

# Perancangan Desain Penerapan *Double* Reaktor pada Mesin Pirolisis Untuk Pembakaran Sampah Plastik

Navik Kholili  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Wijaya Putra  
navikkholili@uwp.ac.id

Siswadi  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Wijaya Putra  
siswadi@uwp.ac.id

Astria Hindratmo  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Industri  
Universitas Wijaya Putra  
astriahindratmo@uwp.ac.id

**Abstrak** - Sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik yang sangat sulit terurai dalam tanah sehingga beberapa kita jumpai sampah plastik dibakar. Beberapa dampak lingkungan akibat asap pembakaran sampah plastik yaitu terjadinya gangguan pernafasan, iritasi pada mata, hingga menyebabkan orang sakit kanker. Pasar tradisional di Desa Kunjang Kabupaten Kediri merupakan salah satu pasar yang dalam pengelolaan sampah pasar jenis plastik (anorganik) dilakukan dengan cara dibakar secara langsung. Dampak asap pembakaran cukup mengganggu area sekitar pemukiman sekitar pasar. Melihat kondisi tersebut, maka pada pengelolaan sampah plastik di pasar Desa Kunjang perlu teknologi tepat guna untuk membakar sampah namun asapnya tidak mengganggu lingkungan. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sistem *double* reaktor pada mesin pirolisis untuk meningkatkan jumlah kapasitas dan efisiensi bahan bakar pembakaran sampah plastik untuk mengurangi asap pembakaran sampah plastik sehingga tidak mengganggu lingkungan. Metode yang digunakan dalam perancangan mesin pirolisis yaitu metode *Stuart Pugh*. Data yang digunakan yaitu data primer dari hasil wawancara dan kuesioner. Hasil penelitian yaitu menghasilkan desain mesin pirolisis dengan *double* reaktor yang sesuai keinginan pengguna dan kapasitas pembakaran menjadi 2 kali lipat dari 200kg menjadi 400kg, efisien bahan bakar, harga murah, serta perawatan yang mudah.

**Kata kunci** - Sampah Plastik; Pirolisis; Double Reaktor

## 1. PENDAHULUAN

Sampah adalah material yang sudah tidak digunakan lagi dan dibuang karena hasil sisa dari proses. Jenis sampah ada dua macam yaitu sampah organik dan dan sampah anorganik. Sampah organik adalah jenis sampah yang mudah terurai dalam tanah. Sampah anorganik merupakan jenis sampah yang sulit terurai maupun sulit membusuk [1] [2]. Sampah berasal dari beberapa tempat seperti hasil dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan

umum, industri, dan jalan [3]. Sampah anorganik yang sulit terurai dalam tanah, sehingga banyak masyarakat mengelolanya untuk dimanfaatkan menjadi sesuatu yang lebih berguna untuk lingkungan [1].

Sampah yang termasuk jenis anorganik yaitu sampah plastik. Plastik adalah bahan yang sering digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti kemasan makanan, produk elektronik, tas, mainan, dan otomotif [4]. Oleh karena itu penggunaan yang banyak jumlahnya maka akan memberikan pengaruh terhadap lingkungan seperti pada pengaruh kesehatan manusia sebab plastik memiliki sifat yang sulit terdegradasi sebab membutuhkan sekitar 100 hingga 500 tahun terurai dengan sempurna [5].

Penanganan sampah plastik di beberapa tempat pembuangan sampah seringkali dilakukan dengan di bakar (insinerasi). Insinerasi dilakukan sebagai akibat terbatasnya lahan tempat pembuangan sampah akhir. Namun, sistem pembakaran sampah anorganik terdapat kelemahan yaitu membutuhkan suatu energi yang cukup banyak seperti penggunaan bahan bakar cair sebagai pemantik pembakar sampah (burner) [6]. Beberapa resiko yang didapatkan akibat asap pembakaran sampah plastik yaitu masalah pernafasan, iritasi pada mata, meracuni tubuh secara tak langsung, kerusakan pada organ tubuh, dan dapat memicu terjadinya kanker. Selain itu juga dapat mengganggu keseimbangan lingkungan seperti perubahan iklim yang cepat, gangguan pepadangan, pencemaran udara, kadar oksigen yang menurun, dan kebakaran lahan [7].

