

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH CAMPURAN HASIL PIROLISIS POLIPROPILENA DENGAN BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP PRESTASI MESIN SEPEDA MOTOR 110CC

Novi Laura Indrayani*, Firza Mahendra Sulaiman, Riri Sadiana, R. Hengki Rahmanto, Fatimah Dian Ekawat1

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam "45"

Jl. Cut Meutia No. 83 Mergahayu Bekasi Timur Kota Bekasi-Jawa Barat 17113.

*Email: novie.laura@gmail.com atau novi_laura@unismabekasi.ac.id.

Abstrak

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi masalah limbah plastik yaitu dengan cara menjadikan limbah plastik sebagai bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis, selain mengurangi masalah limbah plastik dapat juga mengurangi masalah kelangkaan BBM akibat meningkatnya jumlah penggunaan sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik jenis polipropilena hasil pirolisis 450°C dengan bahan bakar pertalite terhadap torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Honda Beat 2011 110cc dengan 5 kelompok uji yakni pertalite murni (B100), pertalite 90% PP 10% (B90PP10), pertalite 95% PP 5% (B95PP5), pertalite 90% PP 10% dan eco racing (B90PP10E), pertalite 95% PP 5% dan eco racing (B95PP5E). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh campuran minyak hasil pirolisis PP 450°C dan rendaman eco racing pada bahan bakar pertalite terhadap torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang. Pengujian terhadap torsi dan daya pada awal putaran mesin 4500 rpm dengan campuran minyak hasil pirolisis PP 450°C dan rendaman eco racing mendapatkan nilai yang paling tinggi, sedangkan pada putaran mesin berikutnya berangsur mengalami penurunan. Penggunaan bahan bakar B90PP10E memiliki keefektifan yang lebih dalam meningkatkan torsi dan daya pada awal putaran mesin yaitu torsi sebesar 10.72 Nm dan daya sebesar 6.8 HP, dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Untuk efisiensi, penggunaan bahan bakar B95PP5E yang paling efisien yaitu sebesar 36,8%. Dalam penelitian emisi gas buang, campuran minyak hasil pirolisis PP 450°C dan rendaman eco racing pada bahan bakar pertalite sudah lulus dalam ambang batas emisi hidrocarbon (2000 ppm), tetapi belum lulus dalam ambang batas emisi carbon monoksida (4.5%). Penggunaan bahan bakar B100 yang paling tinggi emisi hidrocarbon nya yaitu sebesar 1124 ppm, sedangkan penggunaan bahan bakar B95PP5 yang paling tinggi emisi carbon monoksida nya yaitu sebesar 6.31%.

Kata kunci: Pirolisis, katalis, torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang.

Abstract

There are many ways that can be done to reduce the problem of plastic waste, namely by making plastic waste as an alternative fuel through the pyrolysis process, in addition to reducing the problem of plastic waste, it can also reduce the problem of fuel scarcity due to the increasing number of motorbikes. This study aims to determine the effect of adding polypropylene plastic waste from pyrolysis of 450°C to pertalite fuel on torque, power, fuel efficiency and exhaust emissions on a 4 stroke motorcycle. This research is using experimental method. The test was carried out on a Honda Beat 2011 110cc motorcycle with 5 test groups namely pure pertalite (B100), 90% PP 10% pertalite (B90PP10), 95% PP 5% pertalite (B95PP5), 90% PP 10% pertalite and eco racing (B90PP10E), pertalite 95% PP 5% and eco racing (B95PP5E). The results showed that there was an effect of a mixture of pyrolysis PP 450°C oil and eco racing immersion on pertalite fuel on torque, power, fuel efficiency and exhaust emissions. Testing of torque and power at the beginning of the engine speed of 4500 rpm with a mixture of 450°C PP pyrolysis oil and eco racing immersion got the highest value, while at the next engine speed it gradually decreased. The use of B90PP10E fuel has more effectiveness in increasing torque and power at the beginning of the engine rotation, namely torque of 10.72 Nm and power of 6.8 HP, compared to other fuels. For efficiency, the most efficient use of B95PP5E fuel is 36,8%. In the exhaust emission research, the mixture of PP 450°C pyrolysis oil and eco racing immersion in pertalite fuel has passed the hydrocarbon emission threshold (2000 ppm), but has not passed the carbon monoxide emission threshold (4.5%). The use of B100 fuel has the highest hydrocarbon

emission, which is 1124 ppm, while the use of B95PP5 fuel has the highest carbon monoxide emission, which is 6.31%.

