

Potensi Teknologi Pengolahan Berbasis Pirolisis dalam Penanganan Limbah Alat Pelindung Diri yang Menumpuk di Masa Pandemi Covid-19

The Potential of Pyrolysis-Based Processing Technology in Handling Personal Protective Equipment Waste that Piles Up during the Covid-19 Pandemic

Syauki Isykapurnama^(1*), Darsih Sarastri⁽¹⁾, Hega 'Aisyah Mahardika⁽¹⁾
⁽¹⁾Program Studi S-1 Farmasi, Universitas Diponegoro, Kota Semarang
Email : sauki.iskapurnama@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu dampak sekunder dari pandemi Covid-19 yang dapat dirasakan di Indonesia adalah menumpuknya limbah alat pelindung diri. Menumpuknya limbah APD dapat menyebabkan penyebaran virus Covid-19 atau mikroorganisme patogen lainnya menjadi meningkat dan akan menyebabkan beberapa komplikasi penyakit penyerta yang mengancam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Limbah APD yang infeksius ini perlu diolah dengan cara yang berbeda seperti limbah lainnya. Perlu adanya inovasi dalam mengolah limbah APD infeksius, seperti dengan menggunakan teknologi yang menggunakan metode pirolisis untuk mengolah limbah yang akan menghasilkan bahan bakar alternatif. upaya untuk memanfaatkan teknologi ini dalam pengolahan limbah APD perlu dipertimbangkan sebagai salah satu langkah efektif untuk mengurangi penumpukan limbah APD akibat pandemi dan dapat menjadi inovasi baru untuk masyarakat apabila teknologi ini diterapkan dalam skala yang lebih kecil dan mudah dijangkau.

Kata kunci : *Waste-treatment*, Alat Pelindung Diri, Covid-19, Limbah.

ABSTRACT

One of the secondary effects of the Covid-19 Pandemic that can be felt in Indonesia is the accumulation of personal protective equipment waste. The accumulation of PPE waste can increase the risk of Covid-19 virus transmission or other pathogenic microorganisms to increase and will cause several complications of comorbidities that threaten the Sustainable Development Goals (SDGs). This infectious PPE waste needs to be treated differently from other wastes. There is a need for innovation in treating infectious PPE waste, such as by using technology that uses the pyrolysis method to produce alternative fuels. Efforts to utilize this technology in PPE waste treatment need to be considered as an effective step to reduce the buildup of PPE waste due to the pandemic and can become a new innovation for people who apply technology on a smaller scale and are easily accessible.

Keywords : *Waste-treatment*, Personal Protective Equipment, Covid-19, Waste.

PENDAHULUAN

Pada akhir Desember tahun 2019, dunia digemparkan dengan ditemukannya sebuah penyakit baru di Wuhan, Provinsi Hubei, Tiongkok, yang kini dikenal dengan sebutan Covid-19. *Coronavirus diseases 2019* (Covid-19) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh merebaknya virus jenis baru yang disebut *Severe acute*

respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). Di Indonesia pun jumlah kasus orang terinfeksi adalah 135.123 dengan angka kesembuhan 89.618 orang dan angka kematian mencapai 6.021 orang. Virus ini dapat menular dari manusia ke manusia melalui cairan atau *droplets* pada sistem pernapasan seperti lendir yang dapat menyebar ketika pasien terinfeksi sedang

batuk atau bersin tanpa menutup mulut dengan baik. Selain itu, penyakit ini dapat menular melalui kontak langsung seperti bersentuhan atau berjabat tangan dengan pasien terinfeksi dan menyentuh benda yang mengandung virus kemudian menyentuh hidung, mata, atau mulut (Unhale, S.S., *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan penatalaksanaan untuk mencegah penyebaran Covid-19 dengan menghindari kontak dengan orang sakit, menerapkan etika batuk dan bersin yang benar, menjaga jarak dengan orang lain minimal 1 meter, menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat, serta menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti masker medis, sarung tangan, pelindung wajah, dan lain-lain (ILO, 2020).

