

DAFTAR ISI

Prakata.....	i
Daftar Isi	ii
ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN BIOETANOL DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF CAMPURAN PERTALITE Imam Prasetyo, Sarjito, Marwan Effendy	43-54
ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN LANGSUNG (Co-COMBUSTION) ARANG KAYU DAN DAUN CENGKEH SISA DESTILASI MINYAK ATSIRI DENGAN VARIASI KOMPOSISI Abdul Basyid Adnan, Subroto, Sartono Putro	55-65
KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN AMPAS AREN, SEKAM PADI, DAN BATUBARA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF Joko Triyanto, Subroto, Marwan Effendy	66-73
KAJI EKSPERIMENTAL PENGHAMBAT PENJALARAN RETAK DENGAN MENGGUNAKAN PENGAKU Hendery Dahlan, Yudi Dwianda, Meifal Rusli	74-83
VARIASI UKURAN MESH (Al-Si) DAN KARBON TEMPURUNG KELAPADENGAN MENGGUNAKAN POLYESTER BQTN 157 TERHADAP NILAI PENGUJIAN KEKERASAN Pramuko Ilmu Purboputro, Diki Awaluddin	84-89
IMPLEMENTASI SISTEM SAFETY DEVICE ENGINE OIL LEVEL PC 200-7 BERBASIS ARDUINO Randis, Syaeful Akbar, Rony Darmawan	90-98

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Waborakatuh

Ba'da salam, alhamdulillahirobbil'alamiin puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Media Mesin Nomor 19 Volume 2, Juli 2018 ini bisa diselesaikan dan diterbitkan. Penerbit berharap Jurnal Media Mesin dapat terus berkembang dan menjadi rujukan keilmuan di bidang Teknik Mesin di Indonesia.

Pada terbitan ini disajikan 6 tulisan yang merata pada bidang konstruksi mesin dan bahan dan bidang konversi energi. Penerbit mengucapkan terimakasih banyak kepada penulis baik dari dalam maupun dari luar Jurusan Teknik Mesin UMS yang telah berkenan menerbitkan jurnal ilmiahnya di jurnal ini. Semoga kedepannya semakin banyak penerbitan artikel-artikel dari luar Jurusan Teknik Mesin UMS.

Sebagai penutup, semoga jurnal edisi ini dapat bermanfaat dan menjadi informasi atau rujukan keilmuan di Bidang Teknik Mesin. Penerbit tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada rektor UMS melalui bidang Lembaga Pengembangan Publikasi Ilmiah (LPPI-UMS) yang telah mendukung secara moril dan materiil sehingga jurnal ini dapat diterbitkan.

Wassalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarokatuh

Surakarta, Juli 2018

Redaksi

ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN BIOETANOL DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF CAMPURAN PERTALITE

Imam Prasetyo, Sarjito, Marwan Effendy

¹Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartosuro

Email : sarjito@ums.ac.id

ABSTRAK

Bahan bakar fosil saat ini keberadaannya semakin langka, dan diperlukan langkah-langkah pencarian bahan bakar alternatif yang layak untuk menggantikan bahan bakar minyak, terutama bensin, yang kebutuhannya sangat banyak untuk kendaraan bermotor. Salah satu bahan bakar alternatif pengganti bensin adalah bioetanol (BE). Penelitian ini membahas tentang bagaimana pembuatan bioetanol dari bahan baku singkong, kemudian diuji performa mesin untuk mengetahui daya, torsi yang paling optimal dari variasi jenis busi standar dan busi platinum dengan memakai bahan bakar pertalite murni, lalu di uji kembali performa mesin untuk mengetahui daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan kadar emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan variasi campuran bahan bakar bioetanol dengan variasi BE 10%, BE 20% dan BE 30% dengan memakai jenis busi yang paling optimal. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan bioetanol, daya yang dihasilkan dari mesin semakin meningkat seiring meningkatnya kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar, namun pada torsi yang dihasilkan oleh mesin cenderung menurun pada penggunaan bahan bakar bioetanol. Lalu pada konsumsi bahan bakar semakin hemat dengan menggunakan bahan bakar BE 30%, hal ini didasarkan jarak tempuh dengan memakai bahan bakar BE 30% lebih jauh dari pada memakai bahan bakar pertalite 100%. Sedangkan hasil emisi gas buang pada kendaraan menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar bioethanol emisi gas buang yang dihasilkan semakin menurun seiring meningkatnya kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar dari pada emisi gas buang yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan Varian ANOVA satu jalan (Uji F) untuk daya, torsi dan kadar emisi HC, didapat nilai F hitung < F tabel, maka Ho diterima, sehingga hasil dari setiap variasi bahan bakar tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun untuk kadar CO, didapat nilai F hitung > F tabel, maka Ho ditolak, sehingga hasil dari setiap variasi bahan bakar ada perbedaan yang signifikan.

Kata kunci: Bioetanol, Singkong, Performa Mesin, Emisi Gas Buang

ABSTRACT

Fossil fuels are now becoming increasingly scarce, and steps are needed to find suitable alternative fuels to replace oil fuels, especially gasoline, which are very much needed for motorized vehicles. One alternative fuel for gasoline is bioethanol (BE). This study

discusses how to make bioethanol from cassava raw material, then tests the engine performance to determine the power, the most optimal torque from a variety of standard spark plugs and platinum plugs using pure pertalite fuel. After that, tests of the engine's performance is continuing to determine power, torque, fuel consumption and the level of exhaust emissions resulting from the use of variations in the mixture of bioethanol fuel with variations of BE 10%, BE 20% and BE 30% by using the most optimal type of spark plug. The test results show that by using bioethanol, the power generated from the engine increases with increasing levels of bioethanol in the fuel mixture, but the torque produced by the engine tends to decrease in the use of bioethanol fuel. The most efficient fuel consumption is by using 30% BE fuel, this is based on the driving distance by using BE fuel 30% is further than using 100% pertalite fuel. Moreover, the results of exhaust emissions on vehicles show that by using bioethanol fuel the resulting exhaust emissions decrease with increasing levels of bioethanol in the fuel mixture compared to the exhaust emissions produced by using 100% pertalite fuel. This is also proved by the method of statistical data analysis with one-way ANOVA Variant (F Test) for power, torque and HC emission levels. It is obtained that $F \text{ value} < F \text{ table}$, then H_0 is accepted showing that there is no significant difference between the results of each variation of fuel. However, for CO levels, it is obtained that $F \text{ count} > F \text{ table}$, then H_0 is rejected, indicating that there are significant differences of the results of each variation of fuel.

Keywords: Bioethanol, Cassava, Engine Performance, Exhaust Emissions

PENDAHULUAN

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah sektor transportasi. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Karena minyak bumi adalah bahan bakar yang tidak bisa diperbarui maka kita harus mulai memikirkan bahan penggantinya. Sebenarnya di Indonesia terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang melimpah, seperti biodiesel dari tanaman jarak pagar, kelapa sawit maupun kedelai. Atau methanol dan ethanol dari biomassa, tebu, jagung, dll yang bisa dipergunakan sebagai pengganti bensin.

Selain itu pembakaran bahan bakar fosil ini telah memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Kualitas udara yang semakin menurun akibat asap pembakaran minyak bumi, adalah salah satu efek yang dapat kita lihat dengan jelas. Kemudian efek gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas CO_2 hasil pembakaran minyak bumi. Seperti kita ketahui pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna akan menghasilkan gas CO_2 , yang lama kelamaan akan menumpuk di atmosfer. Radiasi sinar matahari yang dipancarkan kebumi seharusnya dipantulkan kembali ke angkasa, namun penumpukan CO_2 ini akan menghalangi pantulan tersebut. Akibatnya radiasi akan kembali diserap oleh bumi yang akhirnya meningkatkan temperatur udara di bumi [1].

Salah satu sumber penyumbang karbondioksida adalah pembakaran bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil mulai meningkat pesat sejak revolusi industri pada abad ke-18. Pada saat itu, batu bara menjadi sumber energi dominan untuk kemudian digantikan oleh minyak bumi pada pertengahan abad ke-19. Sumber utama penghasil emisi karbondioksida secara global ada 2 macam. Pertama, pembangkit listrik bertenaga batu bara. Kedua, pembakaran kendaraan bermotor. Emisi gas rumah kaca harus dikurangi, jadi harus dibangun sistem industri

dan transportasi yang tidak bergantung pada bahan bakar fosil yaitu minyak bumi dan batu bara. Maka untuk mengatasi hal ini diperlukan sumber energi alternatif yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sekaligus dapat mengurangi emisi karbondioksida. Salah satu sumber energi yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah bahan bakar nabati yaitu bioetanol.

Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Pengenalan energi alternatif ini juga merupakan upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia. Bioetanol merupakan bentuk sumber energi alternatif yang menarik untuk dikembangkan karena kelimpahannya di Indonesia dan sifatnya yang dapat diperbarui. Ada 3 kelompok bahan penghasil bioetanol yaitu nira bergula, pati, dan bahan serat alias lignoselulosa. Semua bahan baku bioetanol itu mudah didapatkan dan dikembangkan di Indonesia yang memiliki lahan luas dan subur [2].

Sehingga bioetanol mungkin menjadi calon bahan bakar alternatif dan banyak studi yang dilakukan untuk mengembangkan bahan bakar ini. Bioetanol memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang dapat langsung dicampur dalam tangki bahan bakar, disuntikkan ke ruang bakar dan dibakar untuk mengurangi emisi gas buang. Bahan ini berasal dari sumber daya terbarukan yang tidak terbatas dalam bentuk tanaman yang dapat tumbuh dengan baik atau biomassa yang mengandung gula, pati atau selulosa. Dengan mencampurkan bioetanol dengan fosil bahan bakar berbasis dalam mesin bensin dapat membantu memperpanjang umur pasokan bahan bakar, menjamin keamanan yang lebih dalam pasokan bahan bakar besar, meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi hidrokarbon (HC) dan emisi karbon monoksida (CO). Selain itu, lebih tinggi panas campuran bensin bioetanol membuat campuran yang lebih baik, yang mengarah ke pembakaran yang lebih sempurna. Sehingga mengurangi masalah lingkungan, meningkatkan ekonomi pertanian dan menghindari ketergantungan pada negara-negara bahan bakar penghasil fosil [3].

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar pernah dilakukan oleh Mohsen Ghazikhani et al. (2013), dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen tentang pengaruh suhu gas buang dan kadar emisi gas buang dari kinerja mesin bensin 2 tak menggunakan bahan bakar bensin campuran etanol. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran meningkat dengan meningkatnya prosentase etanol dalam bahan bakar bensin, karena sifat etanol yang mudah penguap sehingga pembilasan diruang bakar semakin baik dan hasil yang paling menonjol dari menggunakan etanol adalah penurunan polusi yang signifikan yang dipancarkan dari mesin yaitu kadar CO dengan pengurangan 35% memiliki prosentase penurunan terbesar diantara polutan lainnya. Serta sebagian besar emisi meningkat dengan meningkatkan suhu gas buang, tapi hidrokarbon (HCs) pada rata-rata mengalami penurunan sebesar 30% pada peningkatan suhu gas buang [4].

