299 kcal/kg adb untuk batubara peringkat rendah dari Kabupaten Muara Enim. *Total moisture* (TM) = 28,04% arb, *inherent moisture* (IM) = 8,82% adb, *fixed carbon* (FC) = 44,87% adb, *volatile matter* (VM) = 43,42% adb, *ash content* (ASH) = 3,49% adb, *calorific value* (CV) = 6190 kcal/kg adb untuk batubara peringkat rendah dari Kabupaten Musi Banyuasin. *Total moisture* (TM) = 21,17% arb, *inherent moisture* (IM) = 8,27% adb, *fixed carbon* (FC) = 39,39% adb, *volatile matter* (VM) = 36,25% adb, *ash content* (ASH) = 16,09% adb, *calorific value* (CV) = 5162 kcal/kg adb untuk batubara peringkat rendah dari Kabupaten Lahat. Selanjutnya, batubara peringkat rendah ini dibuat bentuk menjadi partikel, yaitu -100 mesh, -60+100 mesh, dan -20+60 mesh.

Penelitian tahap kedua telah dilakukan proses pengeringan di oven dan sinar matahari langsung. Hasil penelitian menunjukkan nilai kalor untuk batubara dari Kabupaten Muara Enim meningkat dari 6299 menjadi 6393 kcal/kg (meningkat 1,49%), untuk batubara dari Kabupaten Musi Banyuasin meningkat dari 6190 menjadi 6792 kcal/kg (meningkat 9,73%), dan untuk batubara dari Kabupaten Lahat meningkat dari 5162 menjadi 5737 kcal/kg (meningkat 11,14%). Persentase peningkatan tertinggi diperoleh dari batubara Lahat sebanyak 11,14% pada temperatur pengeringan 100°C dan ukuran partikel batubara -20+60 mesh. Hasil penelitian juga menunjukkan penurunan kadar air sebagai fungsi temperatur dan ukuran partikel batubara yang dikeringkan. Persentase peningkatan tertinggi diperoleh dari batubara Lahat sebanyak 97,3% dengan menggunakan oven pada temperatur 100°C dan ukuran partikel batubara -20+60 mesh. Proses pengeringan dengan sinar matahari dan oven skala laboratorium pada berbagai temperatur tidak mengalami pembakaran spontan.

Penelitian tahap ketiga adalah melakukan pengembangan teknologi hibrid *dehumidifier* dan *flash dryer*. *Dehumidifier* dibuat menggunakan *Air Conditioning* (AC) dengan spesifikasi *power* = 2 HP, *cooling capacity* = 5200 W, *heating capacity* 5300 W, *indoor* = 970 x 315 x 235 mm, dan *outdoor* = 800 x 590 x 300 mm. Modifikasi dilakukan pada bagian evaporator dengan menambahkan sekat atau *baffle* agar aliran udara lebih maksimal menyentuh permukaan pipa-pipa dan modifikasi bagian katup ekspansi dengan menggunakan *needle valve*. Hasil penelitian menunjukkan pertambahan daya terjadi pada kecepatan udara 9 m/s dan 10 m/s tetapi berkurang pada 11 m/s dan 12 m/s. Pengaruh cuaca akan menyebabkan adanya perubahan pada temperatur dan kelembaban relatif saat masuk peralatan evaporator. Perbedaan kelembaban relatif terjadi ketika masuk dan meninggalkan evaporator terjadi pada kecepatan udara *blower* 10 m/s dan pembukaan katup 1/4. Selanjutnya, mendesain *flash dryer*. Kapasitas *flash dryer* yang didesain skala laboratorium dengan panjang pipa kolom pengering sebesar empat meter, diameter pipa 0,05 m, dan tebal pipa 1,8 mm. Peralatan bantu yang lain adalah satu unit *blower* dengan spesifikasi *power* = 900 W, putaran = 2800 rpm, dan tekanan = 1835 – 1576 Pa, satu unit tangki kecil dengan sebuah *screw conveyor* yang digunakan untuk mendorong batubara peringkat rendah yang telah dalam bentuk partikel tertentu. *Screw*

*conveyor* ini digerakkan oleh sebuah motor listrik atau dapat digunakan baterai. Sebuah *heater* atau pemanas dipasang setelah *evaporator* sebelum masuk blower dengan pengontrolan temperatur. Selain itu, pada bagian ujung kolom pengering dipasang sebuah siklon mini dengan spesifikasi kapasitas fluida =  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , kecepatan fluida =  $12 \text{ m/s}$ , dan diameter utama =  $0,90 \text{ m}$ . Fungsi siklon adalah untuk memisahkan antara batubara peringkat rendah yang kering dan unsur-unsur yang mudah menguap dan terbang ke udara atmosfer.

Tahap keempat adalah mengambil dan menganalisis data-data hasil pengujian pada temperatur  $50^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ , dan  $70^\circ\text{C}$ . Hasil penelitian dengan teknologi hibrid *humidifier* dan *flash dryer* dapat mengurangi kandungan air dan menambah nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan.

Kata Kunci: Batubara peringkat rendah, *dehumidifier* dan *flash dryer*, Sumatera Selatan, temperatur.

Kepustakaan: 38 (1981-2016)

## SUMMARY

### **DEVELOPMENT OF HYBRID DEHUMIDIFIER AND FLASH DRYER TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE QUALITY OF LOW RANK COAL SOUTH SUMATRA**

Scientific Paper in the form of Dissertation, 02 August 2019

Irwin Bizzy, Rimam Sipahutar, Eddy Ibrahim, and Muhammad Faizal

Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan

xxvii + 125 pages, 7 tables, 62 figures

Low rank coal has low to moderate calories. This type of coal is in demand by consumers engaged in energy production because the price per ton of coal is relatively cheap. Various ways have been done to increase the calorific value of this coal. The application of coal drying technology is expected to increase the economic value of low rank coal. Coal from the drying process has a high calorie unity price compared to wet coal. Indonesia as one of the world's coal producers has a very large availability of this type of coal, primarily in the islands of Kalimantan and Sumatra, especially the Province of South Sumatra. In general, this coal has characteristics of high inherent moisture, total moisture, hardgrove index, and high volatile matter, but low calorific value. Fixed carbon (FC) and Volatile Matter (VM) contents are the main determining factors in testing the selected of coal types to be used and other physical tests. The Province of South Sumatra has large low rank coal reserves and a large portion of these reserves has low calorific value. Low calorific value has an impact on the coal combustion process and reduces the efficiency of generating equipment and utilization efficiency for other processes. One of the dominant elements in low rank coal is water. Water in coal is divided into two criteria, namely surface water or surface moisture and inherent water or inherent moisture. Based on the Indonesian National Standard SNI13-6011-1999 (1999) that the classification of Indonesian coal is divided into two, namely Brown coal and Hard coal. Brown coal is the type of coal with the lowest rank, is soft, contains high water (10-70%), and still looks wood structure. Its calorific value is less than 7000 cal/g (dry ash free-ASTM). Hard coal is defined as all types of coal having a higher rating than Brown coal, are harder, compact, contain relatively low water content, generally the wood structure does not appear anymore, and is relatively resistant to physical damage when handling. Its calorific value is bigger than 7,000 cal/g (dry ash free-ASTM).

