

# Desain dan Konsep Alat Pirolisis Sampah Rumah Tangga dengan Kajian Kelayakan Ekonomi

Muhammad Yasir<sup>1</sup>, Zufri Hasrudy Siregar<sup>2</sup>, Mawardi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Al Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia; My2293684@gmail.com

<sup>2</sup> Universitas Al Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia; rudysiregar7@gmail.com

<sup>3</sup> Universitas Al Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia; Mawardi.ipc@gmail.com

---

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Land Rights;  
Land Registration System

### Article history:

Received 2024-06-07

Revised 2024-07-17

Accepted 2024-08-12

## ABSTRACT

Household waste processing is greatly influenced by the culture, habits, and education of housewives as the vanguard of waste management. In Medan, in 2021, waste was recorded at 210.56 tons per year. One of the proposed solutions is pyrolysis technology to process organic waste into bio-oil, which also produces by-products such as coconut shell charcoal and tar. An economic feasibility analysis was conducted to see the potential of this business in Sleman, with a total income from bio-oil and by-products of IDR 1,095,000 and a monthly profit of IDR 168,750. Research shows that dry twigs produce bio-oil with higher yields and calorific values than dry leaves. However, from the economic analysis, this business shows unpromising results with a BEP of 197.04 units/month, a B/C Ratio of 1.18, an ROI of 1.58%, and a POT of 5.28 years. Although it is currently not profitable, the potential of bio-oil as an alternative fuel will increase if fuel prices rise.

*This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.*



## Corresponding Author:

Muhammad Yasir

Universitas Al Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia; My2293684@gmail.com

---

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat serta perkembangan industri yang kilat memunculkan peningkatan terhadap kebutuhan dan konsumsi BBM. Kasus tentang bahan bakar fosil yang mengemuka pada tahun-tahun ini merupakan kasus tentang menipisnya jumlah bahan bakar fosil serta pemanasan global. Dikala ini dirasa sangatlah berarti buat melanjutkan usaha observasi serta pengembangan teknologi berbahan bakar alternatif (Yudistirani et al., 2019). Kasus tentang bahan bakar fosil yang mengemuka pada tahun-tahun ini merupakan kasus tentang menipisnya jumlah bahan bakar fosil serta pemanasan global. Dikala ini dirasa sangatlah berarti buat melanjutkan usaha observasi serta pengembangan teknologi berbahan bakar alternatif. Sebenarnya, berbagai macam cara telah dilakukan pemerintah untuk mengatasi krisis energi ini, diantaranya adalah mengembangkan energi alternatif sebagai pengganti minyak bumi.

Di sisi lain, masalah sampah juga menjadi salah satu isu penting di masyarakat saat ini. Masalah yang umum terjadi adalah keterbatasan tempat pembuangan sampah (TPA), sementara timbulan sampah meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan gaya hidup, sehingga sampah biasanya tidak dikelola dengan baik.

Pengolahan sampah yang berimplikasi menjadikan sampah berkurang itu dipengaruhi oleh budaya kultural, kebiasaan dan pendidikan yang dipunya oleh Ibu Rumah tangga, karena merekalah garda terdepan dalam hal pengolahan sampah Rumah Tangga (Intervensi & Jisp, 2020). dilihat dari data Bank Sampah Induk Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, pada tahun 2021 sampah di kota Medan menghasilkan sampah sebesar 210,56 ton pertahunnya atau 0,577 ton perharinya. (Nugraha et al., 2022). Untuk hal tersebut dirasa penting untuk merancang teknologi yang dapat menjadi solusi dari sampah Rumah Tangga yaitu teknologi Pirolisis. (Nofendi & Haryanto, 2021).

