

**PENGOLAHAN LIMBAH *STYROFOAM* DENGAN KATALIS
KULIT JERUK DAN KAYU PUTIH MENGHASILKAN
BAHAN BAKAR ALTERNATIF
PROCESSING OF *STYROFOAM* WASTE WITH CATALYST
ORANGE SKIN AND EUCALYPTUS BECOME
ALTERNATIVE FUELS**

Azizah Nur Adilah Rohmah, Sawitri Komarayanti, Elfien Herrianto
Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Muhammadiyah Jember
*Email : Azizahadilah21@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan *styrofoam* ini semakin meningkat dengan semakin majunya teknologi industri dan meningkatnya jumlah masyarakat dengan budaya modern praktis. Namun sifat *styrofoam* yang sulit terurai di alam menjadi permasalahan baru. Teknik pengolahan *styrofoam* telah dikembangkan, namun pengolahannya masih belum maksimal contohnya mengolah *styrofoam* menjadi beton. Teknik pirolisis dilakukan sebagai inovasi pengolahan *styrofoam*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh katalis kulit jeruk Bali dan daun kayu putih dalam pirolisis. Hasil penelitian pirolisis dengan katalis kulit jeruk Bali dan daun kayu putih menunjukkan bahwa senyawa *polystyrene* telah dipecah menjadi senyawa *styrene*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa proses pirolisis dapat memecah *polystyrene* menjadi *styrene*. Penelitian ini menggunakan alat pirolisis yang telah disederhanakan. Penelitian ini dimulai dengan memotong *styrofoam* kecil-kecil, *styrofoam* dimasukkan dalam reaktor pirolisis dengan penambahan katalis kulit jeruk bali dan daun kayu putih. Berat katalis yang digunakan mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu 13gr, 26gr, dan 39gr. Proses pirolisis membutuhkan waktu pemanasan selama 2 jam dengan suhu 200° C. Cairan hasil pirolisis diuji karakteristik fisik dan kimianya. Uji fisik dilakukan dengan menguji densitas, nilai kalor, viskositas dan *flash point*. Sedangkan uji kimianya dengan *GC-MS*. Dari penelitian ini pirolisis *styrofoam* dapat menghasilkan cairan yang memenuhi standart SNI bahan bakar.

Kata kunci: *Styrofoam*, Pirolisis, Katalis

ABSTRACT

The use of styrofoam is increasing with the advancement of industrial technology and the increasing number of people with practical modern culture. But the nature of styrofoam that is difficult to decompose in nature is a new problem. Styrofoam processing techniques have been developed, but the processing is still not maximal for example processing styrofoam into concrete. The pyrolysis technique is carried out as an innovation in styrofoam processing. This study aims to determine the effect of catalysts of grapefruit skin and eucalyptus leaves in pyrolysis. The results of pyrolysis research with catalysts of pomelo peel and eucalyptus leaves showed that polystyrene compounds had been broken down into styrene compounds. This is in line with the results of previous studies that the pyrolysis process can break polystyrene into styrene. This study uses a simplified pyrolysis tool. This research begins by cutting small styrofoam, styrofoam inserted in the pyrolysis reactor by adding catalyst of grapefruit skin and eucalyptus leaves. The weight of the catalyst used refers to previous studies, namely 13gr, 26gr, and 39gr. The pyrolysis process requires 2 hours of heating time at a temperature of 200° C. The results of the pyrolysis fluid are tested for their physical and chemical characteristics. Physical tests are carried out by testing density, calorific value, viscosity and flash point. While the chemical test is GC-MS. From this study styrofoam pyrolysis can produce liquids that meet SNI fuel standards.

Keywords: Styrofoam, Pyrolysis, Catalyst

PENDAHULUAN

Meningkatnya produksi sampah pada saat ini belum dapat diimbangi dengan sistem pengolahan sampah yang baik. Saat ini sampah menjadi masalah tersendiri khususnya di daerah perkotaan. Seiring dengan bertambahnya penduduk di dunia, mengakibatkan meningkatnya jumlah penggunaan barang barang yang terbuat dari plastik khususnya jenis *polystyrene* (Achmad, 2018). Masyarakat lebih memilih menggunakan barang berbahan *polystyrene* sebagai pembungkus makanan karena lebih praktis, ringan dan tidak mudah pecah, harganya pun relatif murah dan sangat mudah didapatkan (Achmad, 2018). Purwaningrum (2016) menyatakan bahwa Negara Indonesia menempati peringkat kedua setelah Cina dalam menghasikan sampah *styrofoam* yang mencapai 187,2 Ton. Hal ini selaras dengan data yang telah dikeluarkan oleh Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dimana *styrofoam*

hasil 100 toko atau anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) dalam waktu 1 tahun saja, sudah mencapai 10,95 juta buah sampah *styrofoam*. Jumlah tersebut setara dengan luasan 65,7 hektar *styrofoam*.