Xiaochen Wang et al. (2015), dalam penelitiannya melakukan perbandingan karakteristik pembakaran dan emisi gas buang dengan menggunakan bahan bakar E10W, E10 dan bensin murni (E0) dengan beban mesin yang berbeda yaitu 20 Nm, 50 Nm dan 100 Nm, serta dalam percobaan ini dilakukan dengan kecepatan mesin tetap yaitu 2000 rpm. Menurut hasil eksperimennya dibandingkan dengan E0, E10W menunjukkan lebih tinggi puncak tekanan dalam silinder pada beban tinggi, serta kenaikan tingkat pelepasan panas puncak diamati untuk bahan bakar E10W di semua kondisi operasi. Penggunaan E10W meningkatkan kadar NO_x pada kisaran beban tinggi. Namun, pada beban kondisi rendah, E10W dapat mengurangi kadar HC, CO dan CO₂ secara signifikan. Dibandingkan dengan E10, E10W menunjukkan puncak tekanan yang lebih tinggi di dalam silinder. Selain itu, penurunan NO_x emisi diamati untuk

E10W dari 5 Nm menjadi 100 Nm, sedangkan HC, CO dan CO₂ emisi sedikit lebih tinggi pada kondisi beban rendah dan menengah [5].

Paolo Iodice et al. (2013), melakukan penelitian yang cukup simple yaitu pengujian emisi pada sepeda motor dalam keadaan mesin belum mencapai suhu kerja dengan menggunakan bahan bakar bensin di campur dengan etanol. Pada penelitian ini kadar etanol yang digunakan sebesar 10%, 20%, 30% serta kadar emisi yang di ukur hanya CO dan HC. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar emisi CO dan HC pada mesin dingin menurun dengan menggunakan bahan bakar etanol-bensin dibandingkan dengan penggunaan bensin tanpa timbal, serta faktor kadar emisi pada mesin dingin yang dikuantisasi sebagai fungsi dari prosentase etanol dalam bahan bakar [6].

Bambang Sudarmanta et al. (2016), dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen tentang pengaruh rasio kompresi dan waktu pengapian untuk mengetahui kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50. Dari hasil penelitian didapat bahwa kenaikan rasio kompresi meningkatkan kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50, untuk waktu pengapian secara bertahap meningkat mulai dari 18° BTDC pada putaran mesin 2000 rpm sampai 26° BTDC pada putaran mesin 5000 rpm dengan menggunakan bahan bakar E50. Kemudian dengan menambahkan rasio kompresi pada bahan bakar E50 dapat mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik 13,42 % dan meningkatkan thermal efisiensi 14,67 % [7].

Yanuandri Putrasari et al. (2013), yang dilakukan dalam penelitiannya yaitu solar dicampur dengan etanol dengan kadar E2.5%, E5%, E7.5%, E10% dan percobaan ini dilakukan dalam berbagai beban mesin yang berbeda dari 0,10, 20, 30, 40, 50, 60 Nm untuk mengetahui perubahan parameter pada mesin diesel yaitu konsumsi bahan bakar, efisiensi thermal, suhu gas buang dan suhu minyak pelumas, sedangkan untuk karakteristik emisi gas buang parameter yang di ukur kadar CO dan HC. Hasil penelitian ini didapat bahwa tenaga mesin menunjukkan rata-rata peningkatan tekanan efektif dengan meningkatnya prosentase etanol, untuk konsumsi bahan bakar spesifik menurun dengan meningkatnya prosentase etanol, lalu penurunan suhu gas buang dan peningkatan suhu minyak pelumas yang sesuai dengan penambahan prosentase etanol dalam campuran. Serta hasil karakteristik emisi gas buang CO, HC menurun karena peningkatan prosentase etanol dalam campuran [8].

KAJIAN TEORI

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C₂H₅OH); sering pula disebut grain alcohol atau alkohol. Wujud dari etanol berupa cairan yang tidak berwarna, mudah menguap dan mempunyai bau yang khas. Berat jenisnya adalah sebesar 0,7939 g/mL, dan titik didihnya 78,320 C pada tekanan 766 mmHg. Sifat lainnya adalah larut dalam air dan eter, serta mempunyai panas pembakaran 7093.72 kkal. Etanol digunakan dalam beragam industri seperti sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetik, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin alkohol (gasohol) [9].

Pemakaian etanol sebagai sumber energi dalam industri dan kendaraan akan sangat mengurangi pembuangan gas CO₂ yang mengakibatkan pemanasan global. Cepat atau lambat sumber minyak (fosil fuel) akan habis karena depositnya terbatas. Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Keterbatasan itu mendorong negara industri melirik etanol (biofuel) sebagai sumber energi alternatif. Selain terus-menerus dapat diproduksi oleh mikroorganisme, etanol juga ramah lingkungan.

Beberapa keunggulan dari penggunaan etanol sebagai bahan bakar yaitu:

1. Diproduksi dari tanaman yang bersifat renewable.

2. Mengandung kadar oksigen sekitar 35% sehingga dapat terbakar lebih sempurna.
3. Penggunaan gasohol dapat menurunkan emisi gas rumah kaca.
4. Pembakaran tidak menghasilkan partikel timbal dan benzena yang bersifat karsinogenik (penyebab kanker).
5. Mengurangi emisi fine-particulates yang membahayakan kesehatan manusia.
6. Mudah larut dalam air dan tidak mencemari air permukaan dan air tanah

Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95%, untuk digunakan sebagai bahan bakar perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99,5% yang sering disebut Fuel Grade Ethanol (FGE). Mengingat pemanfaatan etanol yang beraneka ragam, maka kadar etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Etanol yang mempunyai kadar 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai kadar 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Etanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan yang harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga etanol harus mempunyai kadar sebesar 99,5-100%. Perbedaan besarnya kadar akan berpengaruh terhadap proses pengolahan karbohidrat menjadi glukosa larut air [10].

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Motor bensin 4 langkah 110 cc
2. Dynotest/Dinamometer
3. Emission Gas Analyzer
4. Tachometer
5. Gelas Ukur

Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Pertalite RON 90
2. Bioetanol FGE 99,5%
3. Busi Standar
4. Busi Platinum

Tahapan Pembuatan Bioetanol

Pembuatan bioetanol melalui tahapan sebagai berikut (a) persiapan bahan baku, singkong dihancurkan dengan menggunakan mesin parut kelapa, kemudian ditambahkan air sebanyak 1,5 x berat bahan baku untuk direbus (b) proses liquifikasi, dimana struktur tepung/pati singkong dipecah secara kimia menjadi gula kompleks dengan penambahan Enzym Alfa Amylase (c) tahapan selanjutnya proses sakarifikasi, dimana gula kompleks dipecah lagi menjadi gula sederhana dengan prosentase rendah (10-12%) dengan penambahan Enzym Gluco Amylase (d) Fermentasi, pada tahap ini dimana tepung telah berubah menjadi gula sederhana untuk difermentasi agar menghasilkan cairan etanol/alcohol dengan kadar (2-5%) dengan penambahan ragi, proses ini berlangsung kurang lebih 5-7 hari diwadah tertutup (e) Destilasi atau penyulingan dilakukan untuk memisahkan alkohol dari cairan hasil fermentasi. Dalam proses destilasi, pada suhu 78°C (setara dengan titik didih alkohol) bioetanol akan menguap lebih dulu ketimbang air yang bertitik didih 100°C. Lalu uap bioetanol yang ada dalam alat distillator akan dialirkan kebagian kondensor sehingga terkondensasi menjadi cairan etanol dengan kadar 70-95% (f) Dehidrasi pemurnian etanol yang berkadar 70-95% dengan beberapa cara antara lain secara

kimia dengan menggunakan batu gamping, secara fisika ditempuh melalui proses penyerapan menggunakan Zeolite Sintesis. Hasil dehidrasi berupa etanol dengan kadar 99,6-99,8 %, dikenal dengan istilah Fuel Grade Ethanol (FGE) atau disebut etanol kering. Barulah bioetanol ini layak digunakan sebagai campuran bahan bakar motor.

Pengujian Kinerja Mesin

Pengujian kinerja mesin ini bertujuan untuk mengetahui performa mesin yang paling optimal dari variasi jenis busi standar dan busi platinum dengan memakai bahan bakar pertalite murni, lalu di uji kembali performa mesin untuk memperoleh data yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan kadar emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan variasi campuran bahan bakar bioetanol dengan variasi BE 10%, BE 20% dan BE 30% dengan memakai jenis busi yang paling optimal.

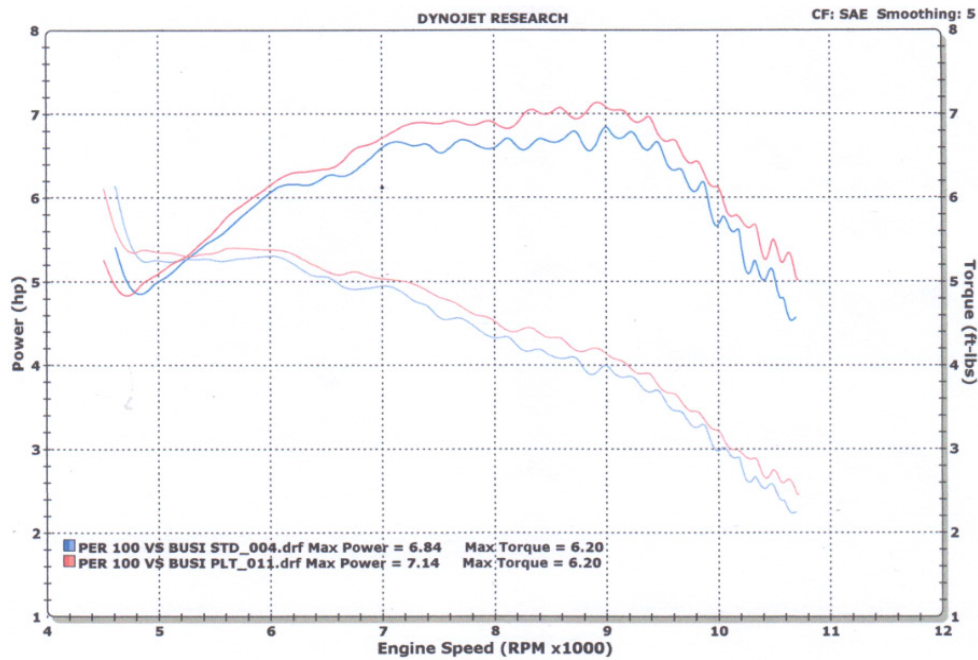
Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan dua metode analisis yang pertama dengan menggunakan metode analisa data deskriptif. Dimana data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dimasukkan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik kemudian dibandingkan dan dianalisis performa mesin dan kadar emisi gas buang kendaraan dari hasil variasi bahan bakar bioetanol yang berbeda dengan kadar 10%, 20% dan 30%. Metode analisa yang kedua dengan uji analisa data statistik dengan menggunakan uji t (regresi ganda), uji One Sample T Test dan uji varian ANOVA satu jalan (uji F) dengan bantuan program SPSS. Dimana data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dimasukkan ke program SPSS untuk diolah dan dianalisa data secara komputer untuk mengetahui dari pada hasilnya secara analisa data apakah ada pengaruh atau perbedaan yang signifikan dari hasil menggunakan variasi bahan bakar bioetanol terhadap performa mesin dan kadar emisi gas buang kendaraan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

