

## PERANCANGAN MESIN PIROLISIS DENGAN MENGGUNAKAN *DOUBLE* REAKTOR UNTUK PEMBAKARAN SAMPAH ANORGANIK

Navik Kholili<sup>1\*</sup>, Astria Hindratmo<sup>2</sup>, Siswadi<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Wijaya Putra

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Wijaya Putra

\*Email: navikkholili@uwp.ac.id

### ABSTRAK

Sampah merupakan material sisa yang sudah dibuang atau tidak diperlukan setelah akhir dari suatu proses. Sampah terdapat dua jenis yaitu sampah organik dan anorganik. Pengolahan sampah anorganik jenis plastik yang paling sering dilakukan yaitu dengan cara pembakaran (insinerasi). Resiko Pembakaran sampah anorganik dapat menimbulkan gangguan kesehatan yang meliputi masalah gangguan pada nafas, rusaknya organ tubuh hingga terjadi penyakit kanker. Selain itu pembakaran sampah memberikan dampak lingkungan seperti berkurangnya jumlah oksigen, iklim yang berubah dengan cepat, terganggunya pandangan, lingkungan yang tercemar, hingga terjadinya lahan yang terbakar. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang alat pembakaran sampah plastik yang lebih ramah lingkungan yaitu dengan alat pirolisis. Perancangan alat pirolisis ini akan berfokus pada efisiensi bahan bakar dan peningkatan volume reactor pembakaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Stuart Pugh. Data dalam penelitian ini yaitu menggunakan data wawancara, kuesioner, serta jurnal penelitian terdahulu. Hasil dari penelitian ini yaitu menghasilkan desain mesin pirolisis dengan *double* reaktor yang sesuai keinginan pengguna yang meliputi kapasitas reaktor dua kali lipat yaitu 400kg, energi yang efisien, harga murah, mudah dalam perawatannya.

**Kata Kunci:** Sampah Plastik; Pirolisis; Ramah Lingkungan.

### PENDAHULUAN

Sampah adalah barang bekas atau sisa yang sudah tidak dipergunakan lagi. Sampah terdapat dua jenis yaitu sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik yaitu kategori sampah yang sulit terurai oleh tanah dan tidak mudah membusuk [1][2]. Sumber sampah bisa bermacam-macam, diantaranya dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri, dan jalan [3]. Pemanfaatan sampah anorganik diharapkan dapat memberikan keuntungan dalam rangka melestarikan lingkungan di masyarakat[1].

Beberapa contoh sampah anorganik yaitu seperti sampah plastik. Sampah jenis plastik cukup sulit terurai tanah, namun banyak masyarakat masih menggunakan plastik dalam proses pengemasan berbagai macam produk yang meliputi kemasan makanan, produk elektronik, tas, mainan, dan otomotif [4]. Oleh karena itu pemakaian plastik yang jumlahnya sangat besar tentunya akan berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan karena plastik mempunyai sifat sulit terdegradasi (*non biodegradable*), plastik diperkirakan membutuhkan 100 hingga 500

tahun hingga dapat terdekomposisi (terurai) dengan sempurna [5].

Pengolahan sampah jenis plastik yang paling sering dilakukan yaitu dengan cara pembakaran (insinerasi). Insinerasi digunakan karena adanya keterbatasan lahan pada tempat pembuangan akhir. Sistem pembakaran insinerasi memiliki kelemahan yaitu kebutuhan energi sebagai pemantik pembakar sampah (burner) yang sangat besar [6]. Resiko Pembakaran sampah anorganik dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti pada pernafasan hingga penyakit kanker yang disebabkan kandungan bahan plastik. Selain itu pembakaran sampah memberikan dampak lingkungan yang menyebabkan gangguan pada lingkungan mulai dari perubahan iklim hingga terjadinya lahan yang terbakar [7].

Namun, karena jumlahnya sampah anorganik jenis plastik, maka sering dilakukan proses. Berdasarkan penelitian [8] tentang perancangan pirolisis untuk membuat bahan bakar cair dari limbah plastik kapasitas 10 kg. Perancangan alat pembakaran atau mesin pirolisis digunakan untuk membakar sampah anorganik jenis sampah plastik, dimana pengolahan sampah dengan alat pirolisis akan

mengurangi asap pembakaran sampah secara terbuka karena proses pembakaran sampah akan dibuat secara kondensasi asap menjadi bahan bakar cair dari proses *thermolysis* di dalam alat pirolisis. Namun pada penelitian [8] tersebut berfokus pada tingkat efisiensi penggunaan bahan bakar LPG dalam proses pembakaran pada alat pirolisis. Kemudian pada penelitian [9] tentang perancangan proses pembuatan reaktor pirolisis model horizontal kapasitas 75 Kg/Jam. Dimana pada pada penelitian tersebut juga dalam pengolahan sampah jenis plastik untuk pengurai senyawa – senyawa kimia yang dilakukan dengan cara pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar sehingga sampah dibakar dan asapnya tidak mencemari lingkungan. Namun, pada penelitian [9] tersebut berfokus pada proses tambahan dalam alat pirolisis yaitu terdapat proses pengilingan sampah plastik dalam reaktor pirolisis sehingga proses pembakaran sampah lebih cepat karena sampah plastik di potong menjadi kecil-kecil.

