

## MEKANISME TEKNOLOGI PENGOLAHAN SAMPAH MENJADI SUMBER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN

**Naziroh Faiqohtul Herlia<sup>1)</sup>, Sudarti<sup>2)</sup>, Yushardi<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember

Email: nazirohfh13@gmail.com <sup>1)</sup>

Nomor Telp : +62 813 3648 0285

Asal Negara: Indonesia

### ABSTRAK

Pengolahan limbah menjadi sumber energi listrik merupakan isu sentral dan kekinian dalam pengolahan sampah. Teknologi pengolahan sampah yang dikenali untuk melakukan proses tersebut diantaranya teknologi insinerasi (pembakaran), teknologi gasifikasi, dan teknologi pirolisis. Penelitian ini memiliki intensi untuk melakukan analisis mekanisme dari insinerasi (pembakaran), gasifikasi, dan pirolisis. Di sisi lain, tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kelebihan serta kekurangan masing-masing teknologi yang digunakan. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai, penulis menggunakan metode kualitatif yang berfokus. Teknik pengumpulan data yang dipakai menggunakan analisis induktif yaitu mengumpulkan artikel yang terbit dalam kurun waktu 2012-2022 dengan jumlah 16 artikel, sehingga diperoleh data sekunder. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa insinerasi, gasifikasi, dan pirolisis sebagai teknologi pengolahan sampah memiliki mekanisme yang berbeda. Prosedur pada insinerasi terdiri dari prosedur pre-treatment, incineration, recovery energy, dan penanganan flue gas. Selanjutnya, prosedur gasifikasi itu sendiri terdiri dari empat tahap yaitu pengeringan, pirolisa, oksidasi, dan reduksi. Sementara itu, pada proses pirolisis terdapat dua tahapan yaitu pembakaran dan kondensasi. Keberadaan teknologi tersebut sangat bermanfaat dalam mengatasi permasalahan sampah yang menumpuk dan sebagai sumber energi listrik terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi.

**Kata kunci:** sampah, insinerasi, gasifikasi, pirolisis

### ABSTRACT

*Processing waste into a source of electrical energy is a central and contemporary issue in waste management. Waste processing technologies that are known to carry out this process include incineration technology (combustion), gasification technology, and pyrolysis technology. The intention of the study is to analyze the mechanisms of incineration (combustion), gasification and pyrolysis. In addition, author also wants to make a comparison of the advantages and disadvantages of each of these technologies. The qualitative method was used in the research that focuses. To gain data collection, the technique used is inductive analysis, namely collecting articles published in the period 2012-2022 with a total of 16 articles, in order to obtain secondary data. We conclude that incineration, gasification, and pyrolysis is a waste processing technologies that have different mechanisms. The procedure for incineration consists of pre-treatment, combustion, energy recovery and handling flue gas. Furthermore, gasification has 4 procedure, namely drying, pyrolysis, oxidation, and reduction. Meanwhile, in the pyrolysis process there are two stages, namely combustion and condensation. The existence of this technology is very useful in overcoming the problem of accumulated waste and as a source of renewable electrical energy to meet energy needs*

**Keywords:** waste, incineration, gasification, pyrolysis

### 1. PENDAHULUAN

Sampah dapat didefinisikan sebagai zat maupun material yang sudah tidak digunakan lagi akibat dari berakhirnya suatu proses alam maupun kegiatan yang dilakukan manusia (Almanda et al., 2018). Sampah merupakan suatu material yang perlu untuk dikelola agar memiliki nilai tambah, dapat dipakai kembali dan tidak mencemari lingkungan. Sejarah menunjukkan bahwa pengelolaan limbah berkaitan erat dengan fungsi keteknikan. Adanya peningkatan produksi limbah dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan sehingga diperlukan tempat untuk pembuangan limbah (Mahyudin, 2014).

