

THE MICIN (*MIRACLE OF DUSTBIN*) INOVASI TEKNIK PENGOLAHAN SAMPAH MENJADI ENERGI BIOMASSA DENGAN METODE GASIFIKASI PLASMA SEBAGAI SOLUSI ALTERNATIF PERMASALAHAN LINGKUNGAN PANTAI TRISIK

Dwi Rahayu¹, Kuwati², Irvan Nugroho³

¹Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Indonesia

²Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Indonesia

³Agribisnis, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Indonesia

¹dwirahayu@st.fisika.undip.ac.id, ²kuwatibiologi@gmail.com, ³irvannugroho101@gmail.com

ABSTRACT

Waste problems can be catastrophic for humans. As the population increases, the amount of waste production will increase. If the community doesn't have the ability to process waste, it will cause social problems. That condition is currently happening in Trisik Beach, Sidorejo, Banaran, Galur, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. One way to overcome this is that new innovations are needed. Therefore, we give the innovation The MICIN (Miracle of Dustbin), which is a magic trash-based gasification plasma as a waste disposal and processing waste into biomass energy. Gasification is process of converting solid fuel into combustible gas (CO, CH₄, and H₂) through a combustion process with a limited air supply of 20 – 40% (stoichiometric air). There are three stages of reaction in the process of gasification namely Thermal Cracking, the process of decomposition of molecules into gases so as to produce light hydrocarbons. The second reaction is partial oxidation producing CO₂ and H₂O. The third reaction is the reforming which is a combination of the reactions that take place. This stage will produce high pressure water vapor which is then used to drive the turbine. Furthermore, through an electric generator will be converted into electrical energy known as biomass energy. Making The MICIN (Miracle of Dustbin) is expected to be the main alternative in solving social problems in Trisik beach, so that will have a major impact on the change of mindset of the community to become more independent by exploiting the existing potential.

Keywords: Biomass, Gasification, Independent, Trash

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta menurut hasil sensus penduduk tahun 2015 adalah sebesar 3.691.196 jiwa (BPS, 2015). Jumlah penduduk terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk membawa permasalahan terhadap volume sampah yang dihasilkan oleh masyarakat. Di Kabupaten Kulon Progo persoalan sampah sendiri sampai saat ini masih belum dapat ditangani dengan baik, terbukti dengan peningkatan timbunan sampah yang terjadi pada tahun 2013 adalah 1249 m³/hari meningkat pada tahun 2014 menjadi 1252 m³/hari (SLHD Kulon Progo, 2014). Timbunan sampah yang semakin besar mengakibatkan umur TPA menjadi berkurang dengan cepat apabila tidak segera diselesaikan.

Cara pengelolaan sampah yang saat ini masih dilakukan yaitu dengan pengurugan (*landfill*), pengomposan, insinerator skala kecil, dibakar, dan dibuang ke sungai. Akan tetapi pengelolaan sampah dengan cara inipun dapat memunculkan masalah-masalah lingkungan, salah satunya pencemaran air tanah. Pencemaran lingkungan dapat menyebabkan meningkatnya penyebaran penyakit, mengurangi estetika lingkungan, dan berdampak pada pemanasan global (Sari, 2016). Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan pengelolaan sampah menggunakan sistem gasifikasi plasma. Dalam gasifikasi plasma, material sampah organik diubah menjadi sintetik gas yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi melalui mesin generator, turbin, dan *boiler* (Lal dan Singh, 2012). Gasifikasi plasma dapat digunakan untuk mengubah berbagai jenis limbah sampah menjadi bentuk energi yang efisien. Hal lain yang melatarbelakangi gagasan ini adalah tingginya tingkat pengangguran masyarakat daerah Pantai Trisik pada usia produktif. Sehingga diperlukan sebuah upaya untuk menekan angka pengangguran dan membangun masyarakat di daerah pantai trisik yang kompeten dan mandiri.

Saat ini Indonesia juga memiliki masalah energi, dikarenakan penggunaan energi yang besar. Untuk menyelesaikan masalah tersebut dibuatlah inovasi teknik pengolahan sampah menjadi energi biomassa yang di implementasikan dalam bentuk The MICIN (*Miracle of Dustbin*), yaitu sebuah tempat sampah berbasis gasifikasi plasma sebagai tempat pembuangan sampah sekaligus mengubahnya menjadi energi pembangkit listrik terbarukan yang ramah lingkungan.

