

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI *REFUSE DERIVED FUEL* (RDF)  
DARI LIMBAH BIOMASSA DENGAN PEMANFAATAN  
BAHAN PEREKAT LIMBAH PLASTIK DALAM MENGHASILKAN  
ENERGI BARU TERBARUKAN (EBT)**

**NASRULLAH  
2420525310043**



**PROGRAM STUDI MAGISTER  
PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI *REFUSE DERIVED FUEL* (RDF)  
DARI LIMBAH BIOMASSA DENGAN PEMANFAATAN  
BAHAN PEREKAT LIMBAH PLASTIK DALAM MENGHASILKAN  
ENERGI BARU TERBARUKAN (EBT)**

**NASRULLAH  
2420525310043**

**TESIS**

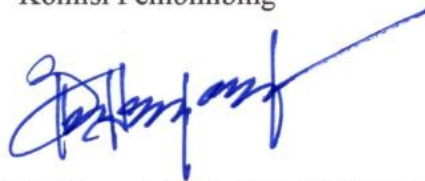
**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
MAGISTER LINGKUNGAN  
pada Program Studi Magister (S2) PSDAL PPs ULM**

**PROGRAM STUDI MAGISTER  
PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

Judul Tesis : Pengembangan Teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) dari Limbah Biomassa dengan Pemanfaatan Bahan Perikat Limbah Plastik dalam Menghasilkan Energi Baru Terbarukan (EBT)  
Nama : Nasrullah  
NIM : 2420525310043

disetujui,

Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Hesty Heryani, M.Si., IPU, ASEAN Eng



Dr. Trisnu Satriadi, S.Hut., M.P.



Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, M.Si., M.S.

diketahui,

Koordinator Program Studi  
Magister (S2) PSDAL ULM



Dr. Dini Sofarini, S.Pi, M.S.

Direktur Pascasarjana  
Universitas Lambung Mangkurat



Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si

**Tanggal Lulus:**

**Tanggal Wisuda:**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
PROGRAM PASCASARJANA**

**SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

NOMOR : 216/UN8.4/DP/2025

Sertifikat ini diberikan kepada:

**Nasrullah**

Dengan Judul Tesis :

Pengembangan Teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) dari Limbah Biomassa

dengan Pemanfaatan Bahan Perkat Limbah Plastik dalam Menghasilkan Energi Baru Terbarukan (EBT)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi.

Banjarmasin, 30 Desember 2025

Direktur,



Dt. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si.

NIP 196805071993031020



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nasrullah  
NIM : 2420525310043  
Program Studi : S2 – Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkunga  
Fakultas : Program Pascasarjana  
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat  
Judul Tesis : **“Pengembangan Teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) dari Limbah Biomassa dengan Pemanfaatan Bahan Perikat Limbah Plastik dalam Menghasilkan Energi Baru Terbarukan (EBT)”**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/acuan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, plagiat maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarbaru, Januari 2026



Nasrullah  
2420525310043

## RINGKASAN

Nasrullah. 2026. Pengembangan Teknologi *Refuse Derived Fuel* (RDF) Dari Limbah Biomassa Dengan Pemanfaatan Bahan Perekat Limbah Plastik Dalam Menghasilkan Energi Baru Terbarukan (EBT). Prof. Dr. Ir. Hesty Heryani, M.Si., IPU, ASEAN Eng. ; Dr.Ir. Trisnu Satriadi, S.Hut., M.Si ; Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, M.Si., M.S.

Krisis energi dan kebutuhan peningkatan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi pendorong utama pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku *Refuse Derived Fuel* (RDF) untuk mendukung transisi energi berkelanjutan di sektor industri. Kabupaten Tanah Bumbu memiliki potensi signifikan limbah *veneer* kayu, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan pelepah sawit yang dapat dikonversi menjadi sumber energi alternatif dengan nilai ekonomi dan lingkungan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik bahan baku RDF berdasarkan hasil uji proksimat, nilai kalor, morfologi, dan komposisi unsur, serta menentukan formulasi RDF briket paling optimal untuk aplikasi *co-firing* pada industri semen. Penelitian dilaksanakan pada Agustus–November 2025 dengan pengambilan sampel di PT Hutan Rindang Banua dan PT Kodeco Agrojaya Mandiri, serta pengujian di Laboratorium Terpadu Universitas Lambung Mangkurat dan Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Banjarbaru. Metode penelitian meliputi teknik *purposive–composite sampling*, uji proksimat, pengujian nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*, pembuatan briket RDF dengan tiga variasi komposisi 1 (Vr45 : Tk25 : Pl20 : Ps10), 2 (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10), dan 3 (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10), serta analisis morfologi dan komposisi unsur menggunakan SEM dan EDX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh bahan memiliki kadar air dan abu dalam batas optimal, dengan dominasi karbon lebih dari 80% yang mencerminkan karakter biomassa lignoselulosa. Komposisi 1 menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 7.170,36 kkal/kg, melampaui standar minimum RDF untuk *co-firing* industri semen sebesar 4.300 kkal/kg. Proporsi *veneer* yang lebih tinggi meningkatkan kandungan lignin dan karbon terikat (*fixed carbon*), yang berpengaruh terhadap peningkatan densitas, homogenitas struktur, serta kestabilan termal bahan bakar. Unsur mineral minor seperti K, Ca, dan Si turut berperan dalam reaktivitas pembakaran dan pembentukan abu. Secara keseluruhan, RDF berbasis biomassa lokal Tanah Bumbu dinilai layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti sebagian batubara dalam proses produksi semen. Disarankan penelitian lanjutan dilakukan untuk optimasi tekanan pemadatan, suhu pengeringan, serta pemanfaatan perekat alami berbasis biomassa, disertai uji pembakaran skala industri guna menilai efisiensi energi, emisi gas buang, dan kelayakan teknis RDF dalam mendukung kebijakan energi bersih dan pengelolaan limbah berkelanjutan di Indonesia.