Kata kunci: *Pyrolysis, catalyst, torque, power, fuel efficiency and exhaust emissions.*

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik di dalam kehidupan masyarakat sangat luas. Hal ini karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, Plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan dan biaya pembuatan murah. Plastik jenis polipropilena (PP) merupakan jenis plastik kedua di dunia yang paling banyak diproduksi setelah polietilena (PE). Sehingga tidak mengherankan jika limbah plastik sangat banyak dan sulit untuk ditanggulangi, sehingga diharapkan limbah plastik ini dapat didaur ulang menjadi bahan yang lebih bermanfaat.

Salah satu perusahaan di Indonesia yaitu PT Artha Teknindo – Artech mengatakan bahwa limbah plastik dapat menjadi BBM. Dengan demikian, teknologi untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yaitu dengan proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses pembakaran tanpa melibatkan sedikit oksigen. Dengan memanfaatkan panas dari pembakaran, plastik yang terbuat dari polimer rantai panjang akan terurai menjadi senyawa rantai pendek dimana produk cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar. Hal ini, selain mampu menanggulangi polemik pencemaran lingkungan akibat sampah plastik, juga dapat menjadi salah satu bahan bakar alternatif karena masalah persediaan sumber daya minyak bumi yang semakin menipis dan harga yang semakin mahal (Nindita, 2015). Minyak dari limbah plastik ini, apabila ditinjau dari segi penghematan energi, lingkungan hidup dan beberapa faktor lainnya yang menyangkut energi terbarukan sangat baik untuk dikembangkan. Untuk itu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan minyak plastik dari limbah plastik sebagai campuran bahan bakar diaplikasikan secara langsung pada sepeda motor dirasakan perlu untuk mengetahui pengaruhnya terhadap prestasi mesin.

Bahan bakar memegang peranan yang sangat penting dalam motor bakar. Nilai kalor yang terkandung didalamnya adalah nilai yang menyatakan jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar tersebut (Susilo, 2019).

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi panas (thermal) untuk melakukan kerja mekanik dengan merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas (thermal) sehingga menghasilkan energi mekanik. Cara memperoleh energi thermal tersebut dari hasil proses pembakaran bahan bakar di dalam mesin itu sendiri (Aprizal, 2018).

Saat ini banyak sekali masalah yang timbul diakibatkan oleh cadangan bahan bakar minyak yang terbatas dan harganya yang melambung. Oleh karena itu diperlukan energi terbarukan sebagai alternatif untuk mengganti bahan bakar yang semakin menipis. Salah satu cara untuk mencari energi terbarukan adalah dengan menggunakan proses pirolisis.

Amaliah, H., dan Hanizah (2021) melakukan penelitian pirolisis PP menjadi bahan bakar cair. Penelitian menggunakan temperatur 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C. Setiap variabel suhu mengalami peningkatan yield, dimana yield terendah berada pada suhu 200°C yaitu sebesar 34,14% dan yield tertinggi berada pada suhu 400°C dengan % yield sebesar 79,85%. Namun pada batas tertentu dan suhu lebih meningkat lagi akan mengalami penurunan yield pada suhu 450°C yang hanya menghasilkan % yield sebesar 68,02%, hal ini mengakibatkan yield gas diperoleh lebih banyak dibandingkan yield cairan. Untuk hasil nilai kalor diperoleh sebesar 11.621,4 kal/gram atau 48,656 J/gram pada suhu optimum 450°C. Hasil tersebut memenuhi sebagai standar nilai kalor BBM yang seharusnya di atas 41,870 J/gram atau 10.000 kal/gram. Giovani, B., dan Lapis, R. (2020) juga melakukan penelitian mencari nilai torsi dan daya pada sepeda motor injeksi 108cc menggunakan bahan bakar bensin dan campuran