Permasalahan ini diperparah dengan tidak adanya bank sampah dan kegiatan secara berkala untuk membersihkan pantai berskala besar karena kurangnya tenaga dan dana sehingga tumpukan sampah muara sungai tersebut menjadi tersebar diberbagai sudut bibir pantai. Ironisnya, hal tersebut dianggap sebagai hal biasa. Permasalahan ini juga disebabkan kurangnya perhatian dari pemerintah, tingkat kepedulian masyarakat terhadap kebersihan lingkungan, dan tingkat pendidikan masyarakat.

Hal inilah yang melatarbelakangi tingginya tingkat pengangguran masyarakat daerah pantai trisik pada usia produktif.

Penerapan The MICIN ini diharapkan mampu menciptakan masyarakat mandiri dengan pengolahan sampah dan energi terbarukan di daerah Pantai Trisik. Terutama pemberdayaan dalam keterlibatan langsung warganya secara masif dalam pengolahan sampah, yang harapannya mampu menekan angka pengangguran usia produktif di daerah pantai trisik tersebut.

METODE PENULISAN

Metode penulisan karya tulis ini dilakukan melalui tiga tahap yaitu pengumpulan data, pengolahan data dan analisis sintesis.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan pencarian data yang berupa telaah-telaah atau studi pustaka dan observasi. Data yang diperlukan dalam penulisan ini meliputi data primer dan sekunder, adapun data primernya meliputi data sampah dan keadaan geografis dari Pantai Trisik, sedangkan data sekunder diperoleh dari penelitian paten maupun data yang berasal dari jurnal penelitian. Observasi bertujuan sebagai metode awal dalam mengetahui seberapa besar pengaruh inovasi teknologi pengolahan sampah sebagai upaya mengatasi permasalahan lingkungan untuk menunjang kehidupan masyarakat yang mandiri.

Pengolahan Data

Data primer dan sekunder yang diperoleh dari proses pengumpulan data diolah kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui besarnya tekanan uap yang dihasilkan dari pembangkit tersebut. Data tekanan uap digunakan untuk menghitung daya mekanik yang dihasilkan turbin. Daya turbin digunakan untuk menentukan spesifikasi dan efisiensi generator sehingga dapat diketahui daya listrik yang dihasilkan generator.

Analisis Sintesis

Analisis sintesis bertujuan untuk menggali segala peluang, keuntungan dan kerugian dari metode yang selama ini berkembang dalam memanfaatkan teknologi gasifikasi guna mengkonversi bahan bakar padat menjadi gas biomassa. Kemudian dilakukan transfer gagasan untuk mencari alternatif dalam proses pengolahan sampah menjadi energi biomassa untuk mengatasi permasalahan lingkungan akibat limbah yang berlebih yang diimplemetasikan untuk menjadikan masyarakat lebih mandiri. Dari proses transfer ini diharapkan didapat rekomendasi yang dapat digunakan sebagai solusi permasalahan atas tema yang diangkat.

Adapun kerangka berfikir dari penulisan karya ilmiah ini yaitu:

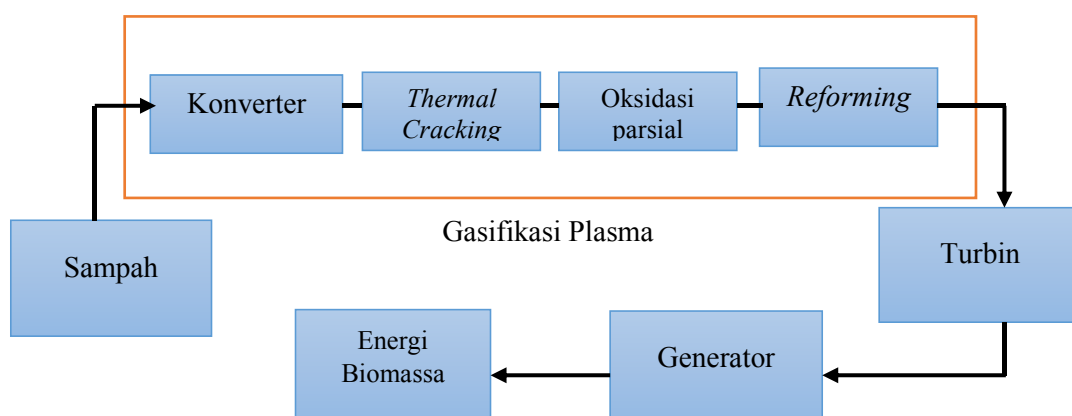


Gambar 1. Kerangka Berfikir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Tempat Sampah Berteknologi Gasifikasi