The first phase of the research has been carried out on, originating from Muara Enim Regency, Musi Banyuasin Regency, and Lahat Regency. The results of the first phase are proximate analysis consisting of total moisture (TM) of 24.75% arb, inherent moisture (IM) of 7.81% adb, fixed carbon (FC) of

43.72% adb, volatile matter (VM) of 44.71% adb, ash content (ASH) of 3.76% adb, calorific value (CV) of 6299 kcal/kg adb for low rank coal from Muara Enim Regency. Total moisture (TM) of 28.04% arb, inherent moisture (IM) of 8.82% adb, fixed carbon (FC) of 44.87% adb, volatile matter (VM) of 43.42% adb, ash content (ASH) of 3.49% adb, calorific value (CV) of 6190 kcal/kg adb for low rank coal from Musi Banyuasin Regency. Total moisture (TM) of 21.17% arb, inherent moisture (IM) of 8.27% adb, fixed carbon (FC) of 39.39% adb, volatile matter (VM) of 36.25% adb, ash content (ASH) of 16.09% adb, calorific value (CV) of 5162 kcal/kg adb for low rank coal from Lahat Regency. Furthermore, this low rank coal is made into particles, namely -100 mesh, -60 + 100 mesh, and -20 + 60 mesh.

The second stage of the research has been carried out in the form of a drying process in an oven and on direct sunlight oven drying process and direct sunlight. The results showed that the heating value for coal from Muara Enim Regency increased from 6299 to 6393 kcal/kg (increased by 1.49%), for coal from Musi Banyuasin Regency increased from 6190 to 6792 kcal/kg (an increase of 9.73%), and for coal from Lahat Regency increased from 5162 to 5737 kcal/kg (an increase of 11.14%). The highest percentage increase was obtained from Lahat coal as much as 11.14% at drying temperatures of 100°C and coal particle sizes of -20 + 60 mesh. The results of the study also showed a decrease in water content as a function of temperature and the size of dried coal particles. The highest percentage increase was obtained from Lahat coal as much as 97.3% using an oven at a temperature of 100°C and coal particle size of -20 + 60 mesh. The drying process with sunlight and laboratory scale ovens at various temperatures does not experience spontaneous combustion.

The third stage of the research is to develop hybrid dehumidifier and flash dryer technology. Dehumidifier is made using Air Conditioning (AC) with power specifications of 2 HP, cooling capacity of 5200 W, heating capacity 5300 W, indoor of 970 x 315 x 235 mm, and outdoor of 800 x 590 x 300 mm. Modifications are carried out on the evaporator by adding a bulkhead or baffle so that the maximum air flow touches the surface of the pipes and modifies the expansion valve section by using a needle valve. The results showed that power increases occurred at air speeds of 9 m/s and 10 m/s but decreased at 11 m/s and 12 m/s. The effect of the weather will cause a change in temperature and relative humidity when entering the evaporator equipment. Differences in relative humidity occur when entering and leaving the evaporator occurs at an air speed of 10 m/s blower and 1/4 valve opening. Next, design a flash dryer. The flash dryer capacity is scale-scale laboratory with a dryer column length of four meters, pipe diameter of 0.05 m, and pipe thickness of 1.8 mm. Other auxiliary equipment is one blower unit with power specifications of 900 W, rotation of 2800 rpm, and pressure of 1835 - 1576 Pa, one small tank unit with a screw conveyor used to drive low rank coal which has been in the form of certain particles. This screw conveyor is driven by an electric motor or can be used by batteries. A heater is installed after the evaporator before entering the blower with temperature control. In addition, at the end of the drying column a mini cyclone is installed with specifications of fluid capacity of 0.3 m<sup>3</sup>/s, fluid velocity of 12 m/s, and main diameter of 0.90 m. The function of the cyclone is

to separate between low rank dry coal and volatile elements and fly into atmospheric air.

The fourth stage is to take and analyze the test data at temperatures of 50°C, 60°C, and 70°C. The results of research with hybrid humidifier and flash dryer technology can reduce water content and increase the calorific value of South Sumatra low rank coal.

**Keywords:** Low rank coal, dehumidifier and flash dryer, South Sumatera, temperature.

Citation: 38 (1981-2016)

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI HIBRID *DEHUMIDIFIER*  
DAN *FLASH DRYER* UNTUK PENINGKATAN KUALITAS  
BATUBARA PERINGKAT RENDAH  
SUMATERA SELATAN**

**DISERTASI DOKTOR**

**Untuk memperoleh gelar Doktor dalam Bidang Ilmu Teknik Mesin yang  
dipertahankan dihadapan sidang Terbuka Senat Akademik  
Universitas Sriwijaya**

**IRWIN BIZZY  
NIM. 03043621520011**

Palembang, 02 Agustus 2019

**Promotor**



**Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 195606041986021001**

**Ko-Promotor-1**



**Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.  
NIP. 196211221991021001**

**Ko-Promotor-2**



**Dr. Ir. Muhammad Faizal, DEA  
NIP. 195805141984031001**

**Koordinator Program Studi,**



**Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.  
NIP. 195903211987031001**



**Dekan Fakultas Teknik,**  
**Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004**



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa laporan Disertasi ini dengan judul "Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan" telah dipertahankan di hadapan tim penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 02 Agustus 2019.