**Keyword:** RDF, energi baru terbarukan, pelepah kelapa sawit, limbah *veneer*, tandan kosong kelapa sawit



## ABSTRACT

Nasrullah. 2026. Development of Refuse-Derived Fuel (RDF) Technology from Biomass Waste Using Plastic Waste as a Binding Agent to Produce New and Renewable Energy (NRE). Prof. Dr. Ir. Hesty Heryani, M.Si., IPU, ASEAN Eng. ; Dr.Ir. Trisnu Satriadi, S.Hut., M.Si ; Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, M.Si., M.S.

**Keyword:** *RDF, renewable energy, oil palm fronds, veneer wood waste, oil palm empty fruit bunches*

*The energy crisis and the increasing demand for a higher share of New and Renewable Energy (NRE) have encouraged the utilization of biomass waste as a raw material for Refuse Derived Fuel (RDF). Tanah Bumbu Regency has considerable potential in the form of veneer wood waste, oil palm empty fruit bunches (EFB), and oil palm fronds, which can be converted into alternative energy sources. This study aimed at analyzing the characteristics of RDF feedstock based on proximate analysis, calorific value, morphology, and elemental composition, as well as determining the optimal RDF briquette formulation for co-firing applications in the cement industry. The research was conducted from August to November 2025, with samples collected from PT Hutan Rindang Banua and PT Kodeco Agrojaya Mandiri, and laboratory analyses performed at the Integrated Laboratory of Lambung Mangkurat University and Banjarbaru Industrial Standardization and Technical Services Center (BSPJI Banjarbaru). The methodology included purposive-composite and duplex sampling techniques, proximate analyses, calorific value testing using a bomb calorimeter, RDF briquette production with three composition variations 1 (Vr45 : Tk25 : Pl20 : Ps10), 2 (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10), and 3 (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10), and morphological and structural analyses using SEM and XRD. The results indicated that all biomass materials exhibited acceptable moisture and ash contents, and a dominant lignocellulosic structure with carbon content exceeding 80% and good porosity. The highest calorific value was obtained from composition 1 (Vr45 : Tk25 : Pl20 : Ps10), consisting of 45% veneer wood, 25% EFB, 20% oil palm fronds, and 10% plastic, reaching 7,170.36 kcal/kg. This value was higher than that of composition C (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10) (7,012.12 kcal/kg) and composition B (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10) (6,949.51 kcal/kg), and significantly exceeded the minimum calorific value requirement for RDF in cement industry co-firing applications (4,300 kcal/kg). An increase in the proportion of veneer wood in the RDF mixture was shown to enhance the calorific value due to its higher lignin and carbon contents, resulting in more stable and efficient combustion performance. Therefore, composition 1 was identified as the most optimal RDF formulation, and local biomass waste demonstrates strong potential to support sustainable energy transition and waste management in the industrial sector. Further research is recommended to optimize compaction pressure, drying temperature, and the use of biomass-based natural binders, along with industrial-scale combustion testing to evaluate energy efficiency, exhaust emissions, and the technical feasibility of RDF in supporting clean energy policies and sustainable waste management in Indonesia.*

Banjarmasin, January 22, 2026

Approved by:  
Head of Language Center



Dr. Hj. Noor Eka Chandra, M.Pd  
NIP. 197710232001122003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**UPA BAHASA ULM**

Jalan Brigjen H. Hasan Basry Kotak Pos 70123 Banjarmasin  
Telepon/Fax.: (0511) 3308140  
Email: [uptbahasa@ulm.ac.id](mailto:uptbahasa@ulm.ac.id)