minyak PE hasil pirolisis dengan variasi campuran PE5% bensin 95%, PE10% bensin 90%, PE15% bensin 85%, PE20% bensin 80%. Minyak hasil pirolisis diujikan dengan variasi nilai rpm pada putaran 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000 rpm. Nilai torsi dan daya mesin bensin yang paling baik dimiliki oleh campuran PE15% bensin 85% menghasilkan torsi sebesar 6,87 Nm dan daya sebesar 8,91 HP diputaran 7000 rpm dan lebih stabil disetiap putaran mesin, sedangkan nilai torsi dan daya mesin bensin yang kurang baik dimiliki oleh campuran PE20% bensin 80% menghasilkan torsi sebesar 2,68 Nm dan daya sebesar 2,56 HP pada putaran 5000 rpm terendah dari campuran lainnya.

Selain itu, Setyadji, M., dan Susiantini, E., (2007) melakukan penelitian emisi gas buang untuk mencari nilai yang meliputi CO, CO₂ dan HC pada mesin diesel menggunakan bahan bakar solar campuran biodiesel dari minyak jelantah, dengan variasi bahan bakar campuran biodiesel 5% (B5), 10% (B10), 15% (B15), 20% (B20) dengan kecepatan putaran mesin (rpm) yang terdiri dari 1650, 1950, 2300, 2650, 3000 rpm. CO terendah terjadi pada bahan bakar B10, CO₂ terendah terjadi pada bahan bakar B10 dan HC terendah terjadi pada bahan bakar B20.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka disini penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap kinerja motor bensin dengan menggunakan minyak hasil pirolisis PP 450°C dan bahan bakar pertalite sebagai pembanding untuk mengetahui nilai torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang pada motor bakar bensin. Hasil pengujian diharapkan mendapat gambaran tentang nilai torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang terhadap kinerja motor bensin.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di 3 tempat yaitu di Workshop Teknik Mesin UNISMA Bekasi untuk pembuatan minyak hasil pirolisis. Pengujian torsi dan daya dilaksanakan di bengkel Mahendra Moto Sport (MMS), sedangkan pengujian terhadap emisi gas buang dilaksanakan di bengkel Minyung Motor.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak hasil pirolisis Polipropilena, pertalit dan eco racing. Sedangkan alat-alat yang digunakan sebagai berikut: Sepeda Motor Honda Beat 2011 110cc, Dynotest, Gas Analyzer type

NHA-506EN, Gelas ukur 250ml dan jerigen 5 liter.

Prosedur pembuatan minyak pirolisis dalam penelitian ini meliputi proses berikut. Pada proses pirolisis temperatur dibuat tetap yaitu sebesar sebesar 450°C dan bahan yang digunakan adalah plastik PP (*Polypropylene*) sebanyak 700 gram. Dari proses ini didapatkan minyak pirolisis PP sebanyak 600mL. Prosedur proses pirolisis adalah mempersiapkan bahan baku yaitu plastik PP, mencacah dan menimbang plastik PP, kemudian memasang semua peralatan dan memasukkan plastik jenis PP kedalam reaktor serta memanaskan reaktor pirolisis sampai temperatur 450° lalu buka kran secara perlahan yang ada di pipa penghubung.