Penggunaan APD selain dilakukan oleh tenaga kesehatan di rumah sakit karena mereka memerlukan kewaspadaan untuk melindungi diri dan mencegah penularan di tempat pelayanan kesehatan, juga digunakan oleh masyarakat umum yang bekerja dengan menerapkan protokol kesehatan. Peningkatan penggunaan APD di kehidupan sehari-hari diiringi dengan peningkatan jumlah limbah padat infeksius. Yang dimaksud dengan limbah infeksius adalah limbah yang memiliki potensial untuk menginfeksi atau menularkan penyakit pada manusia akibat adanya kontaminasi dari organisme patogen atau zat yang bersifat infeksius dalam jumlah dan virulensi yang cukup. Limbah ini sangat berbahaya karena dapat menjadi sumber penyebaran penyakit bagi tenaga kesehatan maupun masyarakat, petugas yang menangani limbah, serta limbah ini berpotensi menurunkan kualitas lingkungan (Arif, M.I., 2013). Berdasarkan penelitian Chungtai, A.A., *et al* (2013), ditemukan adanya virus respirasi pada bagian luar masker yang digunakan

oleh pekerja medis di beberapa Rumah Sakit di Beijing, China. Pada bagian luar masker ditemukan adanya Adenovirus, Bocavirus, *Human metapneumovirus*, Influenza B, *Parainfluenza virus* tipe 4, *Parainfluenza virus* tipe 2, Influenza H1N1, dan *Respiratory syncytical virus*. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan dan fasilitas khusus dalam pengolahan limbah infeksius seperti dengan menggunakan insinerator, autoklaf, atau gelombang mikro (Kemenkes RI, 2020).

Di Indonesia, limbah infeksius yang dihasilkan diperkirakan per harinya dapat mencapai 294,66 ton, yang mana belum termasuk timbulan limbah pada tingkat rumah tangga (misal: masker dan sarung tangan) yang jumlahnya terus meningkat. Kenaikan angka jumlah limbah infeksius yang dihasilkan sayangnya tidak didukung dengan kenaikan jumlah fasilitas pengelolaan limbah yang memadai. Dari 2.889 rumah sakit yang beroperasi di Indonesia, hanya 110 rumah sakit saja yang memiliki fasilitas insinerator berizin (Prasetiawan, T., 2020). Selain dengan insinerator, limbah infeksius dapat diolah dengan berbagai teknologi, salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi pirolisis. Teknologi pirolisis memanfaatkan metode pirolisis dalam mengolah limbah yang menerapkan konsep '*waste to energy*' sehingga hasil akhir dari proses pengolahan limbah dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar. Pirolisis merupakan teknologi dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pengurangan atmosfer (hampa udara) pada temperatur hingga 800°C (Ramadhan, A., dan Ali, M., 2013).

Menurut penelitian Bridges, T. (2020), teknologi pirolisis dapat dengan aman membunuh bakteri yang stabil secara termal dan membatasi gas beracun dengan baik dalam standar emisi. Sampai saat ini belum banyak industri atau masyarakat yang menerapkan teknologi pirolisis dalam proses pengolahan limbah, terutama limbah infeksius. Berdasarkan latar belakang di atas, maka upaya untuk memanfaatkan teknologi pirolisis dalam pengolahan limbah APD perlu dipertimbangkan sebagai salah satu langkah efektif untuk mengurangi penumpukan limbah APD akibat pandemi dan dapat menjadi inovasi baru untuk masyarakat apabila teknologi ini diterapkan dalam skala yang lebih kecil dan mudah dijangkau. Untuk itu, peneliti

HASIL DAN HASIL

Literature review ini dilakukan untuk mengetahui definisi, prinsip, komponen teknologi, mekanisme atau cara kerja teknologi, hasil akhir setelah penggunaan, ilustrasi alat, dan pengaruh jenis bahan pada proses pirolisis sampah sehingga dapat diketahui potensi teknologi pirolisis dalam mengolah limbah APD yang menumpuk saat pandemi. Literatur yang terkumpul dianalisis dengan tabel *critical appraisal* untuk menjawab tujuan penulisan.