Pirolisis merupakan teknologi pembakaran yang menggunakan bahan biomassa dimana prosesnya tidak terjadi secara langsung. Pirolisis juga menurut (Isykapurnama et al., 2021) adalah suatu proses dekomposisi kimia dengan bahan organik melalui proses pembakaran tanpa oksigen atau sedikit oksigen. (Suwandono & Hardianto, 2019) menyebutkan bahwa pirolisis adalah teknologi hidrokarbon. Pirolisis merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi limbah plastik, dimana bila limbah tersebut dibakar menjadi masalah baru terhadap lingkungan dan manusia (Novarini et al., 2021). Zat-zat yang dihasilkan dari pembakaran bahan organik umumnya merupakan campuran tar ( $C_xH_yO$ ), senyawa fenol ( $C_xH_yOz$ ), metanol ( $CH_3OH$ ), aseton ( $CH_3COCH$ ), asam asetat ( $CH_3COOH$ ), karbon monoksida ( $CO$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), gas hidrogen ( $H_2$ ), metana ( $CH_4$ ) serta juga dihasilkan minyak hidrokarbon dan bahan padat berupa arang. Ukuran suksesnya proses pirolisis tergantung pada laju pemanasan dan suhu pirolisa dimana panasnya didapat dengan suhu  $600^\circ C$  sampau  $1000^\circ C$ .

Secara umum, sampah organik merupakan biomassa yang dikenal sebagai bahan kering material organik dan kebanyakan dalam bentuk limbah yang berpotensi mengganggu lingkungan. Limbah ini sangat mudah ditemukan di berbagai tempat sebagai produk sisa dari aktifitas pertanian, perkebunan, dan industri dengan nilai ekonomi yang sangat rendah bahkan nihil. Limbah tersebut antara lain sekam/jerami padi, tempurung kelapa, kulit kacang, ampas jarak, ampas tebu, enceng gondok, sisa kayu pengolahan industri, dan masih banyak lagi.

Salah satu contoh sampah organik adalah jerami padi, yaitu bagian batang padi yang setelah dipanen butir-butir buah bersama dengan tangkainya dikurangi dengan akar dan bagian batang yang tertinggal setelah disabit (Sulistyaningsih, 2019) Menurut (Suningsih et al., 2019), jerami padi mempunyai kadar air 12.7 %, kadar abu 18.48 %, kadar karbon 2.71 %, volatile matter 66.35 % dan nilai kalor 3.456,48 kkal/kg. Selain jerami padi, contoh sampah organik lainnya adalah sekam padi, yang mengandung beberapa unsur penting seperti serat kasar (selulosa) 35,68 %, kadar air 9,0%, kadar abu 17,71%, silika 16,68%, rapatan jenis 125 kg/ m<sup>3</sup>, dengan nilai kalori 3.300 kkal/ kg.

Saat ini pirolisis bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar baik dalam bentuk cair, gas maupun padat. Proses yang biasa digunakan untuk memaksimalkan pembentukan produk cair adalah pirolisis cepat, yang merupakan proses endotermik. Beberapa teknik digunakan dalam pirolisis biomassa. Yang paling umum adalah fluidized bed. Dalam teknik ini, partikel biomassa dimasukkan ke dalam reaktor untuk difluidisasi dengan gas, biasanya gas inert, dari luar pada laju alir tertentu. Beberapa keuntungan dari fluidized bed system adalah tidak hanya sistem yang tidak terlalu rumit, namun yield bio-oil yang dihasilkan cukup tinggi, hingga 75%. Selain itu, produk yang dihasilkan berupa bio-oil memiliki nilai kalor yang tinggi. Namun, kesulitan utamanya adalah menyediakan gas untuk mengapungkan material. Selain menambahkan gas inert dari luar, opsi lain adalah mensirkulasi ulang