Parameter penelitian variabel bebas (*independent*) dalam penelitian ini antara lain hasil pirolisis PP 450°C, *eco racing*. Variabel terikat (*dependent*) dalam penelitian ini adalah torsi dan daya, efisiensi, emisi gas buang variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :motor honda beat 110cc tahun 2011 bahan bakar Pertalite Ron 90

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data eksperimen. Pengujian dilaksanakan sebanyak tiga kali untuk diambil rata-ratanya dengan ketentuan percobaan pengujian eksperimen dan pengujian kontrol. Pengujian kontrol dilaksanakan untuk menghitung torsi, daya, efisiensi dan emisi gas buang sebelum mendapat perlakuan. Sehingga dapat dijadikan pembanding dengan torsi, daya, efisiensi dan emisi gas buang ketika diberi perlakuan menggunakan minyak hasil pirolisis PP dan *Eco Racing*. Setelah itu hasil pengujian yang telah mendapatkan perlakuan baik dari minyak hasil pirolisis PP maupun *Eco Racing* dibandingkan kembali sehingga diketahui produk yang lebih baik dalam meningkatkan performa mesin sepeda motor berdasarkan dari data hasil pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

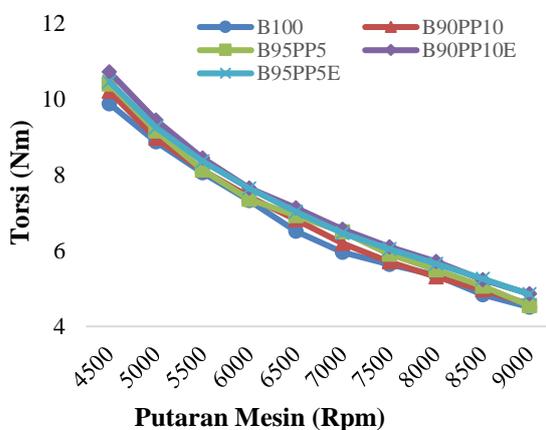
Pada penelitian hasil uji performa mesin yang didapatkan meliputi torsi, daya, efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Honda Beat 110cc tahun 2011 dengan 5 kelompok uji yakni pengujian dengan bahan bakar pertalite 100% (B100), pengujian dengan bahan bakar pertalite 90% dan PP 10% (B90PP10), pengujian dengan bahan bakar pertalite 95% dan PP 5% (B95PP5), pengujian dengan bahan bakar pertalite 90% dan

PP 10% yang telah dicampur atau dilarutkan 1 tablet Eco Racing (B90PP10E), pengujian dengan bahan bakar pertalite 95% dan PP 5% yang telah dicampur atau dilarutkan 1 tablet Eco Racing (B95PP5E) sebagai pembanding bahan bakar dengan masing-masing 500 ml.

Performa mesin secara teori, perhitungan torsi dan daya tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian menggunakan dynotest. Daya dinyatakan dalam kW atau horsepower (HP)

Hal ini dapat dibuktikan dengan contoh perhitungan daya yang diperoleh dari hasil pengujian. Contoh perhitungan daya secara teori pada rata-rata putaran 4500 rpm dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100% (B100). Begitu pula dalam menentukan besar torsi yang dihasilkan dapat menggunakan Persamaan 1, karena pada dasarnya besar daya yang dihasilkan akan selalu berhubungan dengan torsi.

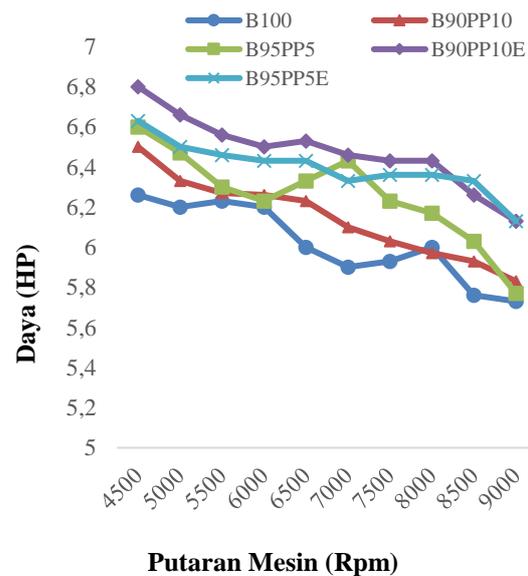
Pengujian performa mesin sepeda motor dilakukan di bengkel Mahendra Moto Sport (MMS) dengan parameter uji yang meliputi torsi dan daya. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa campuran minyak hasil pirolisis PP dan rendaman Eco Racing pada bahan bakar pertalite dapat mempengaruhi besaran nilai torsi dan daya dari rata-rata tiga kali percobaan masing-masing pengujian. Berdasarkan hasil yang didapat, diperoleh data perbedaan torsi yang dihasilkan dari masing-masing kelompok uji yang dilakukan. Data perbandingan torsi yang dihasilkan dari masing-masing kelompok uji dapat dilihat pada Gambar 1 .