Bahan *styrofoam* ini lebih sering digunakan dalam kegiatan industri dan kegiatan rumah tangga. Dalam bidang industri terutama industri elektronika *styrofoam* digunakan sebagai bahan packing barang-barang elektronik seperti televisi, komputer, kulkas, mesin cuci, *rice cooker*. Sedangkan dalam kegiatan rumah tangga barang berbahan dasar *styrofoam* banyak digunakan untuk berbagai keperluan masyarakat, salah satunya sebagai wadah makanan. Hal tersebut dilakukan dalam rangka untuk mempertahankan kualitas dari bahan makanan itu sendiri, terutama dalam rangka mempertahankan kesegaran dan suhu dari makanan itu sendiri (Salamah, 2018).

Dari banyaknya penggunaan *styrofoam* dan perilaku masyarakat yang cenderung konsumtif dan tidak ingin repot, kotak pembungkus makanan atau *styrofoam* setelah digunakan langsung dibuang begitu saja, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Hal ini tentunya akan menjadi masalah karena ketika *styrofoam* sudah menjadi sampah, *styrofoam* ini sangat sulit untuk didegradasi oleh tanah. *Styrofoam* biasanya diatasi dengan cara dibakar, namun cara ini bukan merupakan metode yang aman bagi lingkungan karena akan menghasilkan emisi gas yang berpotensi menyebabkan polutan dan efek rumah kaca seperti gas CO₂, sox, gas klor (Rodiansono, 2005). Dari adanya permasalahan ini, limbah *styrofoam* dapat dikonversi menjadi bahan bakar alternatif yang dapat digunakan dalam industri melalui sebuah proses khusus.

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mahmud, dkk memperlihatkan keberhasilan dalam merubah *styrofoam* tersebut menjadi beberapa produk yang dibutuhkan terutama bahan bakar minyak (Mahmud, 2015). Proses yang telah digunakan untuk melakukannya antara lain proses pirolisis, *hydrocracking*, dan

hidroisomerisasi (Salamah, 2018) . Namun proses-proses tersebut memerlukan bantuan berupa katalis dalam meningkatkan komposisi maupun *yield* produknya. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis, *hydrocracking*, dan *hidroisomerisasi* adalah berupa produk *syngas*, cairan (oil), dan beberapa produk berupa *char* (padatan). Dengan menggunakan cara-cara di atas dapat menjadi solusi pengolahan limbah *styrofoam* yang selama ini menjadi masalah lingkungan dengan cara mengubah limbah *styrofoam* dengan metode pirolisis menjadi suatu energi bahan bakar alternatif dalam bentuk cair (Angga, 2013). Namun dalam proses *catalytic cracking* membutuhkan alat yang sangat mahal dan sulit untuk diterapkan dalam proses pembelajaran maka alat pirolisis ini disederhanakan dengan menggunakan desain dari peneliti sebelumnya yaitu Naufan (2016) yang menyederhanakan alat pirolisis berbasis *biomassa*. Namun dalam penelitian ini alat rancangan Naufan (2016) di sederhanakan kembali dengan mengubah ukurannya menjadi lebih kecil agar dapat di gunakan dalam skala laboratorium. Sehingga dapat di aplikasikan dalam pembelajaran Biologi di SMA kelas X pada pokok bahasan Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Sampah. Pada KD 3.12 dan KD 4.12 yang berbunyi sebagai berikut :

KD 3.12 Mengidentifikasi jenis-jenis limbah dan daur ulang limbah serta membuat produk daur ulang limbah.