Palembang, 02 Agustus 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa laporan Disertasi:

### Ketua Sidang:

Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004



### Penguji:

1. Dr. Ir. Engkos Achmad Kosasih, M.T.  
NIP. 195906061992031001



2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004



3. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.  
NIP. 195903211987031001



4. Prof. Dr. Ir. M. Taufik Toha, DEA  
NIDK. 8864000016



5. Dr. Ir. Darmawi Bayin, M.T., M.T.  
NIP. 195806151987031002



Koordinator Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.  
NIP. 195903211987031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004

## **PERNYATAAN INTEGRITAS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irwin Bizzy  
NIM : 03043621520011  
Judul : Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier*  
dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas  
Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam disertasi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing kecuai yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam disertasi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 02 Agustus 2019

Irwin Bizzy

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Belinyu Bangka pada tanggal 28 Mei 1960, merupakan anak kedua dari enam bersaudara, Shodiq Fuad (kakak), dan adik-adik, yaitu Trigustiani, Argustianti, Suryani, Nurul Iskandar. Orang tua Abubakar bin Umar (Almarhum) dan Nurainah binti Abdul Kholik (Almarhumah). Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SDN Nomor 1 Belinyu Bangka tahun 1972, Sekolah Menengah Umum Tingkat Pertama di SPMN Belinyu Bangka tahun 1975, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Umum Tingkat Atas di SMA YPN Belinyu Bangka tahun 1979.

Penulis melanjutkan pendidikan S1 pada tahun 1979 sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, lulus tahun 1987. Tahun 1989: penulis diterima sebagai CPNS dan tahun 1990 diangkat sebagai PNS tenaga pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Tahun 1996: mendapat beasiswa dari JICA-Jepang untuk studi S2 di Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung, lulus tahun 1996. Tahun 1996-1997: meneliti di Toyohashi University of Technology di kota Toyohashi Jepang dari bantuan JICA Project. Tahun 1995-2000: Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Tahun 2000-2004: wakil direktur Baliteks Unsri. Tahun 2004-2005: Kepala Bidang Fisik dan Sarana dan tahun 2005-2010: diangkat sebagai Kepala Bappeda SPM Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Tahun 2016-2019: anggota Satuan Pengawasan Internal Universitas Sriwijaya. Tahun 2018-2020 anggota Dewan Riset Daerah Provinsi Sumatera Selatan. Tahun 2019-2024: Ketua Himpunan Peneliti Indonesia (HIMPENINDO) Provinsi Sumatera Selatan. Tahun 2014: mahasiswa Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, lulus tahun 2019.

Tahun 1989 penulis menikah dengan Prof. Dr. Nurhayati, M.Pd., sebagai PNS di FKIP Universitas Sriwijaya dan dikarunia tiga orang anak, Irvan Putra (Alumnus Universiti Utara Malaysia), Radifa Cendana Putri (Alumnus Osaka Sogo College of Design dan Osaka University of Arts-Jepang), dan Irsyadi Surya Putra (Mahasiswa Universitas Bina Darma Palembang).

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis sampaikan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya disertasi yang berjudul “Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan” ini dapat diselesaikan. Penulisan disertasi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Selama menempuh pendidikan Doktor, penulis mendapat bantuan, masukan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Sriwijaya atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan Doktor pada Universitas Sriwijaya.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta jajarannya.
3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
4. Koordinator Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D. selaku Promotor yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis.
6. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. dan Dr. Ir. Muhammad Faizal, DEA selaku Ko-Promotor yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis.
7. Dr. Ir. Engkos Achmad Kosasih, M.T. selaku penguji tamu dari Universitas Indonesia atas kesediaannya menjadi penguji dan arahan yang diberikan.
8. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T., Prof. Dr. Ir. M. Taufik Toha, DEA, Dr. Ir. Darmawi Bayin, M.T., M.T. selaku penguji ujian tertutup dan terbuka atas masukan dan arahan yang diberikan.
9. Seluruh Dosen Pengajar dan staf Program Studi Ilmu Teknik Program Doktor Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
10. Direktur PT Bukit Asam (Persero), Tbk dan staf, Direktur PT Baturona Adimulya dan staf, dan Kepala Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral

Provinsi Sumatera Selatan dan staf yang telah memberikan fasilitas dalam mendukung penelitian dalam disertasi ini.

11. Kepala dan dosen-dosen peneliti di Laboratorium Perpindahan Kalor Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan Saudara Bintang Mohammad, S.T, Muhamad Rafdi, S.T. dan Firdaus, S.T. yang telah memberi izin dan membantu saya ketika membuat peralatan *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk disertasi ini.
12. Seluruh Dosen Pengajar dan mahasiswa Soni Wijaya, S.T., Fadhil Fuad Rachman, S.T., Muhammad Fadillah, S.T., Lufthy M, S.T. , Sutrisno, S.T. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan, dorongan dan semangat demi menyelesaikan disertasi ini.
13. Untuk teman-teman “Pejuang-Pejuang Kandidat Doktor” Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya angkatan 2014, Bochori, Djulil Amri, Ismail Thamrin, Yulinda Sari, Muhammad Yanis, Ade Silvia Handayani, M. Firdaus, Nyayu Latifah Husni, K.M. Aminuddin, Aryulius Jasuan (Almarhum). Terima kasih untuk kebersamaan selama ini.
14. Staf administrasi Saudara Dwi dan Dedi di Prodi S3 Ilmu Teknik Fakultas Universitas Sriwijaya.
15. Terima kasih kepada kedua orang tua, Abubakar bin Umar (Almarhum) dan Nurainah binti Abdul Kholik (Almarhumah) serta saudara-saudara kandung, Shodiq Fuad, Trigustiani, Argustianti, Suryani, Nurul Iskandar yang tidak pernah putus untuk berdoa dan memberi semangat agar terus mencapai cita-cita setinggi-tingginya.

Disertasi ini kupersembahkan untuk istriku tercinta Prof. Dr. Nurhayati, M.Pd., terima kasih atas doa, cinta dan kasih sayangnya yang telah diberikan selama ini. Kupersembahkan juga untuk ketiga putra putriku, Irvan Putra, Radifa Cendana Putri, dan Irsyadi Surya Putra, semoga kesuksesan kalian anak-anakku akan melebihi papa dan mama serta menjadi orang yang bermanfaat bagi agama, bangsa, dan negara. Amiin YRA.

