

**Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF) Pada Tempat
Pembuangan Sampah (TPS) Fakultas Teknik Universitas Sultan
Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh :

PAERUS JUNDIKA (3335190019)

NATASYA RIZKIANTIKA (3335190063)

JURUSAN TEKNIK KIMIA – FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

CILEGON – BANTEN

2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : 1. Paerus Jundika
2. Natasya Rizkiantika

NIM : 1. 3335190019
2. 3335190063

JURUSAN : TEKNIK KIMIA

JUDUL : Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF) Pada Tempat
Pembuangan Sampah (TPS) Fakultas Teknik Sultan
Ageng Tirtayasa

Bersedia

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 26 Juli 2023



(Paerus Jundika)



(Natasya Rizkiantika)

LAPORAN PENELITIAN

**Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF) Pada Tempat
Pembuangan Sampah (TPS) Fakultas Teknik Universitas Sultan
Ageng Tirtayasa**

Disusun oleh :

PAERUS JUNDIKA 3335190019

NATASYA RIZKIANTIKA 3335190063

Telah Disetujui Oleh Dosen Pembimbing dan Telah dipertahankan di hadapan

Dewan Penguji

Pada Tanggal 24 Maret 2023

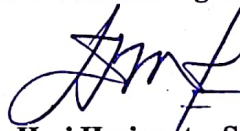
Dosen Pembimbing I



Endang Suhendi, S.T., M.Eng.

NIP : 197707052003121001

Dosen Pembimbing II



Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng.

NIP : 197510222005011002

Dosen Penguji I



Dr. Ing. Anton Irawan, S.T., M.T.

NIP. 197510012008011007

Dosen Penguji II



Ir. H. Tatang Kusmara, M.Eng

NIDK. 201307051335

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng
NIP : 197808112005011003

ABSTRAK

Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF) Pada Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Oleh:

Paerus Jundika 3335190019

Natasya Rizkiantika 3335190063

Sampah Plastik merupakan suatu barang yang tidak digunakan lagi oleh manusia. Indonesia merupakan salah satu wilayah penghasil sampah plastik terbesar seiring dengan meningkatnya jumlah masyarakat dengan kebutuhannya dalam penggunaan plastik, sehingga diperlukan pengolahan sampah sebagai upaya penurunan jumlah timbunan sampah. *Refuse Derived Fuel* (RDF) merupakan salah satu pengolahan sampah menjadi bahan bakar yang berasal dari turunan sampah organik dan anorganik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi jumlah timbunan sampah dengan memanfaatkannya menjadi RDF, dan mengetahui karakteristik RDF berdasarkan pengaruh komposisi campuran sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer). Penelitian ini diawali dengan proses pengumpulan sampah, pengeringan, pemotongan, pengayakan dan pembuatan RDF dengan komposisi campuran sampah organik dan sampah anorganik (%berat) yaitu 95:5, 90:10, 85:15, dan 80:20. Campuran sampah dipanaskan dan dicetak dengan suhu 80 – 90°C dan tekanan 66 N/cm² sehingga dihasilkan RDF. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada RDF komposisi 85:15 (%berat) dengan *bulk density* 0,706 g/cm³, kuat tekan 6,69 kg/cm², dan mempunyai nilai kalor sebesar 4598,017 cal/g. Hasil Analisa FTIR produk cair pirolisis RDF mengandung senyawa aldehid.

Kata Kunci : FTIR, komposisi, RDF, sampah organik, sampah anorganik

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis Panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan penelitian ini tepat pada waktunya. laporan penelitian ini berjudul **“Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF) Pada Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa”**.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis banyak mendapat tantangan dan hambatan akan tetapi dengan bantuan dari berbagai pihak tantangan itu bisa teratasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
2. Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Endang Suhendi, S.T., M.Eng., selaku pembimbing I, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
4. Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng., selaku pembimbing II, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Kritik konstruktif dari pembaca sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya.

Cilegon, Maret 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.	i
LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN.	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.	iv
DAFTAR ISI.	v
DAFTAR TABEL.	vii
DAFTAR GAMBAR.	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.	1
1.2 Rumusan Masalah.	2
1.3 Tujuan Penelitian.	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sampah.	4
2.2 Plastik.	6
2.3 Refuse Derived Fuel (RDF)	7
2.4 Karakteristik RDF.	9
2.5 Jenis-Jenis Refuse Derived Fuel.	11
2.6 Penelitian Terdahulu.	12
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	
3.1 Tahapan Penelitian.	17
3.2 Prosedur Penelitian.	19
3.2.1 Preparasi Bahan Baku	19
3.2.2 Proses Pembuatan RDF.	19
3.3 Alat dan Bahan.	19
3.3.1 Alat.	19
3.3.2 Bahan.	21
3.4 Variabel Penelitian.	21

3.5 Metode Pengumpulan dan Analisa Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Profil Transfer Panas Pengepresan RDF.....	22
4.2 Profil Suhu Terhadap Waktu Pada Proses Pembakaran RDF	24
4.3 Pengaruh Komposisi Terhadap Karakteristik RDF	28
4.3.1 Pengaruh Komposisi Terhadap <i>Bulk Density</i>	28
4.3.2 Pengaruh Komposisi Terhadap Uji Tekan.....	29
4.3.3 Analisa Proksimat dan Nilai Kalor	31
4.3.4 Analisa FTIR.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
Lampiran I. Contoh Perhitungan	
Lampiran II. Dokumentasi	
Lampiran III. Prosedur Analisa	
Lampiran IV. Logbook	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar Kualitas Briket.....	9
Tabel 2.2 Karakteristik RDF	10
Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu.	12
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Bulk Density</i>	28
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Uji Tekan.....	30
Tabel 4.3 Hasil Analisa Proksimat dan Nilai Kalor	31
Tabel 4.4 Standar Parameter Bahan Bakar Jumputan Padat.....	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Sampah Organik	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Preparasi Sampah Anorganik	18
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan RDF	18
Gambar 3.4 Alat Press RDF	20
Gambar 3.5 Rangkaian Alat Pirolisis	20
Gambar 4.1 Profil Transfer Suhu Pengepresan RDF.....	22
Gambar 4.2 Hasil Produk RDF	23
Gambar 4.3 Proses Pembakaran RDF.....	24
Gambar 4.4 Profil Suhu Pembakaran RDF	25
Gambar 4.5 Profil Suhu Terhadap Waktu Proses Pirolisis	26
Gambar 4.6 Produk Hasil Pirolisis RDF 5%.....	26
Gambar 4.7 Produk Hasil Pirolisis RDF 20%.....	27
Gambar 4.5 Hasil Analisa FTIR produk RDF.....	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan suatu barang yang sudah digunakan oleh manusia kemudian tidak digunakan kembali. Adapun pengertian sampah menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengolahan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah terbagi menjadi 2 jenis yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Salah satu jenis sampah anorganik adalah sampah plastik. Plastik merupakan salah satu barang yang sering digunakan dalam kehidupan manusia.

Indonesia merupakan salah satu wilayah penghasil sampah terbesar setelah Cina, total timbunan sampah pada tahun 2020 sebanyak 32.632.440,41 ton per tahun. Di Provinsi Banten khususnya wilayah kota Cilegon mengalami peningkatan timbunan sampah setiap tahunnya. Pada tahun 2019 total sampah di kota Cilegon sebesar 135.211 ton per tahun dan pada tahun 2020 sebesar 136.458 ton per tahun, dengan presentase komposisi sampah yaitu sisa makanan 27,37%, kaca 7,81%, plastik 41,41% dan kertas/karton 27,68% (Pengolahan data, Kementerian Lingkungan Hidup, 2023).

Plastik digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan dan praktis. ada 7 jenis plastik yang biasa digunakan untuk bahan baku plastik kebutuhan rumah tangga diantaranya yaitu *polyethylene Terephthalate (PET)*, *High Density PolyEthylene (HDPE)*, *PolyVinyl Chloride (PVC)*, *Low Density PolyEthylene (LDPE)*, *PolyPropylene (PP)*, *Polystyrene (PS)*, *Other (SAN, ABS, PC, Nylon)*.

Sampah plastik merupakan sampah anorganik, dimana sampah anorganik dalam penguraiannya memerlukan waktu lama hingga ratusan tahun bahkan ada yang tidak dapat dihancurkan. Secara keseluruhan sampah anorganik tidak dapat diuraikan oleh alam, hanya dapat diuraikan melalui proses yang cukup lama seperti proses pembakaran dan sebagainya. Adapun salah satu proses yang

digunakan dalam pemanfaatan sampah plastik adalah proses pembuatan *Refuse Derived Fuel* (RDF). Sampah plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang diproses menjadi produk RDF. RDF merupakan suatu hasil proses yang dihasilkan dari proses pemisahan limbah padat yang mudah terbakar dengan limbah padat yang tidak mudah terbakar.

Pembuatan RDF dengan campuran 92% sampah organik dan 8% sampah anorganik dapat menghasilkan nilai kalor briket RDF 4819,220 cal/gram (Mutiar, 2019). Pada penelitian Garcia Tahun 2021, menjelaskan bahwa komposisi RDF dapat mempengaruhi nilai kalor dari RDF. RDF dengan komposisi bahan 25% kardus, 48% plastik, 23% tekstil, 4% organik memiliki nilai kalor 2722,84 cal/gram. Pada penelitian Rithy dkk. Tahun 2017, menjelaskan bahwa RDF dengan bahan baku campuran 40% sampah plastik dan 60% sampah organik memiliki nilai kalor 5674 cal/g.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan bahan plastik campuran, maka peneliti ingin mengetahui karakteristik RDF dari campuran sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) hasil analisa sesuai dengan SNI Bahan Bakar Padat.

1.2 Rumusan Masalah

Peningkatan jumlah sampah setiap tahunnya dapat menyebabkan tumpukan dan pencemaran lingkungan, sehingga diperlukan adanya pengolahan sampah menjadi suatu produk yang bermanfaat salah satunya menjadi RDF sebagai bahan bakar. Pengolahan sampah menjadi RDF dapat dilakukan dengan melakukan pencampuran antara sampah organik dan sampah anorganik. Komposisi sampah organik dan sampah anorganik yang digunakan dalam pembuatan RDF berpotensi menghasilkan RDF dengan kualitas yang baik. Komposisi tersebut dapat mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan. Adapun komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan sampah organik (daun kering dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) 95:5, 90:10, 85:15 dan 80:20 (%berat).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengurangi jumlah timbunan sampah FT. Untirta dengan memanfaatkannya menjadi RDF sebagai bahan bakar, dan mengetahui karakteristik RDF berdasarkan pengaruh komposisi campuran sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan dan Produksi Energi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu sampah FT. Untirta yaitu sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) dengan perbandingan komposisi (% berat) 95:5, 90:10, 85:15, dan 80:20. Konsentrasi perekat kanji yang digunakan pada penelitian ini yaitu 10% massa total. Adapun alat yang digunakan yaitu alat press RDF jenis hidrolik dengan tekanan 66 N/cm^2 , pemanas dengan suhu $80 - 90^\circ\text{C}$ dan cetakan RDF bentuk silinder berdiameter 4 cm. Ukuran partikel bahan yang digunakan sebesar 40 – 60 mesh. Analisa yang digunakan yaitu analisa *bulk density*, uji tekan, Proksimat, nilai kalor dan FTIR.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat (Depkes RI, 2008). Sampah merupakan bahan padat buangan dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, rumah penginapan, hotel, rumah makan, industri, bongkahan bahan bangunan dan besi-besi tua bekas kendaraan bermotor. Sampah merupakan hasil sampingan dari aktivitas manusia yang sudah terpakai (Sucipto, 2012).

Sampah terbagi menjadi 2 golongan yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan sisa makhluk hidup yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. *Biodegradable* adalah proses yang secara alami dapat terurai dalam relatif waktu yang cepat sehingga tidak mencemari lingkungan. Adapun contoh dari sampah organik adalah sisa makanan, sampah dapur, daun dan ranting. Sedangkan sampah anorganik merupakan sampah *unbiodegradable* sulit terurai oleh mikroba karena sifatnya yang berasal dari bahan-bahan *non* hayati. Adapun contohnya seperti sampah plastik, sampah kertas, sampah kaca, dan detergen. Sampah plastik merupakan salah satu contoh sampah anorganik yang dapat diuraikan namun penguraiannya dalam waktu yang lama. Seperti botol plastik, gelas plastik, kaleng dan lainnya (Nurhaliza, 2021).