KD 4.12 Membuat produk daur ulang limbah yang dapat bermanfaat bagi kehidupan

Katalis logam pengemban yang digunakan pada penelitian Salamah (2018) juga tampaknya terlalu mahal, sehingga dalam peneitian ini mengganti katalis logam pengemban dengan limbah yang berpotensi untuk memecah senyawa yang ada di dalam *styrofoam*. Selain sampah *styrofoam* di Indonesia juga memiliki tingkat sampah organik yang tinggi salah satunya sampah hasil konsumsi buah – buahan dan sayuran. Sampah organik dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan meskipun sampah jenis ini dapat terurai di alam dengan baik. Namun pada proses penguraiannya sampah organik menghasilkan gas yang berbahaya dalam proses

dekomposisi yang dapat mengganggu struktur gas yang ada di udara (Santoso, 2015). Salah satu sampah organik yang banyak ditemukan di Indonesia adalah sampah kulit jeruk. Jeruk merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidaya dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan banyaknya kegunaan tanaman jeruk sehingga banyak dikonsumsi. Tingginya tingkat konsumsi buah jeruk berbanding lurus dengan jumlah sampah kulit jeruk yang ada di lingkungan. Kulit jeruk mengandung minyak atsiri yang terdiri dari berbagai senyawa. Salah satu dari senyawa itu adalah *limonene* yang merupakan cairan *hidrokarbon siklik* yang diklasifikasikan sebagai *terpena* dan tak memiliki warna. Senyawa *limonene* ini dapat membantu proses penguraian *styrofoam* (Michelli, 2017). Selain pada kulit jeruk senyawa *limonene* juga dapat dijumpai pada tanaman kayu putih yang mempunyai kadar *limonene* cukup tinggi (Widianto, 2015).

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap pengaruh penambahan katalis daun kayu putih dan kulit jeruk Bali untuk merengkah ikatan rangkap dalam senyawa aromatis menjadi senyawa rantai panjang yang harapannya dapat dijadikan bahan bakar alternatif. Dengan menggunakan alat pirolisis yang disederhanakan diharapkan hasil penelitian ini dapat berpotensi sebagai sumber belajar Biologi.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial. Rancangan acak lengkap faktorial digunakan karena pada penelitian ini menggunakan dua faktor yang akan mempengaruhi hasil penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan pada 1 Mei 2019 – 1 Juli 2019 di laboratorium bertempat di Jln. Bromo Centre No. 21 Kalisat Jember untuk proses pirolisis, Laboratorium Sentral Mineral Maju Universitas Malang dan Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang.

1. Persiapan Alat

Penelitian ini dilakukan dengan proses pirolisis menggunakan metode *catalyc cracking* untuk memecah ikatan *styrofoam*. Adapun katalis yang digunakan adalah kulit jeruk bali dan daun kayu putih. Proses pirolisis dalam penelitian ini menggunakan pirolisis alat pirolisis sederhana yang terdiri di dari reactor dan kondensor (tabung pendingin). Alat yang digunakan telah disederhanakann baik dari ukuran yang lebih kecil dari pada alat pirolisis konvensional maupun dengan penggunaan bahan untuk membuat alat yang mudah ditemukan dilingkungan sekitar sehingga jika diterapkan pada proses pembelajaran Biologi di SMA alat pirolisis ini dapat dengan mudah di buat.

Gambar 1. Alat Pirolisis Sederhana



Sumber : Dokumentasi Pribadi, 13 Mei 2019

2. Persiapan bahan

Proses pirolisis *styrofoam* dilakukan dengan memotong *styrofoam* kecil-kecil kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang diisi juga dengan katalis, dengan tujuan *styrofoam* yang ukurannya kecil dapat homogen saat melalui proses pemanasan didalam reaktor, dan luas permukaannya semakin besar sehingga kontak dengan katalis semakin besar terjadi. Katalis kulit jeruk yang digunakan telah di keringkan selama 24 jam dengan tujuan minyak yang di dihasilkan pada saat pirolisis melimpah. Pada katalis daun kayu putih tidak dilakukan pengeringan karena pengekstrakan daun kayu putih yang optimal dengan menggunakan daun kayu putih yang dipetik di pagi hari dan dari pohon yang telah berusia minimal 2 tahun.