Demikian disampaikan, atas izin Allah SWT, penulis berharap semoga disertasi ini dapat bermanfaat untuk keilmuan dan kemajuan dalam pengembangan batubara peringkat rendah Sumatera Selatan baik sekarang maupun di masa yang akan datang.

Palembang, 02 Agustus 2019

Penulis,

Irwin Bizzy

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>RINGKASAN</b>	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	x
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	xi
<b>PERNYATAAN INTEGRITAS</b>	xii
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	xiii
<b>KATA PENGANTAR</b>	xiv
<b>DAFTAR ISI</b>	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xxv
<b><i>NOMENCLATURE</i></b>	xxvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Kebaruan Penelitian	3
1.7 Kerangka Pikir	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	7
2.1 Batubara Peringkat Rendah	7
2.2 Analisis Proksimat dan Ultimat	13
2.3 Mesh Batubara	14
2.4 <i>Dehumidifier</i>	14
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	25
3.1 Metodologi Penelitian	25
3.2 Studi Pustaka dan Survei ke Lapangan	25
3.3 Tahapan Penelitian I: Analisis Proksimat dan Ultimat Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan	25

3.4 Tahapan Penelitian II: Penegeringan Batubara Peringkat Rendah di Sinar Matahari dan Oven Skala Laboratorium	27
3.5 Tahapan Penelitian III: Rancang Bangun Peralatan Uji	27
3.6 Tahapan Penelitian IV: Pengujian, Pengambilan Data, dan Analisis	36
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>39</b>
4.1 Analisis Batubara Peringkat Rendah	39
4.2 Hasil Penelitian Pengeringan Batubara Peringkat Rendah di Sinar Matahari dan Oven Skala Laboratorium	40
4.3 Hasil Penelitian Rancang Bangun <i>Dehumidifier</i>	49
4.4 Hasil Penelitian Rancang Bangun <i>Flash Dryer</i> dan <i>Dehumidifier</i>	52
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>83</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>87</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram kerangka pikir peningkatan nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan	5
Gambar 2.1	Keseimbangan <i>moisture content</i> batubara jenis <i>lignite</i> sebagai sebuah fungsi temperatur dan kelembaban relatif	12
Gambar 2.2	Skema kerja <i>dehumidifier</i>	15
Gambar 2.3	Diagram psikrometrik	16
Gambar 2.4	Proses-proses yang dialami udara dalam diagram psikrometrik	17
Gambar 2.5	Volume atur <i>dehumidifier</i> dengan aliran melintang	18
Gambar 3.1	Skema tahapan penelitian <i>dehumidifier</i> dan <i>flash dryer</i>	26
Gambar 3.2	Skema AC split yang dimodifikasi	29
Gambar 3.3	Pola aliran dalam kotak evaporator yang dimodifikasi	29
Gambar 3.4	Rancang bangun kolom pengering di <i>flash dryer</i>	31
Gambar 3.5	Rancang bangun siklon	32
Gambar 3.6	<i>Dehumidifier</i> dan <i>flash dryer</i>	34
Gambar 3.7	(a) Pemanas listrik atau <i>heater</i> dan (b) Dimensi pemanas listrik	35
Gambar 4.1	Kadar air pada berbagai waktu dan ukuran partikel batubara untuk batubara Muara Enim (Sinar matahari $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	40
Gambar 4.2	Kadar air pada berbagai waktu dan ukuran partikel batubara untuk batubara Banyuasin (Sinar matahari $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	41
Gambar 4.3	Kadar air pada berbagai waktu dan ukuran partikel batubara untuk batubara Lahat (Sinar matahari $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	41
Gambar 4.4	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Muara Enim ukuran -100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	42
Gambar 4.5	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Muara Enim ukuran -60+100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	43

Gambar 4.6	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Muara Enim ukuran -20+60 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	43
Gambar 4.7	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Musi Banyuasin ukuran -100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	44
Gambar 4.8	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Musi Banyuasin ukuran -60+100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	45
Gambar 4.9	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Musi Banyuasin ukuran -20+60 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	45
Gambar 4.10	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Lahat ukuran -100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	46
Gambar 4.11	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Lahat ukuran -60+100 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	47
Gambar 4.12	Variasi kadar air pada berbagai waktu dan temperatur pengeringan untuk batubara Lahat ukuran -20+60 <i>mesh</i> ( <i>oven</i> pengering)	47
Gambar 4.13	Analisis proksimat sampel batubara Muara Enim, Musi Banyuasin, dan Lahat sebelum dan sesudah ditingkatkan kualitasnya (Pengeringan dalam oven pada suhu 100 °C)	48
Gambar 4.14	Nilai kalori sampel batubara Muara Enim, Musi Banyuasin, dan Lahat sebelum dan sesudah ditingkatkan kualitasnya (Pengeringan dalam oven pada 100 °C)	48
Gambar 4.15	Efek pembukaan katup ekspansi dan kecepatan udara terhadap daya	49
Gambar 4.16	Efek pembukaan katup ekspansi dan kecepatan udara terhadap kelembaban relatif	50

Gambar 4.17	Efek pembukaan katup ekspansi dan kecepatan udara terhadap kadar air	51
Gambar 4.18	Proses udara masuk dan ke luar peralatan evaporator dan <i>heater</i>	54
Gambar 4.19	Analisis sampel batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dari tambang	55
Gambar 4.20	Analisis sampel batubara peringkat rendah Sumatera Selatan untuk -20+60 <i>mesh</i>	56
Gambar 4.21	Analisis sampel batubara peringkat rendah Sumatera Selatan untuk -60+100 <i>mesh</i>	57
Gambar 4.22	Analisis sampel batubara peringkat rendah Sumatera Selatan untuk -100 <i>mesh</i>	58
Gambar 4.23	Analisis proksimat MEC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -20+60 <i>mesh</i>	58
Gambar 4.24	Analisis proksimat BAC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -20+60 <i>mesh</i>	59
Gambar 4.25	Analisis proksimat LHC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -20+60 <i>mesh</i>	60
Gambar 4.26	Analisis proksimat MEC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -60+100 <i>mesh</i>	60
Gambar 4.27	Analisis proksimat BAC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -60+100 <i>mesh</i>	61
Gambar 4.28	Analisis proksimat LHC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -60+100 <i>mesh</i>	62
Gambar 4.29	Analisis proksimat MEC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -100 <i>mesh</i>	62
Gambar 4.30	Analisis proksimat BAC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -100+0 <i>mesh</i>	63
Gambar 4.31	Analisis proksimat LHC pada T = 50 °C, T = 60 °C, dan T = 70 °C untuk -100 <i>mesh</i>	64
Gambar 4.32	Nilai kalori batubara peringkat rendah pada pengujian di <i>humidifier</i> dan <i>flash dryer</i> untuk T = 50 °C	65