Jumlah sampah plastik yang terus meningkat dan memiliki sifat yang sulit terurai dalam tanah, maka diperlukan suatu perhatian pada proses pembuangannya sebab sebagian besar dilakukan

dengan cara dibakar. Berdasarkan penelitian [8] tentang perancangan pirolisis untuk membuat bahan bakar cair dari limbah plastik kapasitas 10 kg. Penelitian tersebut merancang alat pirolisis dengan energi LPG untuk tujuan mengurangi asap pembakaran sampah plastik secara terbuka untuk menghasilkan bahan bakar cair dari hasil *thermolysis*. Namun pada penelitian [8] tersebut fokus efisiensinya pada alat pirolisis menggunakan bahan bakar LPG, sebab penggunaan bahan bakar gas dari hasil penelitian cukup efisien dalam hal biaya. Kemudian pada [9] tentang perancangan proses pembuatan reaktor pirolisis model *horizontal* kapasitas 75 Kg/Jam. Pada penelitian tersebut sampah plastik diuraikan senyawa kimia dengan cara dilakukan pemanasan tanpa adanya campuran udara luar dengan cara dibakar di dalam mesin pirolisis, namun asap hasil pembakaran tidak mencemari lingkungan. Pada penelitian tersebut desain rancangan alat pirolisis dilengkapi alat pencacah sampah plastik dalam reaktor pirolisis tersebut sehingga mempercepat proses pembakaran sampah.

Berdasarkan uraian permasalahan dan penelitian sebelumnya, maka permasalahan pengolahan atau penanganan sampah plastik yang tidak menimbulkan resiko dampak lingkungan, maka perlu dirancang alat pembakaran sampah yang ramah lingkungan dan mampu menahan asap agar tidak mengganggu lingkungan yaitu alat pirolisis. Manfaat penggunaan alat pirolisis yaitu proses pembakaran sampah di dalam reaktor tidak mengeluarkan asap pembakaran ke udara, namun asap hasil pembakaran tersebut dirubah dengan teknik *thermolysis* untuk menghasilkan produk sampingan berupa bahan bakar cair dan gas. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang desain mesin pirolisis untuk membakar sampah yang lebih ramah lingkungan serta menghasilkan bahan bakar gas dan minyak dari hasil pembakaran sampah dalam reaktor pirolisis. Namun pada perancangan mesin pirolisis tersebut akan dibuat dengan penambahan reaktor pembakar sehingga menghasilkan mesin pirolisis *double* reaktor. Penggunaan *double* reaktor pada perancangan mesin pirolisis dalam penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas reaktor pembakaran sampah dalam satu kali proses sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar alat pirolisis. Metode yang dipakai dalam perancangan desain alat pirolisis dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode *Stuart Pugh*. Metode *Stuart Pugh* yang dikembangkan oleh *Stuart Pugh* merupakan metode yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan dari beberapa kriteria yang ditetapkan [10].

Pirolisis adalah alat atau mesin yang mampu menguraikan biomassa dari sampah plastik karena mampu menghasilkan suhu panas lebih dari 150°C [11]. Sedangkan menurut [12], pirolisis adalah suatu peristiwa dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis dapat dimanfaatkan juga untuk melakukan daur ulang barang bekas dengan tambahan bahan berupa cairan, gas, karbon hitam dan kabel baja [13]. Cara Kerja alat pirolisis yaitu melakukan proses *thermolysis* menguraikan rantai senyawa hidrokarbon yang panjang pada sampah plastik menjadi lebih pendek sehingga menghasilkan cairan minyak yang setara bensin untuk dijadikan sebagai bahan bakar alternatif [14]. Selain itu hasil *thermolysis* menghasilkan gas yang mengandung berbagai unsur senyawa yang akhirnya dipisahkan melalui proses kondensasi menjadi cairan minyak dan gas buang yang dapat digunakan sebagai bahan bakar memanaskan reaktor pada alat *thermolysis* [15].