Apabila berbagai sampah yang dihasilkan tidak mampu dikelola secara baik dapat memicu timbulnya pencemaran lingkungan. Keberadaan sistem pengolahan sampah amat dibutuhkan untuk mengendalikan pengelolaan sampah yang ada di lingkungan. Pengolahan sampah yang dilakukan ini terdiri dari sampah organik dan juga sampah anorganik (Dewi, 2017).

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan sampah yang menumpuk dan kebutuhan sumber energi listrik yang semakin meningkat, diperlukan adanya teknologi pengolahan yang mampu mengubah sampah menjadi sumber energi listrik terbarukan. Saat ini cara pengelolaan

yang masih sering dilakukan diantaranya pengurungan (landfill), pengomposan, dibakar, dan dibuang ke sungai (Rahayu et al., 2018). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dikembangkan teknologi pengolahan sampah dengan kemampuan untuk menjadikannya sebagai sumber energi listrik, diantaranya yaitu insinerasi (pembakaran), gasifikasi, dan pirolisis (Kadang & Sinaga, 2020). Ketiga teknologi tersebut memiliki mekanisme atau cara kerja yang berbeda. Oleh sebab itu, tujuan penulisan artikel ini yaitu untuk menganalisis mekanisme dari tiap-tiap teknologi pengolahan sampah menjadi sumber energi listrik terbarukan. Selain itu, penulisan artikel ini juga memiliki tujuan untuk membandingkan kelebihan dan kekurangan dari insinerasi, gasifikasi, dan pirolisis serta efektivitasnya dalam menghasilkan sumber energi listrik.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Jenis Penelitian

Pada kajian ini penulis memilih jenis penelitian secara kualitatif. Metode kualitatif merupakan suatu metode yang berfokus untuk

mengkaji secara mendalam topik yang dibahas. pengkajian kualitatif yang digunakan ini berkaitan dengan jenis riset grounded theory yaitu membahas secara umum mengenai mekanisme teknologi pengolahan sampah menjadi sumber energi listrik terbarukan

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

Penulis menerapkan teknik pengumpulan data menggunakan analisis induktif dengan mengumpulkan literatur-literatur berupa artikel yang terbit dalam kurun waktu 2012-2022 dengan jumlah total 16 artikel dengan insinerasi 5 jurnal, gasifikasi 6 jurnal, dan pirolisis 5 jurnal sehingga diperoleh data sekunder. Setelah seluruh data telah terkumpul, penulis dapat menarik kesimpulan berdasarkan pernyataan umum yang ada pada isi artikel. Penulis memilih jenis penelitian ini supaya nantinya diperoleh hasil penelitian yang rinci dengan pembahasan secara mendalam sehingga pembaca dapat lebih mudah dalam memahami isi artikel. Identitas literatur yang digunakan dalam mendukung penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Identitas literatur yang digunakan pada setiap teknologi pengolahan sampah