Analisis Critical Appraisal

Terdapat 9 literatur yang membahas tentang definisi, prinsip, komponen teknologi, mekanisme atau cara kerja teknologi, hasil akhir setelah penggunaan, ilustrasi alat, dan pengaruh jenis bahan pada proses pirolisis sampah. Semua jurnal tersebut adalah jurnal nasional yang dilakukan pencairan melalui

mencoba mengulas mengenai teknologi pirolisis yang berpotensi untuk mengolah limbah APD yang menumpuk saat pandemi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan kajian literatur terhadap definisi, prinsip, komponen teknologi, mekanisme atau cara kerja teknologi, hasil akhir setelah penggunaan, ilustrasi alat, dan pengaruh jenis bahan pada proses pirolisis sampah. Sumber kajian ini adalah data sekunder yang digunakan termasuk internet, laporan penelitian, prosiding, dan artikel jurnal nasional maupun internasional yang membahas mengenai pemanfaatan teknologi pirolisis dalam mengolah limbah sampah.

PEMBAHASAN

portal *Google Scholar* dengan mengetikkan kata kunci “Teknologi Pirolisis”, “Pengolahan Sampah dengan Teknologi Pirolisis”, dan “Penerapan Teknologi Pirolisis di Indonesia” yang kemudian dianalisis dengan menggunakan *critical appraisal* untuk mengetahui persamaan dan perbedaan yang terdapat dari masing-masing jurnal.

Tabel 1 menunjukkan hasil yang bervariasi terhadap definisi, prinsip, komponen teknologi, mekanisme atau cara kerja teknologi, hasil akhir setelah penggunaan, ilustrasi alat, dan pengaruh jenis bahan pada proses pirolisis sampah.

PEMBAHASAN

Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau bahan lain yang dikonsumsi saat terjadi reaksi kimia tersebut, dimana

material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, gas akan dialirkan pada pipa besi untuk didinginkan sehingga terjadi perubahan wujud dari gas menjadi cair yang akan menjadi minyak pirolisis (Rafi, A., 2019). Konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak, dimana proses ini dapat mengembalikan plastik ke bentuk asalnya (Rafli, Ricki, dkk., 2017). Sistem ini memiliki 5 komponen utama yaitu tungku pembakaran, tabung reaktor, kondensor, tabung filter dan tempat tabung penyimpanan gas yang ditunjukkan dari kiri ke kanan (Yusrizal, M. T., dan Idris, M., 2016).

Mekanisme

Sampel ditempatkan ke dalam reaktor yang dialiri nitrogen. Pada saat proses pirolisis sampel dipanaskan sampai suhu 450°C dengan waktu tinggal di dalam reaktor selama 30 menit. Pengambilan sampel dilakukan setelah proses kondensasi, kemudian dianalisis senyawa hidrokarbon yang dihasilkan. Akan terjadi kondensasi pada uap hasil pirolisis, dimana likuid hasil kondensasi dikumpulkan dalam erlenmeyer, sementara uap yang tidak terkondensasi akan dikumpulkan di dalam penampung gas (Sa'diyah, K., dan Juliastuti, S. R., 2015).

Biomassa dimasukan ke dalam reaktor, kemudian biomassa tersebut dibakar, setelah itu tutup reaktor. Hubungkan reaktor dan kondensor dengan pipa aliran. Asap cair akan keluar pada ujung kondensor, tunggu hingga selesai yaitu asap cair tidak menetes lagi. Setelah itu ukur bio-arang dan asap cair yang didapat (Ridhuan, K., dkk., 2019).