## 2. METODE

Jenis penelitian ini yaitu jenis kualitatif dan kuantitatif. Tahapan dari penelitian ini meliputi lima tahap. Tahap pertama yaitu identifikasi masalah, tahap literatur studi, tahap studi lapangan. Pada tahap pertama tersebut dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang sebenarnya agar solusi yang diberikan sesuai masalah dan mengacu pada literatur yang didapat dari buku, artikel maupun jurnal penelitian terdahulu. Tahap kedua yaitu tahap pengumpulan data primer dari hasil wawancara, pemberian kuesioner kepada 5 orang petugas pasar Kunjang Kabupaten Kediri. Pada tahap kedua ini penggunaan data primer dimaksudkan untuk mengetahui pendapat petugas pasar tentang spesifikasi mesin pirolisis yang sesuai keinginan pengguna. Tahap ketiga yaitu pengolahan data dengan menggunakan metode *Stuart Pugh* dengan cara membandingkan dan memilih 2 konsep desain mesin pirolisis yang akan dibuat. Tahap keempat yaitu tahap menganalisa hasil pengolahan data dengan menjelaskan analisis konsep desain mesin pirolisis yang terpilih, kemudian melakukan perancangan desain alat pirolisis yang terpilih dan spesifikasi mesin pirolisis sesuai kebutuhan dari hasil pengolahan menggunakan metode *Stuart Pugh*. Kemudian tahap kelima yaitu melakukan penarikan kesimpulan dan saran yang dibutuhkan untuk pengembangan selanjutnya.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Hasil Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah didapatkan dari hasil wawancara dengan narasumber yaitu karyawan pengolah sampah pasar untuk mendapatkan data permasalahan penanganan sampah dengan di bakar mapun menggunakan alat pembakaran sampah.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Permasalahan

No	Pertanyaan	Hasil
1	Sudah optimalkah penanganan sampah plastik ?	Penanganan sampah plastik masih belum optimal karena masih ada yang di bakar.
2	Sudah optimalkah penggunaan mesin pirolisis saat ini digunakan ?	Mesin pirolisis yang digunakan belum optimal karena volume sampah lebih banyak dari pada kapasitas mesin.
3	Sudah efisiensikah penggunaan bahan bakar pirolisis saat ini ?	Penggunaan bahan bakar kurang efisien karena tiap pembakaran menggunakan 6 kg LPG per hari.
4	Harapan mesin pirolisis yang efisien penggunaannya ?	a. Diciptakan pirolisis yang memiliki kapasitas lebih besar. b. Diciptakan mesin pirolisis dengan bahan bakar yang lebih efisien. c. Penggunaan mudah dan perawatan mesin mudah serta murah.

#### 3.2 Hasil Penentuan Kebutuhan Pengguna Mesin Pirolisis

Berdasarkan data hasil wawancara, maka dilakukan penentuan kebutuhan mesin pirolisis yang sesuai keinginan pengguna (petugas sampah pasar).

Tabel 2. Daftar Kebutuhan Pengguna

No	Kebutuhan Pengguna
1	Mesin dapat dimanfaatkan untuk meminimalisir pembakaran sampah secara langsung.
2	Kapasitas mesin pembakar sampah lebih banyak dari pada mesin pirolisis saat ini.
3	Bahan bakar yang digunakan lebih efisien.
4	Penggunaan mesin yang mudah.
5	Perawatan mesin yang mudah.

#### 3.3 Penentuan Konsep Alternatif Pada Desain Pirolisis

Penentuan konsep alternatif desain mesin pirolisis didapatkan dari hasil wawancara dan hasil identifikasi kebutuhan pengguna. Adapun konsep Alternatif desain sebagai berikut.

Tabel 3. Alternatif Konsep Desain Pirolisis

No	Spesifikasi	Konsep Desain
1	Reaktor pembakaran	<b>Konsep A</b> Reaktor Pembakar jenis <i>single</i> . <b>Konsep B</b> Reaktor pembakar jenis <i>double</i> .
2	Bahan bakar	<b>Konsep A</b> Bahan bakar menggunakan LPG. <b>Konsep B</b> Bahan bakar awal menggunakan minyak tanah, selanjutnya menggunakan minyak cair dari hasil kondensasi asap dan gas hasil pembakaran sampah pada mesin pirolisis.
3	Material mesin	<b>Konsep A</b> Penggunaan plat dan pipa besi yang baru. <b>Konsep B</b> Memanfaatkan bahan dari drum oli dan pipa besi yang bekas.
4	Komponen Mesin	<b>Konsep A</b> Komponen pendukung dibuat secara custom pada tukang bubut mesin. <b>Konsep B</b> Memanfaatkan komponen seperti knee, shok pipa besi yang ada di pasaran atau toko alat teknik untuk memudahkan <i>maintenance</i> .