Gambar 1. Grafik Pengujian Torsi Sepeda Motor

Pada Gambar 1. memperlihatkan bahwa penggunaan pirolisis PP dan Eco Racing ke dalam bahan bakar pertalite berpengaruh terhadap torsi yang dihasilkan. Campuran bahan bakar dan Eco Racing mempengaruhi nilai torsi dengan dihasilkan rata-rata tertinggi nilai torsi pada pengujian dengan B90PP10E sebesar 10.72 Nm pada putaran mesin 4500 rpm dan rata-rata terendah nilai torsi pada pengujian dengan B100 sebesar 4.51 Nm pada putaran mesin 9000 rpm. Torsi menurun karena ruang bakar tidak dapat udara yang optimal pada kecepatan yang lebih tinggi, sedangkan pada kecepatan rendah kalor yang masuk ke dalam ruang bakar bersama udara menghasilkan tekanan dan temperatur yang tinggi pada awal langkah ekspansi sehingga dapat menekan piston ke TMB yang akan menghasilkan torsi yang lebih besar pada awal putaran. Pada awal putaran mesin 4500 rpm bahan bakar pertalite murni (B100) nilai torsi yang dihasilkan sebesar 9.88 Nm naik menjadi 12.33 Nm ketika menggunakan bahan bakar B90PP10E dengan selisih kenaikannya sebesar 2.45 Nm. Jika dipersentase, torsi mengalami kenaikan sebesar 19.87%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data perbedaan daya yang dihasilkan dari masing-masing kelompok uji yang dilakukan. Data perbandingan daya yang dihasilkan dari masing-masing kelompok uji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengujian Daya Sepeda Motor

Gambar 2. menunjukkan campuran pirolisis PP dan rendaman *Eco Racing* pada bahan bakar pertalite dapat mempengaruhi nilai daya dengan dihasilkan rata-rata tertinggi nilai daya pada pengujian dengan B90PP10E sebesar 6.8 HP pada putaran mesin 4500 rpm dan rata-rata terendah nilai daya pada pengujian dengan B100 sebesar 5.73 HP pada putaran mesin 9000 rpm. Besarnya daya dipengaruhi oleh faktor torsi terhadap putaran mesin, jadi semakin tinggi torsi maka daya juga akan semakin tinggi, begitu pula dengan nilai kalor. Pada awal putaran mesin 4500 rpm bahan bakar pertalite murni (B100) nilai daya yang dihasilkan sebesar 6.26 HP naik menjadi 6.8 HP ketika menggunakan bahan bakar B90PP10E dengan selisih kenaikannya sebesar 0.54 HP. Jika dipersentase, daya mengalami kenaikan sebesar 7.94%.

Konsumsi bahan bakar spesifik dari motor Honda Beat 2011 110cc pada bahan bakar yang berbeda. Pada bahan bakar pertalite murni (B100) bahan bakar yang terpakai saat pengujian dari 4500 s.d. 9000 rpm adalah 54 ml, pada bahan bakar B90PP10 bahan bakar yang terpakai adalah 46 ml, pada bahan bakar B95PP5 bahan bakar yang terpakai adalah 46 ml, pada bahan bakar B90PP10E bahan bakar yang terpakai adalah 39 ml dan pada bahan bakar B95PP5E bahan bakar yang terpakai adalah 33 ml.