Menurut SNI 13-1990-F tentang tata cara pengelolaan sampah perkotaan mendefinisikan bahwa sampah merupakan limbah yang bersifat padat yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan. Sampah perkotaan yang dikelola oleh pemerintah Indonesia dikategorikan dalam beberapa kelompok yaitu :

1. Sampah dari pemukiman
2. Sampah dari daerah komersial
3. Sampah dari perkantoran

4. Sampah dari tempat umum seperti jalan dan taman
5. Sampah dari industri dan rumah sakit
6. Sampah pertanian

Sampah sebagai limbah padat yang dibuang karena tidak bermanfaat dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak diproses dengan baik. Sampah sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir akan dikelola terlebih dahulu, seperti kegiatan pemilahan dan pemanfaatan kembali yang dapat dikonversi menjadi produk atau energi. Terdapat berbagai metode pengelolaan sampah tergantung dari tipe zat sampah, dan ketersediaan area yaitu (Mustika, 2014) :

1. Penimbunan Darat

Penimbunan darat merupakan metode pembuangan sampah dengan menguburnya. Metode ini apabila dikelola dengan baik akan menjadi tempat penimbunan sampah yang higienis dan murah, namun apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah lingkungan yang menghasilkan gas metana dan karbon dioksida yang berbahaya.

2. Metode Daur Ulang

Metode daur ulang merupakan proses pengambilan barang yang masih memiliki nilai dari sampah untuk digunakan kembali. Adapun metodenya yaitu dengan mengambil bahan sampah untuk diproses kembali.

3. Pengelolaan Secara Fisik

Pengelolaan secara fisik merupakan metode mengumpulkan dan menggunakan kembali sampah yang dibuang seperti botol bekas, kotak sampah, dan sampah kendaraan khusus.

4. Pengolahan Biologis

Pengolahan biologis merupakan metode yang digunakan dengan menggunakan proses biologis untuk kompos. Sampah yang digunakan merupakan sampah organik seperti tanaman, sisa makanan atau kertas.

5. Pemulihan Energi

Pemulihan energi merupakan metode pengolahan sampah menjadi bahan bakar. Adapun prosesnya yaitu dengan cara memberikan perlakuan panas seperti

proses pirolisis dan gasifikasi. Produk hasil daur ulang dapat digunakan sebagai bahan bakar memasak atau untuk memanaskan boiler pada turbin.

2.2 Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling umum digunakan. Hal tersebut dikarenakan plastik merupakan bahan yang ringan dan kuat serta mudah untuk dibawa juga mempunyai sifat tahan terhadap bahan kimia dan korosif. Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi monomer hidrokarbon membentuk rantai panjang. Plastik memiliki sifat dan ketahanan yang berbeda beda dan beragam seperti titik didih, titik beku dan lainnya tergantung dari monomer pembentukannya (Klein R, 2011).

Plastik dapat digunakan berulang kali dan ada juga yang apabila digunakan berulang kali dapat menimbulkan resiko pada kesehatan serta ada juga yang setelah penggunaan dan pengolahannya dapat mencemari lingkungan karena pemanfaatannya yang kurang tepat. Terdapat 7 jenis plastik yang umum diketahui diantaranya yaitu (Amanda, 2018) :

1. *Polyethylene Terephthalate (PET)*

Jenis plastik PET banyak digunakan untuk kemasan minuman dan makanan karena kemampuannya yang dapat menjaga makanan tetap kedap udara, seperti contohnya pada botol plastik. PET merupakan jenis plastik yang aman digunakan sebagai kemasan dan termasuk teknologi daur ulang yang baik.

2. *High Density Polyethylene (HDPE)*

Jenis plastik HDPE merupakan jenis plastik yang padat, kuat dan tebal, hal ini karena jenis plastik ini memiliki rantai polimer yang cukup panjang dan juga lebih stabil dibandingkan plastik jenis PET. Plastik HDPE biasa digunakan untuk kemasan karena bahannya yang cukup aman dan dapat mencegah reaksi kimia terhadap bahan yang dikemasnya. Penggunaan plastik jenis ini ada pada kantong belanja, karton susu, botol kemasan obat dan botol susu.

3. *PolyVinyl Chloride (PVC)*

Plastik ini merupakan salah satu jenis plastik yang penggunaannya terbilang cukup berbahaya karena bahannya dapat menyebabkan keracunan bahkan

kanker. Jenis plastik ini biasa digunakan sebagai bahan dasar produk mainan anak, pembungkus plastik, botol detergen dan perlengkapan medis.

4. *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Plastik LDPE merupakan salah satu jenis plastik yang memiliki rantai polimer paling sederhana, hal ini karena polimer LDPE memiliki rantai cabang yang cukup banyak sehingga membuatnya tidak terlalu padat dan bisa digunakan dan diproduksi dengan sangat mudah karena fleksibel dan lebih lunak. Jenis plastik ini penggunaannya yaitu pada produk tas belanja, pembungkus plastik, pelapis karton susu dan gelas minuman. Namun plastik jenis ini sulit untuk didaur ulang.

5. *Polypropilene (PP)*

Plastik berbahan PP biasa digunakan pada wadah penyimpanan makanan panas, thermal vest mobil, pembalut wanita, popok bayi dan lain sebagainya.

6. *Polystirene (PS)*

PS merupakan plastik jenis Styrofoam yang biasa digunakan sebagai wadah kemasan makanan, penyimpanan telur, mangkuk dan gelas sekali pakai.

7. *Polycarbonate (PC)*

Penggunaannya yaitu pada botol susu, botol kecap, gallon dan lain-lain.

Plastik merupakan bahan yang termasuk sulit dan tidak bisa untuk diuraikan namun ada juga sebagian yang bisa teruraikan hanya saja waktu penguraian cukup lama dan ada juga yang menggunakan beberapa proses pengolahan khusus untuk penguraiannya, sehingga plastik ketika setelah digunakan tidak menimbulkan limbah ataupun sampah yang hanya dapat mencemari lingkungan, tetapi plastik dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk dengan cara diolah baik secara pemanasan ataupun proses pengolahan lainnya.

2.3 *Refuse Derived Fuel (RDF)*

Refuse Derived Fuel merupakan bahan bakar hasil yang diperoleh dari proses pemisahan suatu limbah padat yang dapat mereduksi jumlah sampah menjadi *co-combustion*. Dalam proses pembuatan RDF, fraksi sampah yang mudah terbakar akan dilakukan proses reduksi ukuran lalu kemudian dikeringkan

agar dapat digunakan sebagai bahan bakar. RDF memiliki dua fungsi utama yaitu produksi dan pembakaran. Pada proses produksi, sampah atau limbah padat dipisahkan terlebih dahulu antara limbah yang mudah terbakar dan limbah yang tidak mudah terbakar agar limbah yang tidak mudah terbakar tidak masuk ke dalam tahapan produksi RDF. Sedangkan untuk limbah yang mudah terbakar seperti plastik, kayu, dan kertas dapat digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan RDF. Limbah atau sampah yang dapat digunakan dalam proses pembuatan RDF adalah sampah dengan nilai karbon yang tinggi setelah dipisahkan dari sampah yang dapat di daur ulang (Caysa, 2012).

Sistem RDF dibagi menjadi dua yaitu (Wardhani & Chaerul, 2020)

a. *Shred and burn system*

Shred and burn system merupakan sistem yang paling sederhana. Hal tersebut dikarenakan dalam proses ini pengolahan minimal sampah yang belum di proses telah dilakukan penyisihan dari limbah yang tidak mudah terbakar. Dalam sistem ini juga tidak ada ketentuan yang digunakan dalam memisahkan limbah atau sampah yang tidak mudah terbakar. Kemudian sampah akan dipotong kemudian dilanjutkan ke dalam tahap pembakaran.

b. *Simplified process system*

Implified process system merupakan proses yang dilakukan dengan cara memisahkan sampah yang tidak mudah terbakar, dapat didaur ulang, dan material besi dari sampah campuran. Kemudian sampah tersebut akan di homogenkan dengan cara memasukan sampah ke dalam shedder dengan ukuran yang digunakan yaitu 10-15 cm untuk mengoptimalkan *energy recorvery* selama proses pembarakan berlangsung.

RDF merupakan salah satu bentuk penerapan *energy to waste* yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar. RDF diperoleh dari sampah plastik yang tidak dapat didaur ulang dan kemudian dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam indutsri. Proses pemilahan RDF terdiri dari beberapa tahapan :

a. Penyimpanan sampah

Sampah dilakukan proses pemisahan dari material yang tidak diinginkan seperti kayu, kaca, mesin kendaraan dan logam lainnya.

b. Pengayakan sampah

Pengayakan sampah merupakan proses pemisahan antara partikel halus dengan partikel yang memiliki ukuran besar seperti kertas, papan, dan plastik.

c. Penghalusan bahan baku

Pada proses ini dilakukan reduksi ukuran menggunakan alat pencacah sehingga material menjadi fraksi yang ringan, dan dilakukan pemisahan magnetis untuk membuang logam besi dan fraksi berat lainnya.

d. *Fuel Preparations*

Pada proses ini sampah dikonversi menjadi bentuk yang lebih padat dan kering dan dibentuk menjadi *pellet* sehingga dihasilkan RDF dengan kandungan air yang rendah. Kandungan air yang rendah diperlukan agar menghasilkan pembakaran yang baik dan dapat disimpan dalam waktu yang lama (Nurhaliza, 2021).

2.4 Karakteristik RDF

Berikut ini adalah standarisasi dari kualitas briket yang terdapat di beberapa Negara.

Tabel 2.1 Standar Kualitas Briket

Sifat Briket (%)	Jepang	Amerika	Inggris	SNI	PERMEN no 47 Th. 2006
<i>Moisture</i>	6 – 8	6	3 – 4	≤ 8	≤ 15
<i>Ash Content</i>	5 – 7	16	8 – 10	≤ 8	≤ 10
<i>Volatile Matter</i>	15 – 30	19 – 28	16,4	≤ 15	Sesuai bahan baku
<i>Fixed Carbon</i>	60 – 80	60	75	≥ 77	Sesuai bahan baku
Nilai kalor (cal/g)	5000 – 6000	5870	4000 – 6500	≥ 5000	4400

Karakteristik produk RDF berdasarkan *European Comision – Directorate General Environment* Tahun 2003 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Karakteristik RDF

Parameter	Satuan	Sampah Komersial	Sampah Konstruksi	Sampah Rumah Tangga
<i>Lower Heating Value (LHV)</i>	MJ/Kg MWh/t	16-20 4,4-5,6	14-15 3,8-4,2	13-16 3,6-4,4
Kandungan Energi Tahunan	GWh/thn	530	285-315	360-440
Kadar Air	w-%	10-20	15-25	25-35
Abu	w-%	5-7	1-5	5-10
Sulfur	w-%	<0,1	<0,1	0,1-0,2
Klorine	w-%	<0,1-0,2	<0,1	0,3-1,0
Properti Penyimpanan	-	Baik	Baik	Baik dalam bentuk pellet atau baled

Berikut merupakan beberapa parameter kualitas dari briket RDF dengan metode ASTM yaitu Analisa proksimat dan nilai kalor :

a. Kadar air

Kadar air merupakan kandungan air yang terdapat pada briket dan ditentukan melalui perbandingan antara massa air briket dan massa kering briket setelah proses pengeringan. Adapun pengaruh dari kadar air terhadap briket yaitu semakin tinggi kandungan air yang terdapat pada briket, maka nilai kalor dan kualitas briket semakin rendah sehingga dapat berpengaruh terhadap proses pembakaran.

b. Kadar abu

Kadar abu adalah zat sisa hasil pembakaran briket yang mengandung silika. Adapun pengaruh kadar abu terhadap briket yaitu semakin rendah kadar abu pada briket, maka kualitas briket yang dihasilkan semakin tinggi dan juga dapat meningkatkan nilai kalor briket.

c. *Volatile Matter*

Volatile matter merupakan jumlah zat yang menguap selama proses pembakaran yang mengandung karbon monoksida (CO), metana (CH₄), dan

hidrogen (H) serta gas yang tidak mudah terbakar. Adapun pengaruh *volatile matter* terhadap briket yaitu, semakin rendah kadar *volatile matter* maka kualitas briket semakin rendah, hal ini dikarenakan briket akan sulit dibakar.

d. *Fixed Carbon*

Fixed carbon merupakan jumlah keseluruhan karbon yang berada dalam briket. Adapun pengaruh *fixed carbon* terhadap briket yaitu, semakin tinggi *fixed carbon* maka kualitas briket semakin baik. Karena, hal tersebut menunjukkan bahwa briket memiliki nilai kalor tinggi dari reaksi pembakaran antara karbon dan oksigen.

e. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah keseluruhan panas dari proses pembakaran briket. Nilai kalor dipengaruhi oleh jenis bahan baku. Hal tersebut dikarenakan bahan baku memiliki nilai kalor yang berbeda berdasarkan perbedaan *volatile matter*, kadar abu, kadar air, dan *fixed carbon* dari setiap bahan.