Gambar 4.33	Nilai kalori batubara peringkat rendah pada pengujian di <i>humidifier</i> dan <i>flash dryer</i> untuk $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	66
Gambar 4.34	Nilai kalori batubara peringkat rendah pada pengujian di <i>humidifier</i> dan <i>flash dryer</i> untuk $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	67
Gambar 4.35	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -20+60 <i>mesh</i> untuk <i>carbon</i>	68
Gambar 4.36	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -60+100 <i>mesh</i> untuk <i>carbon</i>	68
Gambar 4.37	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -100 <i>mesh</i> untuk <i>carbon</i>	69
Gambar 4.38	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -20+60 <i>mesh</i> untuk <i>hydrogen</i>	70
Gambar 4.39	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -60+100 <i>mesh</i> untuk <i>hydrogen</i>	70
Gambar 4.40	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -100 <i>mesh</i> untuk <i>hydrogen</i>	71
Gambar 4.41	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -20+60 <i>mesh</i> untuk <i>nitrogen</i>	72
Gambar 4.42	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -60+100 <i>mesh</i> untuk <i>nitrogen</i>	72
Gambar 4.43	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -100 <i>mesh</i> untuk <i>nitrogen</i>	73
Gambar 4.44	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -20+60 <i>mesh</i> untuk <i>sulphur</i>	74
Gambar 4.45	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -60+100 <i>mesh</i> untuk <i>sulphur</i>	74
Gambar 4.46	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -100 <i>mesh</i> untuk <i>sulphur</i>	75
Gambar 4.47	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -20+60 <i>mesh</i> untuk <i>oxygen</i>	76
Gambar 4.48	Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan MEC, BAC, dan LHC -60+100 <i>mesh</i> untuk <i>oxygen</i>	76

Gambar 4.49 Analisis ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan  
MEC, BAC, dan LHC -100 *mesh* untuk *oxygen*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Udara	22
Tabel 3.1	Spesifikasi <i>AC Split</i>	28
Tabel 3.2	Spesifikasi Peralatan Pendukung <i>Flash Dryer</i>	33
Tabel 3.3	Struktur Penelitian Batubara Peringkat Rendah (LRC)	37
Tabel 4.1	Hasil Analisis Proksimat Batubara Kabupaten Muara Enim	39
Tabel 4.2	Hasil Analisis Proksimat Batubara Kabupaten Banyuasin	39
Tabel 4.3	Hasil Analisis Proksimat Batubara Kabupaten Banyuasin	39

## *NOMENCLATURE*

AC	: <i>Air Conditioning</i>
Ar	: Argon
Ash	: Abu
ASTM	: American Standard Testing and Material
BAC	: Banyuasin Coal
C	: Carbon
CFB	: Circulated Fluidized Bed
CO <sub>2</sub>	: Karbon Dioksida
CO	: Karbon Monoksida
COP	: <i>Coefficient of Performance</i>
CV	: Calorific Value
DP	: <i>Dew Point</i> atau Titik Embun
FC	: Fixed Carbon
GCV	: Gross Calorific Value
H	: Hydrogen
h	: Entalpi
h <sub>da</sub>	: Entalpi udara kering
h <sub>w</sub>	: Entalpi uap air
IM	: Inherent Moisture
KAN	: Komite Akreditasi Nasional
L <sub>ad</sub>	: Daya adiabatik teoritis
LDCS	: <i>Liquid Desiccant Cooling AC System</i>
L <sub>s</sub>	: Daya yang masuk poros kompresor
LHC	: Lahat Coal
LRC	: Low Rank Coal
m <sub>a</sub>	: Massa udara
m <sub>da</sub>	: Massa udara kering
MEC	: Muara Enim Coal
MRR	: <i>Moisture removed rate</i>
mesh	: Ukuran jumlah lubang sebuah kasa pada 1 inchi persegi kasa yang bisa dilalui oleh material padat
m <sub>v</sub>	: Massa uap air
N	: Nitrogen
NO <sub>x</sub>	: Nitrogen Oksida
O <sub>2</sub>	: Oksigen
P <sub>C</sub>	: Daya kompresor
P <sub>h</sub>	: Daya pemanas
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
P <sub>s</sub>	: Tekanan uap jenuh air pada temperatur tersebut dalam satuan persen
P <sub>v</sub>	: Tekanan parsial uap air dalam campuran
Q <sub>E</sub>	: Jumlah penguapan eneri panas
Q <sub>s</sub>	: Volume gas yang dihasilkan
Q <sub>th</sub>	: Perpindahan torak
RCES	: <i>Ratio of Specific Energy Consumption</i>



RH	:	Relative Humidity
SHF	:	<i>Sensible Heat Factor</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SO <sub>x</sub>	:	Sulfur Oksida
S	:	Sulfur
T	:	Temperatur
T <sub>db</sub>	:	<i>Dry Bulb Temperature</i>
TM	:	Total Moisture
T <sub>wb</sub>	:	<i>Wet Bulb Temperature</i>
v	:	Spesifik udara kering
VM	:	Volatile Matter
ω	:	Kelembaban mutlak
X	:	Konsentrasi Pengeriing
η <sub>v</sub>	:	Efisiensi Volumetrik
η <sub>ad</sub>	:	Efisiensi adiabatik
η <sub>comp</sub>	:	Efisiensi kompresor



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Provinsi Sumatera Selatan memiliki cadangan batubara peringkat rendah yang sangat besar dan sebagian besar mempunyai nilai kalori rendah. Nilai kalori yang rendah memiliki dampak pada proses pembakaran batubara tersebut dan mengurangi efisiensi peralatan pembangkit maupun penggunaan untuk keperluan proses yang lainnya. Salah satu unsur yang banyak dalam batubara peringkat rendah adalah air. Air dalam batubara dibagi dalam dua kriteria, yaitu air permukaan atau *surface moisture* dan air inheren atau *inherent moisture*.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI13-6011-1999 (1999) bahwa klasifikasi batubara Indonesia dibagi menjadi dua yaitu *Brown coal* dan *Hard coal*. *Brown coal* atau batubara peringkat rendah adalah jenis batubara dengan peringkat paling rendah, bersifat lunak, mudah diremas, mengandung air yang tinggi (10-70%), dan terdiri atas *soft brown coal* dan *lignitic* atau *hard brown coal* yang memperlihatkan struktur kayu. Nilai kalorinya < 7.000 kalori/gram (*dry ash free-ASTM*). *Hard coal* diartikan sebagai semua jenis batubara yang memiliki peringkat lebih tinggi dari *brown coal*, bersifat lebih keras, tidak mudah diremas, kompak, mengandung kadar air yang relatif rendah, umumnya struktur kayu tidak tampak lagi, dan relatif tahan terhadap kerusakan fisik pada saat penanganan atau *coal handling*. Nilai kalorinya > 7.000 kalori/gram (*dry ash free-ASTM*).