Sistem pirolisis sampah plastik yang terintegrasi antara komponen alat meliputi reaktor, kondensor, pipa air,

burner, mesin pirolisis, dan bahan bakar burner. Dilakukan pemanasan terhadap bahan, tanpa oksigen sehingga akan dihasilkan uap dan gas yang kemudian akan didinginkan sehingga didapatkan fase cair (Rafi, A., 2019; Kuncoro, A., dan Wisnugroho, S., 2019).

Sampah atau bahan baku yang telah dikumpulkan dipotong menjadi kecil terlebih dahulu lalu dimasukkan ke dalam reaktor. Dipastikan tidak ada material arang sisa pirolisis atau material lainnya sebelum memasukkan bahan baku ke dalam reaktor. Kemudian bahan baku dipanaskan, lalu hasil keluaran akan terus mengalir melalui pipa pendingin (kondensor). Di dalam kondensor, gas akan didinginkan dengan air yang mengalir sehingga terjadi kondensasi. Produk gas akan terpisah menjadi dua, yaitu gas yang dapat terkondensasi akan menjadi minyak dan mengendap di bagian bawah kondensor, serta gas yang tidak terkondensasi akan mengalir ke tabung penyaring sehingga lebih bersih tanpa adanya pengotor dari hasil pirolisis (Kasim, F., 2018; Rafi, A., 2019; Rahmanpiu, R., 2019; Yusrizal, M. T., dan Idris, M., 2016).

Bahan baku dimasukkan ke dalam tabung pirolisis, sementara bahan bakar dimasukkan ke dalam tungku pembakaran. Tabung pirolisis dimasukkan ke dalam tungku pembakaran dan dipasang pipa uap lalu proses pembakaran dilakukan. Dilakukan pengamatan terhadap suhu dan tekanan di dalam tabung pirolisis, akan terjadi penguapan bahan *volatile* dan penguraian bahan organik yang menghasilkan uap dan arang. Uap akan mengalir menuju kondensor lalu didinginkan agar terbentuk *bio-oil*, sisa gas yang tidak terkondensasi akan keluar ke udara (Cahyono, M. S., 2013).

Komponen Pirolisis

Berdasarkan 9 jurnal yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa komponen utama yang digunakan untuk membuat alat pirolisis adalah reaktor, kondensor, penampung tar, dan penampung *bio-oil*. Komponen lain yang digunakan dalam pembuatan alat pirolisis meliputi pompa air, *burner*, tabung destilat, tabung penyaring, tabung pirolisis, lubang udara, lubang bahan bakar, termokopel, pengukur tekanan, *blower*, kompor, drum bekas, pipa galvanis, tabung freon, botol kaca, tabung nitrogen, rotameter, elektrik *furnace* (Rafi, A., 2019; Kuncoro, A., dan Wisnugroho, S., 2019; Rahmanpiu, R.; 2019; Yusrizal, M. T., dan Idris, M., 2016; Sa'diyah, K., dan Juliastuti, S. R., 2015; Ridhuan, K., dkk., 2019).

Reaktor berfungsi untuk menguraikan limbah dengan menggunakan suhu tinggi dan kondisi hampa udara. Ruang reaktor terbuat dari pipa *stainless steel* dengan diameter dalam adalah 254,0 mm, ketebalan dinding 13,0 mm, dan tinggi 500,0 mm. Pada bagian atas ruang reaktor dipasang penutup yang diikat dengan baut untuk bisa membuka bagian atas dari reaktor dan harus ditutup dengan rapat saat proses pirolisis berlangsung untuk menghindari dari kebocoran (Yusrizal, M. T., & Idris, M., 2016).

Kondensor digunakan untuk mengondensasi hasil pembakaran dari reaktor. Uap hasil dari reaktor pirolisis dialirkan kerangkaian kondensor yang dialiri air pendingin, kemudian likuid hasil kondensasi dikumpulkan dalam wadah. Sedangkan uap yang tidak terkondensasi dikumpulkan di dalam penampung tar (Rafi, A., 2019). Penampung *bio-oil* berfungsi sebagai wadah untuk menampung hasil kondensasi, sedangkan

penampung tar berfungsi sebagai wadah penampung uap yang tidak terkondensasi (tar).