produk gas yang tidak dapat terkondensasi ke dalam reaktor untuk mempercepat perpindahan panas dan membuat reaksi lebih sempurna (Rania et al., 2019). Namun, terdapat kesulitan untuk mengembalikan gas ke dalam tabung pirolisis, terutama karena laju alir sangat lambat, sehingga kemungkinan terjadinya fluidisasi sangat kecil, sehingga proses pirolisis tidak berlangsung cepat. Namun, keberadaan gas daur ulang memperluas area kontak, membuat material lebih mudah menyerap panas. Menurut (Herliati et al., 2019), produk yang dihasilkan pada proses pirolisis cepat bergantung pada komposisi, kecepatan dan waktu pemanasan biomassa yang digunakan sebagai bahan baku. Hasil cairan maksimum yang dapat dihasilkan oleh proses pirolisis cepat adalah sekitar 78°C pada suhu 400-600°C. Sedikit atau tidak ada limbah yang dihasilkan dalam reaksi produksi bio-oil. Bahan mentah 100 persen diubah menjadi bio-oil dan bio-char, sementara gas yang tidak terkondensasi dikembalikan ke proses untuk mempercepat reaksi. Tiga produk akhir dari proses pirolisis adalah bio-oil (60-70%), arang (15-20%) dan gas yang tidak dapat terkondensasi (10-20%).

## 2. METODE

Sebelum melakukan penelitian, di harapkan melakukan kegiatan pengumpulan data dan penyusunan rencana serta mempersiapkan bahan bahan yang di gunakan agar dalam pengerjaan penelitian ini memperoleh waktu yang efektif dan efisien.

Adapun alat alat penelitian yang diperlukan adalah:

1. Modifikasi pirolisis dengan tambahan kipas 12W, kapasitas 1kg bahan baku dan 5,5kg bahan bakar.
2. Peralatan pendukung lainnya seperti tangki air 200L, pompa air listrik 0,5PK, gelas ukur dan pipet, kertas saring, toples dan botol, kamera digital dan timbangan.

### Variabel Penelitian

Prosedur yang dilakukan yaitu pengamatan kinerja alat dengan membagi menjadi dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

### Variable bebas

1. Persentase sampah organik dalam bahan baku total, yaitu 0% bahan organik yaitu kulit buah (100% ranting); campuran daun dan ranting masing-masing 50%; dan 100% kulit buah (0% ranting), dari campuran tanaman mangga, mahoni dan angkana
2. Recycle gas dengan blower, recycle gas tanpa blower dan tanpa recycle gas.

### Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kajian ekonomi dan kelayakan alat pirolisis bila dipasarkan dan dibuat ulang

### Tahapan tahapan Penelitian

1. Perancangan dan pembuatan alat
2. Pemeriksaan dan pengujian alat
3. Penyiapan bahan
4. Percobaan utama
5. Analisa produk bio-oil
6. Analisa data

Penelitian ini merupakan penelitian hukum normatif dengan pendekatan konseptual, dan peraturan. Bahan hukum yang digunakan merupakan bahan hukum primer seperti peraturan perundang-undangan; bahan hukum sekunder seperti buku-buku hukum, artikel jurnal hukum, dan

berbagai penelitian yang relevan dengan masalah hukum. Berbagai bahan hukum diinventarisasi untuk mendapatkan studi dan resep tentang aturan atau norma dalam hukum positif yang berkaitan dengan masalah hukum.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui awal bahan baku, dilakukan pengujian nilai kalor, kadar air dan kadar abu di Laboratorium Kimia Institut Teknologi Medan, dengan hasil dibuat di table 4.1

**Tabel 1. Hasil Analisa bahan baku**

No	Analisa	Daun kering	Ranting kering
1	Nilai kalor (J/g)	14,975	17,091
2	Kadar Air (%)	12,53	14,56
3	Kadar Abu (%)	11,34	13,89

Dari Tabel 1. dapat dilihat bahwa nilai kalor campuran ranting kering tanaman angšana, mahoni dan mangga lebih besar daripada campuran daun kering tanaman yang sama. Begitu juga dengan kadar air dan kadar abu dari ranting kering yang lebih besar daripada daun kering. Hal ini disebabkan karena kandungan senyawa kimia di dalam ranting lebih kompleks dibandingkan kandungan kimia daun (Nurkhasanah et al., 2021)