Untuk itu, diperlukan *upgrading* atau peningkatan kualitas batubara peringkat rendah Sumatera Selatan sebelum digunakan dalam proses pembakaran agar efisiensi termalnya dapat ditingkatkan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan:

1. Masih rendahnya nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dari Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Musi Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, dan Kabupaten Lahat.
2. Diperlukan sebuah teknologi *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* yang dapat meningkatkan nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dengan temperatur fluida dalam memprosesnya 50 °C, 60 °C, 70 °C.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan:

1. Mengembangkan, mengidentifikasi, dan menguji karakteristik batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dengan analisis proksimat dan ultimat untuk dikeluarkan airnya menjadi bahan bakar dengan nilai kalori lebih tinggi.
2. Meneliti pengeringan batubara peringkat rendah Sumatera Selatan menggunakan sinar matahari dan oven.
3. Mengembangkan rancang bangun peralatan uji penelitian *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* dalam meningkatkan nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan.
4. Mengevaluasi dan menguji unjuk kerja metode *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* berdasarkan standar yang berlaku.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang dikaji dalam penelitian Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan:

1. Penelitian dilakukan pada batubara peringkat rendah Sumatera Selatan yang berasal dari Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Musi Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, dan Kabupaten Lahat.
2. Ukuran batubara peringkat rendah yang diteliti adalah – 20+60 *mesh*, -60+100 *mesh*, dan – 100 *mesh*.

3. Temperatur udara pengering yang digunakan 50 °C, 60 °C, 70 °C.
4. Analisis proksimat dan ultimat dilakukan pada sampel batubara peringkat rendah, ketika diambil, sebelum diuji dan setelah melakukan pengujian di laboratorium yang standar.
5. Peralatan uji yang digunakan dirancang sendiri berupa *Dehumidifier* dan *Flash Dryer*.
6. Penelitian dilakukan di laboratorium Penelitian Termal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, terutama bagi praktisi industri bahwa informasi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau acuan dalam proses peningkatan nilai kalori batubara peringkat rendah Sumatera Selatan menggunakan metode *Dehumidifier* dan *Flash Dryer*, bagi masyarakat sebagai informasi dalam memanfaatkan teknologi ini, dan sebagai sumber informasi untuk pengembangan ilmu pengetahuan dalam menyelesaikan masalah kadar air dalam batubara peringkat rendah Sumatera Selatan.

### **1.6 Kebaruan Penelitian**

Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan secara umum metode pengeluaran air dalam batubara menggunakan bermacam-macam peralatan pengering dan temperatur yang digunakan rata-rata tinggi > 100 °C. Sebagaimana yang diteliti (H. Liu et al., 2015) menggunakan pemanasan listrik dengan material berasal dari batubara China pada temperatur 800-1600 °C. (Tahmasebi, Yu, Han, & Li, 2012) meneliti batubara peringkat rendah dari China menggunakan metode *fluidized bed drying* dengan temperatur > 200 °C. (Niksa & Krishnakumar, 2015) meneliti batubara peringkat rendah dengan *steam drying* dengan temperatur uap mencapai > 125 °C. (Kanda, Li, & Makino, 2013) meneliti pengurangan air dalam batubara Australia dengan metode *Dimethyl Ether* (DME) pada temperatur -20 °C, (Moon, Ryu, Lee, & Ohm, 2014) meneliti pengurangan air dalam sampel batubara yang ada di Korea memakai peralatan *Disc Dryer* pada temperatur 150 °C. (Stokie, Woo, & Bhattacharya, 2013)

meneliti batubara peringkat rendah dari Victoria-Australia dengan peralatan *fluidized bed drying* dengan temperatur 100 °C – 200 °C. (Huda, 2015) meneliti pengaruh laju umpan batubara pada efektivitas proses pengeringan pada temperatur 971 °C – 1.029 °C.