#### 3.4 Hasil Penentuan Kriteria Pemilihan Konsep Desain Mesin

Penentuan kriteria konsep desain mesin pirolisis dari hasil analisis alternatif konsep desain mesin. Tujuan menentukan kriteria seleksi untuk mengetahui detail spesifikasi mesin pirolisis yang akan dirancang.

Tabel 4. Penilaian Kriteria

Kriteria Seleksi	Penilaian
Fungsi	Memiliki kapasitas volume yang besar dalam proses pembakaran sampah dalam tabung reaktor pirolisis.
Efisiensi	Pemanfaatan bahan bakar yang lebih efisien dengan memanfaatkan produk sampingan hasil kondensasi mesin pirolisis berupa minyak cair dan gas.
Biaya murah	Biaya perancangan mesin cukup murah dengan memanfaatkan bahan besin bekas.
Perawatan mesin	Perawatan mesin tidak sulit dan suku cadang mudah di dapatkan.

Pemilihan konsep ide terbaik menggunakan metode perbandingan antar kriteria dengan metode *Stuart Pugh*. Metode *Stuart Pugh* digunakan untuk pemilihan dengan penentuan nilai dengan simbol (-), 0, dan (+) dengan nilai 1, 0, dan -1.

Tabel 5. Pemilihan Konsep Ide Terbaik

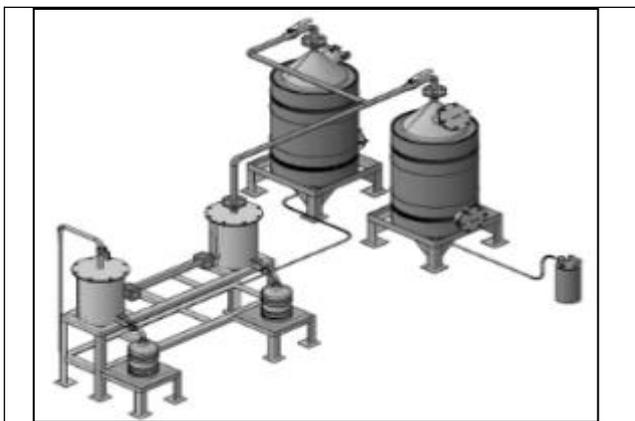
Kriteria Seleksi	Kapasitas mesin		Bahan bakar		Material mesin		Komponen Mesin	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Fungsi	0	+	0	+	0	0	0	0
Efisiensi	0	+	-	+	0	+	0	0
Biaya murah	-	0	0	0	0	+	0	+
Perawatan mesin	0	+	0	0	+	+	+	+
Total Nilai Lanjutkan ?	-1	3	-1	2	1	3	1	2
	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya

Keterangan :

- a) (+) nilai (1), (0) nilai (0), (-) nilai (-1).
- b) Total nilai sama dengan total dari jumlah (+) dengan (-).



Gambar 1. Konsep A (Desain Mesin Pirolisis)

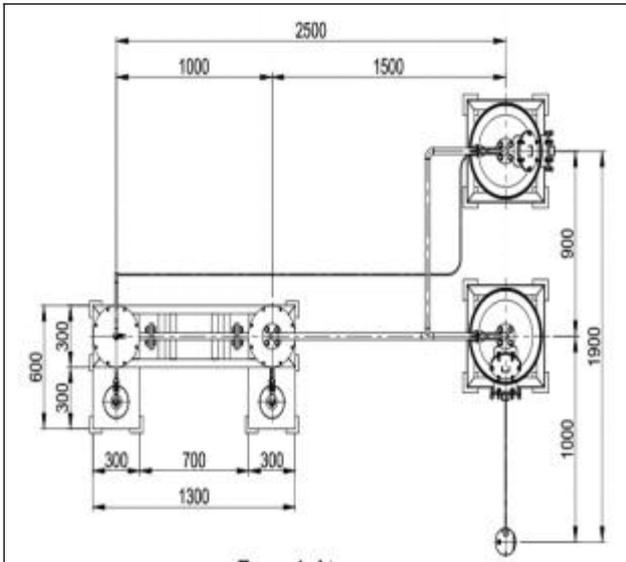


Gambar 2. Konsep B (Desain Mesin Pirolisis)