Hasil perhitungan efisiensi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik menunjukkan bahwa campuran minyak hasil pirolisis PP 450°C dan rendaman *Eco Racing* pada bahan bakar pertalite dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar spesifik yang didapatkan pada sepeda motor Honda Beat 2011 110cc.

Tabel 3. Data Hasil Rata-rata Pengujian Emisi Gas Buang

Bahan Bakar	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	NO (ppm)
B100	1124	4,29	8,69	4,89	0,059
B90PP10	480,7	5,38	10,51	1,31	0,108
B95PP5	718	6,31	10,16	0,75	0,090
B90PP10E	256,7	5,65	10,35	0,55	0,075
B95PP5E	648,7	4,72	11,05	0,79	0,131

Pengujian emisi gas buang pada sepeda motor Honda Beat 2011 110cc dilakukan di Minyung Motor dengan parameter uji yang meliputi HC, CO, CO₂, O₂ dan NO. Berdasarkan Peraturan Gubernur (Pergub) DKI Jakarta

Nomor 31 Tahun 2018 adalah sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah tahun pembuatan di atas 2010 dengan ambang batas HC sebesar 2000 ppm dan CO sebesar 4,5% di atas angka tersebut maka dinyatakan tidak lulus emisi. Data hasil pengujian emisi gas buang dapat dilihat pada Tabel 3.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan torsi dan daya tertinggi pada masing-masing penggunaan jenis bahan bakar terjadi pada putaran awal 4500 rpm dan semakin besar rpm nya maka semakin rendah nilai torsi dan daya yang didapatkan. Pada putaran 4500 rpm bahan bakar B90PP10E mendapatkan nilai torsi dan daya yang paling tinggi yaitu torsi sebesar 10.72 Nm dan daya sebesar 6.8 HP. Hal ini menunjukkan bahwa minyak hasil pirolisis PP 450°C yang dicampurkan dengan bahan bakar pertalite dapat meningkatkan nilai torsi dan daya. Efisiensi bahan bakar, campuran bahan bakar B95PP5E yang paling tinggi efisiensi nya yaitu sebesar 36,8%. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik, penggunaan bahan bakar B95PP5E yang paling rendah yaitu 2,3 kg/kWh. Campuran bahan bakar dapat mempengaruhi nilai efisiensi dan konsumsi bahan bakar spesifik.