2.5 Jenis-Jenis *Refuse Derived Fuel* (RDF)

Refuse Derived Fuel (RDF) diklasifikasikan menjadi tujuh jenis oleh ASTM E 856 *Standard Definitions of Terms and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristic of Refuse Derived Fuel* (Nurhaliza, 2021).

1. RDF-1

Jenis RDF-1 merupakan RDF yang berasal dari sampah dan digunakan langsung bentuk terbuangnya. RDF jenis ini menggunakan sampah yang berukuran besar dan tebal.

2. RDF-2

Jenis RDF-2 merupakan RDF yang berasal dari sampah yang diproses menjadi pertikel kasar tanpa logam, dimana sampah dilakukan penyaringan dan dipadatkan dengan tekanan 300 kg/m^3 .

3. RDF-3

Jenis RDF-3 merupakan bahan bakar yang berasal dari sampah MSW yang diproses dengan cara dicacah dan dipisahkan dari logam dan kaca.

4. RDF-4

Jenis RDF-4 merupakan bahan bakar yang berasal dari sampah mudah terbakar yang diolah menjadi bentuk serbuk.

5. RDF-5

Jenis RDF-5 merupakan bahan bakar yang berasal dari fraksi sampah yang dapat dibakar yang diproses dengan pemadatan menggunakan tekanan 600 kg/m³ menjadi bentuk *pellet*, *slags*, *cubettes*, *briket*, dan lain-lain atau disebut juga dengan *desinfied* RDF.

6. RDF-6

Jenis RDF-6 merupakan bahan bakar dalam bentuk cair atau liquid.

7. RDF-7

Jenis RDF-7 merupakan bahan bakar yang berasal dari sampah yang dapat dibakar dan disebut juga sebagai RDF *syngas*.

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penjelasan terkait penelitian terdahulu mengenai proses pembuatan briket RDF.

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Penelitian
1	<p>Judul : <i>Co-Pelletization of Pine Sawdust and Refused Derived Fuel (RDF) to Hight-Quality Waste-Derived Pellets.</i></p> <p>Peneliti : Garcia, Vazques, Rubiera, and Gil Tahun 2021</p> <p>Hasil :</p> <p>Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut yaitu pembuatan RDF dengan campuran bahan organik dan nonorganik dapat menghasilkan nilai kalor briket 5460,68 kcal/kg. Komposisi dan ukuran briket RDF dapat mempengaruhi nilai kalor dari briket RDF. RDF dengan komposisi bahan 25% kardus, 48% plastik, 23% tekstil, 4% organik memiliki nilai kalor 11,40 MJ/kg.</p>

No	Penelitian
2	<p>Judul : Eko-Briket Dari Sampah Plastik Campuran dan Ligniselulosa.</p> <p>Peneliti : Yulinah Trihadiningrum, Listianawati, dan Sungkono Tahun 2007</p> <p>Hasil :</p> <p>Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut yaitu briket dengan ukuran 40 mesh menghasilkan nilai kalor 8801,04 cal/gram dan briket dengan ukuran mesh 60 menghasilkan nilai kalor 8535,98 cal/gram</p>
3	<p>Judul : Pengolahan Sampah Kota Terseleksi menjadi RDF sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif.</p> <p>Peneliti : Dwi Aries Himawanto, Dhimas Dhewangga, Indarto dkk (2010)</p> <p>Hasil :</p> <p>70% sampah organik (daun pisang dan bambu) dan 30% sampah anorganik (kemasan dan <i>Styrofoam</i>) diolah menjadi RDF menggunakan pemanasan dan pirolisis menghasilkan massa char setelah pirolisis adalah 29,49% dengan nilai kalor 5527,846 cal/gram. Dengan energi sebesar 29,13%.</p>
4	<p>Judul : Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Lama Bakar dari RDF Ampas Kopi dan Ampas Tebu.</p> <p>Peneliti : Fery Surya R, Danar Susilo Wijayanto, Husin Bugja (2020).</p> <p>Hasil :</p> <p>Pembuatan briket dengan bahan ampas kopi, ampas tebu dan penambahan perekat Tepung Kanji menggunakan variasi komposisi bahan baku dan variasi perekat dengan tekanan 6 kg/cm² dan saringan 10 mesh menghasilkan perolehan hasil tertinggi yaitu pada tebu 30% dan 70% ampas kopi dengan 30% perekat dihasilkan lama bakar 1370 detik. 100% ampas kopi dengan 10% perekat meghasilkan lama bakar 1134 detik.</p>
5	<p>Judul : Penentuan teknologi pengolahan sampah menjadi energi di Kabupaten Boyolali dengan <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)</p> <p>Peneliti : Novica Ayu, Mayang Ananda R, Whindy Ndaru, Rarastika, Mega Mutiara Sari, Wayan Koko Suryawan (2022)</p> <p>Hasil :</p>

No	Penelitian
	<p>Pengolahan sampah plastik jenis LDPE, PP dan PET dengan komposisi plastik 56,12% dan sampah kebun 37,12% menggunakan metode pirolisis, karbonisasi dan insinerasi, menghasilkan metode terbaik untuk pengolahan sampah menjadi energi adalah dengan metode insinerasi dimana menghasilkan residu CO₂ sebesar 10% dan energi yang digunakan sebesar 25%.</p>
6	<p>Judul : Pembuatan briket komposisi plastik <i>polyethylene</i>, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi sebagai bahan bakar alternatif. Peneliti : P. Coniwanti¹, A. G. Putri¹, M. Chandra¹ (2019) Hasil : Pada penelitian ini diperoleh briket dengan kualitas optimal pada suhu 600°C, komposisi 20% <i>low density polyethylene</i>:65% arang tempurung kelapa:15% arang sekam padi dengan nilai kadar air 5,97%, kadar abu 7,98%, <i>volatile matter</i> 35,39%, <i>fixed carbon</i> 50,36%, dan nilai kalor 7.419,48 kal/g.</p>
7	<p>Judul : Pemanfaatan limbah plastik ldpe dan tempurung kelapa diKampung nelayan kabupaten cilacap selatan sebagai briket Biomassa. Peneliti : Candra Asri Muhammad Tahun 2016. Hasil : Briket terbaik diperoleh pada komposisi pencampuran 75% tempurung kelapa dan 25 % plastik LDPE dengan menghasilkan nilai kalor 7.577 kalori/gram, kadar air 5,417 %, kadar abu 2,55 %, <i>volatil matter</i> 38,39 %, dan <i>Fixed carbon</i> 54,67 %. Briket terbaik yang dihasilkan telah memenuhi standar briket PERMEN ESDM no. 47 Th. 2006.</p>
8	<p>Judul : Briket Daun kering sebagai sumber energi alternatif. Peneliti : Effendy Arif, Lydia Salam, Ariyanto, and Fredy.B (2012). Hasil : <ul style="list-style-type: none"> • Nilai kadar air (<i>moisture</i>) terendah 8,67 % yang terdapat pada briket daun kering kakao dengan bahan perekat sagu dan tanah liat. Nilai kadar </p>

No	Penelitian
	<p>air tertinggi 9,58 % yang terdapat pada briket daun kering jati dengan bahan perekat tapioka.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nilai kadar abu terendah 31,41 % yang terdapat pada briket daun kering jati dengan perekat tapioka. Nilai kadar abu tertinggi 32,11% yang terdapat pada briket daun kering jati dengan perekat tepung sagu. • Nilai kalor tertinggi diperoleh dari briket daun kering kakao sebesar 4004 cal/g. • Efisiensi sistem pembakaran briket: 39,191% untuk briket daun kering kakao dengan perekat sagu dan 33,375% untuk briket daun kering kakao dengan perekat tapioka; 32,630% untuk briket daun kering jati dengan perekat sagu dan 32,240% untuk briket daun kering jati dengan perekat tapioka.
9	<p>Judul : <i>The combined effect of plastics and food waste accelerates the thermal decomposition of refuse-derived fuels and fuel blends</i></p> <p>Peneliti : Mar edo, Vitaliy budarin, Ignacio Aracil, Stina Jansson (2015)</p> <p>Hasil :</p> <p>Bahan bakar dengan komposisi plastik dan 5% limbah makanan memiliki kandungan energi yang lebih baik yaitu sebesar 21,9 MJ/kg. spektra TG-FTIR yang diperoleh menunjukkan pada suhu 336°C terjadi pelepasan karbon dioksida, aldehida, keton, dan asam. Pada suhu 447°C terjadi dekomposisi senyawa alifatik seperti CH₄ dan sejumlah senyawa sintetik yang memiliki nilai kalor tinggi dan mudah terbakar.</p>
10	<p>Judul : <i>Substitution of garden and polyethylene terephthalate (PET) plastic waste as refuse derived fuel (RDF)</i></p> <p>Peneliti : Nurulbaiti listyendah Zahra, Iva yenis septiariva, Ariyanti Sarwono, Fatimah dinan qonitan, Mega mutiara sari (2022)</p> <p>Hasil :</p> <p>RDF dengan bahan baku campuran plastik dan sampah kebun memiliki nilai kalor 18,94 – 25,04 MJ/kg. hasil pembakaran RDF diperoleh bahwa pada</p>

No	Penelitian
	<p>suhu 500°C terjadi dekomposisi hemiselulosa, selulosa dan lignin yang terkandung dalam pellet RDF. Pada suhu 450°C terjadi dekomposisi PET menjadi monomer asam.</p>
11	<p>Judul : <i>Recycle of Plastic Bag Wastes with Organic Wastes to Energy for RDF Productions</i></p> <p>Peneliti : Rithy Kan, Chatchai Kungkajit and Thaniya Kaosol (2017)</p> <p>Hasil :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nilai kalor bahan baku yang digunakan yaitu limbah kantong plastik galian sebesar 38,694 kJ/kg, limbah kantong plastik bekas sebesar 39,980 kJ/kg, pelepah sawit sebesar 15,714 dan limbah karet sebesar 43,156 kJ/kg. • Hasil analisis proksimat yang diperoleh yaitu pada karakteristik PP-RDF yaitu mengandung kadar air 7,18%, padatan <i>volatile</i> 72,41%, karbon tetap 9,24% dan abu 11,16%. Kemudian untuk karakteristik UPP-RDF yaitu mengandung kadar air 4,13%, padatan <i>volatile</i> 62,99%, karbon tetap 7,70% dan abu 25,17%. selanjutnya untuk karakteristik PPC-RDF yaitu mengandung kadar air 0,34%, padatan <i>volatile</i> 94,85%, karbon tetap 0,09% dan abu 4,72%. karakteristik PPR-RDF yaitu mengandung kadar air 0,26%, padatan <i>volatile</i> 94,24%, karbon tetap 0,25% dan abu 5,25%. • Nilai kalor tertinggi terdapat pada PPR-RDF yaitu sebesar 5872 kkal/kg.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