Komponen alat berupa pompa air merupakan komponen dari kondensor, pompa air berfungsi untuk memompa air ke dalam tabung kondensor kedua, guna untuk mendinginkan gas hasil pembakaran menjadi minyak. *Burner* merupakan penyuplai energi panas untuk memanaskan mesin pirolisis dengan suhu mencapai 400°C - 800°C, *burner* menggunakan *blower* sebagai media pemasok dan pendorong udara agar api yang dihasilkan dalam proses pembakaran dapat sempurna (Rafli, Ricki, dkk., 2017). Tabung penyaring berfungsi untuk menyaring gas yang tidak dapat terkondensasi, sehingga partikel-partikel pencemar akan ditangkap oleh penyaring udara sehingga gas keluaran menjadi lebih bersih (Kasim, F. dkk., 2018). Lubang bahan bakar berfungsi untuk memasukkan bahan bakar yang digunakan pada proses pirolisis. Termokopel berfungsi untuk pembacaan dan pengendalian suhu yang digunakan pada proses pirolisis. Pengukur tekanan berfungsi untuk mengontrol dan deteksi tekanan pada proses pirolisis.

Komponen alat *blower* sebagai media pemasok dan pendorong udara agar api yang dihasilkan dalam proses pembakaran dapat sempurna (Rafli, Ricki, dkk., 2017). Kompor untuk memanaskan reaktor pirolisis (Rafi, A., 2019). Pada pengembangan alat pirolisis yang dikembangkan oleh peneliti Rahmanpiu, R. (2019), drum bekas berfungsi sebagai reaktor, pipa galvanis sebagai kondensor, tabung Freon untuk memaksimalkan kondensor, dan botol kaca untuk menampung destilat. Tabung nitrogen untuk menggantikan udara yang ada di dalam reaktor. Rotameter untuk mengatur

keluarnya gas nitrogen (Sa'diyah, K., dan Juliastuti, S. R., 2015).

Hasil Akhir Proses

Pirolisat yang dihasilkan didestilasi dan diperoleh bahan bakar cair sebesar 30 - 41%, bahan padat yang mudah terbakar sebanyak 30 – 40% dan gas yang tidak terkondensasi sekitar 20% (Rahmanpiu, R., 2019). Hasil reaksi pirolisis lambat secara keseluruhan berupa karbon, uap air, karbon monoksida, dan karbon dioksida. Sedangkan hasil pirolisis cepat berupa uap air, arang, gas, dan uap minyak PPO (*primary pyrolysis oil*) sebanyak 50 – 70% (Rafi, A., 2019).

Pengaruh Jenis Bahan terhadap Proses Pirolisis



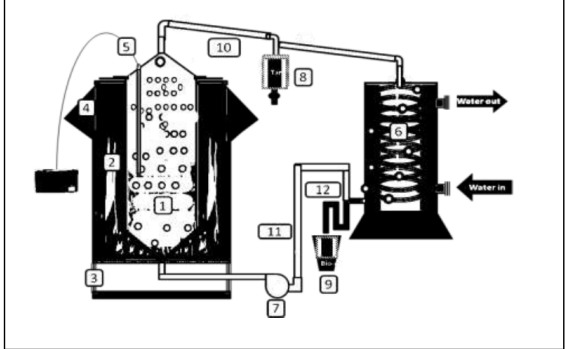
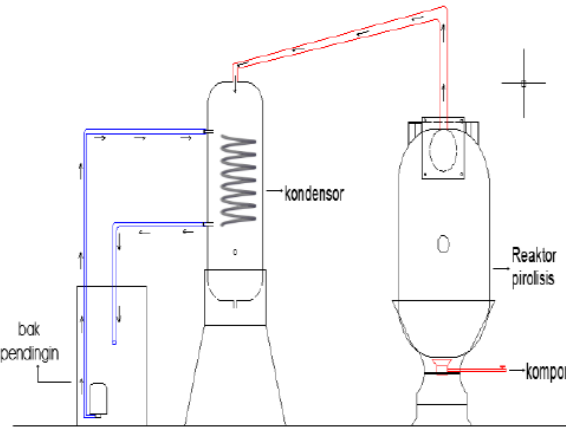
Sampah organik berupa daun dan ranting tanaman bisa dikonversi menjadi *bio-oil* sebagai bahan bakar alternatif menggunakan proses pirolisis. Rendemen *bio-oil* terbesar dihasilkan dari proses pirolisis 100% ranting kering yaitu sebesar