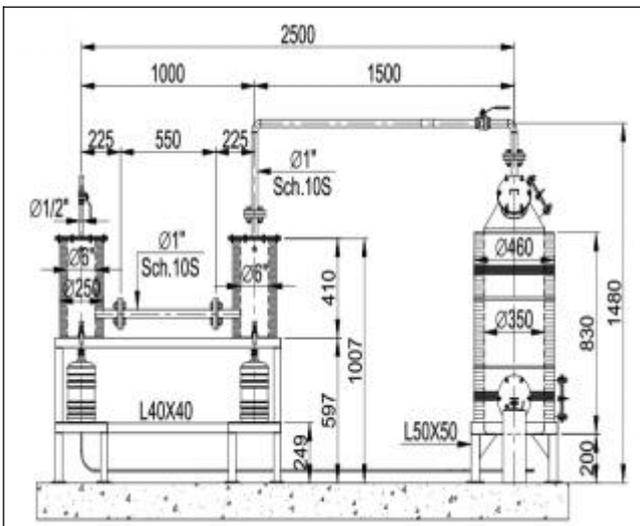
Tabel 6. Analisa Hasil Rancangan Desain Mesin Pirolisis

No	Rancangan	Kekurangan	Kelebihan
1	<b>Reaktor pembakar Desain A</b>	<b>Menggunakan 1 Reaktor</b>	
		Kapasitas hanya 200 kg.	Proses Pembakaran sampah plastik lebih cepat.
2	<b>Reaktor pembakar Desain B</b>	<b>Menggunakan 2 Reaktor</b>	
		Proses Pembakaran sampah plastik lebih lama.	Kapasitas maksimal 400 kg.
3	<b>Bahan bakar Desain A</b>	<b>Bahan Bakar LPG</b>	
		Harga lebih mahal.	Tekanan api lebih tinggi sehingga mempercepat proses.
4	<b>Bahan bakar Desain B</b>	<b>Bahan Bakar Minyak Cair dan Gas Hasil Pirolisis</b>	
		Butuh waktu lebih lama karena low pressure pada pembakaran.	Tanpa biaya bahan bakar.
5	<b>Material mesin Desain A</b>	<b>Material 80% dibuat dari plat</b>	
		Harga mahal	Lebih tahan lama
6	<b>Material mesin Desain B</b>	<b>Material dibuat 65% dari benda bekas atau limbah</b>	
		Kualitas sesuai dengan material yang ada.	Harga lebih murah.
7	<b>Komponen Mesin Desain A</b>	<b>Dibuat secara khusus jasa bubut</b>	
		Proses pembuatan lebih sulit.	Ukuran lebih presisi
8	<b>Komponen Mesin Desain B</b>	<b>Beli dari toko alat teknik</b>	
		Ukuran kurang presisi	Mudah didapatkan sehingga perawatan lebih mudah

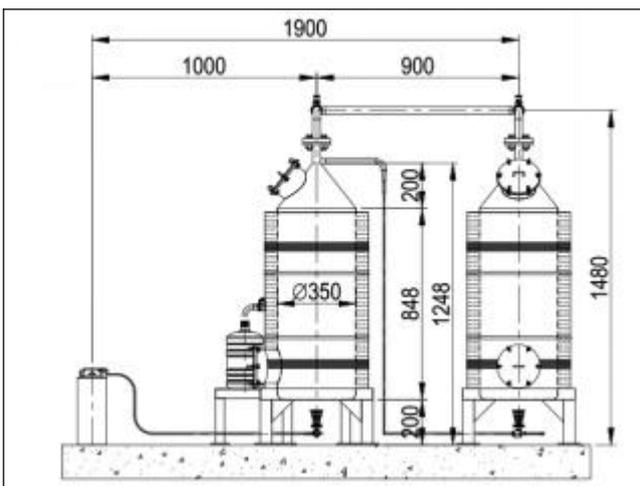
Berdasarkan tabel 5 dan 6, maka konsep desain yang spesifikasinya sesuai keinginan pengguna berdasarkan perhitungan metode *Stuart Pugh* yaitu konsep desain mesin Pirolisis B lebih sesuai kebutuhan pengguna. Hal tersebut dikarenakan kapasitas pembakaran sampah di dalam reaktor pirolisis yang lebih besar yaitu 2 kali lipat (*double reaktor*) dari pada kapasitas pembakaran sampah pada reaktor pirolisis konsep A (*single reaktor*). Selain itu juga penggunaan bahan bakar lebih efisien karena memanfaatkan bahan bakar cair hasil kondensasi asap pembakaran dan pemanfatan gas hasil proses kondensasi pada mesin pirolisis yang dialirkan ke bawah reaktor pirolisis untuk membantu proses pembakaran sampah yang ada di dalam reaktor.