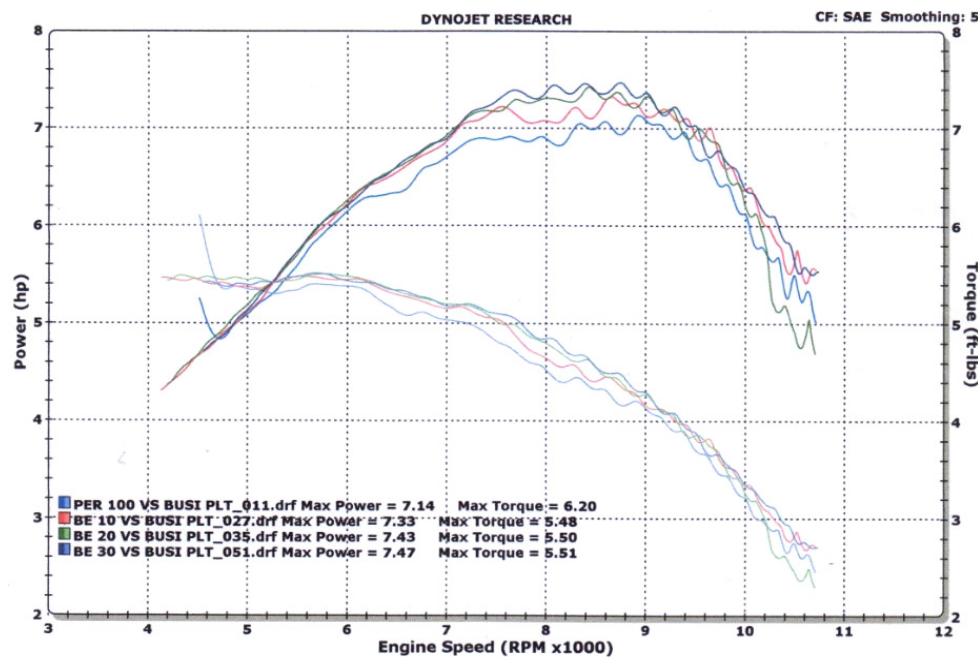
Analisa Hasil Pengujian Performa Mesin

Hasil pengujian daya dan torsi yang terlihat di gambar 1, menunjukkan adanya peningkatan daya dan torsi dengan pemakaian dua jenis busi yang berbeda menggunakan bahan bakar pertalite murni. Dari hasil tersebut dapat dilihat daya maksimum yang dihasilkan oleh busi platinum sebesar 7,14 HP lebih besar dari pada daya maksimum yang dihasilkan oleh busi standar sebesar 6,84 HP, lalu untuk torsi maksimum yang dihasilkan oleh busi standar maupun busi platinum sama besarnya yaitu 6,20 Nm. Dari hasil penggunaan bahan bakar pertalite murni dengan jenis busi yang berbeda didapat jenis busi platinum lebih optimal dilihat daya yang dihasilkan lebih baik dari pada penggunaan jenis busi standar. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji t (regresi ganda), dengan nilai T hitung $>$ T tabel , (3,087 $>$ 2,228), maka H_0 ditolak, sehingga busi platinum berpengaruh signifikan terhadap daya yang dihasilkan. Dari hasil tersebut kemudian busi platinum dipilih untuk sample pengujian selanjutnya dengan menggunakan variasi bahan bakar terhadap performa mesin dan emisi gas buang kendaraan. Hasil perbandingan pengujian terhadap daya dan torsi dengan penggunaan bahan bakar pertalite 100% memakai jenis busi standar dan busi platinum dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini :



Gambar 1. Perbandingan Hubungan Daya dan Torsi terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Busi Standar dan Busi Platinum

Kemudian untuk hasil perbandingan pengujian terhadap daya dan torsi dengan menggunakan variasi bahan bakar dengan memakai busi platinum dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini:



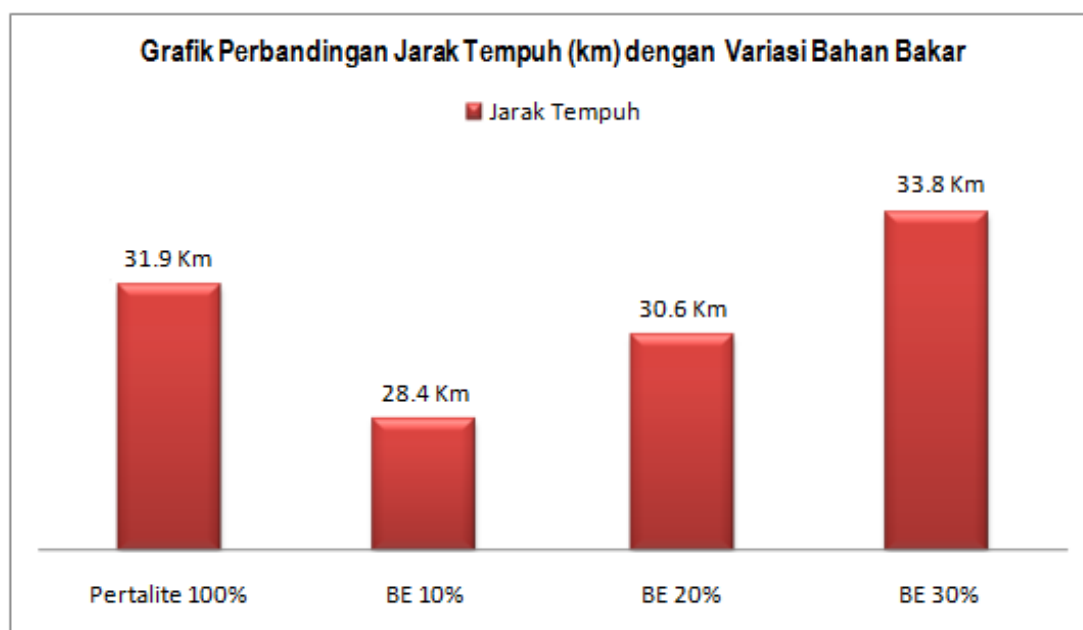
Gambar 2. Perbandingan Hubungan Daya dan Torsi terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian daya maksimal yang dicapai oleh mesin sebesar 7,47 HP dengan menggunakan bahan bakar BE 30%, sedangkan pengujian pada torsi maksimal yang dicapai oleh mesin sebesar 6,20 Nm dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Dilihat

secara grafik dengan variasi bahan bakar yang berbeda daya maksimum semakin meningkat seiring jumlah kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar pertalite semakin banyak, namun pada torsi maksimum yang dihasilkan menggunakan bahan bakar BE 30%, BE 20% dan BE 10% lebih rendah dari pada torsi maksimum menggunakan bahan bakar pertalite 100% , secara nilai selisih perbedaannya tidak banyak hanya nol koma baik pada daya maksimum maupun torsi maksimum yang dihasilkan dari variasi bahan bakar yang berbeda, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan Varian ANOVA satu jalan (Uji F), dengan nilai F hitung $< F$ tabel , ($0,119 < 2,82$), maka H_0 diterima, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan daya yang dihasilkan dari variasi bahan bakar, sedangkan untuk torsi dengan nilai F hitung $< F$ tabel , ($0,340 < 2,82$), maka H_0 diterima, sehingga dan H_1 ditolak, tidak ada perbedaan yang signifikan torsi yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik tidak ada perbedaan yang signifikan baik daya maupun torsi yang dihasilkan dari variasi bahan bakar, bisa dikatakan hasil daya dan torsi sama meskipun dilihat secara grafik sedikit ada perbedaan.

Analisa Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Untuk hasil pengujian konsumsi bahan bakar didapat grafik perbandingan jarak tempuh terhadap variasi bahan bakar dengan memakai busi platinum dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini :



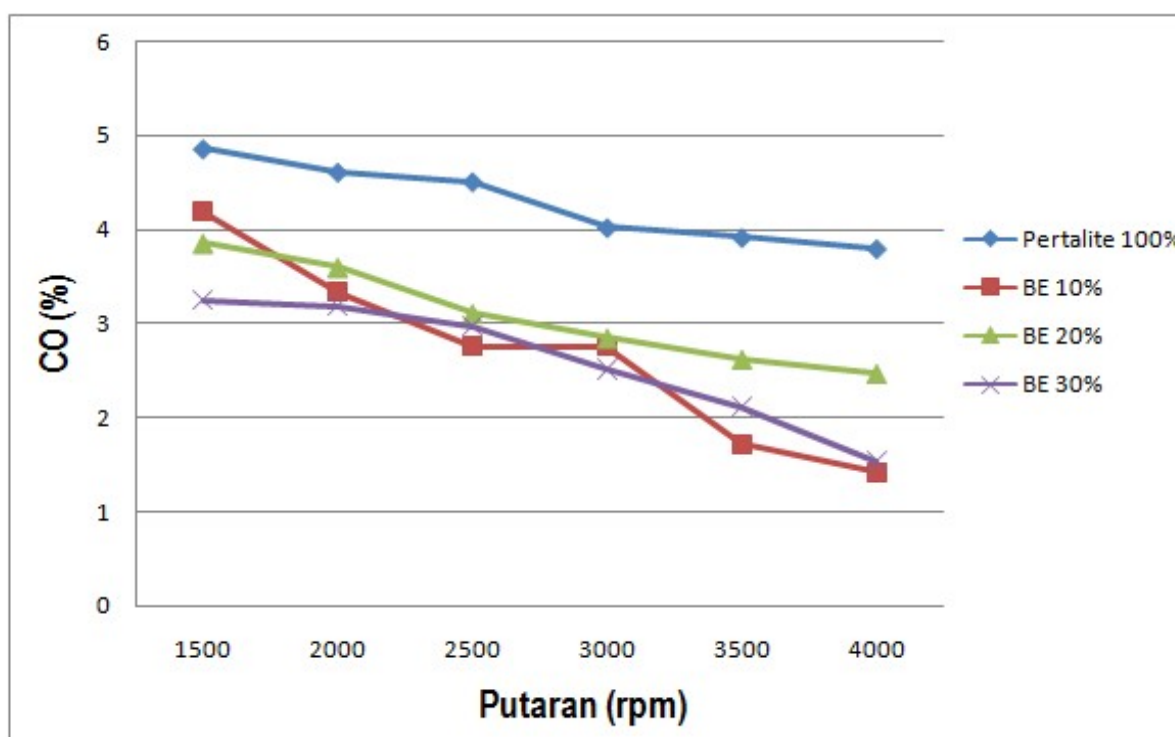
Gambar 3. Perbandingan Jarak Tempuh dengan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian konsumsi bahan bakar dengan menggunakan variasi bahan bakar didapat untuk penggunaan variasi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar BE 30% hasil konsumsi bahan bakarnya lebih hemat dilihat jarak tempuhnya lebih jauh. Dilihat secara grafik dengan variasi bakar yang berbeda jarak tempuh semakin meningkat (lebih jauh) seiring jumlah kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar pertalite semakin banyak, namun konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar BE 10% dan BE 20% jarak tempuhnya lebih rendah (dekat) dari pada menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Sedangkan penggunaan bahan bakar BE 30% jarak tempuhnya lebih jauh yaitu 33,8 Km dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100% yaitu 31,9 Km dengan selisih jarak tempuh 1,9 Km

yang menandakan bahwa memakai bahan bakar BE 30% lebih hemat 5,9% dari pada memakai bahan bakar pertalite 100%. Namun secara analisa data statistik apakah jarak tempuh yang dicapai menggunakan variasi bahan bakar nilai rata-ratanya sama atau tidak. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji One Sample t, dengan nilai T hitung < T tabel , (-413,211 < 3,182), maka H0 diterima sehingga nilai rata-rata jarak tempuh yang dicapai dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai rata-rata jarak tempuh yang dicapai dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Jadi penggunaan bahan bakar BE 30% jarak tempuhnya lebih jauh dibandingkan jarak tempuh dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%, BE 10% dan BE 20% yang menandakan bahwa penggunaan bahan bakar BE 30% lebih hemat.