3. Pirolisis *styrofoam*

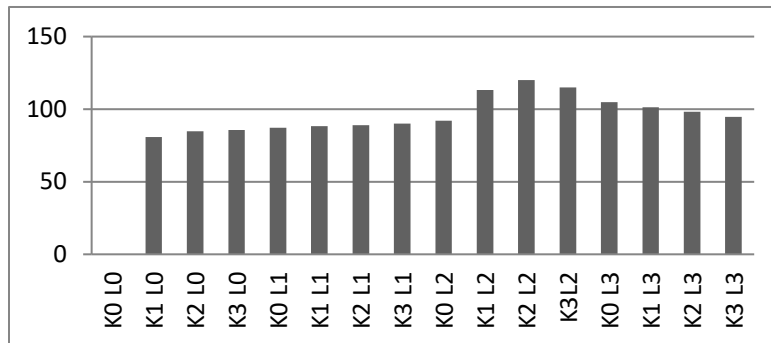
Pirolisis *styrofoam* dilakukan pada reaktor pirolisis yang telah disederhanakan dimana awalnya *styrofoam* terlebih dahulu dipotong kecil-kecil, kemudian umpan *styrofoam* ini dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, lalu dicampurkan dengan katalis. Proses pirolisis ini berlangsung selama 1 jam sampai 2 jam. Selama proses pemanasan uap yang ada pada reactor akan mengalir melalui selang menuju kondensor yang telah di isi dengan es batu. Adanya es batu pada kondensor mengakibatkan uap dari proses pirolisis berubah menjadi cairan yang jernih, hal ini terjadi karena adanya perbedaan suhu panas pada uap dan dingin pada kondensor. Cairan yang telah di hasilkan pada proses pirolisis akan mengalir menuju tempat penampungan. Proses pirolisis berakhir ketika tidak ada tetesan cairan hasil pirolisis pada tempat penampung. Setelah proses pirolisis selesai cairan yang diperoleh langsung di ukur volumenya dan segera di masukkan ke dalam tempat penyimpanan yang di tutup rapat agar tidak menguap. Hasil Cairan Produk pirolisis (CHP) akan melewati beberapa pengujian karakteristik fisik dan kimia untuk mengetahui apakah cairan hasil pirolisis yang di peroleh telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar. Data dari sampel yang diperoleh akan di analisis dengan GC-MS untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam produk juga persentasinya berdasarkan luas area (%) kromatogram. Analisis tersebut dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral Maju Universitas Malang. Untuk pengujian karakteristik fisik berupa uji massa jenis, viskositas, nilai kalor pembakaran dan flash point terhadap cairan hasil pirolisis dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pirolisis

Pirolisis dilakukan dengan penambahan katalis kulit jeruk dan daun kayu putih dengan kadar seberat 13 gr, 26 gr dan 39 gr. Penambahan katalis yang paling optimal pada kadar 26 gr. Adapun cairan yang dihasilkan dari penelitian ini dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

Gambar 2. Cairan Hasil Pirolisis



Dari hasil penelitian yang didapatkan pada sampel yang tidak diberikan perlakuan penambahan katalis cairan yang dihasilkan 79,5 ml dan jika dalam bentuk rendemen, rendemen cairan yang dihasilkan sebesar 61,15%, namun cairan dan rendemen yang dihasilkan bertambah seiring ditambahkan katalis dan terjadi penurunan seiring dengan semakin banyak jumlah katalis yang diberikan. Cairan dan rendemen yang paling banyak dihasilkan dalam penelitian ini adalah pada sampel yang ditambahkan katalis kulit jeruk sebesar 26 gr dan daun kayu putih sebanyak 26 gr dengan jumlah cairan yang dihasilkan sebanyak 120 ml dan jika dihitung rendemennya yaitu 92,30 %. Menurut Salamah (2018; 4) Hal tersebut dapat terjadi karena cairan pada komposisi katalis diatas 20% berat umpan telah melewati titik operasi optimum. Pada penelitian ini katalis dengan berat umpan 20% yaitu dengan jumlah 26 gr. Pada penelitian ini penambahan katalis di atas 26 gr mengakibatkan penurunan jumlah cairan maupun rendemen yang dihasilkan. Selain itu katalis di atas 26 gr yang ditambahkan justru menyebabkan adanya endapan antara katalis dan *styrofoam*, sehingga dalam hal ini menyebabkan kinerja dari katalis kulit jeruk dan daun kayu putih tidak optimal.