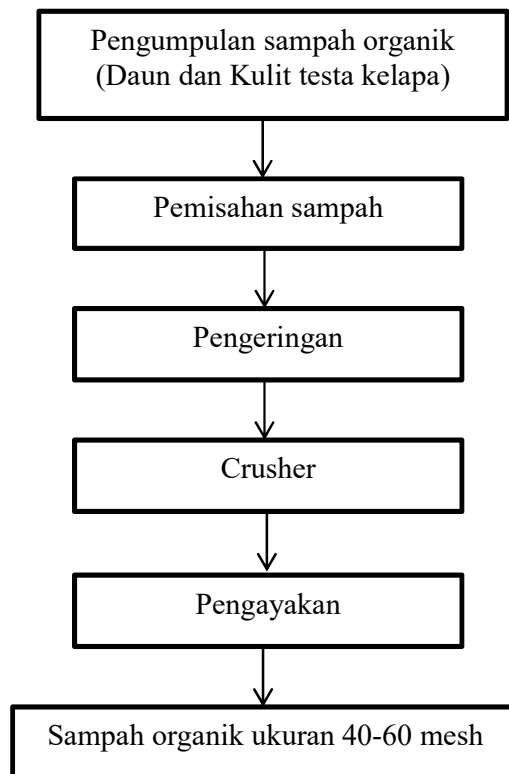
3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian pembuatan RDF dengan bahan baku sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) dan sampah organik kampus (daun dan kulit testa kelapa) diawali dengan proses preparasi bahan baku dan dilanjutkan dengan proses pengepresan RDF. Langkah selanjutnya adalah analisa dan uji karakteristik dari RDF yang dihasilkan. Adapun diagram alir proses yang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Preparasi Bahan Baku

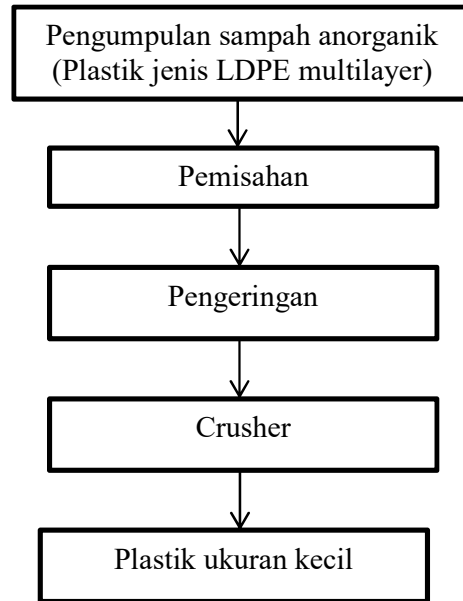
Berikut merupakan diagram alir preparasi bahan baku penelitian.

1. Preparasi sampah organik



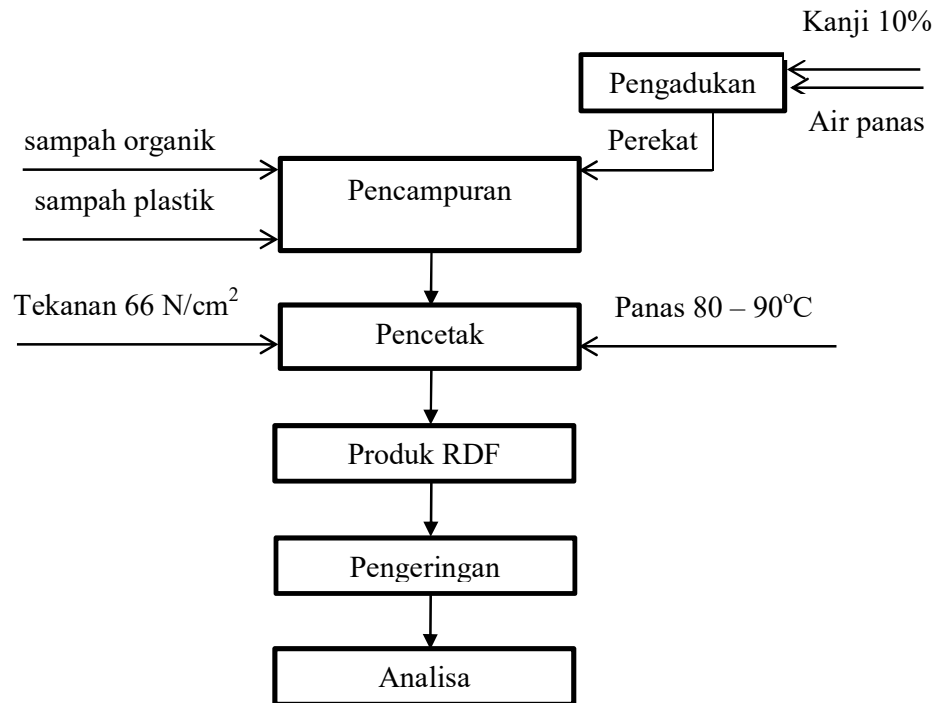
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Sampah Organik

2. Preparasi sampah anorganik



Gambar 3.2 Diagram Alir Preparasi Sampah Anorganik

b. Proses Pembuatan RDF



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan RDF

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Preparasi Bahan Baku

Prosedur proses dalam preparasi bahan baku yaitu pertama mengumpulkan sampah yang terdiri dari sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer). Setelah sampah terkumpul, selanjutnya pisahkan sampah antara sampah organik dan anorganik. Sampah organik dikeringkan hingga kadar air ± 11 %berat, kemudian sampah di crusher dan diayak hingga ukuran partikel 40 – 60 mesh.

3.2.2 Proses Pembuatan RDF

Prosedur proses dalam pembuatan RDF yaitu pertama mencampurkan antara sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) dengan perbandingan komposisi (%berat) 95:5, 90:10, 85:15, dan 80:20, lalu campuran sampah ditambahkan perekat kanji 10% berat dan masukkan kedalam wadah pencetak RDF bentuk silinder dengan diameter 4 cm. Kemudian dilakukan pengepresan dengan tekanan 66 N/cm² dan pemanasan dengan suhu 80 – 90°C. hasil cetakan kemudian dikeringkan sampai kandungan kadar air sebesar ± 11 %. Selanjutnya produk RDF dilakukan analisa *bulk density*, kuat tekan, *proximate*, nilai kalor, dan analisa FTIR produk cair hasil pirolisis.

3.3 Alat dan Bahan

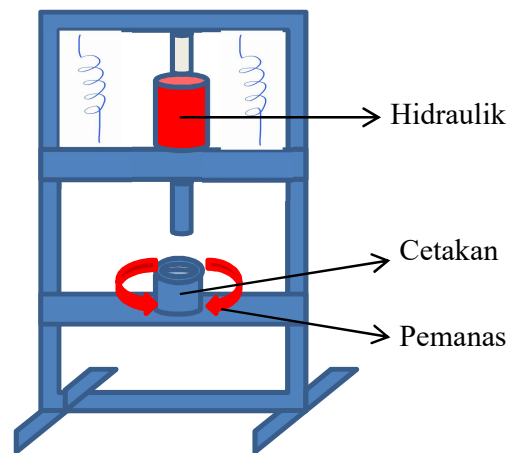
3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu satu set alat press hidrolik, satu set alat pirolisis, batang pengaduk, crusher, gelas beker, heater, jangka sorong, neraca analitik, termometer dan timbangan yang terdapat di Laboratorium Pengolahan dan Produksi Energi Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

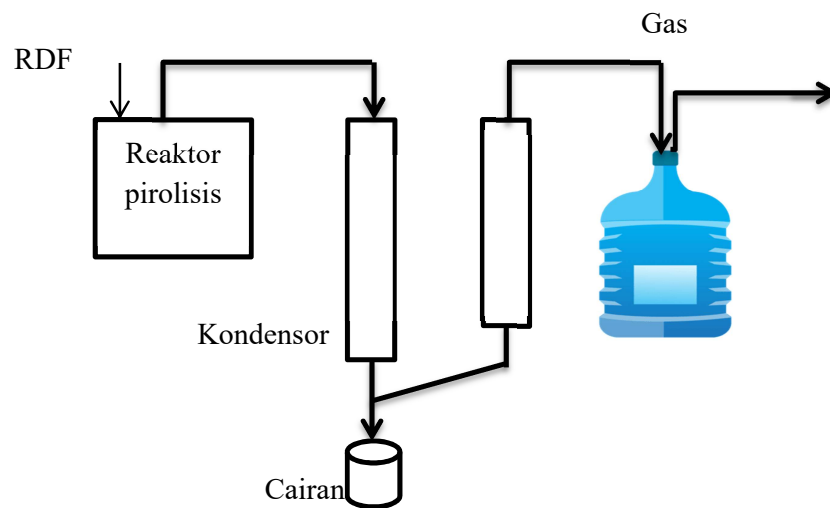
Adapun alat yang digunakan dalam analisa yaitu satu set bom calorimeter dan chamber yang terdapat di Laboratorium Pusat Studi Pangan

dan Gizi Universitas Gajah Mada, dan set analisa FTIR yang terdapat di Laboratorium Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.

Berikut adalah rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 3.4 Alat Press RDF



Gambar 3.5 Rangkaian Alat Pirolisis

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air, sampah organik (daun dan kulit testa kelapa), sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer), dan kanji.

3.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel tetap : Tekanan 66 N/cm^2 , suhu $80\text{-}90^\circ\text{C}$, dan cetakan silinder berdiameter 4 cm, ukuran partikel 40-60 mesh, dan konsentrasi kanji 10%.
- Variabel bebas : komposisi sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer) dengan perbandingan (%berat) 95:5, 90:10, 85:15 dan 80:20.

3.5 Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan dan Produksi Energi pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Data yang diambil yaitu massa briket RDF dan tinggi briket RDF. Analisa data yang diperoleh yaitu nilai *bulk density*, dan uji tekan. Hasil analisa *proximate (moisture content, volatile matter, ash content, dan fixed carbon)* dan nilai kalor diperoleh dari Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada. Hasil Analisa FTIR diperoleh dari Laboratorium Uji Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

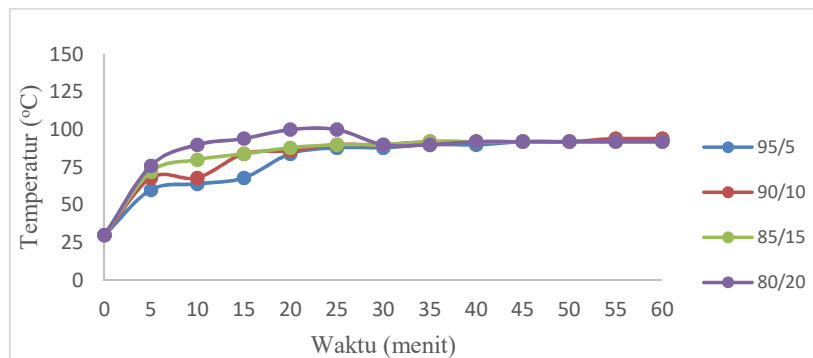
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan dan Produksi Energi pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Proses pembuatan briket RDF dengan metode *Refuse Derived Fuel* (RDF) dilakukan dengan pencampuran sampah organik dan sampah anorganik, kemudian pengepresan bahan baku pada tekanan 66 N/cm^2 dan suhu pemanasan $80\text{-}90^\circ\text{C}$ selama 60 menit dengan variasi komposisi sampah organik dan anorganik (%berat) 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan ukuran partikel 40-60 mesh. Selanjutnya briket RDF yang sudah dicetak dilakukan pengeringan hingga kadar air $\pm 11\%$. Bahan baku yang digunakan adalah sampah Fakultas Teknik, Universitas sultan Ageng Tirtayasa yang terdiri dari sampah organik (daun kering dan kulit testa kelapa) dan sampah anorganik (plastik jenis LDPE multilayer). Data produk yang diperoleh pada penelitian ini yaitu data massa dan tinggi briket RDF, profil transfer suhu pengepresan RDF, dan profil suhu terhadap waktu proses pirolisis. Data analisis yang diperoleh akan menggunakan analisa *bulk density*, uji tekan, *proximate*, nilai kalor, dan FTIR.