Berdasarkan uraian permasalahan dan beberapa penelitian sebelumnya, maka untuk menyelesaikan permasalahan pengolahan sampah plastik untuk mengurangi resiko dampak lingkungan, maka perlu suatu alat pembakaran sampah yang ramah lingkungan yaitu alat pirolisis sehingga proses pembakaran lebih ramah lingkungan serta hasil pembakaran juga menghasilkan produk sampingan berupa bahan bakar cair dan gas dari hasil *thermolysis* dalam reaktor pirolisis tersebut. Tujuan dari penelitian ini melakukan perancangan desain mesin *pyrolisis double* reaktor untuk sampah plastik berbahan bakar gas dan minyak hasil pembakaran. Pirolisis merupakan penguraian biomassa karena panas pada suhu lebih dari 150°C [10]. Sedangkan menurut [11] pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis digunakan sebagai teknik yang menghasilkan cairan minyak dan gas melalui proses daur ulang sampah plastik[12].

Penggunaan *double* reaktor pada perancangan alat pirolisis pada penelitian ini dimaksudkan untuk meningkatkan volume plastik dalam sekali proses dan untuk efisiensi bahan bakar alat pirolisis. Metode yang digunakan dalam pemilihan konsep desain alat pirolisis dengan menggunakan metode *Stuart Pugh*. Metode *Pugh* yang dikembangkan oleh

*Stuart Pugh* merupakan metode yang digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan [13].

Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif [14]. Gas yang terbentuk itu mengandung berbagai unsur dan senyawa yang kemudian dipisahkan melalui proses yang dinamakan kondensasi sehingga dihasilkan minyak dan gas [15].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif dan kuantitatif. Pada metode penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu tahap pertama meliputi identifikasi yang meliputi identifikasi masalah, studi literatur dan studi lapangan. Tahap kedua yaitu pengumpulan data yang meliputi wawancara, pemberian kuesioner kepada 5 orang petugas pasar Kunjang Kabupaten Kediri, serta data sekunder dari jurnal penelitian sebelumnya. Tahap ketiga yaitu tahap pengolahan data yang meliputi pembuatan 2 alternatif konsep desain mesin pembakar sampah anorganik yaitu mesin pirolisis, melakukan pemilihan konsep dengan metode *Stuart Pugh*. Tahap keempat yaitu tahap Analisa hasil pengolahan data meliputi analisa hasil pemilihan konsep desain mesin pirolisis, kedian perancangan desain mesin pirolisis yang sesuai kebutuhan. Tahap Kelima yaitu tahap kesimpulan hasil penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan melakukan wawancara terkait permasalahan penggunaan alat pirolisis yang sesuai kebutuhan.

Tabel 1. Pertanyaan dan Hasil Wawancara

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	Mesin pirolisis yang digunakan belum optimal karena volume sampah lebih banyak dari pada kapasitas mesin.

	saat ini digunakan ?			Penggunaan minyak tanah, minyak cair hasil kondesasi asap dan gas hasil pembakaran.
3	Sudah efisiensikah penggunaan bahan bakar pirolisis saat ini ?	Penggunaan bahan bakar kurang efisien karena tiap pembakaran menggunakan 6 kg LPG per hari.	3	Material mesin <b>Konsep A</b> Menggunakan material plat lebih dan plat pipa besi baru.
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.	4	Komponen Mesin <b>Konsep A</b> Menggunakan koponen yang dibuat sendiri ke tukang bubut.  <b>Konsep B</b> Penggunaan komponen yang banyak di toko alat Teknik (seperti knee, shok pipa besi).

#### Daftar Kebutuhan Pengguna (Petugas Sampah)

Berdasarkan hasil wawancara, kemudian dilakukan pembuatan daftar kebutuhan pengguna mesin (petugas sampah).

Tabel 2. Daftar Kebutuhan Pengguna

No	Kebutuhan Pengguna
1	Mesin mampu mengurangi proses pembakaran sampah secara langsung.
2	Mesin memiliki volume yang besar dari mesin pirolisis saat ini.
3	Penggunaan bahan bakar yang lebih efisien.
4	Mesin mudah digunakan.
5	Mesin mudah perawatannya.