No	Nama penulis (Tahun)	Judul	Hasil
1.	J.P. Simanjuntak, Richard A.M. Napitupulu, dan P. Lumbangao (2022)	Rancangan Fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Sampah: Studi Kasus di Kota Medan Sumatera Utara	Komposisi sampah yang dimiliki Kota Medan sebagian besar merupakan sampah anorganik dan organik. Limbah tersebut memiliki kandungan energi sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar PLTSA.
2.	Wasilah, A. Hildayanti, dan M. Z. Suradin (2017)	Inovasi Gedung Pengolahan Sampah Berbasis Insinerasi yang Ramah Lingkungan	Diterapkannya teknologi insinerasi menjadi solusi untuk mengurangi timbunan sampah. Insinerasi ini berpotensi efektif dalam memberikan hasil berupa energi listrik.
3.	M. Yuliani (2016)	Insinerasi untuk Pengolahan Sampah Kota	Dalam proses insinerasi hal yang harus diperhatikan yaitu kualitas dan kuantitas bahan bakar. Proses ini terdiri dari empat tahap diantaranya yaitu proses <i>pre-treatment</i> , <i>incerantion</i> , proses <i>energy recovery</i> dan proses penanganan flue gas.
4.	Fauzi (2017)	Potensi Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Di Wilayah Kalimantan Barat	Limbah dalam bentuk batang dihasilkan dari tanaman yang sudah tidak produktif (tua) melalui aktivitas pengolahan kebun. Limbah tersebut selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui proses pembakaran di turbin uap.
5.	W. Widya widura, R. P. Liestiono, M. Sigit Cahyono, A. Prasetya, dan M. Syamsiro (2017)	Pengaruh Jenis Bahan Terhadap Proses Gasifikasi Sampah Organik Menggunakan Updraft Fixed Bed Reactor	Jenis bahan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap prosedur gasifikasi pada sampah berbahan organik. Proses ini akan menyebabkan kenaikan panas yang cepat dibandingkan pelet dari bahan serbuk gergaji ataupun ranting kayu
6.	I. Pujotomo (2017)	Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi	Proses gasifikasi sekam padi dapat dimanfaatkan untuk energi alternatif terbarukan. Penerapannya dapat dilakukan guna memenuhi kebutuhan energi listrik rumah tangga.

7.	D. Rahayu, Kuwati, dan I. Nugroho (2018)	The Micin (Miracle of Dustbin) Inovasi Teknik Pengolahan Sampah menjadi Energi Biomassa dengan Metode Gasifikasi Plasma sebagai Solusi Alternatif Permasalahan Lingkungan Pantai Trisik	Dalam merancang sistem tempat sampah melalui metode gasifikasi diketahui bahwa rancangan tempat sampah ini dapat mengubah sampah menjadi energi listrik terbarukan dan ramah lingkungan yang kemudian disalurkan ke rumah-rumah warga
8.	J. M. Kadang dan N. Sinaga (2020)	Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Untuk Efektifitas Pengolahan Sampah dan Energi Berkelanjutan	Pengembangan teknologi untuk mengubah bahan sisa seperti sampah dari sistem teknologi <i>Landfill Gas Collection</i> untuk diubah sebagai sistem teknologi gasifikasi efektif untuk digunakan karena mampu menghasilkan energi listrik yang lebih banyak.
9.	M. S. Gunawan, N. A. Aprilia, W. D. Pebrianti, dan M. H. Abdullah (2021)	Pengolahan Limbah Rumah Tangga Terpadu Menjadi Sumber Energi Alternatif di Desa Glagaharum	Keberadaan tempat pengolahan sampah terpadu menjadikan masyarakat dapat mengolah sampah organik maupun anorganik dengan baik. Nantinya sampah akan diolah menjadi bahan bakar minyak dan biogas.
10.	M. Mustam, N. Ramdani, dan I. Syaputra (2021)	Perbandingan Kualitas Bahan Bakar dari Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Metode Pirolisis	Berdasarkan metode pirolisis yang telah dilakukan diperoleh perbandingan hasil olahan minyak melalui pengolahan sampah berbahan plastik yang lebih rendah dibandingkan minyak tanah, tetapi lebih tinggi daripada minyak solar dilihat dari indikator massa jenis, durasi pembakaran, dan suhu.
11.	W. Wijayanti, M. N. Sasongko, C. Meidiana, dan L. Yuliati (2013)	Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif	Proses pirolisis membutuhkan suhu pada 300°C untuk mereduksi sampah dengan optimal. Banyak kandungan air yang dihasilkan dari pirolisis berasal dari tingginya kadar air pada sampah
12.	M. Taufiqurrohmah dan M. Yusuf (2022)	Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah	Terdapat berbagai teknologi yang bisa digunakan untuk mengolah limbah rumah tangga untuk menghasilkan energi. Sumber energi terbarukan yang dihasilkan dapat berupa biofuel dan listrik.
13.	R. P. Mahyudin (2014)	Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan	Permasalahan pengelolaan sampah berfokus pada masalah teknis, ekonomi, sosial, dan dampaknya pada lingkungan.
14.	R. P. Dewi (2017)	Perancangan Sistem Pengelolaan Sampah Untuk Mendukung Perkembangan Industri Kreatif Di Daerah Pariwisata	Keberadaan rancangan untuk pengolahan sampah membawa harap untuk mendorong industri kreatif sehingga meningkatkan taraf hidup masyarakat
15.	D. Almada, H. Isyanto, dan R. Samsinar (2018)	Perancangan Prototype Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Solar Panel 100 Wp Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan	Adanya rancangan tempat sampah yang dapat memisahkan sampah organik serta anorganik menjadi hal yang dapat direalisasikan. Dalam analisis panel surya daya yang diperoleh dapat digunakan untuk mengaktifkan tempat sampah tersebut
16.	H. Susastrio, D. Ginting, E. W. Sinuraya, dan G. M. Pasaribu (2020)	Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi dalam Upaya untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan	Pemakaian teknologi incinerator bergantung pada jenis limbah yang akan diolah agar pemanfaatannya dapat dioptimalkan. Penggunaan teknologi ini memiliki keunggulan untuk mereduksi sampah dalam jumlah yang cukup besar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Mekanisme Insinerasi (Pembakaran) dalam Menghasilkan Energi Listrik