2. Karakteristik Bahan Bakar Alternatif *Styrofoam*

Karakteristik cairan hasil pirolisis (CHP) *styrofoam* dianalisis di Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang. Hasil analisis dapat dilihat

pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan bahwa, karakteristik CHP sudah sesuai dengan standar SNI 7182:2012 bahan bakar minyak pada massa jenis, viskositas, nilai kalor pembakaran. Sedangkan pada flash point masih belum memenuhi standart yang mana harus dicampur dengan bahan bakar solar dengan perbandingan 40% solar sehingga cairan hasil pirolisis *styrofoam* dapat aman digunakan untuk kendaraan bermotor/mesin penggerak.

Tabel 1. Perbandiang Karakteristik CHP dengan SNI Bahan Bakar

No	Parameter	SNI 7182:2012	CHP
1	Massa jenis pada 40 °C (Kg/m ³)	850-890	871,65
2	Viskositas kinematic pada 40 °C (cst)	2,3-6,0	3,55
3	Titik nyala (mangkok tertutup) (°C)	Min. 100	31,4
4	Kalor Pembakaran (Kkal/kg)	10.160 - 11.000	10384

3. Hasil Analisis GC-MS

Analisis GC-MS digunakan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam suatu larutan. Pada hasil penelitian ini terlihat bahwa terdapat beberapa senyawa yang terkandung dalam cairan hasil pirolisis pada sampel K2 L2. Senyawa *stirena*, *toluene*, *benzene*, *aldehid*, *asam karboksilat*, *alcohol* dan *limonene* terdapat pada cairan sampel K2 L2. Dari tabel di atas senyawa penyusun terbesar pada cairan sampel adalah senyawa *stirena* dengan jumlah 52.19448 % dan komponen terkecil berada pada senyawa *aldehid* sebesar 0.50412%.

Dari proses analisis menggunakan GC-MS maka dapat diketahui senyawa yang terkandung dalam CHP menunjukkan bahwa, pada proses pirolisis *styrofoam*, *polysterena* sudah terdekomposisi menjadi monomernya yaitu *stirena*, *toluena*, dan

beberapa senyawa lain, dan menunjukkan tidak adanya senyawa *naftalena*. Rendemen tertinggi yang digunakan, menghasilkan senyawa *etil benzena* dan *isopropyl* juga terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa adanya proses dekomposisi *polystirena*. Selektivitas senyawa alkana memerlukan katalis yang tepat serta aliran hidrogen untuk memutuskan ikatan rangkap dua pada senyawa aromatis dalam CHP (Salamah, 2018). Di dalam CHP yang telah di uji juga menandakan adanya *limonene* dan *pinene* yang merupakan penyusun dari katalis yang digunakan. Adanya peningkatan pada jumlah stirena dan benzene pada sampel CHP menunjukkan bahwa penggunaan katalis kulit jeruk dan daun kayu putih lebih efektif dari penelitian sebelumnya yang telah di lakukan Salamah dan Maryudi yang mana jumlah stirena yang di hasilkan hanya 33% dari cairan CHP.

4. Potensi Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Cairan yang dihasilkan dari hasil pirolisis limbah *styrofoam* telah memenuhi standart bahan bakar namun cairan hasil pirolisis baru dikatakan aman dan dapat digunakan sebagai bahan bakar penggerak mesin apabila dicampur dengan bahan bakar solar. Hal ini karena cairan hasil pirolisis ini memiliki senyawa *styrene* yang apabila dipanaskan dapat mengakibatkan kanker. Dari hasil *GC-MS* senyawa *styrene* ini berikatan dengan zat *limonene* sehingga mengurangi sifat karsinogenik yang ada pada senyawa *styrene* (Annisa dkk, 2017) sehingga aman digunakan dalam proses pembakaran pada mesin penggerak jika dicampur dengan bahan bakar solar konvensional. Hal di atas sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa cairan hasil pirolisis *polystyrene* dapat digunakan sebagai bahan bakar apabila dicampur dengan solar konvensional dengan perbandingan jumlah solar 40% dari cairan hasil pirolisis karena cairan hasil pirolisis banyak mengandung senyawa aromatik yang tinggi. Pencampuran tersebut bertujuan untuk mengurangi kadar *styrene* yang ada pada cairan hasil pirolisis sehingga bahan bakar ini dapat aman digunakan untuk mesin penggerak (Miandad dkk, 2016). Dari penjelasan diatas

bahan bakar alternatif *styrofoam* ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi jika dicampur dengan solar konvensional dan dapat menanggulangi masalah energi minyak bumi yang telah menipis sekaligus mengurangi banyaknya limbah *styrofoam* yang ada di lingkungan saat ini.