Analisa Hasil Pengujian Kadar Emisi Gas Buang

Untuk hasil pengujian kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) didapat grafik perbandingan kadar CO terhadap variasi bahan bakar seperti pada gambar 4, dibawah ini :

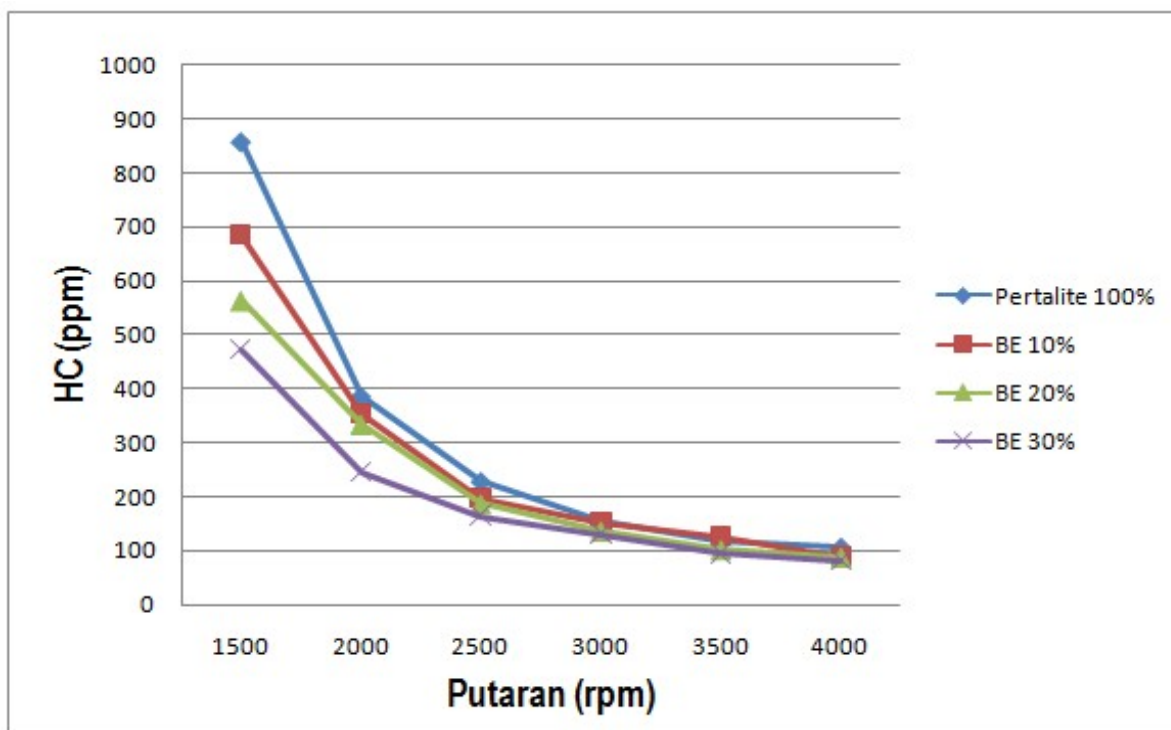


Gambar 4. Perbandingan Hubungan Kadar CO terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian kadar CO didapat penggunaan bahan bakar BE 30% hasil kandungan kadar emisi CO lebih rendah dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100%, dan bisa dilihat pada putaran mesin 1500 rpm hasilnya menggunakan Pertalite 100% = 4,856% vol, BE 10% = 4,181% vol, BE 20% = 3,850% vol dan BE 30% = 3,238% vol, terjadi penurunan nilai kadar CO cukup signifikan, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (uji F), dengan nilai F hitung > F tabel , (7,285 > 3,10), maka H1 diterima, sehingga ada perbedaan yang signifikan nilai kadar CO yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai kadar CO yang dihasilkan dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Jadi penggunaan bahan bakar BE 30% nilai kadar CO lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan bahan

bakar pertalite 100%, BE 10% dan BE 20% yang menandakan bahwa penggunaan bahan bakar BE 30% dapat menurunkan kadar CO secara signifikan.

Kemudian untuk hasil pengujian kadar emisi gas buang hidrokarbon (HC) didapat grafik perbandingan kadar HC terhadap variasi bahan bakar seperti pada gambar 5, dibawah ini :



Gambar 5. Perbandingan Hubungan Kadar HC terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian kadar HC didapat penggunaan bahan bakar BE 30% hasil kandungan kadar emisi HC lebih rendah dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100%, dan bisa dilihat pada putaran mesin 1500 rpm hasilnya menggunakan Pertalite 100% = 858 ppm, BE 10% = 684 ppm, BE 20% = 563 ppm dan BE 30% = 472 ppm, terjadi penurunan nilai kadar HC cukup signifikan, namun seiring meningkatnya putaran mesin rpm terutama pada rpm 2500 keatas hasil grafiknya menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan, hampir bisa dikatakan sama meskipun dengan menggunakan variasi bahan bakar yang berbeda, seperti pada putaran mesin 3000 rpm hasilnya menggunakan Pertalite 100% = 153 ppm, BE 10% = 152 ppm, BE 20% = 136 ppm dan BE 30% = 132 ppm, secara nilai selisih perbedaannya tidak terlalu signifikan, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (Uji F), dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, ($0,275 < 3,10$), maka H_0 diterima, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan kadar HC yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai kadar HC dengan penggunaan variasi jenis bahan bakar tidak memberikan perubahan hasil grafik yang signifikan, terutama pada putaran mesin diatas 2500 rpm.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan jenis busi platinum lebih optimal hasilnya dibanding jenis busi standar, dilihat dari daya maksimum yang dihasilkan oleh busi platinum sebesar 7,14 HP lebih besar dari

- pada daya maksimum yang dihasilkan oleh busi standar sebesar 6,84 HP, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji t didapat nilai T hitung $>$ T tabel , (3,087 $>$ 2,228), maka H_0 ditolak, sehingga busi platinum berpengaruh signifikan terhadap daya yang dihasilkan.
2. Daya maksimum didapat pada penggunaan bahan bakar BE 30% sebesar 7,47 HP, lalu daya terendah didapat pada penggunaan bahan bakar Peralite 100% sebesar 7,14 HP, Sedangkan torsi maksimum didapat pada penggunaan bahan bakar pertalite 100% sebesar 6,20 Nm, lalu untuk torsi terendah didapat pada penggunaan bahan bakar BE 10% sebesar 5,48 Nm, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan Varian ANOVA satu jalan (Uji F), untuk daya didapat nilai F hitung $<$ F tabel , (0,119 $<$ 2,82), sedangkan untuk torsi didapat nilai F hitung $<$ F tabel , (0,340 $<$ 2,82), maka H_0 diterima, tidak ada perbedaan yang signifikan daya dan torsi yang dihasilkan dari variasi bahan bakar.
 3. Konsumsi bahan bakar menggunakan bahan bakar BE 30% lebih hemat dari pada penggunaan bahan bakar Peralite 100%, BE 10% dan BE 20% dilihat jarak tempuhnya lebih jauh, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji One Sample t, didapat nilai T hitung $<$ T tabel , (-413,211 $<$ 3,182), maka H_0 diterima sehingga nilai rata-rata jarak tempuh yang dicapai dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama.
 4. Penggunaan bahan bakar BE 30% dapat menurunkan kadar CO yang cukup signifikan pada putaran mesin 1500 rpm, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (uji F), didapat nilai F hitung $>$ F tabel , (7,285 $>$ 3,10), maka H_1 diterima, sehingga ada perbedaan yang signifikan nilai kadar CO yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Sedangkan penggunaan bahan bakar bioetanol dapat menurunkan kadar HC pada putaran rendah, seperti terlihat pada putaran mesin 1500 rpm terjadi penurunan nilai kadar HC cukup signifikan, namun untuk putaran mesin diatas 2500 rpm, perubahan penurunan kadarnya tidak terlalu signifikan, hampir bisa dikatakan sama, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (Uji F), dengan nilai F hitung $<$ F tabel , (0,275 $<$ 3,10), maka H_0 diterima, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan kadar HC yang dihasilkan dari variasi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handayani, S. (2005). *Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [2] Indartono, Y. (2005). *Bioetanol Alternatif Energi Terbarukan: Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan*. <http://www.energi.lipi.go.id>. Diakses 16 Oktober 2016.
- [3] Zhang, Y & Zhao, H. (2013). *CAI combustion of gasoline and its mixture with ethanol in a 2-stroke poppet valve DI gasoline engine*. Fuel. Elsevier. Vol 109. Pages 661-668.
- [4] Ghazikhani, M & Hatami, M. (2014). *Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline-ethanol two-stroke engine*. Thermal Engineering. Elsevier. Vol 2. Pages 82-90.
- [5] Wang, X & Chen, Z. (2015). *The effects of hydrous ethanol gasoline on combustion and emission characteristics of a port injection gasoline engine*. Thermal Engineering. Elsevier. Vol 6. Pages 147-154.
- [6] Iodice, P & Senatore, A. (2015). *Cold start emissions of a motorcycle using ethanol-gasoline blended fuels*. Energy Procedia. Elsevier. Vol 45. Pages 809-818.
- [7] Sudarmanta, B., Junipitoyo, B., & Putra, A.K.B. (2016). *Influence Of The Compression Ratio And Ignition Timing On Sinjai Engine Performance With 50% Bioethanol-Gasoline*

Blended Fuel. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol 11. No 4.