Insinerasi merupakan salah satu teknologi pengolahan sampah yang telah banyak ditemukan penggunaannya di negara-negara maju Eropa seperti Jerman, Swedia, Inggris dan di Asia seperti Singapura, Korea Selatan, dan Jepang. Teknologi insinerasi ini merupakan teknologi pengolahan sampah dengan pembakaran secara langsung menggunakan udara sebagai oksidator. Dapat dikatakan teknologi ini sangat efektif untuk mengurangi massa dan volume sampah hingga mencapai 90% (Simanjuntak et al., 2022).

Dalam penelitian sebelumnya dikatakan bahwa mesin insinerasi untuk proses pembakaran sampah harus didukung oleh sistem kontrol atau pengendali agar mencukupi batasan-batasan dari emisi partikel serta gas hasil buangan. Nantinya, akan dapat dipastikan jika asap yang muncul berasal dari mesin tersebut sudah menjadi gas yang netral (Wasilah et al., 2017).

Sebelum melakukan proses pengolahan sampah menggunakan teknologi insinerasi, terlebih dahulu perlu untuk memperhatikan bahan bakar sampah dari segi kualitas dan kuantitasnya (Yuliani, 2016). Mekanisme pengolahan sampah menjadi energi listrik menggunakan teknologi insinerasi ini dalam penelitian yang dilakukan oleh Yuliani (2016) dapat dibedakan menjadi beberapa tahapan, diantaranya:

##### 1. Proses pre-treatment

Pada proses pre-treatment sampah ini, dua tahapan yang harus dilakukan antara lain penyortiran dan homogenisasi. Proses penyortiran sampah berguna untuk meningkatkan nilai kalori yang terkandung dalam sampah sebelum masuk dalam mesin insinerator. Selanjutnya, untuk proses homogenisasi ini dapat berupa pencampuran sampah. Pencampuran sampah ini berfungsi untuk mengontrol masukan energi dalam proses insinerasi.

##### 2. Proses pembakaran

Dalam proses pembakaran sampah, terdapat tiga prinsip yang sangat penting, yaitu temperatur, turbulensi, dan waktu. Ketiga prinsip tersebut berbanding lurus dengan proses pembakaran. Apabila temperatur semakin tinggi, maka turbulensi juga akan semakin meningkat, dan menyebabkan meningkatnya durasi keberadaan flue gas pada proses pembakaran.