Pada emisi hidrocarbon tertinggi didapatkan pada bahan bakar B100 sebesar 1124 ppm, sedangkan emisi *hidrocarbon* terendah didapatkan pada bahan bakar B90PP10E sebesar 256,7 ppm. Pada emisi *carbon monoksida* tertinggi terjadi pada bahan bakar B95PP5 sebesar 6,31%, sedangkan emisi *carbon monoksida* terendah terjadi pada bahan bakar B100 sebesar 4,29%. Hal ini menunjukkan bahwa campuran bahan bakar dapat mengurangi kadar emisi *hidrocarbon*, tetapi tidak dapat mengurangi kadar emisi *carbon monoksida*. Dalam penelitian emisi gas buang, campuran bahan bakar secara keseluruhan sudah lulus dalam ambang batas *hidrocarbon* (HC), tetapi belum lulus dalam ambang batas *carbon monoksida* (CO).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih ke Manajemen Teknik Mesin Unisma atas motivasi dan dukungannya hingga terpublikasinya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, H., dan Hanizah., 2021. "Produksi Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Polypropylene (PP) Metode Pirolisis". Volume 6 Nomor 1 (2021):20-21.
- Aprizal, 2018. "Uji Prestasi Motor Bakar Bensin Merek Honda Astrea 100 CC". Jurnal APTEK Edisi X Nomor 2 (2018):6-11.
- Arends, B.P.M dan H. Berenschot. 1980. Motor Bensin. Jakarta: Erlangga.
- Arismunandar, W., dan Tsuda, K., 2004. Motor Diesel Putaran Tinggi. Cetakan Kesepuluh, Pradnya Paramita. Jakarta.
- Astu, P., dan Djati, N., 2006. Mesin Konversi Energi. Andi. Yogyakarta.
- Basyirun, W.D. Raharjo, dan Karnowo. 2008. Mesin Konversi Energi. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- Darmawansyah, 2015. Pengaruh Pembebanan dan Putaran Mesin Terhadap Torsi dan Daya Yang Dihasilkan Mesin Matri MGX200/SL. Tesis. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Dwi, Krisna. 2013. Jenis-jenis Plastik dan Arti Kode Daur Ulang Plastik. Diambil dari: [<http://ilmupengetahuanumum.com/jenis-jenis-plastik-arti-kode-daur-ulang-plastik/>] (23 Desember 2021).
- Ganesa, V., 2004. "Internal Combustion Engine". Third Edition, ed. Tata Mc Graw Hill, New Delhi.
- Gaurav dkk. 2014. "Conversion Of Ldpe Plastic Waste Into Liquid Fuel By Thermal Degradation". International Journal of Mechanical and Production Engineering (IJMPE), pp. 104-107, Volume-2, Issue-4.
- Giovani, B., dan Lapisa, R., 2020. "Pengaruh Penambahan Bahan Bakar Pirolisis Plastik Terhadap Daya dan Torsi pada Sepeda Motor Injeksi 108 cc". Volume 01 Nomor 02 (2020):104-108.
- Heywood, J.B. 1988. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Holman, J.P. 1994. Perpindahan Kalor. Edisi keenam, Alih Bahasa Ir. E. Jasjfi, Msc, Erlangga, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mustofa, K., D., dkk. 2013. "Polytech (Conversion Machine of Plastik Into Oil Fuel With Continuous System and Reservoir Wet-Steam Oil With 20 Kg Capacities)". Proceedings of AISC Taiwan 2013. ISSN:2337-442X.
- Nindita, V., 2015. "Studi Berbagai Metode Pembuatan BBM dari Sampah Plastik Jenis LDPE dan PVC dengan Metode Thermal dan Catalytic Cracking (Ni Cr/Zeolite)". Volume 10 Nomor 3 (2015):137-138
- PT. Artha teknindo – artech, Mengolah Limbah Plastik Menjadi Energi. Diambil dari : [<http://www.artech.co.id>] (22 Desember 2021).
- Ramadhan, A., dan Ali, M., 2012. "Pengolah Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis". Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Volume 4 Nomor 1 (2012):45.
- Robert. 1993. Automotive Band Book. VDI Verlag Germany. P 108-184.
- Santoro, 2006. Karbon Dioksida Seperti Silika Amorf. Nature. 441 (7095):857-860.
- Setyadi, M., dan Susiantini, E., 2007. "Pengaruh Penambahan Biodiesel dari Minyak Jelantah Pada Solar Terhadap Opasitas dan Emisi Gas Buang CO, CO₂ dan HC". Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta.
- Sugiyono, 2015. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Syahrani, 2006. "Analisa Kinerja Mesin Berdasarkan Hasil Uji Emisi". Jurnal SMARTEK, Volume 4 Nomor 01 (2006):260-266.
- Untoro, B., Surono. 2013. "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak". Jurnal Teknik Volume 3 Nomor 1 (2013):33.
- Vasile, C., 2002. "Degradation and Decomposition". Institute of Macromolecular Chemistry. Lasi. Rumania.
- Wicaksono, B.A., dan Murdani, A., 2016. "Pembuatan Gas Analyzer dan Analisis Akurasi Sensor Oksigen Dengan Variasi Perubahan Panjang Selang". Jurnal SENASPRO (2016):336. Gibson, Ronald F. 1994. Principles Of Composite Material Mechanics. New York: Mc Graw Hill, Inc.