- [8] Putrasari, Y, Nur, A. & Muharam, A. (2012). *Performace and emission characteristic on a two cylinder DI diesel engine fuelled with ethanol-diesel blends*. Energy Procedia. Elsevier. Vol 32. Pages 21-30.
- [9] Berg, C. (2004). *World Fuel Ethanol Analysis and Outlook*. <http://www.distill.com/world-fuel-ethanol-A&O-2004.html>. Diakses 17 Oktober 2016.
- [10] Anonim. (2007). *Bioetanol*. <http://www.energi.lipi.go.id/bioetanol.html>. Diakses 18 Oktober 2016

ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN LANGSUNG (Co-COMBUSTION) ARANG KAYU DAN DAUN CENGKEH SISA DESTILASI MINYAK ATSIRI DENGAN VARIASI KOMPOSISI

Abdul Basyid Adnan, Subroto, Sartono Putro
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email: subroto@ums.id

ABSTRAK

Limbah proses destilasi (penyulingan) minyak atsiri daun cengkeh yang berupa daun cengkeh kering sering dianggap sebagai limbah industri dan kurang diperhatikan manfaatnya. Diperkirakan saat ini penggunaan daun cengkeh kering sisa proses destilasi minyak atsiri hanya digunakan sebagai pendukung dari pembakaran proses penyulingan tersebut. Oleh karena itu penting adanya penelitian untuk mengurangi polusi yang ditimbulkan oleh limbah tersebut, diantaranya dengan menjadikan daun cengkeh kering sisa proses sebagai bahan dasar biomassa. Penelitian diawali dengan pengumpulan bahan dasar berupa daun cengkeh sisa proses destilasi daun cengkeh dan arang kayu kemudian dihancurkan dan selanjutnya dicampur dengan variasi komposisi yang berbeda. Variasi yang digunakan adalah variasi komposisi, yaitu 100% arang kayu, 100% daun cengkeh, 80% arang kayu dan 20% daun cengkeh, 60% arang kayu dan 40% daun cengkeh, 40% arang kayu dan 60% daun cengkeh. Pengujian karakteristik pembakaran dilaksanakan untuk mengetahui karakteristik temperatur pembakaran, massa sisa dan laju pembakaran yang dihasilkan oleh campuran arang kayu dan daun cengkeh. Pengujian ini dilakukan pada sebuah tungku pembakaran dan pengambilan data dilakukan setiap 1 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi berpengaruh pada karakteristik pembakaran. Penambahan arang kayu akan mempertinggi temperatur pembakaran dan memperlama waktu pembakaran. Waktu pembakaran paling baik dimiliki biomassa dengan komposisi 60% arang kayu dan 40% daun cengkeh dengan temperatur 268 °C pada menit ke-6 dan massa sisanyakni 0,71 gram.

Kata kunci: Arang Kayu, Daun Cengkeh, Biomassa

ABSTRACT

Waste from distillation of essential oils of clove leaves in the form of dried clove leaves is often regarded as industrial waste and its benefits are usually neglected.. Currently, it is estimated that the use of dried clove leaves is only as a support to the combustion process of the distillation process. Therefore, it is important to reduce the pollution caused by these wastes, for example making dry clove leaves as a biomass base material. This study begins with the collection of basic ingredients in the form of clove leaves which are the remainder of the clove leaves distillation process and wood charcoal. Then, they are crushed and mixed with a variety of different compositions. Variations used are variations in composition, namely 100% wood charcoal, 100% clove leaves, 80% wood charcoal and

20% clove leaves, 60% wood charcoal and 40% clove leaves, 40% wood charcoal and 60% clove leaves. Testing of combustion characteristics is carried out to determine the characteristics of combustion temperature, residual mass and combustion rate produced by a mixture of wood charcoal and clove leaves. This test is carried out on a furnace and data collection is carried out every 1 minute. The results shows that the variation in composition affects the characteristics of combustion. Wood charcoal addition increases the combustion temperature and prolong the combustion time. The fastest combustion time is produced by biomass with a composition of 60% wood charcoal and 40% clove leaves with a temperature of 268 °C with six minutes and the remaining mass is 0.71 grams.

Keywords: *Wood Charcoal, Clove Leaves, Biomass*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil sejumlah minyak atsiri. kebanyakan minyak atsiri tersebut ekspor atau dijual keluar negeri. Sementara itu banyak pengusaha atau industri yang belum dapat memanfaatkan sisa limbah menjadi sebuah produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Sisa limbah hasil industri dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif baru bisa berasal dari fosil, biomassa, limbah, dan sebagainya,

Sentra minyak cengkeh di Musuk, Boyolali banyak menggunakan bahan bakar daun kering sisa proses *destilasi* yang merupakan sisa dari proses penyulingan minyak atsiri untuk proses produksinya.

Masalah yang timbul adalah bagaimana memanfaatkan daun kering sisa proses, dan bagaimana mengurangi polusi yang ditimbulkan pada waktu pembuangan limbah yang berupa daun cengkeh sisa destilasi. Diperkirakan sampai saat ini penggunaan daun kering sisa proses hanya digunakan sebagai pendukung dari bahan-bakar proses tersebut.

Melihat permasalahan diatas maka akan lebih baik jika limbah tersebut dijadikan biomassa (campuran daun cengkeh kering limbah proses destilasi minyak atsiri dan arang kayu) agar lebih berguna dan bermanfaat sebagai bahan bakar alternatif baru.

BATASAN MASALAH

Dalam makalah ini masalah yang diteliti adalah analisis karakteristik pembakaran biomassa (campuran daun kering limbah proses *destilasi* minyak cengkeh dan arang kayu) berupa laju pembakaran, penurunan massa dan hubungan temperatur dengan laju pembakaran dengan variasi komposisi 100% daun cengkeh, 100% arang, arang kayu dicampur dengan daun cengkeh dengan perbandingan komposisi 80%:20%, 60%:40%, 40%:60%. *Binder* yang digunakan adalah aspal, dengan komposisi 10% dari berat total setiap briket.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari biomassa (campuran daun kering limbah proses destilasi minyak cengkeh dan arang kayu) yang berupa temperatur pembakaran, massa sisa pembakaran, laju pembakaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Joko (2005) melakukan penelitian tentang karakteristik pembakaran biobriket campuran ampas aren dengan arang kayu sebagai bahan bakar alternatif [1]. Yang menghasilkan bahwa semakin banyak kandungan ampas aren akan memperbesar laju pengurangan massa pada saat terjadi proses pembakaran, ini dikarenakan ampas aren mengandung nilai volatile matter yang

lebih besar dari pada arang kayu dimana kandungan ini bersifat mudah terbakar. Bila semakin banyak kandungan arang kayu (dalam satu satuan berat) akan semakin besar pula temperatur yang dihasilkan, hal ini dikarenakan arang kayu mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi dari pada ampas aren

Andrew (2005) melakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran briket campuran arang kayu dan sekam padi dengan tiga kali variasi campuran [2]. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi 50% sekam padi : 50% arang kayu. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan volatile matter. Semakin banyak kandungan volatile matter suatu biobriket maka semakin mudah biobriket tersebut terbakar, sehingga pembakaran semakin cepat.

DASAR TEORI

Menurut Gautara (1980), arang adalah bahan bakar padat yang berpori-pori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung unsur karbon (C). sebagian pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari “*fixet carbon*”, abu, air, nitrogen, dan sulfur [3]. Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan bakar padat adalah sebagai berikut :

1. Kandungan Zat-zat yang Mudah Menguap (*Volatile Matter*).
Kandungan *volatile matter* pada suatu arang kayu menunjukkan tingkat kualitas arang kayu tersebut. Semakin tinggi kandungan *volatile matter* maka semakin rendah kualitas arang kayu. Karena tingginya kandungan *volatile matter* akan lebih mempercepat pembakaran dan banyak menimbulkan asap.
2. Temperatur Pencetusan (*Flashing Temperature*)
Adalah temperatur dimana bahan bakar terbakar akan terbakar dengan sendirinya oleh udara sekelilingnya disertai percikan api sebagai pemicu nyala.
3. Temperatur Penyalaan (*Ignition Temperature*)
Adalah suhu pada saat bahan bakar akan mulai terbakar setelah mengeluarkan zat-zat penguapnya.
4. Kecepatan Pembakaran
Bahan bakar padat dalam pembakarannya sangat dipengaruhi oleh proses penguapan kadar air dan *volatile matter* yang terkandung dalam bahan bakar tersebut. Hal inilah yang menjadi faktor utama dalam kecepatan pembakaran.
5. Ukuran Arang Kayu
Ukuran partikel arang kayu itu sendiri juga akan mempengaruhi besarnya panas yang dihasilkan dalam pembakaran. Hal ini disebabkan semakin besar partikel-partikel penyusun arang kayu maka akan mengakibatkan rongga antar partikel akan menjadi lebih besar sehingga akan menurunkan nilai kalor yang dihasilkan mempengaruhi kecepatan pembakaran. Semakin kecil partikelnya maka akan semakin cepat laju pembakarannya.
6. Kecenderungan untuk Menggumpal
Dalam bahan bakar padat masih banyak terdapat kadar air, sehingga apabila bahan bakar disimpan dalam waktu yang relatif lama maka akan mengakibatkan bahan bakar akan mudah untuk lunak dan saling menggumpal antara partikel satu dengan yang lain akibatnya celah antar partikel yang berfungsi untuk tempat aliran udara akan tertutup sehingga memperlambat proses penguapan pada proses pembakaran.

Adapun beberapa tahapan dalam pembakaran bahan bakar padat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengeringan

Merupakan tahap awal daripada proses pembakaran bahan bakar padat. Dalam proses ini bahan bakar mengalami kenaikan temperatur yang mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan bahan bakar itu sedangkan untuk kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar padat tersebut.

2. Devolatisasi

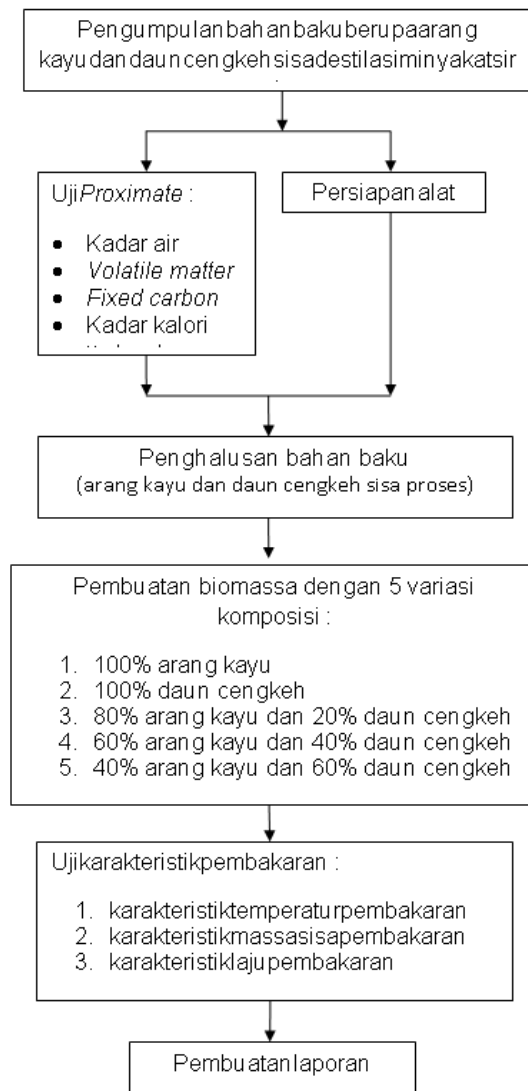
Yaitu proses bahan bakar mulai mengalami dekomposisi setelah terjadi pengeringan. Proses dekomposisi merupakan peristiwa pecahnya ikatan kimia secara termal dan *volatile matter* (merupakan hasil proses devolatilisasi) keluar dari partikel. Proses devolatilisasi berlangsung cepat dan memerlukan 20-30% dari seluruh waktu pembakaran diluar penyalaan.

3. Pembakaran Arang

Tahap akhir dari proses pembakaran bahan bakar padat adalah pembakaran arang. Arang merupakan hasil sisa dari proses devolatilisasi yang telah sempurna dan juga terdapat abu.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *arang kayu dan daun cengkeh (sisa proses destilasi)*.