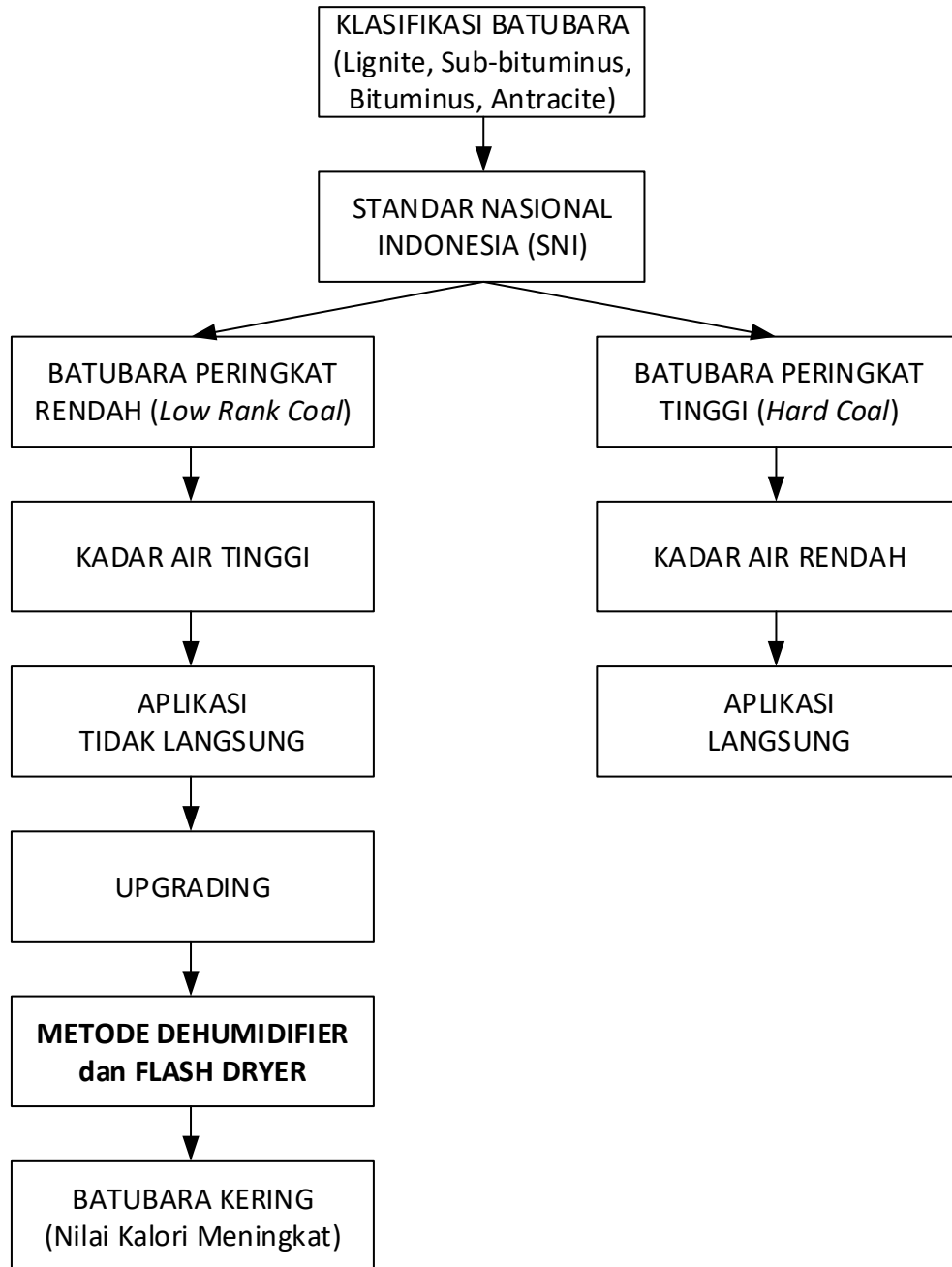
Untuk itu, adapun kebaruan penelitian metode Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan:

1. Teknologi yang digunakan adalah *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* dengan menggunakan udara atmosfer sebagai media untuk menurunkan kadar air batubara peringkat rendah Sumatera Selatan.
2. Material yang diteliti batubara peringkat rendah yang berasal dari Provinsi Sumatera Selatan Indonesia, yaitu Kabupaten Muara Enim, Kabupaten Musi Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, dan Kabupaten Lahat.
3. Untuk mengeluarkan air dalam batubara peringkat rendah menggunakan udara kering pada temperatur rendah (50 °C, 60 °C, 70 °C) dengan kecepatan udara tinggi atau pengeringan singkat dalam kolom pengering di *flash dryer*.

### **1.7 Kerangka Pikir**

Adapun kerangka pikir penelitian Pengembangan Teknologi Hibrid *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* untuk Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan:

1. Batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dapat ditingkatkan nilai kalorinya dengan cara mengeluarkan air permukaan dan dalam batubara tersebut, dengan membuat ukuran batubara lebih kecil untuk memudahkan pengeluaran airnya.
2. Pengeluaran air batubara peringkat rendah dapat dilakukan dengan teknologi *Dehumidifier* dan *Flash Dryer* dengan memanfaatkan udara atmosfer dijadikan udara kering dalam sistem *dehumidifier* dan diproses dalam *flash dryer*. Analisis proksimat dan ultimat batubara peringkat rendah Sumatera Selatan dilakukan pada setiap proses penelitian dengan standar yang berlaku (gambar 1-1).



Gambar 1-1. Diagram Kerangka Pikir Peningkatan Nilai Kalori Batubara Peringkat Rendah Sumatera Selatan





## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (1981). Standard Classification of Coals by Rank. *American Standard Testing and Material*. USA. <https://doi.org/10.1520/D0388-12.2>
- Bassuoni, M. M. (2014). A simple analytical method to estimate all exit parameters of a cross-flow air dehumidifier using liquid desiccant. *Journal of Advanced Research*, 5(2), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.02.002>
- Chandralal, N., Mahapatra, D., Shome, D., & Dasgupta, P. (2014). Behaviour of low rank high moisture coal in large stockpile under ambient conditions. *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*, 14(i), 19–26.
- Gao, W. Z., Liu, J. H., Cheng, Y. P., & Zhang, X. L. (2012). Experimental investigation on the heat and mass transfer between air and liquid desiccant in a cross-flow dehumidifier. *Renewable Energy*, 37(1), 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.006>
- Gao, X., Man, C., Hu, S., Xu, X., & Che, D. (2012). Theoretical and Experimental Study on Spontaneous Ignition of Lignite during the Drying Process in a Packed Bed. *Energy & Fuels*, 26, 6876–6887. <https://doi.org/10.1021/ef3012239> | Energy Fuels 2012, 26, 6876–6887
- Huda, M. (2015). Pengaruh Laju Umpan Batubara pada Efektivitas Proses Pengeringan, *I(IM)*, 18–28.
- Irwandy, A. (2014). *Batubara Indonesia*. (-, Ed.). Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. Retrieved from [www.gramediapustaka.com](http://www.gramediapustaka.com)
- Kanda, H., Li, P., & Makino, H. (2013). Direct water removing from frozen brown coal at -20 C. *Fuel*, 111, 880–882. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.04.008>
- Karthikeyan, M., Zhonghua, W., & Mujumdar, A. S. (2009). Low-Rank Coal Drying Technologies—Current Status and New Developments. *Drying Technology*, 27(3), 403–415. <https://doi.org/10.1080/07373930802683005>
- Kim, H.-S., Nishiyama, Y., Ideta, K., Miyawaki, J., Matsushita, Y., Park, J.-I., ... Yoon, S.-H. (2013). Analysis of water in Loy Yang brown coal using solid-state <sup>1</sup>H NMR. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(5), 1673–1679. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.02.005>
- Kim, H. S., Matsushita, Y., Oomori, M., Harada, T., Miyawaki, J., Yoon, S. H., & Mochida, I. (2013). Fluidized bed drying of Loy Yang brown coal with variation of temperature, relative humidity, fluidization velocity and formulation of its drying rate. *Fuel*, 105, 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.09.057>