#### Proses Pirolisis

Bio-oil terbentuk pada pirolisis biomassa pada suhu sekitar 500°C selama 1 jam, dimana kenaikan suhu dari suhu kamar ke 500°C diusahakan terjadi secepat mungkin (Setiawan et al., 2019). Setelah suhu mencapai 500°C udara pembakaran dibatasi dengan cara menutup lubang udara pada tungku pembakaran sehingga kenaikannya tidak terlalu tinggi. Setelah beberapa saat, suhu akan menurun lagi karena udara yang terbatas tadi. Oleh karena itu, ditambahkan sedikit bahan bakar agar naik lagi. Dan seterusnya dilakukan pengontrolan suhu sekitar 500°C sampai 1 jam. Setelah itu, lubang udara ditutup agar pembakaran berhenti dan suhu bisa turun sampai kondisi standar lagi.

#### Pengaruh Bahan Baku dan Recycle Gas terhadap Nilai Kalor Bio-oil

Berdasarkan data hasil dari penelitian yang dilakukan, terdapat pengaruh yang tidak terlalu signifikan dari variabel jenis bahan baku dan *recycle* gas terhadap nilai kalor bio-oil.

**Tabel 2. Nilai Kalor Bio-oil (kal/g)**

Variabel	Persentase daun dalam bahan baku total		
	0 %	50 %	100 %
Tanpa Recyle	4579,96	4454,38	4249,20
Recycle tanpa blower	4757,88	4667,86	4445,31
Recycle dengan blower	5175,35	4876,06	4779,64

#### Analisa Ekonomi

Kelayakan suatu usaha baik dari segi teknis, ekonomis maupun finansial dapat ditentukan dengan menyusun analisa kelayakan usaha. Analisa finansial bertujuan untuk melihat potensi ekonomi dari usaha bio-oil dari sampah organik di daerah Sleman. Beberapa hal yang dibahas dalam analisa ekonomi adalah :

- a. Biaya investasi

- b. Biaya produksi
- c. Prakiraan pendapatan
- d. Kriteria kelayakan usaha

Asumsi-asumsi mengenai skala produksi dan faktor-faktor lainnya beserta ringkasan hasil indikator kelayakan dari usaha pembuatan bio-oil dari sampah organik menggunakan proses pirolisis dengan recycle gas adalah sebagai berikut :

1. Harga bahan baku dan bahan bakar (daun dan ranting kering) per kg Rp. 200.
2. Dari 30 kg bahan baku dihasilkan 7 liter bio-oil dan 10 kg arang
3. Harga jual bio-oil per liter Rp. 3.500, lebih rendah dari harga Fuel Oil non subsidi.
4. Harga jual arang (nilai kalor 3.900 kal/g) sebesar Rp. 1.200 per kg, lebih rendah dari harga arang kayu jati (nilai kalor 4.089 kal/g).

### Perhitungan Laba Rugi

#### A. Biaya Investasi (Fixed Capital Investment)

Adapun biaya investasi yang digunakan dalam usaha pembuatan bio-oil adalah sebagai berikut:

a. 1 set alat Pirolisis (kapasitas 30 kg/hari)	Rp. 10.000.000,-
b. Tandon air (kapasitas 200 liter/hari)	Rp.200.000,-
c. Pompa air	Rp.350.000,-
d. Pipa air + sambungan + valve	Rp.150.000
<b>TOTAL BIAYA</b>	<b>Rp. 10.700.000</b>

#### B. Biaya Produksi

##### 1) Biaya Variabel

a. Bahan baku 30 kg x 30 hari @ Rp. 150	Rp. 180.000,-
b. Listrik	Rp.50.000,-,-
c. Tenaga kerja (1 orang)	Rp. 500.000,-
d. Pipa air + sambungan + valve	Rp.150.000
<b>TOTAL BIAYA</b>	<b>Rp. 730.000,-</b>

##### 2) Biaya Produksi Tetap

a. Bunga/bulan (tingkat suku bunga 12%/thn)	Rp. 107.000,-
b. Penyusutan peralatan/bulan (n = 5 tahun, i = 12%, dan SFF = 0,2774)	Rp. 89.250,-
Total biaya produksi tetap	<b>Rp.196.250,-</b>

Dengan demikian, total biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan bio-oil adalah Rp. 926.250,- per bulan.