5 Potensi Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar

Pembahasan diatas menjelaskan bahwa pengolahan limbah dapat dilakukan dengan metode pirolisis *catalyc cracking* yang dapat menghasilkan bahan bakar. Berdasarkan analisis materi pembelajaran biologi pada SMA kelas X semester genap, penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber pembelajaran Biologi khususnya pada pokok bahasan Perubahan Lingkungan/Iklim dan Daur Ulang Sampah. Hal tersebut berdasahkan KD 3.12 dan KD 4.12 yang berbunyi sebagai berikut ini.

KD 3.12 Mengidentifikasi jenis-jenis limbah dan daur ulang limbah serta membuat produk daur ulang limbah.

KD 4.12 Membuat produk daur ulang limbah yang dapat bermanfaat bagi kehidupan

Dari KD 3.12 dan 4.12 tersebut dapat dilihat bahwa penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran. Bagian yang dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran dari penelitian ini terletak pada proses pengolahan limbah *styrofoam* dan alat pirolis yang sudah di sederhanakan sehingga dapat dilakukan di sekolah. Langkah awal untuk media pembelajaran terkait hasil dari penelitian ini adalah dengan mengadakan pameran media biologi dengan memperagakan bagaimana proses pirolisis limbah *styrofoam* dihadapan siswa. Menurut Komarayanti (2016) Pameran media yang dapat digunakan dalam pembelajaran biologi diekspose di depan siswa sangatlah penting untuk menunjukkan karya nyata siswa, terutama kemampuan mereka dalam keterampilan sains, kreativitas, dan inovasi. Melalui pameran media, siswa diberikan kesempatan untuk merancang media yang akan dikembangkan melalui prosedur modifikasi, penyederhanaan atau manipulasi. Kegiatan dilakukan secara berkelompok dan mandiri di bawah pengawasan dosen.

Pengunjung pameran media adalah siswa, guru biologi beserta siswa mereka. Dalam Pameran ini akan disajikan bagaimana cara mendaur ulang limbah *styrofoam* menjadi bahan bakar alternatif dengan menggunakan alat pirolisis yang telah disederhanakan. Alat pirolisis ini dapat di contoh oleh guru maupun siswa karena material penyusunnya yang sangat mudah ditemukan di lingkungan sekitar dan juga ukurannya yang kecil, sehingga sangat mudah diterapkan dalam praktikum pembelajaran Biologi di sekolah. Melalui pameran media ini, para guru diharapkan dapat menerapkan konsep pengolahan limbah melalui proses pirolisis *styrofoam* menjadi bahan bakar pada KD 3.12 dan KD 4.12. Sedangkan siswa diharapkan dapat berinovasi dalam melakukan daur ulang limbah menggunakan proses pirolisis. Dari pameran media biologi pengolahan limbah *styrofoam* dengan proses pirolisis sebagai bahan bakar ini nantinya dapat dijadikan sebagai sumber belajar berupa media cetak yang berbentuk buku petunjuk praktikum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan katalis berupa kulit jeruk Bali dan daun kayu putih dapat menambah jumlah cairan bahan bakar alternatif *styrofoam* dari proses pirolisis, namun semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan maka semakin menurun jumlah cairannya. Dalam penelitian ini katalis dengan berat 26 gram pada kulit jeruk dan daun kayu putih dapat menghasilkan cairan yang paling banyak dan dengan jumlah rendemen sebesar 92,30 % artinya penambahan katalis tersebut sangat optimal dalam meningkatkan hasil pirolisis. Karakteristik bahan bakar alternatif *styrofoam* meliputi: massa jenis sebesar 879,65 kg/m³, viskositas sebesar 3,55 cst, titik nyala sebesar 31,4o C, serta kalor pembakaran sebesar 10.384 kal/g. Bahan bakar alternatif *styrofoam* memiliki nilai massa jenis viskositas dan nilai kalor yang sudah sesuai dengan SNI 7182:2012, namun nilai titik nyala atau flash point belum memenuhi standar SNI 7182:2012.