#### Penentuan Alternatif Konsep Desain Mesin

Berdasarkan hasil wawancara dan penentuan kebutuhan pengguna, maka ditentukan alternatif konsep desain mesin.

Tabel 3. Pemilihan Alternatif Konsep Ide Desain

No	Spesifikasi	Konsep Desain
1	Reaktor pembakaran	<b>Konsep A</b> Menggunakan <i>single</i> reaktor. <b>Konsep B</b> Menggunakan <i>double</i> reaktor.
2	Bahan bakar	<b>Konsep A</b> Penggunaan LPG.  <b>Konsep B</b>

#### Pemilihan Konsep Ide Alternatif Desain Mesin

Pada tahap ini melakukan pemilihan konsep ide alternatif desain mesin Pirolisis dengan menggunakan metode *Stuart Pugh*. Pada pemilihan konsep ditentukan penilaian kriteria dan pemilihan ide terbaik.

Tabel 4. Penilaian Kriteria

Kriteria Seleksi	Penilaian
Fungsi	Mampu menampung volume sampah plastik lebih banyak 2 kali lipat.
Efisiensi	Pengoperasian mesin meningkatkan efisiensi bahan bakar.
Biaya murah	Biaya pembuatan mesin cukup terjangkau.
Perawatan mesin	Perawatan mesin mudah

Tabel 5. Pemilihan Konsep Ide Terbaik

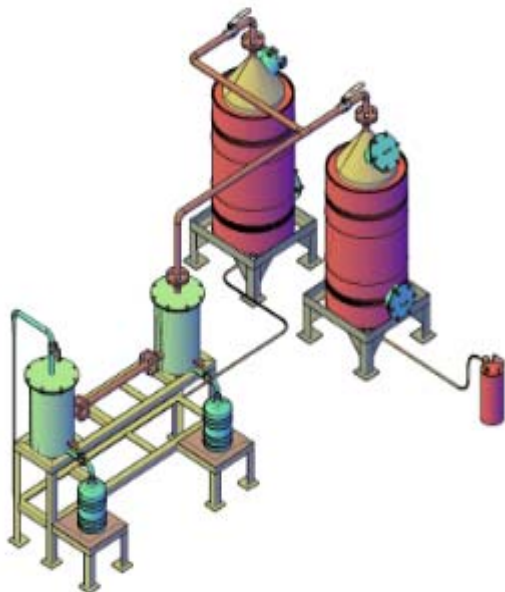
Kriteria Seleksi	Kapasitas mesin		Bahan bakar		Material mesin		Komponen Mesin	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Fungsi	0	+	0	+	0	0	0	0
Efisiensi	0	+	-	+	0	+	0	0
Biaya murah	-	0	0	0	0	+	0	+
Perawatan mesin	0	+	0	0	+	+	+	+
Total Nilai	-1	3	-1	2	1	3	1	2
Lanjutkan ?	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya

Keterangan :

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



Gambar 1. Desain Mesin Pirolisis Konsep A



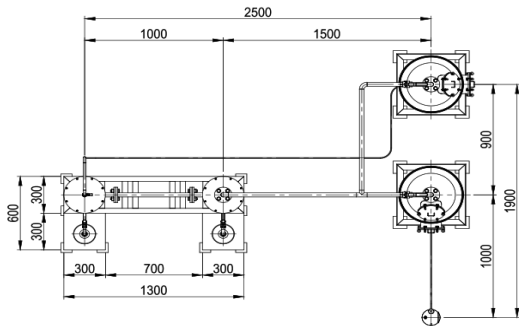
Gambar 2. Desain Mesin Pirolisis Konsep B

Tabel 6. Analisa Hasil Rancangan Desain Mesin Pirolisis

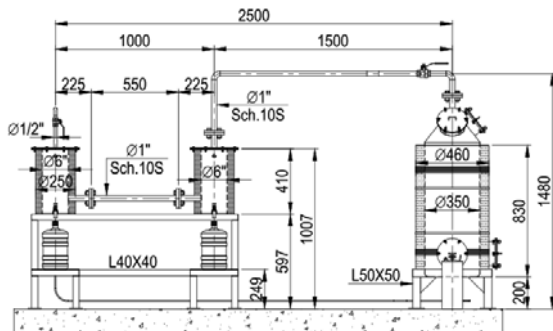
No	Rancangan	Kekurangan	Kelebihan
1	<b>Reaktor pembakar Desain A</b>	<b>Menggunakan 1 Reaktor</b>	Kapasitas hanya 200 kg. Proses Pembakaran sampah plastik lebih cepat.
		<b>Menggunakan 2 Reaktor</b>	Proses Pembakaran sampah plastik lebih lama. Kapasitas maksimal 400 kg.
2	<b>Bahan bakar Desain A</b>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