#### C. Pendapatan dan keuntungan

Pendapatan yang diperoleh dari pembuatan bio-oil tidak hanya produk utamanya saja, tetapi juga dari penjualan produk sampingnya, yaitu arang tempurung dan tar. Adapun pendapatan yang diperoleh sebagai berikut :

a. Bio-oil 7 liter x 30 hari @ Rp. 3.500,-	Rp. 735.000,-
b. Arang 10 kg x 30 hari @ Rp 1.200,-	Rp. 360.000,-

**Total pendapatan** **Rp. 1.095.000,-**

Adapun keuntungan yang diperoleh dari usaha produk bio-oil sabagai berikut :

Keuntungan = Total pendapatan – Total Biaya Produksi

Keuntungan = Rp. 1.095.000,- – Rp. 926.250,-

Keuntungan = **Rp. 168.750,- setiap bulan**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian konversi sampah organik menjadi bio-oil melalui proses pirolisis dengan recycle gas ini, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Ranting kering akan menghasilkan bio-oil dengan rendemen dan nilai kalor yang lebih besar daripada daun kering.
2. Adanya recycle gas bisa meningkatkan rendemen dan nilai kalor bio-oil yang dihasilkan. Rendemen dan nilai kalor terbesar didapatkan pada pirolisis 100% ranting dengan recycle gas menggunakan blower, yaitu masing-masing sebesar 24,3 % dan 5175,35 J/g.
3. Dari analisa ekonomi yang dilakukan, pembuatan bio-oil dari sampah organik di Kabupaten Sleman memiliki BEP 197,04 unit/bulan; B/C Ratio 1,18; ROI 1,58%; dan POT 5,28 tahun. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa prospek usaha bio-oil dari sampah organik untuk saat ini masih belum menjanjikan. Akan tetapi, jika harga BBM naik, bio-oil akan menjadi salah satu bahan bakar alternatif yang lebih bernilai.

#### REFERENSI

- Agus, R. N., Oktaviyanthi, R., & Sholahudin, U. (2019). 3R: Suatu alternatif pengolahan sampah rumah tangga. *Kaibon Abhinaya : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 72. <https://doi.org/10.30656/ka.v1i2.1538>
- Fardhyanti, D. S., Chafidz, A., Triwibowo, B., & ... (2020). Improving the quality of bio-oil produced from rice husk pyrolysis by extraction of its phenolic compounds. *Jurnal Bahan Alam ...* <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jbat/article/view/22530>
- Fatimura, M., Masriatini, R., Sepriyanti, R., & Yunita, R. (2019). Pengolahan limbah plastik jenis kantong. *Redoks*, 4(2), 41–48. <https://doi.org/10.31851/redoks.v4i2.3509>
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A. S., Bindar, Y., & Irawan, A. (2019). Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi Bio-Char, Bio-Oil dan gas dengan metode pirolisis. *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 12. <https://doi.org/10.30872/cm.g.v3i2.3578>
- Firman, L. O. M., Maulana, E., & Panjaitan, G. (2019). Yield bahan bakar alternatif dari optimasi pirolisis sampah plastik polypropylene. *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), 14–19. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v9i2.532>
- Herliati, Prasetyo, S. B., & Verinaldy, Y. (2019). Potensi limbah plastik dan biomassa sebagai sumber energi terbarukan dengan proses pirolisis. *JTek*, 6(2), 85–98. [http://repo.jayabaya.ac.id/174/1/12Potensi Plastik Sebagai Sumber Energi\\_Jurtek FTI.pdf](http://repo.jayabaya.ac.id/174/1/12Potensi%20Plastik%20Sebagai%20Sumber%20Energi_Jurtek%20FTI.pdf)
- Intervensi, J., & Jisp, P. (2020). Pengaruh pengetahuan, sikap dan kebiasaan Ibu terhadap pengelolaan sampah rumah tangga di kelurahan Binjai Kota Medan. *Jurnal Intervensi Sosial Dan Pembangunan (JISP)*, 1(2), 119–129. <https://doi.org/10.30596/jisp.v1i2.5353>
- Isykapurnama, S., Sarastri, D., & Mahardika, H. 'Aisyah. (2021). Potensi teknologi pengolahan berbasis pirolisis dalam penanganan limbah alat pelindung diri yang menumpuk di masa pandemi Covid-19. *Journal of Research in Pharmacy*, 1(1), 34–43. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2936960&val=25920&ti>