**SURAT KETERANGAN**

NO: 223/UN8.16/BS/2025

Bersama ini kami menerangkan bahwa Ringkasan bahasa Inggris dari judul Thesis:  
***"Development of Refuse-Derived Fuel (RDF) Technology from Biomass Waste Using Plastic Waste as a Binding Agent to Produce New and Renewable Energy (NRE)"*** yang disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Nasrullah  
Nim : 2420525310043  
Jurusan/Fakultas : S2 PSDAL  
Program : Pascasarjana

telah diverifikasi bahasa Inggris yang digunakan sesuai dengan makna dari ringkasan yang ditulis oleh mahasiswa tersebut di atas. (Ringkasan terlampir)  
Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Banjarmasin, January 22, 2026  
Kepala



Dr. Hj. Noor Eka Chandra, M.Pd  
NIP. 197710232001122003

## RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nasrullah lahir di Kotabaru, Kalimantan Selatan pada tanggal 7 Oktober 1986. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Ansoka RT 02, Desa Sepunggur, Kecamatan Kusan Tengah, Kabupaten Tanah Bumbu. Penulis merupakan seorang Aparatur Sipil Negara yang berkomitmen terhadap pelayanan publik dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 1 Giri Mulia, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Kuranji dan menyelesaikan pendidikan menengah di SMA Negeri 1 Kusan Hilir pada jurusan Ilmu Pengetahuan Alam. Setelah itu penulis melanjutkan studi Strata Satu pada Program Studi Teknik Geologi di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan berhasil menyelesaikannya pada tahun 2010.

Karier penulis sebagai Pegawai Negeri Sipil dimulai pada tahun 2011, dengan jabatan pertama sebagai Inspektur Tambang pada Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Tanah Bumbu. Selanjutnya penulis bertugas sebagai Analis Teknik Pertambangan Minerba sekaligus Inspektur Tambang pada Direktorat Teknik dan Lingkungan, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia pada tahun 2017–2018. Sejak tahun 2019 hingga sekarang penulis berkarier di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tanah Bumbu dan saat ini menjabat sebagai Pengawas Lingkungan Hidup Ahli Muda dengan pangkat Penata Tk.I (III.d). Saat ini penulis sedang melanjutkan studi pada Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. Hasil tesis ini telah dipublikasikan dalam *Journal of Ecological Engineering (JEE)*, jurnal yang terindeks Scopus dan berada pada kuartil Q2 berdasarkan Scimago Journal Rank (SJR).

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,*

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “*(Pengembangan Teknologi Refuse Derived Fuel (RDF) dari Limbah Biomassa dengan Pemanfaatan Bahan Perikat Limbah Plastik dalam Menghasilkan Energi Baru Terbarukan (EBT))*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat.

Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik berkat doa, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua saya H. Tamong dan Hj. Haslamiah yang sangat besar keridhoannya dalam mendukung Pendidikan Saya, dan Isteri Saya Dyah Kusuma Andriani, S.Kep. NS yang luar bisa terus memberikan dukungan ide dan motivasi penyelesaian penelitian ini.
2. Prof. Dr. Ir. Hesty Heryani, M.Si., IPU, ASEAN Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama, atas bimbingan, arahan, serta waktu yang telah diberikan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan tesis ini.
3. Dr.Ir. Trisnu Satriadi, S.Hut., M.Si, selaku Dosen anggota pembimbing I, atas saran, motivasi, dan masukan yang sangat berarti dalam penyempurnaan hasil penelitian ini.
4. Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, M.Si., M.S., selaku Dosen anggota pembimbing II, atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama proses penyusunan hingga penyelesaian tesis ini.
5. Dr. Mahmud, S.T., M.T., selaku dosen penguji, atas masukan, saran, dan kritik yang konstruktif dalam penyempurnaan tesis ini.
6. Dr. Badaruddin, S.Hut., M.P., selaku dosen penguji, atas arahan, masukan, serta evaluasi yang diberikan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Dr. Dini Sofarini, S.Pi., M.S., selaku Koordinator Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, atas dukungan akademik, arahan, dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh studi.
8. Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat, atas dukungan, kebijakan, dan perhatian yang diberikan kepada mahasiswa selama pelaksanaan studi dan penelitian.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih memiliki keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Banjarbaru, Januari 2026.