- Kinoshita, S., Yamamoto, S., Deguchi, T., & Shigehisa, T. Demonstration of Upgraded Brown Coal (UBC) Process by 600 tonnes/day Plant (2010). KOBELCO TECHNOLOGY REVIEW.
- Komatsu, Y., Sciazko, A., Zakrzewski, M., Kimijima, S., Hashimoto, A., Kaneko, S., & Szmyd, J. S. (2015). An experimental investigation on the drying kinetics of a single coarse particle of Belchatow lignite in an atmospheric superheated steam condition. *Fuel Processing Technology*, *131*, 356–369. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.12.005>
- Kosasih, E. A., & Nanang, R. (2016). Combination of Electric Air Heater and Refrigeration System to Reduce Energy Consumption: Simulation of Thermodynamic System. *International Journal of Technology*, *2*, 288–295.
- Krevelen, V. D. W. (1981). *Coal-Typology-Chemistry-Physisc-Constitution*. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Küçük, A., Kadioğlu, Y., & Gülaboğlu, M. Ş. (2003). A study of spontaneous combustion characteristics of a Turkish lignite: Particle size, moisture of coal, humidity of air. *Combustion and Flame*, *133*(3), 255–261. [https://doi.org/10.1016/S0010-2180\(02\)00553-9](https://doi.org/10.1016/S0010-2180(02)00553-9)
- LI, X., SONG, H., WANG, Q., MEESRI, C., WALL, T., & YU, J. (2009). Experimental study on drying and moisture re-adsorption kinetics of an Indonesian low rank coal. *Journal of Environmental Sciences*, *21*(SUPPL. 1), S127–S130. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60055-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60055-3)
- Liu, H., Xu, L., Jin, Y., Fan, B., Qiao, X., & Yang, Y. (2015). Effect of coal rank on structure and dielectric properties of chars. *Fuel*, *153*, 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.03.008>
- Liu, M., Yan, J., Chong, D., Liu, J., & Wang, J. (2013). Thermodynamic analysis of pre-drying methods for pre-dried lignite-fired power plant. *Energy*, *49*(1), 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.10.026>
- Liu, X. H., Qu, K. Y., & Jiang, Y. (2006). Empirical correlations to predict the performance of the dehumidifier using liquid desiccant in heat and mass transfer. *Renewable Energy*, *31*(10), 1627–1639. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.029>
- Liu, Y., Aziz, M., Kansha, Y., & Tsutsumi, A. (2013). A novel exergy recuperative drying module and its application for energy-saving drying with superheated steam. *Chemical Engineering Science*, *100*, 392–401. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.01.044>
- Lowrey, S., Carrington, G., & Sun, Z. (2014). Adapting a geared domestic refrigerative dehumidifier for low-temperature operation. *International Journal of Refrigeration*, *41*, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.09.043>
- Moon, S., Ryu, I., Lee, S., & Ohm, T. (2014). Optimization of drying of low-grade coal with high moisture content using a disc dryer. *Fuel Processing Technology*, *124*, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.03.009>
- Muchammad. (2006). Pengaruh temperatur regenerasi terhadap penurunan

- kelembaban relatif dan efektivitas penyerapan uap air pada alat uji dehumidifier dengan desiccant silica gel. *Momentum*, 2(2), 32–40.
- Nam Chun, Y., Sup Lim, M., & Yoshikawa, K. (2012). Development of a high-efficiency rotary dryer for sewage sludge by chun2012.pdf. *Journal Mater Cycles Waste Mangement*, 14, 65–75. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0040-6>
- Nasir, S. (2012). *Dasar-dasar teori dan teknologi pemanfaatan batubara*. Palembang Sumatera Selatan: UnsriPress, Universitas Sriwijaya.
- Niksa, S., & Krishnakumar, B. (2015). Predicting the steam drying behavior of brown coals and lignites. *Fuel*, 159, 345–353. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2015.06.031>
- Park, J. H., Lee, C., Park, Y. C., Shun, D., Bae, D., Park, J., ... Park, J. (2014). Drying Efficiency of Indonesian Lignite in a Batch-Circulating Fluidized Bed Dryer, 32, 268–278. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.822385>
- Peraturan Pemerintah Nomor 05 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional. (2006).
- Stokie, D., Woo, M. W., & Bhattacharya, S. (2013). Comparison of superheated steam and air fluidized-bed drying characteristics of Victorian brown coals. *Energy and Fuels*, 27(11), 6598–6606. <https://doi.org/10.1021/ef401649j>
- Sularso, & Tahara, H. (1987). *Pompa dan kompresor*. PT Pradnya Paramita.
- Tahmasebi, A., Yu, J., Han, Y., & Li, X. (2012). A study of chemical structure changes of Chinese lignite during fluidized-bed drying in nitrogen and air. *Fuel Processing Technology*, 101, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.04.005>
- Unal, S., Wood, D. G., & Harris, I. J. (1992). Effects of Drying Methods on the Low-Temperature Reactivity of Victorian Brown Coal To Oxygen. *Fuel*, 71(2), 183–192. [https://doi.org/10.1016/0016-2361\(92\)90007-b](https://doi.org/10.1016/0016-2361(92)90007-b)
- Vián, J. G., Astrain, D., & Domínguez, M. (2002). Numerical modelling and a design of a thermoelectric dehumidifier. *Applied Thermal Engineering*, 22(4), 407–422. [https://doi.org/10.1016/S1359-4311\(01\)00102-8](https://doi.org/10.1016/S1359-4311(01)00102-8)
- Wood Jr., G. H., Kehn, T. M., Carter, M. D., & Culbertson, W. C. (1983). Coal Resource Classification System of the U.S. Geological Survey, 1–65.
- Yin, Y., Zhang, X., & Chen, Z. (2007). Experimental study on dehumidifier and regenerator of liquid desiccant cooling air conditioning system. *Building and Environment*, 42(7), 2505–2511. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.009>
- Yu, Y., Liu, J., Wang, R., Zhou, J., & Cen, K. (2012). Effect of hydrothermal dewatering on the slurryability of brown coals. *Energy Conversion and Management*, 57, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.016>