Perancangan sistem umum



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Sampah yang berserakan di pantai maupun di sudut-sudut sekitar pantai Trisik dikumpulkan, ditampung dan dimasukkan ke dalam konverter atau reaktor plasma. Plasma yang dihasilkan sangat panas hingga mencapai 5000°C yang dibentuk oleh gas terionisasi. Reaktor plasma ini dioperasikan tanpa oksigen masuk ke dalam reaktor sehingga tidak terjadi pembakaran. Oleh karenanya, gasifikasi plasma tidak membakar sampah seperti halnya insinerator, melainkan mendekomposisi sampah ke dalam struktur dasarnya sehingga zat buangnya dalam bentuk *synthetic gas* dan kerak logam yang cenderung tak berbahaya. Berikut adalah tabel data perkiraan jumlah timbunan sampah per hari di Kabupaten Kulon Progo tahun 2016.

Tabel 1. Perkiraan Jumlah Timbunan Sampah per hari di Kabupaten Kulon Progo Tahun 2016

No.	Kecamatan	Jumah Penduduk	Timbulan Sampah (ton)
1	Temon	29.033	1,5
2	Wates	49.184	17,7
3	Panjatan	39.003	14
4	Galur	32.930	11,9
5	Lendah	41.180	14,8
6	Sentolo	50.224	18,1
7	Pengasih	51.460	18,5
8	Kokap	36.539	13,2
9	Girimulyo	25.216	9,1
10	Nanggulan	30.706	11,1
11	Samigaluh	28.741	10,3
12	Kalibawang	31.077	11,2
Total		445.293	160,3

Proses Kerja Teknologi Gasifikasi Plasma

Proses kerja teknologi gasifikasi plasma ini terbagi menjadi tiga reaksi yaitu *Thermal Cracking*, Oksidasi parsial, Reforming.

1. Reaksi pertama adalah *Thermal Cracking*

Pada proses ini molekul berukuran besar diuraikan menjadi gas (molekul yang lebih kecil dan lebih ringan). Hasil akhirnya menghasilkan hidrokarbon ringan seperti metana dan hidrogen.

2. Reaksi kedua adalah Oksidasi parsial

Proses ini dapat menghasilkan karbon monoksida, dan dengan proses oksidasi yang lebih rumit akan memberikan hasil akhir CO_2 dan H_2O . Karbon dioksida dan air merupakan hasil terakhir dari sebuah oksidasi.

3. Reaksi ketiga adalah *Reforming*

Merupakan kombinasi dari reaksi-reaksi yang berlangsung. Contoh, karbon dapat bereaksi dengan air menghasilkan CO dan H₂ atau karbon bereaksi dengan CO₂ menghasilkan dua molekul CO. Reaksi reforming ini memiliki kemungkinan membentuk fuel gas.



Gambar 3. Proses Kerja Teknologi Gasifikasi (CPR, 2015)

Proses Fisis Teknologi Gasifikasi Plasma

Sebuah arus bertegangan tinggi dilewatkan antara dua elektroda yang menghasilkan “busur plasma” intensitas tinggi. Hal ini menyebabkan elektron dari udara sekitar tertarik dan mengubah gas menjadi plasma atau sebuah medan pancaran tinggi. Proses ini sama dengan proses yang terjadi pada lampu fluoresensi dan lampu neon, dimana listrik tegangan rendah lewat di antara elektroda-elektroda dalam sebuah tabung lampu yang tertutup yang mengandung gas *inert* yang menyebabkan tereksitasinya elektron pada gas. Gas tersebut kemudian menghasilkan energi cahaya yang menerangi tabung. Busur plasma dapat menjadi sangat panas sehingga melelehkan logam dan digunakan pada pemotongan logam (Destaninggara, 2009).

Analisis Produksi Energi Biomassa dengan Gasifikasi Plasma

Gasifikasi memberikan sebuah solusi limbah yang berkelanjutan untuk semua jenis limbah, termasuk limbah padat perkotaan, limbah B3, bahkan limbah radioaktif yang menghasilkan keuntungan ekonomi dan lingkungan yang nyata. Gasifikasi plasma tidak menghasilkan partikel debu ringan maupun partikel debu berat. Gasifikasi plasma dapat diisi dengan limbah bebas dan digerakkan oleh listrik dan dapat dimatikan dengan hanya membuka saklar.

Unit gasifikasi plasma tidak membutuhkan waktu 24/36 jam pembakaran bahan bakar yang mahal seperti insinerator pada umumnya untuk mencapai tempertaur yang diinginkan. Sistem

gasifikasi plasma hanya membutuhkan sedikit perawatan dan tidak seperti pembangkit tradisional, sistem ini tidak perlu dimatikan untuk melakukan perawatan dan pembersihan sementara. Gasifikasi plasma sebagai sistem skala besar memiliki tingkat efisiensi yang sama dengan sistem dengan skala yang lebih kecil.