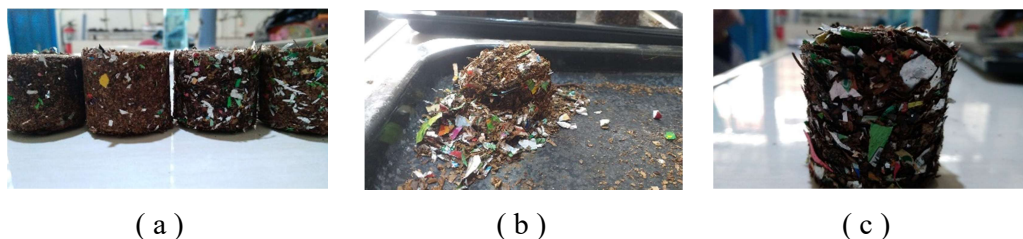
4.1 Profil Transfer Panas Pengepresan RDF

Proses pengepresan RDF dilakukan pada suhu $80\text{-}90^\circ\text{C}$ selama 60 menit. Dari proses tersebut menghasilkan profil transfer suhu yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Profil Transfer Suhu Pengepresan RDF

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada proses pengepresan RDF dengan tambahan pemanas suhu 80-90°C menghasilkan briket RDF yang baik. Semakin lama waktu pemanasan akan menghasilkan kepadatan briket yang baik. Karena semakin lama waktu pemanasan akan mengurangi kandungan air yang terdapat dalam RDF sehingga sampah merekat dengan baik. Adapun hasil produk RDF yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Hasil Produk RDF (a) RDF dengan kanji dan pemanas, (b) RDF dengan pemanas tanpa kanji, (c) RDF dengan kanji tanpa pemanas.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa uji coba pengambilan data pada pembuatan briket RDF, diantaranya yaitu uji coba pembuatan RDF dengan menggunakan perekat kanji 10% kemudian dilakukan pengepresan selama 60 menit dengan suhu 80-90°C yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 bagian a. Percobaan berikutnya dilakukan dengan melakukan pengepresan pada suhu 80-90°C selama 60 menit tanpa menggunakan perekat kanji yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 bagian b. percobaan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan perekat kanji 10% dan dilakukan pengepresan selama 60 menit tanpa menggunakan pemanasan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 bagian c. Hasil briket RDF menggunakan kanji dan pemanas memberikan hasil yang baik, dimana kerapatan briket yang dihasilkan baik dan tidak mudah hancur. Sedangkan briket RDF dengan pemanas tanpa tambahan kanji, hasil briket RDF yang diperoleh kurang rapat dan hancur. Pada briket RDF dengan tambahan kanji tanpa pemanas, hasil briket RDF rapat kemudian selang beberapa menit briket RDF merekah sehingga kerapatan kurang baik. Hal tersebut karena dengan adanya tambahan kanji dalam campuran sampah membantu merekatkan sampah organik dan sampah plastik. Namun apabila tidak menggunakan pemanas, hasil rapatan briket

RDF akan merekah sehingga diperlukan adanya pemanas untuk membantu merekatkan antara sampah organik dan sampah plastik secara maksimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perekat kanji 10% dan dilakukan pengepresan selama 60 menit dengan pemanas pada suhu 80-90°C. Briket RDF yang dihasilkan memiliki kerapatan dan juga bentuk yang baik sehingga tidak mudah hancur saat penyimpanan maupun pengangkutan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jewiarz dkk. Tahun 2020, menjelaskan bahwa pembuatan RDF memerlukan cetakan khusus sehingga menghasilkan daya tahan tinggi dan kerapatan yang baik. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pembuatan briket RDF yang menghasilkan kerapatan lebih baik ditunjukkan pada RDF menggunakan kanji dan pemanas. Penggunaan kanji membantu merekatkan produk RDF sehingga lebih tahan lama dan tidak mudah hancur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Danang dkk. Tahun 2012, menjelaskan bahwa pemanasan pada pembuatan briket membantu memanasi sampah organik agar mencairkan kandungan lignin yang terdapat dalam sampah organik. Lignin dalam sampah organik mampu mencair pada suhu 80 – 120 °C dan akan mengeras kembali pada suhu ruang. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan alasan briket RDF dengan pemanas mampu merekat dan membentuk briket dengan baik sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2 bagian a.

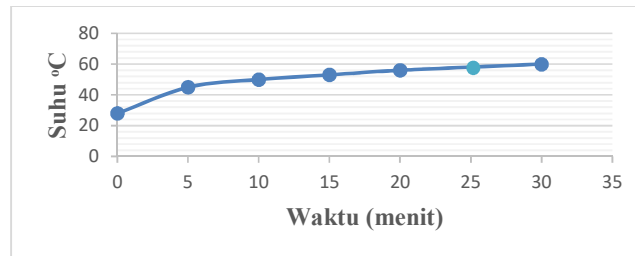
4.2 Profil Suhu Terhadap Waktu Pada Proses Pembakaran RDF

Pembakaran RDF dilakukan secara langsung. Adapun Profil suhu proses pembakaran RDF ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Pembakaran RDF

Proses pembakaran RDF dilakukan menggunakan sampel RDF dengan komposisi 85:15% berat. Kenaikan suhu yang terjadi pada proses pembakaran ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Profil Suhu Pembakaran RDF

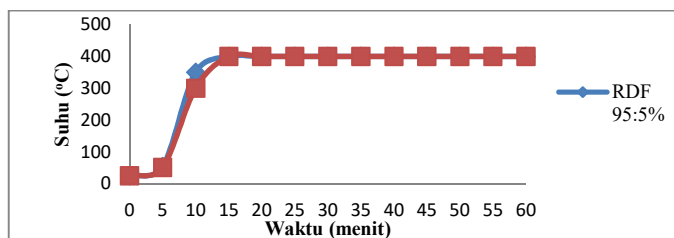
Gambar 4.4 menunjukkan terjadinya kenaikan suhu pembakaran RDF setiap waktu. Proses pembakaran RDF dilakukan dengan menggunakan komposisi RDF terbaik yaitu 85:15 % berat dengan kandungan nilai kalor yang diperoleh yaitu sebesar 4598,017 cal/g. Terlihat bahwa suhu optimum yang dapat dicapai yaitu sebesar 60°C pada waktu 30 menit. Hal tersebut dikarenakan jumlah RDF yang digunakan pada proses pembakaran hanya sebanyak 125 gram sehingga memperoleh lama waktu pembakaran yang cukup cepat dengan suhu yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Pembakaran yang terjadi berlangsung dengan sempurna karena abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran sedikit dengan massa tersisa 10% dari massa awal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dwi Aries Himawanto dkk. Pada tahun 2010, menjelaskan bahwa proses pembakaran RDF dimulai dengan proses pengeringan pada suhu sekitar 52°C-268°C yang menyisakan massa sebesar 90%. Berakhirnya proses pengeringan ditunjukkan dengan adanya penurunan massa yang sangat signifikan. Proses devolatilisasi terjadi pada suhu 268°C-428°C dan terjadi pengurangan massa hingga tersisa 20% dari massa awal. Setelah proses devolatilisasi selesai selanjutnya akan masuk kedalam tahap pembakaran *char*. Pada tahap ini, akan terjadi pengurangan massa hingga tersisa 0,44% dengan suhu akhir pembakaran yaitu sebesar 579°C dan hanya menyisakan abu.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fery Surya Ramadhan dkk. Tahun 2020, menjelaskan bahwa hasil uji bakar RDF yang dilakukan

menggunakan sampah organik dan konsentrasi perekat 30% memperoleh waktu lama bakar terbaik yaitu 1370 detik. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak jumlah perekat yang digunakan pada RDF maka akan semakin lama proses pembakaran yang terjadi.

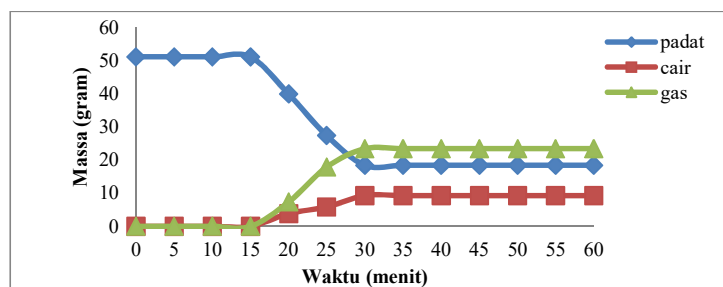
Pembakaran RDF menggunakan alat pirolisis digunakan untuk mendapatkan produk cair RDF, dimana terjadi proses pemanasan RDF pada suhu 400°C selama 60 menit. Berikut adalah profil kenaikan suhu pembakaran terhadap waktu proses pirolisis.



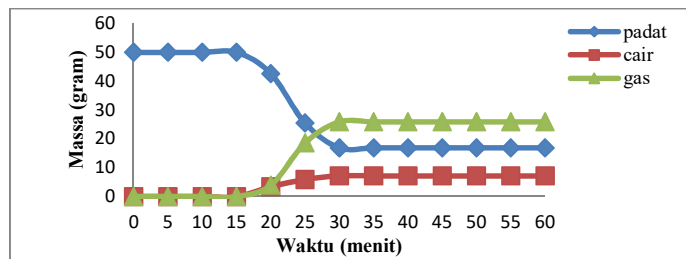
Gambar 4.5 Profil Suhu Terhadap Waktu Proses Pirolisis

Kenaikan suhu pada reaktor dicatat setiap 5 menit dengan suhu awal 25°C, setelah 15 menit tercapai suhu 400°C dan terjadi proses pirolisis hingga 60 menit dimana gas hasil pembakaran keluar melalui bagian atas reaktor dan masuk ke dalam kondensor dengan suhu operasi 20°C sehingga dihasilkan produk cair dan gas. Kenaikan suhu pada pemanasan briket RDF komposisi 95:5% lebih cepat dibandingkan pada pemanasan briket RDF komposisi 80:20%. Hal ini karena briket RDF dengan komposisi plastik lebih banyak akan lebih sulit dibakar dibandingkan briket RDF dengan komposisi plastik yang sedikit.

Berikut adalah produk hasil pirolisis briket RDF komposisi plastik 5% dan 20% yang disajikan dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7



Gambar 4.6 Produk Hasil Pirolisis RDF 5%



Gambar 4.7 Produk Hasil Pirolisis RDF 20%

iperoleh bahwa pirolisis briket RDF dalam suhu operasi 400°C selama 60 menit terjadi dekomposisi briket RDF menjadi *volatile* yang kemudian dikondensasi menghasilkan produk cair dan gas. Pada pirolisis briket RDF komposisi plastik 5% menghasilkan beberapa produk yaitu padatan 36,05%, cairan 18,15%, dan gas 45,8%. Pada pirolisis briket RDF komposisi plastik 20% menghasilkan produk padatan 33,82%, cairan 14,39% dan gas 51,79%. Adanya perbedaan komposisi dalam briket RDF menyebabkan yield produk pirolisis yang berbeda, semakin banyak plastik yang digunakan akan menghasilkan gas yang lebih banyak namun menghasilkan cairan dan padatan yang lebih sedikit. Hal tersebut karena selama proses pirolisis campuran sampah dalam briket RDF belum seluruhnya terdekomposisi sempurna menjadi *volatile*. Briket dengan komposisi sampah organik lebih banyak dibandingkan sampah plastik memiliki kerapatan yang sangat kuat, sehingga pembakaran briket RDF tidak seluruhnya terdekomposisi dan menghasilkan padatan yang lebih banyak.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mar Edo dkk. Tahun 2016, menjelaskan bahwa oksidasi sampah organik terjadi pada suhu 350°C dimana terjadi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin. *Volatiles* yang terbentuk teroksidasi dan membentuk arang. Pada suhu 470°C terjadi dekomposisi dan oksidasi dari lignin pada arang yang terbentuk. Pada tahap pertama terjadi penurunan massa sebesar 62.2% dengan kadar abu yang dihasilkan sebesar 4%. Pada penelitian ini penurunan massa pada briket RDF komposisi 95:5% sebesar 63,95% dan pada briket RDF komposisi 80:20% sebesar 66,18% sesuai dengan penelitian Mar Edo dkk, 2016.