Nasrullah

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>I</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>VI</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>XIII</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XV</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>XVI</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Konsep Energi Baru dan Terbarukan.....	6
2.2. <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF) .....	7
2.2.1. Definisi <i>Refuse Derived Fuel</i> .....	7
2.2.2. Karakteristik, Standarisasi dan Klasifikasi RDF Secara Umum ...	8
2.3. Sumber Bahan Baku <i>Refuse Derived Fuel</i> Limbah Biomassa .....	11
2.3.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Pelepah Sawit .....	11
2.3.2. Limbah Pengolahan Industri Kayu.....	13
2.4. <i>Refuse Derived Fuel</i> sebagai Bagian dari Strategi Transisi Energi .....	15
2.5. Tantangan Teknis dan Solusi dalam Penggunaan <i>Refuse Derived Fuel</i> ..	16
2.6. Sudut Pandang Teknologi Penerapan RDF di Kiln Semen .....	17
2.7. Kriteria <i>Refuse Derived Fuel</i> untuk Pabrik Semen di Indonesia .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1. Waktu, Tempat dan Objek Penelitian .....	24
3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian .....	24
3.3. Prosedur Pengumpulan Data.....	24
3.3.1. Jenis dan Sumber Data.....	24
3.3.2. Teknik Pengumpulan Data.....	25

3.4. Analisis Data .....	31
3.4.1. Pengolahan dan Penyajian Data .....	31
3.4.2. Analisis Komparatif .....	31
3.4.3. Analisis Sifat Struktural .....	31
3.4.4. Evaluasi Kualitas dan Implikasi .....	32
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	33
4.1.1. Karakteristik morfologi dan struktur kristal limbah <i>veneer</i> , tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku <i>Refuse Derived Fuel</i> .....	33
4.1.2. Hasil Karakteristik SEM dan EDX Komposisi bongkah <i>Refuse Derived Fuel</i> .....	41
4.1.3. Hasil Karakteristik Parameter Pada Bongkah <i>Refuse Derived Fuel</i> .....	48
4.2. Pembahasan .....	53
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>61</b>
5.1. Kesimpulan .....	61
5.2. Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Klasifikasi RDF berdasarkan standar ASTM .....	11
2.2. Karakteristik RDF Berdasarkan Kriteria yang Diterima Perusahaan Semen di Indonesia .....	20
2.3. Syarat Bahan Baku Produk RDF .....	23
3.1. Komposisi rasio dan ulangan bahan RDF dari limbah biomassa .....	29
4.1. Komponen Penyusun Media Pelepah Sawit .....	35
4.2. Komponen Penyusun Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	38
4.3. Komponen Penyusun Media <i>Veneer</i> .....	40
4.4. Komponen Penyusun Bongkah RDF Komposisi 1 (Vr45 : Tk25 : Pl20 : Ps10) .....	43
4.5. Komponen Penyusun Bongkah RDF Komposisi 2 (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10) .....	45
4.6. Komponen Penyusun Bongkah RDF dengan Komposisi 3 (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10) .....	47
4.7. Hasil Uji Anova nilai kalor pada bongkah RDF .....	52
4.8. Hasil uji lanjut (pos hoc) nilai kalor pada bongkah RDF .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Diagram alir pengamilan sampel bahan baku RDF .....	25
4.1. Hasil Uji SEM pada Permukaan <i>Veneer</i> (a) perbesaran 200x(50 $\mu$ ), (b) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (c) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ).....	33
4.2. Map Sum Spectrum <i>Veneer</i> .....	34
4.3. Hasil Uji SEM pada Permukaan Tandan Kosong Kelapa Sawit (a) perbesaran 200 x (50 $\mu$ ), (b) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (c) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ).....	36
4.4. Map Sum Spectrum Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	37
4.5. Hasil Uji SEM Permukaan Pelepah Kelapa Sawit (a) perbesaran 200 x (50 $\mu$ ), (b) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (c) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ) .....	39
4.6. Map Sum Spectrum Pelepah Sawit .....	40
4.7. Hasil Uji SEM Permukaan Komposisi 1 (Vr45 : Tk25 : Pl20 : Ps10) (a) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (b) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ), (c) perbesaran 3000 x (3 $\mu$ ).....	42
4.8. Map Sum Spectrum RDF dengan Komposisi 1 (Vr45:Tk25:Pl20:Ps10).....	43
4.9. Hasil Uji SEM Permukaan Komposisi 2 (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10) (a) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (b) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ), (c) perbesaran 3000 x (3 $\mu$ ).....	44
4.10. Map Sum Spectrum RDF dengan Komposisi 2 (Vr40 : Tk30 : Pl20 : Ps10).....	45
4.11. Hasil Uji SEM Permukaan Komposisi 3 (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10) (a) perbesaran 500 x (20 $\mu$ ), (b) perbesaran 1000 x (10 $\mu$ ), (c) perbesaran 3000 x (3 $\mu$ ).....	46
4.12. Map Sum Spectrum RDF dengan Komposisi 3 (Vr35 : Tk35 : Pl20 : Ps10).....	47
4.13. Karakteristik parameter kadar abu, kadar air dan <i>volatile matter</i> pada bongkah RDF .....	49
4.14. Karakteristik parameter nilai kerapatan pada bongkah RDF .....	51
4.15. Karakteristik parameter kalor pada bongkah RDF .....	52