Gasifikasi plasma dapat memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dalam waktu lama dan dapat memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dalam waktu yang lama dan dapat beroperasi pada kapasitas kurang dari 100% sehingga fleksibilitas jika terjadi kekurangan aliran limbah.

Perhitungan Energi yang Dihasilkan Gasifikasi Plasma

Perbandingan udara-bahan bakar (AFR)

Kebutuhan udara pada proses gasifikasi berada di antara batas konversi energi pirolisis dan pembakaran. Karena itu dibutuhkan rasio yang tepat jika menginginkan hasil *syngas* yang maksimal (Khoiriyah, 2015).

$$AFR = \frac{m_{udara}}{m_{bahan\ bakar}}$$

Massa dan Energi pada Gasifier

Berdasarkan hukum konservasi massa dan energi, seluruh massa yang memasuki suatu volume memiliki besaran yang sama dengan massa yang keluar. Secara teori seluruh energi yang dimiliki biomassa dapat dikonversikan menjadi *syngas*. Namun karena beberapa hal yang tidak dapat diabaikan, konversi energi yang terjadi tidak hanya menghasilkan *syngas* tapi juga arang (*char*) dan abu (*ash*) (Hidayat, 2013).

Massa di reaktor:

$$\sum m_{in} = \sum m_{out}$$

$$m_{biomassa} + m_{udara} = m_{char} + m_{ash} + m_{syngas}$$

Energi di reaktor

$$E_{biomassa} + E_{udara} = E_{char} + E_{ash} + E_{syngas} + q_{loss}$$

$$E_{biomassa} = m_{biomassa} \times LHV_{biomassa}$$

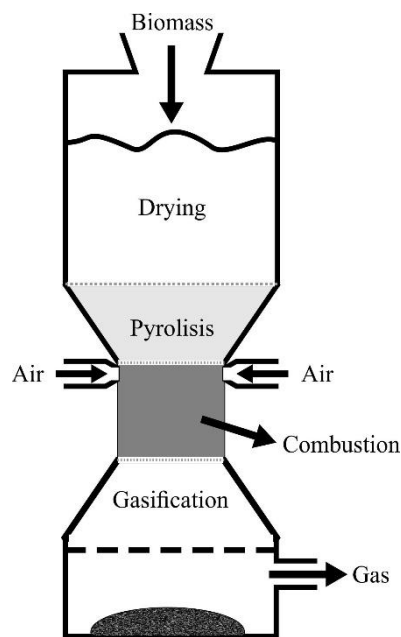
$$E_{udara} = m_{udara} \times C_{p_{udara}} \times \Delta T_{udara}$$

Efisiensi Gasifikasi Biomassa merupakan hasil bagi antara energi *syngas* dengan jumlah energi biomassa dan energi udara.

$$\eta_{\text{gasifikasi}} = \frac{E_{\text{syngas}}}{E_{\text{biomassa}} + E_{\text{udara}}}$$

Dengan E adalah energi (biomassa, udara, *syngas*, char, ash) dalam satuan kJ/Nm^3 , LHV adalah *Lower Heating Value* dalam satuan kJ/Nm^3 , Q_{loss} adalah *Heat Loss Reactor* dalam satuan kJ/Nm^3 .

Desain Alat



Gambar 5. Desain Alat

Penentuan Lokasi Pengolahan Sampah Berteknologi Gasifikasi

Pada dasarnya, cara mengubah sampah menjadi listrik sama seperti saat menggunakan batu bara atau minyak sebagai bahan bakar di stasiun pembangkit listrik. Sampah adalah bahan campuran yang mengandung banyak bahan bakar. Dari setiap 50 kg sampah, hampir 80%-nya (40 kg) bisa diolah menjadi bahan bakar untuk membangkitkan tenaga listrik.

Alat ini didesain secara efisien sehingga dapat disesuaikan dengan kondisi geografis pantai Trisik. Oleh karena itu, lokasi penempatan tempat sampah terpusat berteknologi gasifikasi ini tidak terlalu luas. Sehingga tidak mengganggu pola pemukiman penduduk yang sudah ada.

Unit ini dapat bertahan sendiri setelah sumber tenaga listrik awal digunakan, sistem ini bersahabat dengan lingkungan dan memproduksi material yang memiliki aplikasi komersial atau kegunaan dan dapat mendatangkan keuntungan. Selain mengolah sampah baru, sistem ini juga dapat digunakan untuk mengolah sampah yang terkumpul pada tempat pembuangan sehingga reklamasi lahan dapat terjadi secara menyeluruh.