- Kementerian ESDM. (2020). Capaian kinerja 2019 dan program 2020. *Website Kementerian ESDM*, 19–20. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-capaian-kinerja-2019-dan-program-2020.pdf>
- Linda Noviana, & Sukwika, T. (2020). Pemanfaatan sampah organik sebagai pupuk kompos ramah lingkungan di kelurahan bhaktijaya depok. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 4(2), 237–241. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v4i2.2155>
- Mayoritas Sampah Nasional dari Aktivitas Rumah Tangga pada 2020. (n.d.). Retrieved December 6, 2022, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/07/29/mayoritas-sampah-nasional-dari-aktivitas-rumah-tangga-pada-2020>
- Mustam, M., Ramdani, N., & Syaputra, I. (2021). Perbandingan kualitas bahan bakar dari pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan metode pirolisis. *Jurnal EduMatSains*, 6(1), 219–230. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v6i1.2998>
- Nofendi, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan alat pirolisis sampah plastik menjadi bahan bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 06(01), 1–11. <https://doi.org/10.52447/jktm.v6i1.4454>
- Novarini, N., Kurniawan, S., Rusdianasari, R., & Bow, Y. (2021). Kajian karakteristik dan energi pada pirolisis limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.190>
- Nugraha, Y. T., Richardo, T., Dony, F., & Irwanto, M. (2022). Analisis potensi energi sampah sebagai energi alternatif terbarukan di Kota Medan. 5(1), 35–38. <https://doi.org/10.30596%2Ffrele.v5i1.10783>
- Nunik, E., & Anzi, A. K. (2018). Pengomposan sampah organik (Kubis dan Kulit Pisang) dengan menggunakan EM4. *Jurnal TEDC*, 12(1), 38–43. <http://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/129/91>
- Nurkhasanah, E., Candra Ababil, D., Danang Prayogo, R., & Damayanti, A. (2021). Pembuatan pupuk kompos dari daun kering. *Jurnal Bina Desa*, 3(2), 109–117. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jurnalbinadesa>
- Qamari, M. Al. (2019). Pengelolaan sampah rumah tangga dalam peningkatan pendapatan pada kelompok Ibu-Ibu Asiyiah. *Jurnal Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 48–54. [http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/prodikmas/article/view/6161/pdf\\_111](http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/prodikmas/article/view/6161/pdf_111)
- Rahmatullah, Rizka Wulandari Putri, & Enggal Nurisman. (2019). Produksi bio-oil dari limbah kulit durian dengan proses pirolisis lambat. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(2), 50–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v25i2.425>
- Rahmawati, L. A. (2020). Studi literatur produksi bioethanol dari ampas tebu dengan metode pyrolysis. *Jurnal Envscience*, 4(1), 46. <https://doi.org/10.30736/4ijev.v4iss1.131>
- Rania, M. F., Lesmana, I. G. E., & Maulana, E. (2019). Analisis potensi Refuse derived fuel (Rdf) dari sampah pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Kabupaten Tegal sebagai bahan bakar incinerator pirolisis. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), 51. <https://doi.org/10.24853/sintek.13.1.51-59>
- Salman, N., Nofiyanti, E., & Nurfadhilah, T. (2019). Pengaruh dan efektivitas maggot sebagai proses alternatif penguraian sampah organik kota di Indonesia. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1), 835–841. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i1.1655>
- Saputra, A. Z. D., & Fauzi, A. S. (2022). Pengolahan sampah kertas menjadi bahan baku industri kertas bisa mengurangi sampah di Indonesia. *Jurnal Mesin Nusantara*, 5(1), 41–52. <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/JMN/article/view/17522/2742>
- Sari, C. I., Marlina, S., & Tawakal, G. I. (2021). Penanggulangan sampah Kota Palangka Raya dengan menggunakan model jaring perangkap sampah (Floating Litter Trap) pada saluran drainase. *Jurnal Teknik SILITEK*, 1(01), 54–63. <https://doi.org/10.51135/jts.v1i01.9>