(a)



(b)

Gambar 2. Bahan-bahan penelitian, (a) *arang kayu* and (b) *daun cengkeh*

Penghalusan Bahan Baku

Dalam hal ini yang perlu dihaluskan adalah batu bara dan daun cengkeh sisa proses.



Gambar 3. arang kayu yang telah dihaluskan.



Gambar 4. Daun cengkeh yang telah dihaluskan

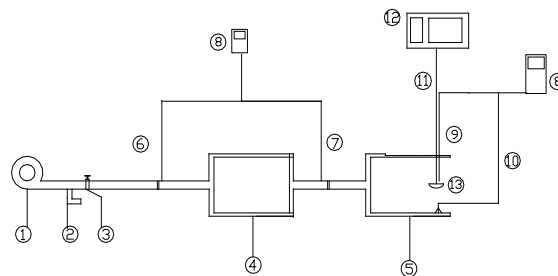
Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat penghalus daun cengkeh (*blender*)
2. Timbangan digital
3. Alat pengepres
4. Tungku pembakaran
5. *Stopwatch*
6. *Thermocouple* dan *thermocouple reader*
7. *Anemometer*



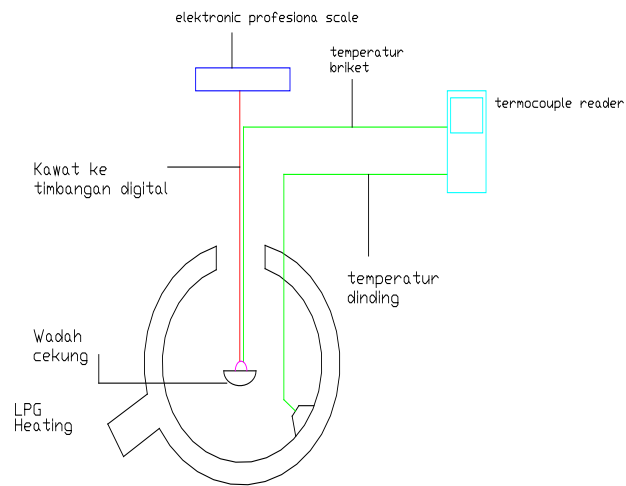
Gambar 5. Timbangan digital



Gambar 6. Skema alat uji karakteristik pembakaran

Keterangan:

1. Blower
2. Saluran by pass
3. Katup pengatur aliran udara
4. Tungku 1
5. Tungku 2
6. Termokopel temperatur udara
7. Termokopel temperatur udara *pre-heater*
8. *Digital thermocouple reader*
9. Termokopel temperatur briket
10. Termokopel temperatur dinding
11. *Kawat ke timbangan digital*
12. *elektronik profesional scale* (timbangan digital)



Gambar 7. Skema tabung pembakaran



Gambar 8. Alattungkupembakaran



Gambar 9. Stop wach



Gambar 10. Termocoupe dan Termocopel reader

Analisis Proximate Bahan Baku

Bahan baku kemudian diuji secara *proximate*. Pengujian ini dilakukan di Pusat Studi Pangan dan Gizi serta Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gadjah Mada.

Analisis *proximate* merupakan analisis untuk memperkirakan kinerja bahan bakar pada saat pemanasan dan pembakaran. Analisis *proximate* biasa digunakan untuk menganalisa kadar air, zat terbang (*volatile matter*), kadar abu, dan kadar kalori.

Pembuatan Biomassa

Biomassa dibuat dengan perbandingan komposisi 100% arang kayu, 100% daun cengkeh, 80% arang kayu : 20% daun cengkeh, 60% arang kayu : 40% daun cengkeh, dan 40% arang kayu : 60% daun cengkeh. Biomassa dibuat dengan berat 5 gram.

Uji Karakteristik Pembakaran

Pengujian Pembakaran bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran biomassa. Pengujian ini dilakukan pada sebuah tungku pembakaran. Pengambilan data dilakukan setiap 1 menit. Data penelitian yang dicatat adalah laju pembakaran, pengurangan massa dan temperatur pembakarannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kandungan Bahan Dasar

Tabel 1. Data Kandungan Bahan Dasar

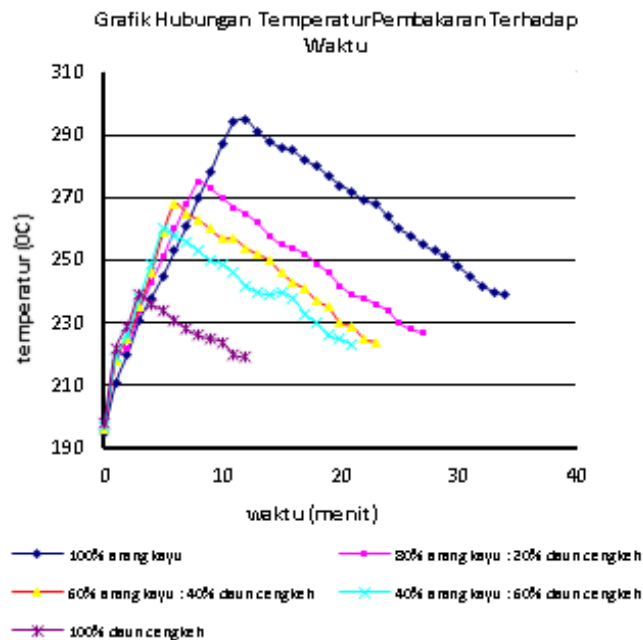
Kandungan	Arangkayu	Dauncengkeh
<i>Volatilematter</i> (%)	10.7302	46.0091
<i>Fixedcarbon</i> (%)	60.8027	13.0309
Kadar air (%)	11.27	9.925
Kadarabu (%)	25.9	6.22
Kadarkalori (kal/kg)	6650.2055	4089.199

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa kelebihan dari Daun cengkeh adalah kandungan *volatile matter* dan kadar kalori yang cukup tinggi mencapai 46.0091% untuk *volatile matter* dan 4089.199kal/kg untuk kadar kalorinya, kandungan *volatile matter* yang tinggi akan mempermudah penyalaan dan kadar kalori yang tinggi akan menyebabkan temperatur pembakaran yang tinggi. Sedangkan kadar abu dari arang kayu lebih tinggi dari daun cengkeh yaitu mencapai 25.9%, kandungan kadar abu akan berpengaruh dalam lamanya proses pembakaran.

Hasil Pengujian Pembakaran

Pada Gambar 11 pembakaran biomassa dengan komposisi 100% daun cengkeh menghasilkan temperatur tertinggi pada temperatur 239°C pada menit ke-3, biomassa dengan komposisi 40% arang kayu dan 60% daun cengkeh menghasilkan temperatur tertinggi pada temperatur 260°C pada menit ke-5, biomassa dengan komposisi 60% arang kayu dan 40% daun

cengkeh mampu menghasilkan temperatur tertinggi pada temperatur 268°C pada menit ke-6, biomassa dengan komposisi 80% arang kayu dan 20% daun cengkeh mampu menghasilkan temperatur tertinggi pada temperatur 275°C pada menit ke-8 dan temperatur tertinggi dihasilkan oleh biomassa dengan komposisi 100% arang kayu pada temperatur 295°C pada menit ke-12. Perbedaan pencapaian temperatur tertinggi pada tiap biomassa berbeda, ini disebabkan oleh laju pembakaran yang berbeda dari tiap komposisi biomassa.

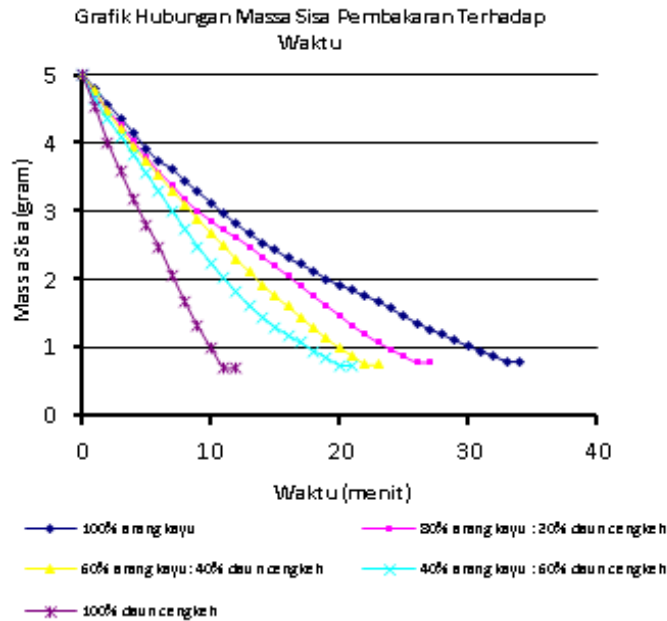


Gambar 11. Grafik hubungan antara Temperatur Pembakaran terhadap waktu

Semakin banyak campuran arang kayu dalam komposisi biomassa maka akan menyebabkan semakin tingginya temperatur pembakaran yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya kadar arang kayu dalam bioiomassa, maka kandungan kalori biomassa juga akan semakin besar, begitu pula sebaliknya semakin sedikit campuran arang kayu dalam biomassa maka akan menyebabkan semakin rendahnya temperatur pembakaran yang dihasilkan karena kandungan kalori biomassa semakin kecil, ini terjadi pada biomassa 100% arang kayu.

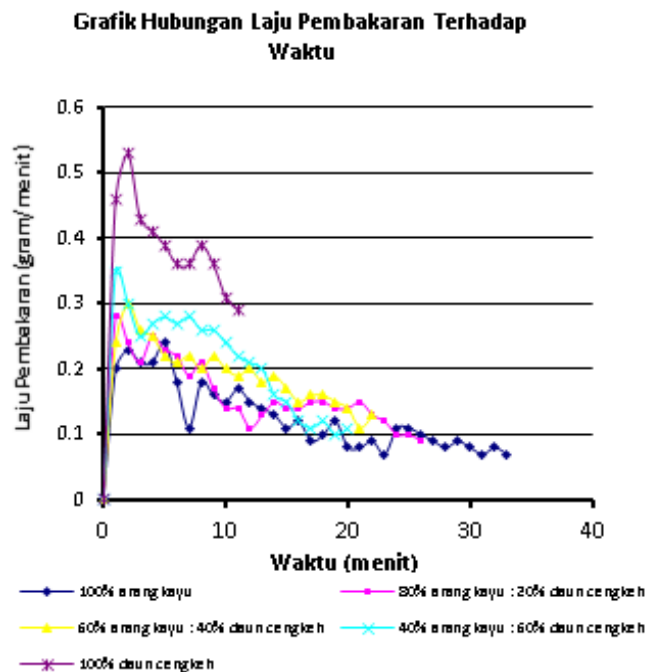
Biomassa pada waktu pembakaran nol menit mempunyai massa yang sama sebesar 5 gram. Pada pembakaran terlihat adanya gejala pengurangan massa yang berbeda antara komposisi satu dengan yang lain. Semakin lama waktu pembakaran maka semakin jelas adanya perbedaan pengurangan massa.

Terlihat bahwa biomassa dengan komposisi 100% arang kayu mempunyai sisa massa 0,8 pada menit ke-34, biomassa komposisi 80% arang kayu dan 20% daun cengkeh mempunyai sisa massa 0,78 pada menit ke-27, biomassa komposisi 60% arang kayu dan 40% daun cengkeh mempunyai sisa massa 0,75 pada menit ke-23, biomassa komposisi 40% arang kayu dan 60% daun cengkeh mempunyai sisa massa 0,74 pada menit ke-21, sedangkan untuk biomassa yang sisa massanya paling sedikit yaitu biomassa komposisi 100% daun cengkeh dengan sisa massa 0,71 pada menit ke-12.