Kontribusi terhadap Masyarakat di Pantai Trisik

Pembuatan tempat sampah berteknologi gasifikasi plasma ini merupakan upaya optimalisasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang bertujuan untuk membina masyarakat desa Trisik agar menjadi masyarakat yang berkompeten, berkarakter, dan mandiri dengan memaksimalkan potensi yang ada. Pengolahan sampah dengan menggunakan metode gasifikasi plasma tidak menghasilkan limbah sisa hasil pengolahan, tetapi menghasilkan material padat, gas dan energi. Material padat hasil pengolahan sampah dengan gasifikasi plasma dapat dimanfaatkan untuk bahan baku industry, salah satunya dapat digunakan untuk pengerasan jalan dan bahan bangunan. Gas hasil pengolahan sampah dengan gasifikasi plasma menghasilkan gas yang bersih dan aman untuk dilepas ke lingkungan. Energi hasil pengolahan sampah dengan gasifikasi plasma dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, sebagai pembangkit listrik tenaga sampah.

Dari tujuan tersebut diharapkan mampu membentuk masyarakat yang mandiri dengan karakter seperti: *caring*, sikap peduli dan perhatian kepada kondisi lingkungan sosial, *citizenship* karakter yang peduli kepada lingkungan alam, serta *responsibility* yaitu bentuk karakter yang membuat seseorang memiliki sikap tanggungjawab, disiplin, dan senantiasa melakukan hal yang bermanfaat. Bentuk penerapan pendidikan karakter yang dicanangkan adalah dengan melakukan kegiatan workshop sebagai bentuk pelatihan langsung kepada warga Trisik dalam upaya optimalisasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang berbasis pendidikan karakter. *Output* yang dihasilkan adalah masyarakat desa Trisik memiliki keahlian, kemampuan, dan kemandirian dalam mengolah sampah menjadi sebuah energi pembangkit listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Dengan demikian, dapat meminimalisir pengangguran berusia produktif dalam rangka mewujudkan masyarakat desa Trisik yang paham terhadap teknologi, berkarakter positif dan mandiri.

KESIMPULAN

Dalam pembahasan rancangan sistem tempat sampah berbasis teknologi gasifikasi, dapat diambil kesimpulan bahwa The MICIN adalah tempat sampah yang efisien, desainnya sederhana lagi unik. Tempat sampah ini dapat berkerja mengubah sampah menjadi tenaga listrik terbarukan dan ramah lingkungan yang selanjutnya dapat didistribusikan dirumah-rumah warga. Penerapan kemandirian diperoleh masyarakat dari pengolahan sampah dan energi terbarukan di daerah pantai trisik. Terutama pemberdayaan dalam keterlibatan langsung warganya secara masif dalam pengolahan sampah, yang harapannya mampu menekan angka pengangguran usia produktif di daerah pantai trisik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade, H. 2013. Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa pada Reaktor Downdraft Sistem Batch dengan Variasi *Air –Fuel Ratio* (AFR) dan Ukuran Biomassa. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Arni, Labania H. M. D. 2014. Studi Uji Karakteristik Fisis Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. Online *Jurnal of Natural Science*, Vol. 3(1): 90.
- Arief & Fadhilah. 2011. Kajian Pengolahan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. *Modul* Vol. 11(2).
- Center for Plasma Research (CPR). 2015. Plasma Gasifikasi sebuah Usaha Mengubah Sampah Kota Menjadi Energi Listrik, Semarang.
- Destaninggara, T. K. P. 2009. Studi Gasifikasi Plasma Nontermal untuk Pengolahan Limbah Padat Organik Menggunakan Plasmatron dan Generator HVT, *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Firansyah, Nahar. 2014. Gasifikasi Sampah. Makassar, Universitas Hasanuddin.
- Khoriyah, A. 2015. Karakteristik Api Syngas pada Gasifikasi Sistem Downdraft dengan Oksigen Sebagai *Gasifying Agent* Berbahan Baku Biomassa. Jember: Universitas Jember.
- Nisandi. 2007. Pembuatan dan pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Briket Arang dan Asap Cair, Seminar Nasional Teknologi (SNT 2007), Yogyakarta.
- Zulnuraini. 2012. Pendidikan Karakter: Konsep, Implementasi dan Pengembangannya di Sekolah Dasar di Kota Palu. *Jurnal DIKDAS*. Vol. 1(1).