Gambar 3. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Atas



Gambar 4. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Depan



Gambar 5. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Samping

Berdasarkan pada Gambar 3,4,dan 5 menunjukkan bahwa pada desain mesin konsep B terdapat dua reaktor pembakar sampah. Reaktor ke 1 berbahan bakar minyak cair hasil kondensasi asap pembakaran, kemudian pada reaktor ke 2 berbahan bakar gas hasil kondensasi asap pembakaran sampah dalam mesin pirolisis.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa perancangan desain mesin pirolisis dengan *double* reaktor memiliki beberapa keunggulan yaitu kapasitas volume reaktor pembakaran sampah menjadi 2 kali lebih besar dengan satu kali penggunaan bahan bakar. Kemudian efisiensi penggunaan bahan bakar lebih baik karena penggunaan bahan bakar selanjutnya dapat menggunakan bahan bakar cair hasil kondensasi asap serta menggunakan gas hasil kondensasi tersebut. Selain itu biaya perancangan mesin menjadi lebih murah karena menggunakan bahan besi bekas yang masih bisa dimanfaatkan dan perawatan seperti penggantian suku cadang juga mudah di dapatkan di toko alat teknik.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Petugas Pasar Desa Kunjang Kabupaten Kediri Jawa Timur, kepada LPPM Universitas Wijaya Putra, Dekan Fakultas Teknik, Kepala Program Studi Teknik Industri dan Mesin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marliani, N., "Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup," *Jurnal Formatif*. vol. 4, no. 2, 2014, pp. 124–132.
- [2] Taufiq, A., & Maulana, Fajar, M., "Sosialisasi Sampah Organik Dan Non Organik Serta Pelatihan Kreasi Sampah," *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. vol. 4, no. 1, 2015, pp. 68–73.
- [3] Harahap, Delima, R., "Pengaruh Sampah Rumah Tangga Terhadap Pelestarian Lingkungan Ditinjau Dari Aspek Biologi Di Komplek Perumahan Graha Pertiwi Kel. Urung Kompas Kec. Rantau Selatan," *Jurnal Cahaya Pendidikan*, vol. 2, no. 1, 2016, pp. 92–104.
- [4] Arini, W., & Lovisia, E., "Pengembangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Media Belajar Berbasis Lingkungan Pada Materi Suhu Dan Kalor Di Smp Kabupaten Musi Rawas," *Jurnal Perspektif Pendidikan*. vol. 14, no. 1, 2020, pp. 22–35.

- 
- [5] Karuniastuti, N., “Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan”, *Jurnal Forum Teknologi*. Vol.3 No.1, 2014.
- [6] Rudend, Jasmine, A., & Hermana, J., “Kajian Pembakaran Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) Menggunakan Insinerator,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, 2020, pp. 124–130.
- [7] Napid, S., Budi, S., R., & Susanto, E., “Pembakaran Sampah Anorganik Menimbulkan Dampak Positif Dengan Perolehan Asap Cair Bagi Masyarakat Lingkungan IX Kecamatan Amplas,” 2021, Pp 30-36.
- [8] Mokhtar, A., Jufri, M., & Supriyanto, H., “Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Kapasitas 10 Kg,” Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA), 2018.
- [9] Maulana, E., Fajri, N., B., & D. Mahardika, D., “Perancangan Proses Pembuatan Reaktor Pirolisis Model Horizontal Kapasitas 75 Kg/Jam,” Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ, 2020.
- [10] Sianturi, G., “Seleksi Material Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process Dan Pugh,” Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, 2021.
- [11] Yuliyani, I., & S. Prayogo, S., “Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana dengan Redestilator untuk Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa,” *Jurnal IRWNS*, 2013, Hal 220-225.
- [12] Hamid, R., Djide, N., M., & Ibrahim, R., “Penanganan Limbah Plastik Dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi Dengan Bakteri *Pseudomonas SP*,” Repository Universitas Hasanuddin, 2013.
- [13] Singh, J.. “A review paper on pyrolysis process of waste tyre”. *International Journal of Applied Research*, 1(13), 2017, 258–262.
- [14] Endang, K., Mukhtar, G, A., N., “Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak,” Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN “Veteran” Yogyakarta, 1–7, 2016.
- [15] Sari, L., G., “Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. AL-ARD,” *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 2017, 6–13.