Gambar 12. Grafik hubungan antara massa sisa Pembakaran terhadap waktu

Semakin banyak kandungan arang kayu dalam komposisi biomassa maka semakin banyak sisa pembakarannya atau abu yang terbentuk dalam biomassa dan sebaliknya semakin sedikit daun cengkeh maka akan semakin sedikit abu yang terbentuk. Hal ini disebabkan adanya pengaruh kadar abu yang terkandung dalam arang kayu dan daun cengkeh. Dimana kadar abu pada arang kayu lebih besar daripada daun cengkeh (lihat tabel 1).



Gambar 13. Grafik hubungan antara laju Pembakaran terhadap waktu

Setelah mengetahui dan menganalisis hubungan pengurangan massa biomassa terhadap waktu, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan laju pembakaran. Gambar 13 menunjukkan

pengaruh komposisi biomassa terhadap laju pembakaran. Dasar dari perhitungan laju pembakaran adalah data massa sisa itu sendiri.

Dari pembacaan Gambar 13 didapatkan informasi bahwa biomassa dengan komposisi 100% daun cengkeh mempunyai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,53 gram/menit pada menit ke-2, biomassa dengan komposisi 40% arang kayu dan 60% daun cengkeh mempunyai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,35 gram/menit pada menit ke-1, biomassa dengan komposisi 60% arang kayu dan 40% daun cengkeh mempunyai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,3 gram/menit pada menit ke-2, dan biomassa dengan komposisi 80% arang kayu dan 20% daun cengkeh mempunyai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,28 gram/menit pada menit ke-2, dan biomassa dengan komposisi 100% arang kayu mendapatkan laju pembakaran tertinggi sebesar 0,23 pada menit ke -2.

Waktu yang dibutuhkan biomassa dalam mencapai laju pembakaran tertingginya berbeda-beda. Laju pembakaran dipengaruhi oleh sifat dasar dari daun cengkeh yang mudah terbakar, semakin banyak massa yang terbakar laju pembakarannya akan semakin tinggi. Dimana nilai volatile matter yang tinggi akan mempermudah proses pembakaran biomassa. Dengan naiknya kadar arang kayu dalam biomassa maka kadar *fixed karbon* akan semakin meningkat sehingga biomassa akan sulit terbakar dan memakan waktu yang cukup lama untuk proses pembakarannya.

Untuk komposisi 100% arang kayu laju penurunan massanya paling lama yakni, pada menit ke-5 dengan laju pembakaran dari 0,24 gram/menit menjadi 0,11 gram/menit pada menit ke-7. Hal ini disebabkan tingginya nilai karbon terikat (*fixed carbon*) yang dimiliki oleh arang kayu. Ini berakibat proses pembakarannya memakan waktu yang agak lama. Secara garis besar karakteristik pembakaran biomassa tergantung dari komposisi biomassa yang dibakar, semakin banyak campuran arang kayu maka semakin lama waktu pembakaran. Sedangkan apabila semakin sedikit campuran arang kayu maka akan semakin cepat dalam proses pembakarannya.

KESIMPULAN

1. Semakin banyak campuran arang kayu dalam komposisi penyusunan, maka kandungan kalori dalam komposisi juga semakin besar serta dapat menyebabkan semakin tingginya temperatur dalam komposisi biomassa. ini terjadi pada komposisi 80 % arang kayu dan 20% daun cengkeh dengan temperatur 275°C pada menit ke-8.
2. Semakin tingginya kandungan arang kayu dalam komposisi, maka sisa pembakaran atau abu yang terbentuk juga semakin banyak. ini terjadi pada komposisi 80% arang kayu dan 20% daun cengkeh dengan massa sisa 0,78 gram pada menit ke-27.
3. Semakin banyak kandungan *volatile matter* dalam komposisi pembakaran maka akan menyebabkan laju pembakaran semakin singkat, dikarenakan kandungan *volatile matter* daun cengkeh lebih banyak dari pada arang kayu. Ini terjadi pada komposisi 60% daun cengkeh dan 40% arang kayu dengan laju pembakaran 0,53 gram/menit pada menit ke-1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwanto. J, 2005, " Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Ampas Aren Dengan Arang Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif ", Tugas Akhir, FT UMS.
- [2] Andrew, 2005, "Karakteristik pembakaran briket campuran arang kayu dan sekam padi dengan tiga kali variasi campuran", Tugas Akhir, FT UMS.
- [3] Gautara, 1980, "Petunjuk Praktek Pengolahan Hasil Pertanian 3" Depdikbud. Jakarta

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN AMPAS AREN, SEKAM PADI, DAN BATUBARA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Joko Triyanto, Subroto, Marwan Effendy

¹Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartosura

Email: subroto@ums.id

ABSTRAKS

Biomassa (ampas aren dan sekam padi) merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa yang berasal dari limbah pertanian ini menjadi masalah umum di daerah pedesaan karena mengganggu lingkungan. Sehingga perlu dilakukan penelitian yang mampu untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang terjadi, dengan menjadikan biomassa (ampas aren dan sekam padi) sebagai bahan dasar biobriket. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan bahan dasar berupa ampas aren, sekam padi, dan batubara, serta aspal sebagai bahan perekat, setelah itu dilakukan uji proximate bahan dasar. Pembuatan biobriket dengan komposisi 100% ampas aren; 100% sekam padi; 40% ampas aren, 40% sekam padi, dan 20% batubara; 30% ampas aren, 30% sekam padi, dan 40% batubara; 20% ampas aren, 20% sekam padi, dan 60% batubara; dan 100% batubara serta bahan perekat aspal 10% dari berat total biobriket. Biobriket dibuat dengan berat 5 gram. Setelah itu dilakukan pengujian karakteristik pembakaran, yang meliputi penurunan massa, laju pembakaran, dan temperatur pembakaran biobriket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur tertinggi pembakaran dihasilkan oleh biobriket dengan komposisi 100% batubara. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar komposisi batubara, maka temperatur biobriket yang dihasilkan semakin tinggi. Tingginya kadar karbon pada batubara akan membuat temperatur puncak yang akan dicapai semakin lama. Sedangkan penurunan massa paling cepat terjadi pada komposisi 100% ampas aren dan 100% sekam padi, hal ini dikarenakan ampas aren dan sekam padi mempunyai volatile matter tinggi sehingga menyebabkan mudah terbakar.

Kata Kunci: *Batubara, Ampas aren, Sekam padi, Biobriket*

ABSTRACT

Biomass (palm pulp and rice husk) is a biological material which is usually considered as garbage and is often destroyed by burning. Biomass originating from agricultural waste is a common problem in rural areas because it disturbs the environment. So it is necessary to do research that is able to reduce the environmental pollution of these biomass, by making biomass (pulp of sugar palm and rice husk) as the basic ingredient of biobriquette. This research begins with the collection of basic materials in the form of palm pulp, rice husk, coal, and asphalt as an adhesive. After that, the proximate test of the base material is carried out. Then, production of biobriquettes with a composition of

100% sugar palm pulp; 100% rice husk, 40% palm pulp, 40% rice husk, and 20% coal; 30% palm pulp, 30% rice husk, and 40% coal; 20% of palm pulp, 20% of rice husk, and 60% of coal, and 100% of coal and asphalt adhesive 10% of the total weight of the biobriquette is performed. Biobriquettes are made with a weight of 5 grams. After that the combustion characteristics are tested, which included the rate of mass reduction, combustion rate, and combustion temperature of biobriquette. The results shows that the highest temperature of combustion was produced by biobriquettes with a composition of 100% coal. This shows that the greater the composition of coal, the higher the temperature of the biobriquette can be produced. The high carbon content in coal will make the peak temperature to be achieved longer. Whereas the fastest decrease in mass occurs in the composition of 100% of palm pulp and 100% of rice husk, this is because the pulp of palm and rice husk have high volatile matter which causes higher flammability.

Keywords: *Coal, palm pulp, rice husk, biobriquette*

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa yang berasal dari limbah pertanian selama ini menjadi masalah umum didaerah pedesaan karena mengganggu lingkungan. Sebagai contohnya adalah ampas aren dan sekam padi.

Ampas aren merupakan hasil samping pemerahan batang pohon aren muda yang diambil tepungnya. Setelah batang pohon aren diambil tepungnya maka yang sisa hanya ampasnya yang tidak dapat digunakan.

Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi. Diperkirakan saat ini penggunaan sekam padi belum maksimal masih sebatas pada beberapa hal seperti untuk campuran makanan ternak dan bahan bakar pembuatan batubata, sedangkan produksi padi di Indonesia semakin banyak.

Disisi lain, Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar untuk memasok energi selama ratusan tahun. Namun selama ini batubara hanya menyumbang sekitar 14% dari total konsumsi energi nasional, jauh dibawah permintaan BBM. Situasi tersebut mengakibatkan produksi batubara dalam negeri kurang optimal [1].

BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini masalah yang diteliti adalah kandungan bahan dasar dan karakteristik pembakaran biomassa 100% ampas aren dan 100% sekam padi, biobriket campuran 40% ampas aren, 40% sekam padi, 20% batubara; 30% ampas aren, 30% sekam padi, 40% batubara; dan 20% ampas aren, 20% sekam padi, 60% batubara; serta 100% briket batubara, dengan bahan perekat aspal.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah:

1. Membuat biobriket campuran ampas aren, sekam padi, dan batubara.
2. Menguji karakteristik pembakaran biobriket.
3. Meneliti sifat dasar bahan biobriket.

TINJAUAN PUSTAKA

Tekmira (2006) telah menghasilkan produk unggulan berupa biobriket yang terbuat dari 76% batubara, 19% biomassa dan 5% kapur [1]. Biobriket ini memiliki keunggulan lebih mudah

dinyalakan dan digunakan, asap dan emisi gasnya lebih sedikit, serta menghasilkan panas dengan suhu relatif tinggi.

Andrew (2005) meneliti briket sekam padi dan arang dengan komposisi arang 70%, 60% dan 50% , mengatakan briket dengan komposisi 50% sekam padi dan 50% arang kayu mempunyai penurunan massa paling cepat saat pembakaran [2]. Hal ini disebabkan kadar *volatile matter* pada sekam padi lebih tinggi dibandingkan arang kayu. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kadar *volatile matter* berpengaruh dalam pembakaran.