Bahan bakar alternatif *styrofoam* yang dihasilkan pada penelitian ini mengandung senyawa *stirena*, *toluene*, *benzene*, *aldehid*, asam karboksilat, *alcohol* dan *limonene*. Yang artinya pada proses pirolisis telah berhasil memecah ikatan karbon polystyrene menjadi turunannya yaitu styrene. Dari ciri fisik yang telah di yang telah di dapatkan dapat disimpulkan bahwa bahan bakar alternatif dari *styrofoam* dapat dijadikan sebagai sumber energi pengganti minyak bumi yang kian hari semakin menipis. Hasil penelitian ini juga dapat di kaitkan dengan pembelajaran Biologi dan berpotensi sebagai sumber belajar Biologi pada pembelajaran kelas X semester genap materi Perubahan Lingkungan/Iklm dan Daur Ulang Limbah.

Bahan daun kayu putih yang siap digunakan sulit untuk dicari di kabupaten Jember sehingga harus mencari di daerah Bondowoso yang masih banyak pohon kayu putihnya. Hasil penelitian harus dicampur denga solar agar dapat di aplikasikan pada mesin penggerak. Pemilihan dokumentasi yang kurang bagus sangat berpengaruh dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A widianto. (2015). "*Sifat Fisikokimia Minyak Kayu Putih Jenis Asteromyrtus brasii*". Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 32 No. 4.
- Achmad Fidaus Atmazeal. (2018). "*Pengaruh Variasi Campuran Bahan Plastik Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik*". Skripsi sarjana strata 1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Jember
- Angga. (2013). "*Pembuatan Stirena dari Limbah Plastik dengan Metode Pirolisis*". Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Annisa E. Fitrianti, Yockie Dheafithraza, Nadhira Handayani, Nadiya N. Afifah, Siti Mariyam. (2016). "*Penentuan Kadar Minyak Atsiri Kulit Jeruk Sunkist (Citrus sinensis L. Osbeck) sebagai Alternatif Peluruh Sterofoam Alami*". IJPST : Volume 3, Nomor 2.
- Komarayanti, Sawitri. (2016). "*Media Exhibition In The Biological Learning Process To Improve The Scientific Skilld, Creativity And Innovation*". Proceeding International Conference on Education (IECO), ISBN: 978-602-6988-21-8, Vol. 1 P. 109-116.
- Mahmud, M. E., Abdau, A. E. H, Somia, B. A. (2015). "*Conversion on waste Styrofoam Into Engineered Adsorbent for efficeint Removal of cadmium Lead*

- and mercury from water*". Sustainable Chemistry & Engineering, 1 – 34.
- Michelli. (2017). "*Elemen Interior Berbahan Baku Pengolahan Sampah Styrofoam dan Sampah Kulit Jeruk*". JURNAL INTRA Vol. 5, No. 2, Hlm 144-153.
- Naufan Faturrahman. (2016). "*Desain alat Piroisis Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar*". Skripsi. Bogor : Universitas Pertanian Bogor.
- R. Miandad, A.S. Nizami, M.Rehan, M.A. Barakat, M.I. Khan, A. Mustafa, I.M.I. Ismail, J.D. Murphy. (2016). "*Influence of Temperature and Reaction Time on the Conversion of Polystyrene Waste to Pyrolysis Liquid Oil*". Waste Management 58 (2016) 250-259 di akses melalui: journal homepage : www.elsevier.com/locate/wasman.
- Rodiansono. (2005). "*Activity test and Regeneration of Ni-Mo/ Zeolit catalyst for Hydrocracking of water plastic fraction to gasoline fraction*", Indonesian Journal of Chemistry, 5(3), 261 – 268.
- Salamah, Siti., Maryudi. (2018). "*Proses Pirolisis Limbah Styrofoam Menggunakan Katalis Silika-Alumina*". Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 13, No.1, Hlm. 1 – 7.
- Santoso, Slamet. (2015). "*Dampak Negatif Sampah terhadap Lingkungan dan Upaya Mengatasinya*". Purwokerto.
- Purwaningrum, P. (2016). "*Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan*". Jurnal Teknologi Lingkungan. 8(2): 141-147