Penelitian yang dilakukan Garcia dkk. Tahun 2021, menjelaskan bahwa pada pembakaran RDF terjadi kehilangan massa akibat adanya pelepasan *volatile*

pada suhu 390°C dan 551°C. *volatiltas* terjadi pada bahan organik, kertas, plastik, dan pembakaran arang. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa oksidasi atau dekomposisi terjadi pada rentang suhu $\pm 400^\circ\text{C}$ agar menghasilkan penurunan massa briket RDF hingga massa padatan yang dihasilkan lebih sedikit.

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa briket RDF dengan komposisi plastik lebih banyak yaitu pada komposisi 80:20% merupakan briket RDF yang menghasilkan penurunan massa terbaik yaitu sebesar 66,18% menjadi produk cair dan gas.

4.3 Pengaruh Komposisi Terhadap Karakteristik RDF

4.3.1 Pengaruh Komposisi Terhadap *Bulk Density*

Bulk Density merupakan ukuran kerapatan bahan yang menunjukkan rasio antara massa dan volume bahan yang sudah dalam bentuk briket. Pembriketan digunakan dengan tujuan meningkatkan kerapatan massa dan ketahanan RDF serta membuat RDF lebih mudah dalam pengangkutan dan penyimpanan. Kepadatan RDF memberikan kualitas yang lebih baik dalam pembakaran. Kepadatan yang rendah akan mengalami kesulitan dalam pembakaran karena adanya peningkatan kadar air (Ariefin dkk, 2018).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai *Bulk Density* yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan *Bulk Density*

Komposisi		BD (g/cm ³)	BD rata- rata (g/cm ³)	BD (Suryawan dkk. 2022) (g/cm ³)	BD (Rithy dkk.2017) (g/cm ³)
95:5	1	0,632	0,631	1,19 - 3,91	0,57-0,65
	2	0,630			
90:10	1	0,676	0,681		
	2	0,685			
85:15	1	0,723	0,706		
	2	0,690			
80:20	1	0,735	0,730		
	2	0,725			

Nilai *bulk density* yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pada sampel RDF dengan variasi 95:5% memiliki nilai *bulk density* rata-rata sebesar $0,6307 \text{ g/cm}^3$, variasi 90:10% memiliki nilai *bulk density* rata-rata sebesar $0,6806 \text{ g/cm}^3$, variasi 85:15% memiliki nilai *bulk density* rata-rata sebesar $0,7060 \text{ g/cm}^3$, dan variasi 80:20% memiliki nilai *bulk density* rata-rata sebesar $0,7300 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan hasil perhitungan *bulk density* tersebut terlihat bahwa perbedaan komposisi plastik menjadi faktor dalam perhitungan nilai *bulk density*, dimana semakin banyak campuran plastik didalam sampah organik (daun dan kulit testa kelapa), maka nilai *bulk density* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses pembuatan RDF menggunakan tekanan yang konstan sehingga memperoleh volume RDF yang berbeda dan dapat berpengaruh terhadap nilai *bulk density* yang dihasilkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rithy dkk. Tahun 2017, menjelaskan bahwa RDF dengan komposisi campuran limbah kantong plastik dan limbah organik mempunyai nilai *bulk density* $0,57-0,65 \text{ g/cm}^3$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada hasil penelitian yang telah dilakukan dengan perolehan RDF dengan nilai *bulk density* berkisar $0,63-0,73 \text{ g/cm}^3$ sesuai untuk RDF dalam bentuk briket. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Garcia tahun 2021 menjelaskan bahwa *pellet* biomassa dan RDF memiliki nilai kerapatan terbaik pada $0,60 \text{ g/cm}^3$ pada konsentrasi biomassa 92% berdasarkan parameter pengelolaan, kemudahan pengangkutan dan penyimpanan.

Berdasarkan perhitungan *bulk density* yang dilakukan pada penelitian ini maka, RDF dengan komposisi sampah 80:20% memiliki nilai *bulk density* terbaik yaitu sebesar $0,730 \text{ g/cm}^3$. Hasil *bulk density* yang diperoleh pada penelitian ini berbeda dengan literatur. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan bahan baku yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

4.3.2 Pengaruh Komposisi Terhadap Uji Tekan

Pada penelitian ini diperoleh hasil perhitungan uji tekan yang disajikan dalam Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Uji Tekan

Komposisi	Hasil Penelitian		Penelitian Terdahulu
	Tekanan (N/cm ²)	Tekanan (kg/cm ²)	Rithy dkk, 2017
95:5	102,837	10,49	2,01-2,32 kg/cm ²
90:10	127,805	13,04	
85:15	65,541	6,69	
80:20	127,025	12,96	

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa briket RDF yang dihasilkan pada campuran sampah organik dan sampah plastik LDPE multilayer diperoleh nilai uji tekan pada komposisi 95:5% sebesar 102,837 N/cm², komposisi 90:10% sebesar 127,805 N/cm², komposisi 85:15% sebesar 65,541 N/cm² dan komposisi 80:20% sebesar 127,025 N/cm². Hasil terbaik yang diperoleh pada penelitian ini terdapat pada komposisi campuran sampah organik dan sampah plastik 90:10%. Hal ini karena semakin banyak plastik yang digunakan maka akan menyebabkan kerapatan dalam briket RDF semakin kecil sehingga menyebabkan ketahanan uji tekan yang dihasilkan semakin rendah. Sebaliknya, dengan sedikitnya penggunaan plastik dalam briket RDF maka menyebabkan kerapatan briket RDF semakin besar sehingga menyebabkan ketahanan uji tekan yang dihasilkan semakin tinggi.

Penelitian yang dilakukan Rithy dkk. Tahun 2017, menjelaskan bahwa kuat tekan RDF terbaik dengan komposisi limbah plastik dan limbah organik adalah 2,01-2,32 kg/cm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini memiliki nilai kuat tekan yang lebih baik yaitu berkisar 6,69-13,04 kg/cm². Hal ini karena sampah organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah pencampuran daun dan kulit testa kelapa yang memberikan kepadatan yang lebih baik juga dengan adanya penambahan perekat kanji yang memberikan kerapatan baik sehingga produk RDF mempunyai ketahanan yang kuat dan tidak mudah hancur.

Pada penelitian yang dilakukan Nugraha dkk. Tahun 2017, menjelaskan bahwa tekanan briket dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran briket. Semakin besar kuat tekan dan kerapatan briket maka proses pembakaran akan lebih lama dan terjadi peningkatan suhu pembakaran.

4.3.3 Analisa Proksimat dan Nilai Kalor

Pada penelitian ini diperoleh hasil analisa proksimat dan nilai kalor yang dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM yang disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisa Proksimat dan Nilai Kalor

	Sampel	Hasil Analisis				Nilai kalor (kal/g)
		Abu %	Air %	<i>Volatile matter</i> %	<i>Fixed carbon</i> %	
Hasil Penelitian	95:5	13,404	12,205	52,423	21,968	3955,088
	90:10	13,765	11,469	53,523	21,216	4102,900
	85:15	14,681	11,215	54,465	19,459	4598,017
	80:20	14,699	11,984	54,537	18,780	4591,528
	Tanpa press dan perekat	15,968	10,980	54,447	22,605	4080,237
Penelitian Terdahulu	Yulinah dkk, 2007	0,64	12,79	85,14	1,56	8801,04
	Garcia dkk, 2021	26	8,5	70,4	3,6	2724,67
	Rithy dkk, 2017	7,8	11,16	72,41	9,24	5,725

Hasil analisa pada penelitian ini yang terdapat dalam Tabel 4.3 diperoleh bahwa komposisi sampah organik dan sampah plastik berpengaruh terhadap karakteristik briket RDF. Semakin banyak komposisi sampah plastik dalam briket RDF, maka RDF mempunyai kadar abu yang lebih banyak. Hal tersebut karena plastik merupakan bahan yang sulit terurai sehingga untuk pembakaran dengan komposisi plastik yang lebih banyak akan menghasilkan abu yang semakin banyak. Kadar air dalam semua komposisi hampir sama yaitu 11%. Hal ini karena massa perekat yang digunakan sama, dengan konsentrasi 10% dan perlakuan lama pengeringan yang sama. Perbedaan komposisi juga berpengaruh terhadap *volatile matter* dalam briket RDF, semakin sedikit komposisi sampah plastik dalam briket RDF, maka RDF mempunyai *volatile* yang lebih besar dan mempunyai *fixed carbon* yang lebih rendah. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, adanya perbedaan komposisi bahan dalam RDF dapat berpengaruh

terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Semakin besar komposisi plastik yang digunakan maka akan menghasilkan nilai kalor yang semakin besar.

Nilai kalor hasil penelitian lebih besar dibandingkan dengan nilai kalor pada penelitian Garcia dkk, 2021. Hal tersebut karena pada penelitian ini bahan RDF ditambahkan dengan limbah kulit testa kelapa yang membuat RDF memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dan sampah plastik jenis LDPE yang memiliki nilai kalor tinggi.

Penelitian Rithy dkk. Tahun 2017, menjelaskan bahwa sampah plastik kemasan makanan memiliki nilai kalor 6687-8837 cal/g dan sampah daun memiliki nilai kalor sebesar 3753,22 cal/g. Sedangkan, nilai kalor untuk produk RDF sebagai campuran antara sampah plastik dan sampah organik menghasilkan nilai kalor sebesar 5.725 cal/g. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa produk RDF pada penelitian ini, dengan adanya penambahan plastik dalam campuran RDF memberikan nilai kalor yang lebih tinggi.

Parameter karakteristik RDF berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8966:2021 tentang Bahan Bakar Jumptan Padat yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4. Standar Parameter Bahan Bakar Jumptan Padat

No	Parameter	Satuan	Kelas		
			1	2	3
1	Kadar air	% berat	<15	<20	<25
2	Kadar abu	% berat	<15	<20	<25
3	<i>Volatile Matter</i>	% berat	65	70	75
4	<i>Fixed Carbon</i>	% berat	>15	>10	>5
5	Nilai Kalor	cal/g	≥4776,917	≥3582,688	≥2388,458

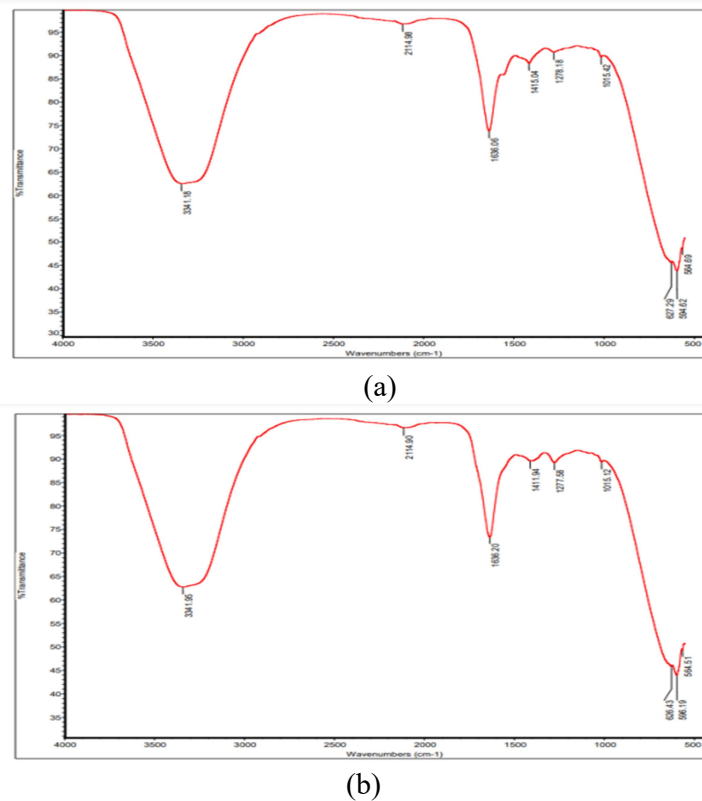
Berdasarkan hasil analisa produk RDF pada penelitian ini jika dibandingkan dengan parameter SNI tentang bahan bakar jumptan padat, produk RDF yang dihasilkan termasuk kedalam karakteristik bahan bakar kelas 2.