##### 3. Proses recovery energy

Teknologi insinerasi ini termasuk dalam proses pengolahan sampah menggunakan suhu yang tinggi berkisar 850°C ke atas dan akan menghasilkan proses pemulihan energi. Proses pemulihan energi tersebut didasarkan pada kondisi pasar energi lokal. Energi termal yang telah dihasilkan akan dipulihkan menggunakan

boiler untuk menghindari terjadinya sentuhan antara pipa air dengan nyala api dengan suhu yang tinggi.

##### 4. Proses penanganan flue gas (APC sistem)

Proses pengolahan sampah menggunakan insinerasi ini dapat menimbulkan permasalahan kesehatan karena flue gas yang dikeluarkan. Oleh karena itu, untuk mengurangi emisi yang timbul akibat flue gas ini diperlukan sistem yang dapat mengendalikan polusi udara atau disebut Air Pollution Control System (APC Sistem) sehingga energi termal yang dihasilkan nantinya tidak akan menyebabkan polusi udara.

##### 5. Proses kontrol emisi dan pelepasan gas melalui cerobong

Setelah melalui proses APC sistem, selanjutnya bahan akan memasuki proses kontrol emisi dan pelepasan gas melalui cerobong. Gas bersuhu tinggi akan digunakan untuk mengubah wujud fluida dari air (cair) menjadi steam bertekanan tinggi. Selanjutnya, akan digunakan untuk mengoperasikan turbin uap yang dapat dipasangkan secara langsung dengan generator pembangkit listrik, sehingga nantinya generator akan menghasilkan sumber energi listrik untuk dimanfaatkan dalam kebutuhan sehari-hari.

Tahapan insinerasi di atas memiliki perbedaan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Taufiqurrohman dan Yusuf (2022). Pada penelitian tersebut dijabarkan mekanisme insinerasi yang diawali dengan membuang limbah sampah di ruang pembakaran dengan suhu yang cukup panas. Panas berlebihan yang dihasilkan setelah pembakaran uap akan digunakan pada pembangkit listrik untuk menghasilkan panas dan energi. Panas tersebut dihasilkan oleh generator yang dihubungkan dengan turbin dan nantinya akan menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan mekanisme pengolahan sampah menggunakan teknologi insinerasi yang telah dibahas di atas, dalam teknologi insinerasi ini memiliki keunggulan dan kelemahannya tersendiri (Susastrio et al., 2020). Beberapa keunggulannya antara lain:

1. Mampu membangkitkan daya listrik dengan memanfaatkan panas bumi serta panas dari proses pembakaran.
2. Mampu menghilangkan kandungan bakteri yang dapat mencemari lingkungan.
3. Mampu mengolah sampah dalam waktu yang cukup singkat.

Di sisi lain, teknologi insinerasi ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu:

1. Penggunaan teknologi ini menghasilkan pelepasan CO<sub>2</sub> dengan jumlah yang cukup besar menyebabkan lepasnya gas racun bersamaan dengan gas buang ke udara dapat memicu timbulnya pemanasan global.

2. Memiliki potensi sebagai penyebab pencemaran lingkungan apabila tidak disertai dengan pengolahan gas buang.
3. Menghasilkan abu yang berasal dari pembakaran yang mencapai 20% dari keseluruhan sampah yang dibakar

### 3.2 Mekanisme Gasifikasi dalam Menghasilkan Energi Listrik

Teknologi gasifikasi merupakan proses pengolahan sampah dengan cara oksidasi parsial yang berasal dari material yang di dalamnya terkandung unsur karbon seperti biomassa atau batu bara yang digunakan untuk memproduksi gas sintesis (Fauzi, 2019). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, secara sederhana, mekanisme pengolahan sampah dengan gasifikasi ini terbagi menjadi empat tahapan (Pujotomo, 2017). Tahapan-tahapan tersebut terdiri dari tahap pengeringan, tahap pirolisa, tahap oksidasi, dan tahap reduksi.