Berdasarkan hasil tabel 5 dan Tabel 6, maka konsep desain mesin Pirolisis B lebih sesuai kebutuhan pengguna. Hal tersebut dikarenakan memiliki *double* reaktor pembakaran sampah sehingga mampu menampung sampah plastik 2 kali lipat daripada mesin pirolisis konsep A yang hanya memiliki 1

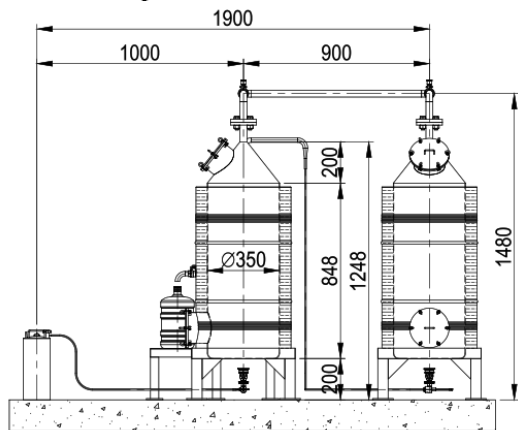
reaktor pembakar. Selain itu juga penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien karena bahan bakar awal pertama menggunakan minyak tanah, setelah itu menggunakan bahan bakar cair hasil pirolisis dapat dimanfaatkan dan juga gas hasil pirolisis dialirkan ke reaktor yang kedua.



Gambar 3. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Atas.



Gambar 4. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Depan.



Gambar 5. Desain Pirolisis Konsep B Tampak Samping.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kesimpulan didapatkan desain mesin pirolisis dengan *double* reaktor yang sesuai kebutuhan pengguna. Keunggulan dari mesin pirolisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu

meningkatkan volume pembakaran sampah anorganik yaitu sampah jenis plastik, penggunaan bahan bakar lebih efisien karena memanfaatkan minyak cair hasil kondensasi dan gas hasil pembakaran untuk dijadikan energi pembakar reaktor yang kedua. Selain itu harga pembuatan murah dan biaya perawatan lebih mudah karena suku cadang atau komponen mudah didapatkan, serta yang paling utama mampu mengurangi jumlah pembakaran sampah anorganik secara langsung di area terbuka.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Marliani, N. 2014. Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Sampah Anorganik) Sebagai Bentuk Implementasi Dari Pendidikan Lingkungan Hidup. *Jurnal Formatif*. vol. 4, no. 2, pp. 124–132.
- [2] A. Taufiq, A., & Maulana, Fajar, M. 2015. Sosialisasi Sampah Organik Dan Non Organik Serta Pelatihan Kreasi Sampah. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. vol. 4, no. 1, pp. 68–73.
- [3] Harahap, Delima, R. 2016. 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, pp. 92–104.
- [4] W. Arini, W., & Lovisia, E. 2020. 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, pp. 22–35.
- [5] Karuniastuti, N. 2014. Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan. *Jurnal Forum Teknologi*. Vol.3 No.1 .
- [6] Rudend, Jasmine, A., & Hermana, J., 2020. “Kajian Pembakaran Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) Menggunakan Insinerator,” *Jurnal Teknik ITS* , vol. 9, no. 2, pp. 124–130.
- [7] Napid, S., Budi, S., R., & Susanto, E. 2021. Pembakaran Sampah Anorganik Menimbulkan Dampak Positif Dengan Perolehan Asap Cair Bagi Masyarakat Lingkungan IX Kecamatan Amplas. Pp 30-36.
- [8] Mokhtar, A., Jufri, M., & Supriyanto, H. 2018. *Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah*

- Plastik Kapasitas 10 Kg.* Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA).
- [9] Maulana, E., Fajri, N., B., & D. Mahardika, D. 2020. *Perancangan Proses Pembuatan Reaktor Pirolisis Model Horizontal Kapasitas 75 Kg/Jam*, Prosiding Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ.
- [10] Yuliyani, I., & S. Prayogo, S. 2013. Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana dengan Redestilator untuk Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa. *Jurnal IRWNS*. Hal 220-225.
- [11] Hamid, R., Djide, N., M., & Ibrahim, R. 2013. Penanganan Limbah Plastik Dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi Dengan Bakteri *Pseudomonas* SP. Repository Universitas Hasanuddin.
- [12] Singh, J. 2017. A review paper on pyrolysis process of waste tyre. *International Journal of Applied Research*, 1(13), 258–262.
- [13] Sianturi, G., 2011. *Seleksi Material Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process Dan Pugh*. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar.
- [14] Endang, K., Mukhtar, G, A., N. 2016. Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN “Veteran” Yogyakarta, 1–7.
- [15] Sari, L., G. 2017. Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. AL- ARD. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 6–13.