Hasil terbaik pada penelitian ini diperoleh pada komposisi campuran sampah organik (daun dan kulit testa kelapa) dan sampah plastik 85:15% dengan nilai kalor sebesar 4598,017 kal/g, kadar abu 14,681%, kadar air 11,215%,

volatile matter 54,4657%, *fixed carbon* 19,459%. Hal tersebut karena plastik memiliki nilai kalor yang tinggi, sehingga semakin banyak plastik yang digunakan maka nilai kalor yang dihasilkan akan semakin besar. Dan adanya penambahan limbah kulit testa kelapa dalam campuran RDF membantu meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan.

4.3.4 Analisa FTIR

Pada penelitian ini diperoleh hasil analisa FTIR produk cair pirolisis bahan RDF yang dilakukan di Laboratorium Uji Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang ditampilkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil analisa FTIR produk RDF (a) komposisi sampah plastik 5% (b) komposisi sampah plastik 20%.

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa intensitas puncak serapan dalam 2 kurva yaitu pada RDF komposisi plastik 5% dan RDF komposisi plastik 20% mempunyai serapan yang berbeda, komposisi plastik 20% mempunyai

puncak serapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi plastik 5%. Hal tersebut karena semakin banyak plastik maka akan semakin banyak kandungan aldehid yang terdapat dalam RDF. Dalam kurva spektra FTIR pada sampel menunjukkan adanya serapan intensitas pada bilangan gelombang 3341 cm^{-1} , 1636 cm^{-1} , 594 cm^{-1} yang menunjukkan adanya senyawa CH_4 , gugus fungsi CO (*aldehid dan acid*) dan senyawa CO_2 . dalam grafik FTIR juga ditunjukkan adanya serapan gelombang pada bilangan gelombang $1015,42\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya senyawa phenol.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Cheng dkk. Tahun 2014, menjelaskan bahwa karakteristik produk pirolisis limbah organik dan bahan bakar dalam suhu rendah melepaskan gas dengan kandungan H_2 , CO_2 , CH_4 dan CO dalam rentang bilangan gelombang $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$ dengan puncak intensitas pada bilangan gelombang $2000\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan senyawa aldehid dan asam gugus CO.

Pada penelitian yang dilakukan Mar Edo dkk. Tahun 2016, menjelaskan bahwa dalam produk RDF campuran plastik dan limbah biomassa mengandung senyawa alifatik seperti CH_4 dengan panjang gelombang 2925 dan 2826 cm^{-1} yang merupakan senyawa dari dekomposisi lignin. Dekomposisi bahan bakar pada suhu rendah menghasilkan karbon dioksida, keton, aldehid dan asam karboksilat. Pada penelitian ini, hasil analisa FTIR produk RDF menunjukkan adanya serapan gelombang dalam bilangan gelombang $2114,98\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus fungsi CO yang merupakan senyawa aldehid. Berdasarkan penelitian Singh Tahun 2011, menjelaskan bahwa gugus fungsi CO terdapat dalam serapan gelombang $2240\text{-}2060\text{ cm}^{-1}$ dari produk pirolisis sampah organik dan sampah plastik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini :

1. Sampah plastik jenis LDPE multilayer, sampah daun dan kulit testa kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk RDF sebagai penurunan jumlah timbunan sampah menjadi produk bahan bakar yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti.
2. Briket RDF terbaik dihasilkan pada komposisi 85:15% berat dengan *bulk density* 0,706 g/cm³ dan kuat tekan 6,69 kg/cm² mempunyai nilai kalor 4598,017 cal/g, kadar abu 14,681%, kadar air 11,215%, *volatile matter* 54,465% dan *fixed carbon* 19,459%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari pengkajian hasil penelitian yang dilakukan, maka peneliti bermaksud untuk memberikan saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya yaitu dengan melakukan Analisa GC untuk mengetahui kadar SO_x dan NO_x yang dihasilkan pada proses pembakaran. Semoga saran yang diberikan dapat bermanfaat bagi peneliti selanjutnya guna menghasilkan kualitas RDF yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda B. 2018. Tujuh Jenis Plastik dari LDPE, PET, HDPE, PVC, PP. diakses pada 14 Februari 2023. <https://waste4change.com/blog/tipe-dan-jenis-plastik/?amp=1>
- Anggun T, Fitri N, Asip F. 2014. *Pembuatan Briket dari Campuran Limbah Plastik LDPE, Tempurung Kelapa dan Cangkang Sawit*. *Jurnal Teknik Kimia* 20 (02): 45-54. Doi : <https://doi.org/10.36706/jtk.v24i1.184>
- Bimantara, Caysa A. 2012. *Analisa Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Unit Pengolahan Sampah (UPS) Di Kota Depok (Studi Kasus UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)*. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Candra A Muhammad. 2016. *Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE dan Tempurung Kelapa di Kampung Nelayan Kabupaten Cilacap Selatan Sebagai Briket Biomassa*. Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Chen Qingzheng, Via B, Wang J dan Zondlo J. 2014. *Primary Study of Woody Biomass and Coal for Energy Production Invertigated by TGA-FTIR Analysis*. *Jurnal BioResource* 9(2), 2899-2906.
- Coniwanti P, Chandra M, dan Putri. 2019. *Pembuatan Briket Komposit Plastik Polyethylene, Arang Tempurung Kelapa, dan Arang Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Alternatif*. *Jurnal UNSRI*.
- Depkes RI. 2008. *Profil Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2007*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Dwi Aries Himawanto, R. Dhimas Dhewangga P, Indarto, Herwin Saptoadi, Tri Agung Rohmat. 2010. *Pengolahan Sampah Kota Terseleksi Menjadi Refused Derived Fuel Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif*
- Edo Mar, Budarin V, dan Aracil Ignacio. 2015. *The Combined Effect of Plastics and Food Waste Accelerates The Thermal Dekomposition of Refuse Derived Fuels and Fuel Blends*. *Jurnal Fuel Elsvier*. 180 hal 424-432. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.04.062>
- Fery Surya Ramadhan, Danas Susilo Wijayanto, Husin Bugia. 2020. *Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Lama Bakar Dari RDF Ampas Kopi dan*

*Ampas Tebu. Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas
Sebelas Maret.*

- Garcia R, Vasquez Gonzales, Rubiera F, Pevida C dan Gil M.V. 2021. *Co-Pelletization of Pine Sawdust and Refuse Derived Fuel (RDF) to High-Quality Waste Derived Pellets. Journal of Cleaner Production 328 (2021) 129635.* Doi : <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129635>
- Himawanto D, Dwangga R, Saptoaji H dan Indarto. 2010. *Pengolahan Sampah Kota Terseleksi Menjadi Refuse Derived Fuel Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif. Jurnal Teknik Industri.* Vol.11 No.2.
doi : <https://doi.org/10.22219/JTiumm.Vol11.No2.127-133>
- Jewiarz, Mudryk, Wrobel, dan Dziedzic. 2020. *Parameters Affecting RDF Based Pellets Quality. Energies 13.* Doi : <https://doi.org/10.3390/en13040910>
- Klein, R. 2011. *Laser Welding of Plastics.* Wiley: VCH Verlag & Co.
- Mustika D. 2014. *Analisis Pengelolaan Limbah Padat Pelayanan Kesehatan Di Kota Banjarbaru. Jurnal Enviro Scienteeae.*
- Nurhaliza. 2021. *Studi Kelayakan Daur Ulang Sampah Di TPA Tamangapa Menjadi Material RDF (Refuse Derived Fuel).* Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
- Nurulbaiti L, Septriariwa, dan Sarwono Ariyanti. 2022. *Subtitution of Garden and Polyethylene Terephthalate (PET) plastic Waste as Refuse Derived Fuel (RDF). International Journal of Renewable Energy Development 11 (2) hal 523-532.* Doi : <http://10.14710/ijred.2022.44328>
- Ramadhan F, Wijayanto D, dan Bugis Husin. 2020. *Pengaruh Konsentrasi Perekat Terhadap Lama Bakar dari RDF Ampas Kopi dan Ampas Tebu. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin.* Vol 2 No.4.
doi : <https://doi.org/10.20961/nozel.v1i4.50854>
- Rania Mutiara F, Lesmana I Gede, dan Maulana Eka. 2019. *Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Incinerator Pirolisis. Jurnal Mesin Teknologi.* Volume 13 No.1 e-ISSN: 2549-9645.
Doi: <https://doi.org/10.24853/sintek.13.1.51-59>

- Rithy K, Kungkajit C dan Kaosol T. 2017. *Recycle of Plastic Bag Waste with Organic Waste to Energy for RDF Productions. American Journal of Applied Sciences*. Doi : <http://10.3844/ajassp.2017.1103.1110>
- Sari Ayu N, Rini Mayang, Oktaviani W dan Suryawan. 2022. *Pemanfaatan Teknologi Pengolahan Sampah menjadi Energi di Kabupaten Boyolali dengan Analytic Hierarchy Process. Jurnal Dinamika Lingkungan*. Vol 9 No 1. Doi : <http://dx.doi.org/10.31258/dli.9.1.p.17-24>
- SIPSN.menlhk.co.id. Data Komposisi Kota Cilegon 2020. Diakses Pada Tanggal 14 Februari 2023. Pukul 11.55 WIB.
- SK SNI T-13-1990-F, Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan, Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Sucipto Cecep D. 2012. *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*. Gosityen Publishing. Yogyakarta. ISBN : 978-602-9018-32-5.
- Ujang. 2018, November 12. Penyumbang Sampah Terbesar di Kota Cilegon adalah Sampah Plastik. Banten Hari Ini, p. 1.
- Wardhani, A. k. & Chaerul, m. 2020. *Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah Perkotaan dengan Proses Biodrying* . Presipitasi, 2.
- Yulinah, Listiyanawati D, dan Sungkono D. 2007. *Eco-Briquette From Mixed Plastic and Lignocellulosic Waste Materials. Jurnal Purifikasi*. Vol.8 ISBN : 978-979-99735-4-29.