#### 1. Tahap Pengeringan

Pada tahap pengeringan awal ini sampah yang hendak diolah akan mengalami proses pengeringan sebagai akibat dari reaksi panas yang dihasilkan pada saat tahap oksidasi.

#### 2. Tahap Pirolisa

Selanjutnya, pada tahap kedua ini sampah akan dipanaskan dengan suhu lebih tinggi daripada sebelumnya sehingga akan mengakibatkan sampah terbagi menjadi minyak, arang, dan gas, serta material lainnya.

#### 3. Tahap Oksidasi

Sampah yang telah dihasilkan pada tahap pirolisa sebelumnya, selanjutnya akan mengalami oksidasi yang dilakukan oleh udara dan oksigen.

#### 4. Tahap Reduksi

Selanjutnya, pada tahap terakhir yaitu reaksi reduksi. Pada tahap reduksi ini terjadi reaksi pertukaran gas yang bernilai kalor.

Setelah dilakukan keempat tahapan tersebut, material akan dicampurkan dengan gas hasil dari gasifikasi pada suhu tinggi dengan bahan bakar minyak di dalam diesel untuk menggerakkan turbin. Selanjutnya, turbin akan mengalami pergerakan sehingga mampu menghasilkan tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi.

Hal yang berbeda ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Rahayu et al. (2017) yang menyatakan bahwa cara kerja gasifikasi ini terdiri dari tiga reaksi, diantaranya yang pertama reaksi *thermal cracking* yaitu proses penguraian molekul berukuran besar menjadi gas. Kedua, oksidasi parsial yaitu proses dihasilkannya karbon monoksida dan pada akhirnya akan dihasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Ketiga, yaitu reaksi *reforming* yakni gabungan dari reaksi-reaksi yang berlangsung. Pada reaksi ini terdapat peluang akan dihasilkan fuel gas.

Dalam proses gasifikasi ini jenis bahan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap proses gasifikasi sampah organik. Proses gasifikasi dengan sekam padi menghasilkan kenaikan suhu lebih cepat daripada bahan pelet serbuk gergaji dan ranting kayu (Widya widura et al., 2017).

Dalam penelitian sebelumnya mengenai teknologi gasifikasi, dijelaskan bahwa gasifikasi ini memiliki beberapa keunggulan (Taufiqurrohman & Yusuf, 2022). Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan teknologi gasifikasi ini diantaranya:

1. Berpotensi tinggi untuk menghemat penggunaan lahan dalam mengolah limbah.
2. Menjadi teknologi pengolahan sampah yang ramah lingkungan untuk gabungan antara listrik dan panas.
3. Memiliki sifat yang teknis dan ekonomi sebagai energi terbarukan yang dihasilkan dari limbah.

Sama halnya dengan teknologi insinerasi yang telah dijelaskan di atas, teknologi gasifikasi ini juga memiliki kekurangan. Kadang dan Sinaga (2021) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa risiko operasi dari penggunaan gasifikasi ini yaitu gas berupa sintesis yang perlu untuk dibebaskan dari kotoran sebab memiliki risiko yang tergolong tinggi untuk mengalami kegagalan bagian.

### 3.3 Mekanisme Pirolisis dalam Menghasilkan Energi Listrik

Pirolisis merupakan suatu proses pengolahan sampah dengan memecah rantai-rantai polimer sehingga menjadi senyawa yang jauh lebih sederhana dengan proses pembakaran. Teknologi pirolisis ini sangat berguna sebagai penyedia bahan bakar yang memiliki nilai energi tinggi (Mustam et al., 2021). Dari peneliti yang telah melakukan penelitian terdahulu, dapat diketahui teknologi pirolisis ini akan digunakan untuk mengubah sampah anorganik berupa plastik menjadi bahan bakar minyak. Proses pengolahan sampah pada teknologi pirolisis ini diawali dengan pembakaran sampah tanpa oksigen dengan suhu 400°C yang selanjutnya akan menghasilkan uap yang mengalir ke kondensor. Proses kondensasi ini terdiri dari dua tahap penyulingan. Pada proses penyulingan pertama akan dihasilkan bahan bakar yang setara dengan solar. Uap yang dihasilkan pada proses penyulingan pertama akan masuk pada proses penyulingan kedua menghasilkan bahan bakar yang setara dengan bensin. Bahan bakar inilah yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan energi sehari-hari (Gunawan et al., 2021).