- Savira, F. L., & Hendriyanto, O. (2018). Pirolisis sampah plastik sebagai bahan bakar alternatif dengan penambahan sampah ranting. *Jurnal Envirotek*, 9(2). <https://doi.org/10.33005/envirotek.v9i2.966>
- Setiawan, A., P.Tua, D., & Husin, M. K. . (2019). Pengaruh konsumsi bahan bakar fosil terhadap produk domestik bruto Indonesia dan hubungan timbal balik di antara keduanya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 15(3), 213–223. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol15.no3.2019.931>
- Styana, U. I. F., Hindarti, F., Aridito, M. N., & Cahyono, M. S. (2019). Penerapan teknologi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak untuk mengatasi masalah sampah di Kota Bandung. *Kacaneagara*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.28989/kacaneagara.v2i1.399>
- Sukadi, S., & Novarini, N. (2019). Rancang bangun alat pirolisis untuk daur ulang sampah kantong plastik. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 5(2), 96. <https://doi.org/10.35449/teknika.v5i2.86>
- Sulistyaningsih, C. R. (2019). Pengolahan Limbah Jerami Padi dengan Limbah Jamu Menjadi Pupuk Organik Plus. *Jurnal Surya Masyarakat*, 2(1), 58. <https://doi.org/10.26714/jsm.2.1.2019.58-68>
- Suningsih, N., Ibrahim, W., Liandris, O., & Yulianti, R. (2019). Kualitas fisik dan nutrisi jerami padi fermentasi pada berbagai penambahan starter. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 191–200. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.191-200>
- Susilowati, L. E., Arifin, Z., & Kusumo, B. H. (2021). Pengomposan sampah organik rumah tangga dengan dekomposer lokal di desa Narmada, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(1), 34–45. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm/article/view/3190>
- Suwandono, P., & Hardianto, A. (2019). Pengaruh temperatur pirolisis terhadap kinetik rate dan volume tar pada limbah serbuk kayu mahoni. *R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 4(1). <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v4i1.1782>
- Utomo, P. B., & Nurdiana, J. (2018). Evaluasi pembuatan kompos organik dengan menggunakan metode Hot Composting. *Teknik Lingkungan Universitas Mulawarman*, 2(1), 28–32. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1577/1223>
- Wahyu Putranto, A., Pramesti Puspaningrum, F., & Sukardi, S. (2020). Analisis neraca massa dan senyawa kimia asap cair Grade C menggunakan Cyclone Separator. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 69–79. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.02.1>
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). The Utilization Of Plastic Waste As Raw Material For Producing Alternative Fuel. *Litbang*, 14(1), 58–67. <https://doi.org/10.1007/s00289-017-1962-x>
- Yudistirani, S. A., Mahmud, K. H., Ummamy, F. A., & Ramadhan, A. I. (2019). Analisa performa mesin motor 4 langkah 110 cc dengan menggunakan campuran bioetanol-pertamax. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 85–90. <https://doi.org/10.24853/jurtek.11.1.85-90>