LAMPIRAN

Lampiran I. Contoh Perhitungan

1. Menghitung Massa Bahan Baku

Massa Total = 25 gram

Komposisi 95:5

$$\begin{aligned} \text{Massa Biomassa} &= \frac{95}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= 23,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Daun} &= \frac{80}{100} \times \text{massa biomassa} \\ &= \frac{80}{100} \times 23,75 \\ &= 19 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Kulit Kelapa} &= \frac{20}{100} \times \text{massa biomassa} \\ &= \frac{20}{100} \times 23,75 \\ &= 4,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Plastik} &= \frac{5}{100} \times \text{massa total} \\ &= \frac{5}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= 1,25 \text{ gram} \end{aligned}$$

Tabel 1. Data Komposisi

Sampel	Perbandingan		Komposisi (gram)		
	Biomassa	Plastik	Daun	Kulit kelapa (20% biomas)	Plastik
95/5	95%	5%	19	4,75	1,25
90/10	90%	10%	18	4,5	2,5
85/15	85%	15%	17	4,25	3,75
80/20	80%	20%	16	4	5

2. Menghitung Massa Kanji

$$\begin{aligned} \text{massa kanji} &= \frac{50}{100} \times \text{massa total} \\ &= \frac{50}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= 12,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi} &= \frac{10}{100} \times \text{massa kanji} \\ &= \frac{10}{100} \times 12,5 \text{ gram} \\ &= 1,25 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Menghitung *Bulk Density*

$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Perhitungan BD komposisi 95:5

$$\begin{aligned} \text{Bulk Density} &= \frac{\text{massa}}{\pi \times r^2 \times \text{tinggi}} \\ &= \frac{26,5 \text{ gram}}{3,14 \times 2^2 \times 3,34} \\ &= 0,632 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Bulk Density*

Sampel	Massa (gram)	Tinggi (cm)	Jari-jari (cm)	BD (g/cm ³)	BD rata-rata
95/5	1	26,5	3,34	2	0,631
	2	26,5	3,35	2	
90/10	1	26,5	3,12	2	0,681
	2	26,5	3,08	2	
85/15	1	26,5	2,92	2	0,706
	2	26,5	3,06	2	
80/20	1	26,5	2,87	2	0,730
	2	26,5	2,91	2	

4. Menghitung Uji Tekan

$$Uji Tekan = \frac{gaya}{Luas}$$

Perhitungan Uji Tekan komposisi 95:5

$$Uji Tekan = \frac{gaya}{Luas}$$

$$Uji Tekan = \frac{massa \times percepatan gravitasi}{\pi \times r^2}$$

$$= \frac{131,8 \times 9,8}{3,14 \times 2^2}$$

$$= 102,837 \text{ N/cm}^2$$

Tabel 3. Data Uji Tekan Briket RDF

Sampel	Massa (Kg)	Tekanan (N/cm ²)
95/5	131,8	102,837
90/10	163,8	127,806
85/15	84	65,541
80/20	162,8	127,025

5. Menghitung Komposisi Produk Pirolisis RDF plastik 5%

a. Menghitung massa produk padat

Diketahui :

$$\text{Massa awal} = 51,10 \text{ gram}$$

1. Waktu 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (5')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (0 + 0) \\ &= 51,10 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Waktu 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (10')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (0 + 0) \\ &= 51,10 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Waktu 15 menit

$$\begin{aligned}\text{Massa (15')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (0 + 0) \\ &= 51,10 \text{ gram}\end{aligned}$$

4. Waktu 20 menit

$$\begin{aligned}\text{Massa (20')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (3,85 + 8,21) \\ &= 39,04 \text{ gram}\end{aligned}$$

5. Waktu 25 menit

$$\begin{aligned}\text{Massa (5')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (5,83 + 20,06) \\ &= 25,21 \text{ gram}\end{aligned}$$

6. Waktu 30 menit

$$\begin{aligned}\text{Massa (5')} &= \text{Massa Padat awal} - (\text{massa cair} + \text{massa gas}) \\ &= 51,10 \text{ gram} - (9,27 + 20,26) \\ &= 18,41 \text{ gram}\end{aligned}$$

b. Menghitung massa produk cair

$$\begin{aligned}\text{Massa Total cair} &= \text{Massa 1} + \text{massa 2} + \text{massa 3} \\ &= 3,83 \text{ gram} + 1,98 \text{ gram} + 3,44 \text{ gram} \\ &= 9,27 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Menghitung massa produk gas

$$\text{Massa Gas} = \text{Densitas gas} \times \text{Volume}$$

1. Waktu 5 menit

$$\text{Diketahui : Densitas gas} = 0,00257 \text{ g/ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa (5')} &= \text{Densitas} \times \text{volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/ml} \times 0 \text{ ml} \\ &= 0 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. Waktu 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (10')} &= \text{Densitas x volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/ml} \times 0 \text{ ml} \\ &= 0 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Waktu 15 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (15')} &= \text{Densitas x volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/ml} \times 0 \text{ ml} \\ &= 0 \text{ gram} \end{aligned}$$

4. Waktu 20 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (20')} &= \text{Densitas x volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/ml} \times 3190 \text{ ml} \\ &= 8,21 \text{ gram} \end{aligned}$$

5. Waktu 25 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (25')} &= \text{Densitas x volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/cm}^3 \times 4600 \text{ ml} \\ &= 11,84 \text{ gram} \end{aligned}$$

6. Waktu 30 menit

$$\begin{aligned} \text{Massa (30')} &= \text{Densitas x volume} \\ &= 0,00257 \text{ g/cm}^3 \times 2410 \text{ ml} \\ &= 6,21 \text{ gram} \end{aligned}$$

Tabel Hasil Produk Pirolisis briket RDF

sampel	t	T (C)	Padatan		cairan		gas		
			m (g)	yield (%)	m (g)	yield (%)	m (g)	vol (ml)	yield (%)
95:5	0	25	51,07	100	0	0	0	0	0
	5	54	51,07	100	0	0	0	0	0
	10	350	51,07	100	0	0	0	0	0
	15	400	51,07	100	0	0	0	0	0

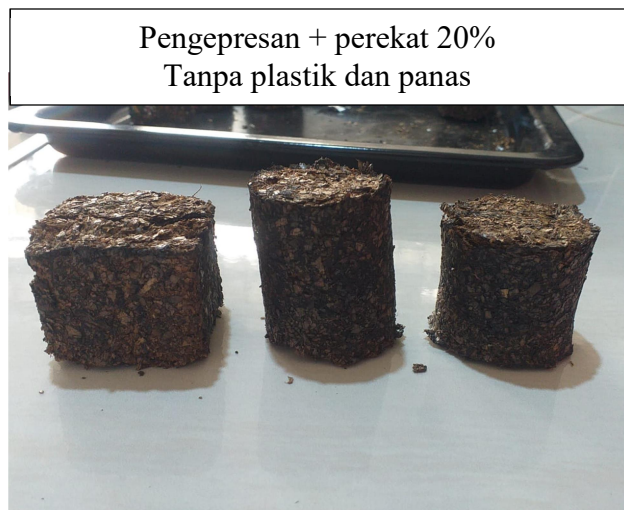
sampel	t	T (C)	Padatan		cairan		gas		
			m (g)	yield (%)	m (g)	yield (%)	m (g)	vol (ml)	yield (%)
	20	400	39.90	78.14	3.85	7.54	7.32	3190	14.32
	25	400	27.38	53.61	5.83	11.42	17.86	7790	34.98
	30	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	35	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	40	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	45	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	50	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	55	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
	60	400	18.41	36.05	9.27	18.15	23.39	10200	45.80
80:20	0	25	49.97	100	0	0	0	0	0
	5	52	49.97	100	0	0	0	0	0
	10	300	49.97	100	0	0	0	0	0
	15	400	49.97	100	0	0	0	0	0
	20	400	42.63	85.3	3.43	6.864	3.913	1370	7.832
	25	400	25.46	50.96	5.91	11.83	18.60	6510	37.21
	30	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
	35	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
	40	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
	45	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
	50	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
	55	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79
60	400	16.90	33.82	7.19	14.39	25.88	9060	51.79	

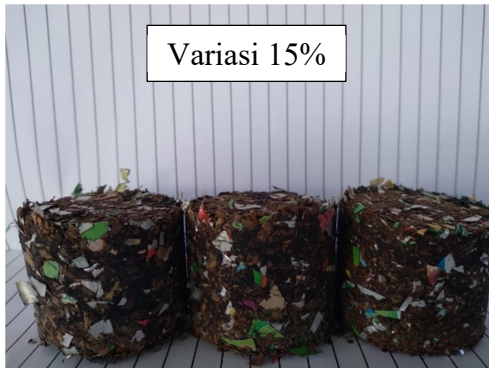
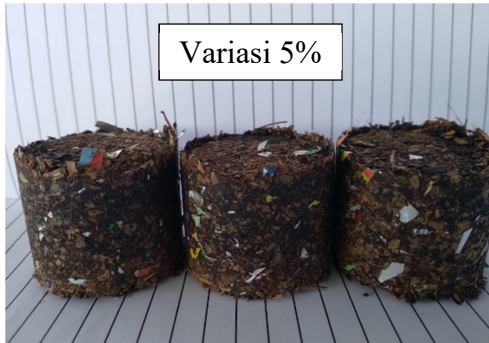
Lampiran II. Dokumentasi Penelitian

1. Bahan-Bahan pembuatan produk RDF

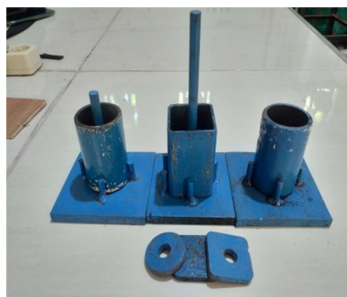


2. Produk – produk RDF



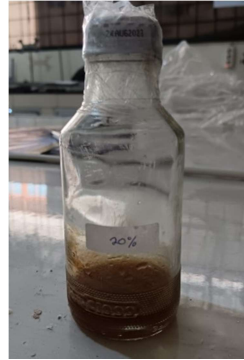
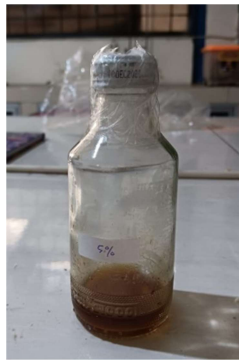


3. Alat-alat pembuatan RDF





4. Produk analisa



Lampiran III. Prosedur Analisa

1. Analisa *Proximate* dan Nilai Kalor

Prosedur Kerja :

1. Timbang sampel kurang lebih 1 gram kedalam wadah sampel
2. Timbang berat kawat dan benang pembakar
3. Rangkaikan kawat dan benang ke alat Bom Kalorimeter
4. Masukkan 1 ml aquades kedalam Bom Kalorimeter dan rangkaikan sampel lalu tutup calorimeter dengan kawat
5. Masukkan gas oksigen kedalam Bom Kalorimeter dengan tekanan 20-30 bar
6. Unit Bom Kalorimeter (A) masukkan kedalam wadah yang terisi air 2,1 kg
7. Jalankan pengaduk lalu amati thermometer, setelah setabil catat suhu yang ditunjukkan thermometer sebagai suhu awal
8. Alirkan arus listrik dengan menekan *fire* selama 5 detik, tunggu sampai suhu naik, setelah setabil catat sebagai suhu akhir (kenaikan suhu = suhu akhir – suhu awal)
9. Dengan cara yang sama, lakukan untuk standar asam benzoate

2. Analisa *Bulk Density*

Prosedur Kerja :

1. Menyiapkan RDF terlebih dahulu
2. Menimbang RDF dengan menggunakan timbangan digital
3. Mengukur tinggi RDF menggunakan alat ukur
4. Mengukur jari-jari RDF dengan menggunakan jangka sorong digital
5. Melakukan perhitungan *Bulk Density*
6. Lakukan perhitungan untuk semua variasi

3. *Analisa Uji Tekan*

Prosedur Kerja

1. Menyiapkan RDF terlebih dahulu
2. Menimbang RDF dengan menggunakan timbangan digital
3. Melakukan pengepresan RDF untuk memperoleh massa tekan
4. Melakukan perhitungan uji tekan
5. Melakukan perhitungan untuk semua variasi

Lampiran IV. Logbook

Tanggal	Kegiatan	Hasil
11 Juni 2022	Menggunting Daun	Ukuran daun yang lebih kecil
13 Juli 2022	Menggunting Daun	Ukuran daun yang lebih kecil
14 Juli 2022	Menggunting Daun	Ukuran daun yang lebih kecil
22 September 2022	Mengcrusher Daun	Ukuran daun yang lebih kecil sekitar 40-60 <i>mesh</i>
26 Desember 2022	Trial tanpa menggunakan pemanasan, perekat kanji dan menggunakan pemanasan dengan penambahan perekat kanji.	RDF
5 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 30% dengan massa 25 gram	RDF
9 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 5% dengan massa 20 gram	RDF
10 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 5% dengan massa 20 gram	RDF
11 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 10% dengan massa 20 gram	RDF
12 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 10% dengan massa 20 gram	RDF
13 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 15% dengan massa 20 gram	RDF
14 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 15% dengan massa 20 gram	RDF
15 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 20% dengan massa 20 gram	RDF
16 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 20% dengan	RDF

Tanggal	Kegiatan	Hasil
	massa 20 gram	
17 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 5 % dan 10% dengan massa 20 gram untuk uji <i>Bulk Denisty</i>	RDF
18 Januari 2023	<i>Running</i> pembuatan RDF komposisi plastik 15 % dan 20% dengan massa 20 gram untuk uji <i>Bulk Denisty</i>	RDF