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Mustam et al. (2021) memiliki perbedaan prinsip kerja pada proses pirolisis dengan penelitian milik Gunawan et al. (2021). Perbedaannya yaitu pada proses pirolisis ini diperlukan adanya penggunaan katalis yang berpengaruh pada kualitas produk

dalam hal waktu pembakaran, massa jenis, dan temperatur. Selain itu, Mustam et al. (2021) dalam artikelnya juga mengatakan bahwa teknologi pirolisis memiliki keunggulan, diantaranya:

1. Pada minyak hasil teknologi pirolisis ini tidak terdapat kandungan air menyebabkan besarnya nilai kalori yang dihasilkan.
2. Minyak yang dihasilkan dari teknologi pirolisis ini juga tidak terkandung oksigen di dalamnya sehingga tidak mengakibatkan terjadinya korosi.
3. Mampu menghasilkan proses kimia yang ramah terhadap lingkungan serta mampu apabila ingin digunakan kapan saja dan dimana saja.

4. Produk bahan bakar yang diperoleh dari proses pengolahan sampah melalui teknologi ini juga dapat dipakai menyesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan (Wijayanti et al., 2013).

Dalam artikel penelitiannya, Kadang dan Sinaga (2021) juga menjelaskan mengenai risiko operasi dari penggunaan teknologi pirolisis yaitu memiliki risiko kegagalan bagian yang cukup tinggi sehingga gas sintesis butuh untuk dibersihkan untuk meminimalisasi risiko tersebut. Berdasarkan ketiga teknologi yang telah dibahas, beberapa pengelompokan teknologi pengolahan sampah berdasarkan kriterianya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengelompokan teknologi pengolahan sampah berdasarkan kriterianya *Sumber: (Kadang dan Sinaga, 2021)*

Kategori	Teknologi insinerasi	Teknologi gasifikasi	Teknologi pirolisis
Cara Kerja	Membutuhkan jumlah oksigen/udara yang lebih banyak	Membutuhkan jumlah oksigen/udara yang sedikit	Tidak membutuhkan kadar oksigen/udara
Temperatur (°C)	800-1450	500-1800	250-900
Usia efektif	±125 tahun	±10 tahun	±30 tahun
Jumlah Pembangkit yang Ada di Dunia	>1000	<150	<10
Persentase Penyelesaian Sampah	80%	80% - 90%	80% - 90%
Risiko Operasi	Risiko cukup rendah mengalami kegagalan bagian/komponen	Risiko cukup tinggi mengalami kegagalan bagian/komponen	Risiko cukup tinggi mengalami kegagalan bagian/komponen

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Teknologi pengolahan sampah menjadi sumber energi listrik terbarukan terdiri dari insinerasi, gasifikasi, dan pirolisis. Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa tiap-tiap teknologi tersebut memiliki mekanisme yang berbeda. Mekanisme tersebut akan efektif apabila digunakan sesuai dengan jenis bahan baku sampah yang dibutuhkan. Keberadaan teknologi tersebut bermanfaat dalam mengatasi permasalahan sampah yang menumpuk dan sebagai sumber pemenuhan akan energi listrik. Meskipun begitu, insinerasi, gasifikasi, dan pirolisis ini tetaplah memiliki kelebihan dan kekurangan dalam mengelola sampah. Saran yang dapat penulis berikan ialah dengan adanya artikel ini diharapkan dapat bermanfaat dalam meningkatkan wawasan pembaca bahwa sampah yang tidak berguna.