24,3%, lebih tinggi dibandingkan bahan baku daun 100% yaitu sebesar 15,5%. Pirolisis ranting kering akan menghasilkan *bio-oil* dengan nilai kalori 5.175,35 J/g, lebih besar daripada nilai kalori *bio-oil* dari daun kering yang sebesar 4.249,20 J/g (Cahyono, M. S., 2013).

KESIMPULAN

Teknologi pirolisis didefinisikan sebagai suatu sistem pemanasan tanpa oksigen yang mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan cara mengembalikan plastik ke bentuk asalnya, prinsip teknologi pirolisis ini yaitu konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak, dimana proses ini dapat mengembalikan plastik ke bentuk asalnya. Teknologi pirolisis ini dapat digunakan sebagai solusi untuk mengatasi menumpuknya limbah alat pelindung diri pada masa pandemik, dimana bahan penyusun alat pelindung diri pada umumnya adalah plastik.

Tabel 1. Analisis *Critical Appraisal* terhadap Ilustrasi Alat

Pustaka	Komponen Teknologi Pirolisis	Skema/Ilustrasi Alat
Rafli, Ricki, dkk. (2017)	Reaktor, kondensor, pompa air, <i>burner</i> , mesin pirolisis, cangkang nyamplung (bahan bakar <i>burner</i>).	
Kasim, F. dkk. (2018)	Reaktor, tabung destilat, tabung penyaring.	
Cahyono, M. S. (2013)	Tabung pirolisis (1), tungku pembakaran (2), lubang udara (3), lubang bahan bakar (4), termokopel (5), tabung kondensasi (6), <i>blower</i> (7), penampung tar (8), penampung <i>bio-oil</i> (9), pengukur tekanan (10), pipa gas <i>recycle</i> (11), dan pipa <i>bio-oil</i> (12).	
Rafi, A. (2019)	Bak pendingin, kondensor, reaktor pirolisis, dan kompor.	

<p>Kuncoro, A., dan Wisnugroho, S. (2019)</p>	<p>Tungku pembakaran, tabung reaktor, tabung penampungan minyak, saluran uap, pipa pendingin, penyangga pipa, rak tabung penampung, dan saluran outlet.</p>	
<p>Rahmanpiu, R. (2019)</p>	<p>Drum bekas, pipa galvanis, tabung Freon, dan botol kaca.</p>	
<p>Yusrizal, M. T., dan Idris, M. (2016)</p>	<p>Tungku pembakaran, tabung reaktor, kondensor, tabung filter, dan tempat tabung penyimpanan gas.</p>	
<p>Sa'diyah, K., dan Juliastuti, S. R. (2015)</p>	<p>Tabung nitrogen, rotameter, tempat katalis, reaktor pirolisis, elektrik furnace, alat pembacaan suhu thermocouple, kondensor reflux, inlet air pendingin, outlet air pendingin, separator liquid-gas, termometer, dan penampung gas.</p>	
<p>Ridhuan, K., dkk. (2019)</p>	<p>Reaktor, pipa penghubung, termokopel, kondensor, dan wadah asap cair.</p>	