## DAFTAR PUSTAKA

Almanda, D., Isyanto, H., & Samsinar, R. (2018). Perancangan Prototype Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Solar Panel 100 Wp Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Seminar Nasional Sains Dan Dan Teknologi*, 1–9. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnast>

Dewi, R. P. (2017). Perancangan Sistem Pengelolaan Sampah untuk Mendukung Perkembangan Industri Kreatif di Daerah Pariwisata. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Papers Unisbank*, 3(Sendi\_U 3), 217–221.

Fauzi. (2019). Potensi Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Di Wilayah Kalimantan Barat. *Elkha*, 9(2), 22. <https://doi.org/10.26418/elkha.v9i2.24356>

Gunawan, M. S., Aprilia, N. A., Pebrianti, W. D., & Abdullah, M. H. (2021). Energi Alternatif Di Desa Glagaharum. *Prosiding PKM-CSR*, 4, 194–199.

Kadang, J. M., & Sinaga, N. (2020). Pengembangan Teknologi Konversi Sampah Untuk Efektifitas Pengolahan Sampah dan Energi Berkelanjutan. *Jurnal Teknika*, 15(1), 33–44.

Mahyudin, R. P. (2014). Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan. *EnviroScienteeae*, 10, 80–87.

Mustam, M., Ramdani, N., & Syaputra, I. (2021). Perbandingan Kualitas Bahan Bakar dari Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Pirolisis. *Edumatsains*, 6(1), 219–230.

- Pujotomo, I. (2017). Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 9, 126–135.
- Rahayu, D., Kuwati, & Nugroho, I. (2018). the Micin (Miracle of Dustbin) Inovasi Teknik Pengolahan Sampah Menjadi Energi Biomassa Dengan Metode Gasifikasi Plasma Sebagai Solusi Alternatif Permasalahan Lingkungan Pantai Trisik. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*, 2(1), 18–27.  
<http://www.jurnal.ukmpenelitianunp.org/index.php/jipppm/article/view/98>
- Simanjuntak, J. P., A.M., R., Napitulu, & Lumbangaol, P. (2022). Rancangan Fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Sampah: Studi Kasus di Kota Medan Sumatera Utara. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(2), 84–93.  
<https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/mechanical/article/view/636>
- Susastrio, H., Ginting, D., Sinuraya, E. W., & Pasaribu, G. M. (2020). Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(1), 28–34.  
<https://doi.org/10.14710/jebt.2020.8137>
- Taufiqurrohman, M., & Yusuf, M. (2022). Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah. *Jurnal MENTARI: Manajemen Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 46–57.
- Wasilah, Hildayanti, A., & Suradin, M. Z. (2017). Inovasi Gedung Pengolahan Sampah Berbasis Insinerasi yang Ramah Lingkungan. *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)*, January, D085–D092.  
<https://doi.org/10.32315/ti.6.d085>
- Widyawidura, W., Liestiono, R. P., Cahyono, M. S., Prasetya, A., & Syamsiro, M. (2017). PENGARUH JENIS BAHAN TERHADAP PROSES GASIFIKASI SAMPAH ORGANIK MENGGUNAKAN UPDRAFT FIXED BED REACTOR. 1(2).
- Wijayanti, W., Sasongko, M. N., Meidiana, C., & Yuliati, L. (2013). Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif. *Rekayasa Mesin*, 4(2), 85–92.
- Yuliani, M. (2016). Insinerasi Untuk Pengolahan Sampah Kota. *Insinerasi Untuk Pengolahan Sampah Kota*, 9(Dalam rangka mengurangi beban TPA terhadap penumpukan sampah), 1–8.  
<http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1640081&val=14307&title=INCINERATION FOR MUNICIPAL SOLID WASTE TREATMENT>