- | Sumber | : | Analisis | Jurnal | Literatur |
|--------|---|----------|--------|-----------|
|--------|---|----------|--------|-----------|
- DAFTAR PUSTAKA**
- Arif, M.I. (2013) 'Studi Penanganan Limbah Padat Infeksius di Laboratorium Rumah Sakit Umum Daerah Haji Makassar', *Jurnal MKMI*, 9(4).
- Bridges, T. (2020). Inovating for Impact: Dealing with A Mountain of Medical Waste. [Available from: <https://www.eco-business.com/opinion/innovating-for-impact-dealing-with-a-mountain-of-medical-waste/>].
- Cahyono, M. S. (2013) 'Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi *Bio-Oil* sebagai Sumber Energi Terbarukan', *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(2), pp. 67-76.
- Chungtai, A.A., Stelzer-Braid, S., Rawlinson, W., Pontivivo, G., Wang, Q., Pan, Y., Zhang, D., Zhang, Y., Li, L., and MacIntyre, C.R. (2019) 'Contamination by Respiratory Viruses on Outer Surface of Medical Masks Used by Hospital Healthcare Workers', *BMC Infectious Diseases*, 19, pp. 491. DOI: 10.1186/s12879-019-4109-x
- International Labour Organization. (2020) *In the face of a pandemic: Ensuring Safety and Health at Work*, Germani: ILO.
- Kasim, F., Ridwan, M. K., dan Putra, M. Y. A. (2018) 'Pengolahan Sampah Plastik Memakai Teknologi Pirolisis Untuk Pembelajaran dan Konservasi Lingkungan di Pondok Pesantren Al-Anwar Sarang Rembang, Jawa Tengah', *Jurnal Bakti Saintek: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains dan Teknologi*, 2(2), pp. 57-63.
- Kemenkes RI. (2020) 'Pedoman Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Rujukan, Rumah Sakit Darurat dan Puskesmas yang Menangani Pasien COVID-19' Jakarta: Kementrerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kuncoro, A., dan Wisnugroho, S. (2019) 'Desain Sistem Pirolisis untuk Pengelolaan Sampah Plastik di Perairan Wakatobi', *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Prasetiawan, T. (2020) 'Permasalahan Limbah Medis COVID-19 di Indonesia', *Info Singkat*, 12(9).
- Rafi, A. (2019) 'Analisis energi terbrukan pada proses pirolisis dengan memanfaatkan sampah plastik', *Jurnal Teknik Mesin*, 12(01), pp.30.
- Rafli, Ricki., Fajri, Hudi., Jamaludhin, Ahmad., Azizi, Muhammad., Riswanto, Haris, dan Syamsiro, Mochamad. (2017) 'Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak di Kabupaten Bantul', *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, 2, pp. 1-5.
- Rahmanpiu, R. (2019) 'Studi Pendahuluan Pengembangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Polipropilena (PP) Menggunakan Drum Sisa Pakai', *Gema Pendidikan*, 26 (1), pp.1 – 9.
- Ramadhan, A., dan Ali, M. (2013) 'Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis', *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1).
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., dan Firmansyah, F. (2019) 'Pengaruh Jenis Biomassa pada Pembakaran Pirolisis terhadap Karakteristik dan Efisiensi Bioarang-Asap Cair yang

- Dihasilkan', *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 20(1), pp. 18-27.
- Sa'diyah, K., dan Juliastuti, S. R. (2015) 'Pengaruh Jumlah Katalis Zeolit Alam pada Produk Proses Pirolisis Limbah Plastik Polipropilen (Pp)', *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(2), pp. 9-17.
- Unhale, S.S., *et al.* (2020) 'A Review On Corona Virus (COVID-19)', *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, 6(4).
- Yusrizal, M. T., dan Idris, M. (2016) 'Pengujian Pirolisis Kayu Dengan Metode Hampa Udara Untuk Memproduksi Bahan Bakar Gas', *Jurnal Inotera*, 1(1),pp. 57-63.