DASAR TEORI

Batubara [3]

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap, yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (*sedimentasi*) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian, akan menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam. Proses awalnya, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*), yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignit*) atau disebut juga batubara coklat (*brown coal*). Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus-menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub bituminus (*sub bituminous*). Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam, sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) atau antrasit (*anthracite*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

Pembakaran Batubara

Beberapa tahapan dalam pembakaran batubara adalah sebagai berikut:

- a. Pengerinan
Pengerinan merupakan tahap awal proses pembakaran batubara. Dalam proses ini batubara mengalami proses kenaikan temperatur yang akan mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan batubara itu, sedangkan kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori batubara tersebut.
- b. Devolatilisasi
Devolatilisasi adalah proses batubara mulai mengalami dekomposisi setelah terjadi pengeringan. Proses dekomposisi merupakan peristiwa pecahnya ikatan kimia secara thermal dan *volatile matter* (yang merupakan hasil proses devolatilisasi) keluar dari partikel.
- c. Pembakaran Arang
Sisa dari pirolisis adalah arang (*fix carbon*) dan sedikit abu.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembakaran Batubara

Dalam proses pembakaran batubara terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran batubara, antara lain:

1. Ukuran Partikel
2. Kecepatan Aliran Udara
3. Jumlah Udara Pembakaran
4. Temperatur Udara Pembakaran
5. Karakteristik Batubara, yang terdiri dari:
 - a. Kadar Air
 - b. Kadar Abu
 - c. Zat-zat yang mudah menguap (*Volatile Matter*)
 - d. Kadar Kalori
 - e. Temperatur penyalaan

Ampas Aren

Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup dimana biji buahnya terbungkus daging buah. Pohon Aren banyak terdapat di seluruh wilayah Indonesia. Dari hasil proses pengolahan aren, maka dihasilkan hasil sisa/ limbah yang berupa:

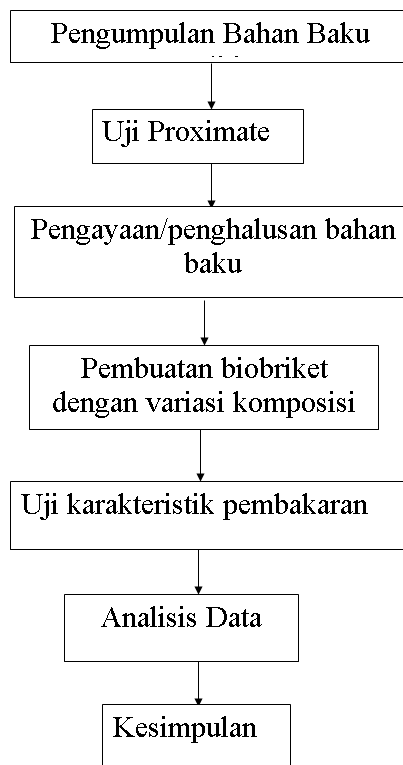
1. Ampas Serbuk
Limbah serbuk yang diperoleh dari serbuk yang sudah diambil tepungnya. Serbuk tersebut dapat dipisah-pisahkan menjadi 3 macam, yaitu serbuk-serbuk kecil, serbuk-serbuk besar dan serat-serat panjang. Dari ketiga jenis serat dan serbuk tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar.
2. Kulit Batang
Seperti diketahui bahwa yang mengandung tepung adalah empulur batang pohon aren, sehingga batang pohon aren yang sudah diambil empulurnya tinggal kulit dalam dan kulit luar batang.

Sekam Padi

Sekam atau kulit terluar dari gabah masih dianggap sampah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Di tiap penggilingan padi (*huler*) masih sering terlihat bertumpuk hingga membukit sekam padi. Sampai saat ini pemanfaatan terbesar sekam adalah sebagai pengisi dan pembakar bata merah yang merupakan industri rakyat di pedesaan pada saat musim paceklik atau kemarau panjang. Industri penggilingan padi yang ada di Indonesia mampu mengolah lebih dari 40 juta ton gabah menjadi beras giling dengan rendemen 66-80%. Bila kondisi ini berjalan sesuai dengan kapasitasnya, terdapat sekam yang dapat mengganggu lingkungan sebesar 8 juta ton. Angka ramalan (Aram II) tahun 2004 BPS memperkirakan jumlah produksi gabah kering giling (GKG) sebanyak 53,7 juta ton atau setara dengan 33,92 juta ton beras dan sekitar 10,7 juta ton sekam.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan Penelitian

Dalam penelitian karakteristik pembakaran biobriket, bahan yang dipergunakan meliputi:

1. Batubara
2. Ampas aren
3. Sekam Padi
4. Aspal, sebagai bahan perekat.

Alat- alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat penghalus batubara
2. Alat penghalus sekam padi (*blender*)
3. Alat pengepres biobriket
4. Timbangan digital
5. Tungku pembakaran
6. Anemometer digital
7. *Thermocouple* dan *thermocouple digital*



Gambar 2. Alat-alat penelitian

Jalannya Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan dengan uji laboratorium dengan tahap penelitian sebagai berikut :

- Tahap pertama adalah pengumpulan bahan baku. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas aren, sekam padi, dan batubara.
- Tahap kedua adalah pengujian kandungan bahan dasar dengan uji proximate. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM.
- Tahap ketiga adalah pembuatan biobriket untuk penelitian. Biobriket dibuat bentuk silinder dengan diameter 28 mm dan berat 5 gram untuk uji pembakaran
- Tahap keempat adalah Pengujian pembakaran. Pengujian pembakaran adalah membakar biobriket didalam tungku pembakaran. Data penelitian yang dicatat adalah temperatur benda uji didalam tungku dan penurunan massanya. Pengambilan data ini dilakukan setiap 2 menit sekali sampai tidak mengalami pengurangan massa lagi selama beberapa menit (konstan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

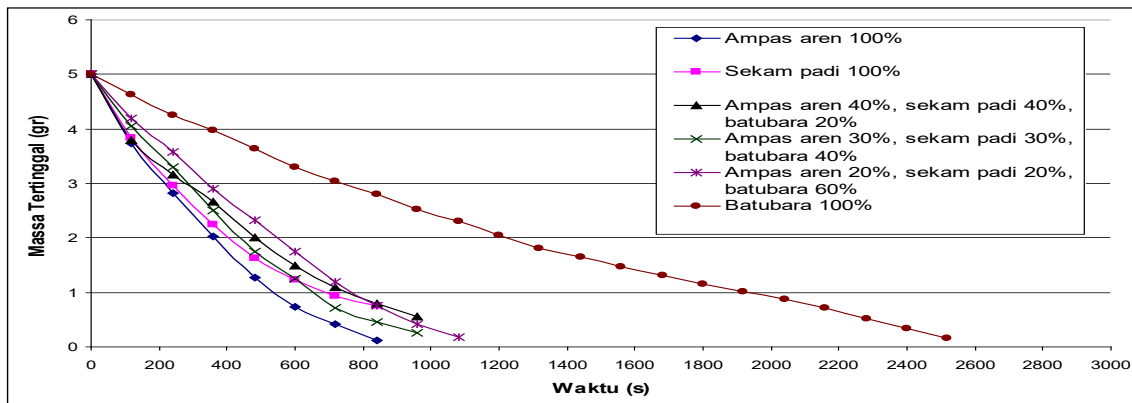
Hasil Pengujian Kandungan Bahan Dasar

Tabel 1. Hasil Pengujian sifat bahan dasar

Sifat	Batubara	Ampas Aren	Sekam Padi
Kadar air (%)	2,89	13,41	10,25
Kadar abu (%)	3,6	1,78	15,93
Kadar karbon (%)	74,43	2,68	4,43
Volatile matter (%)	19,08	82,13	69,39
Nilai kalori (kal/kg)	6449,69	3296,8	3386,3

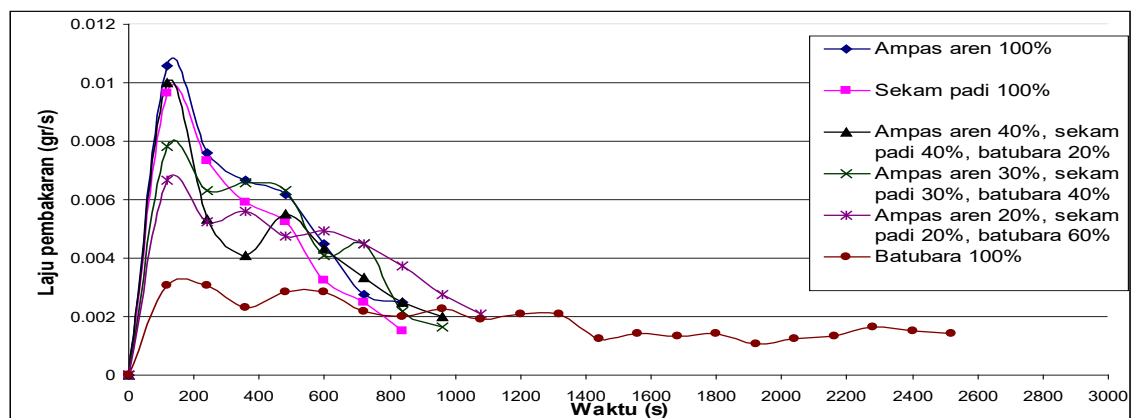
Dari tabel 1. dapat dilihat perbandingan antara sifat dasar ampas aren, sekam padi, dan batubara yang dapat dijadikan bahan bakar. Tabell. menunjukkan bahwa nilai *volatile matter* ampas aren dan sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan batubara, sehingga ampas aren dan sekam padi lebih mudah terbakar. Karena kadar *volatile matter* yang tinggi akan memudahkan proses pembakaran atau titik nyala lebih rendah. Nilai kalor tertinggi dimiliki oleh batubara, sedangkan untuk ampas aren dan sekam padi memiliki nilai kalor yang lebih rendah, nilai kalor ini akan berpengaruh besar terhadap temperatur pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor, maka semakin tinggi pula temperatur yang dihasilkan.

Hasil Pengujian Pembakaran



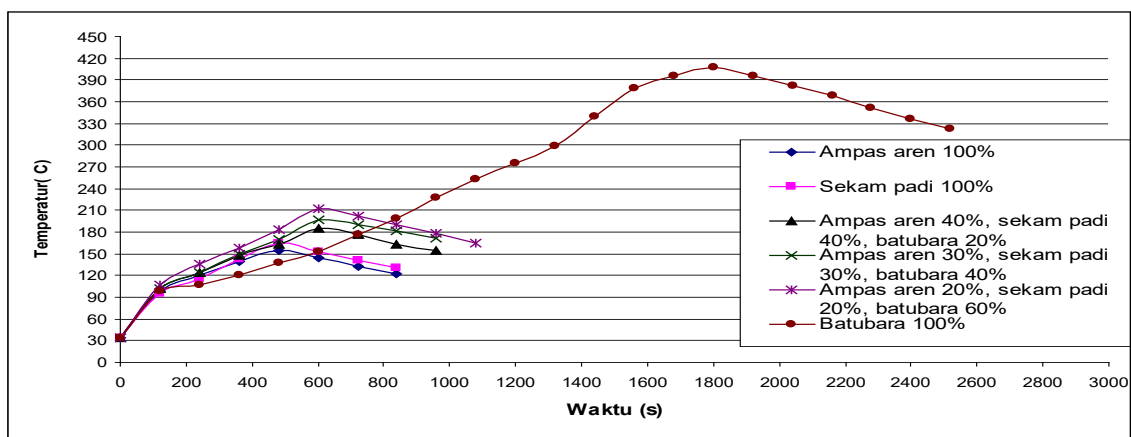
Gambar 3. Grafik hubungan penurunan massa dengan waktu

Dari gambar 3. terlihat bahwa terdapat perbedaan untuk campuran biomassa (ampas aren dan sekam padi) dengan batubara. Semakin banyak kandungan biomassa (ampas aren dan sekam padi) didalam biobriket, maka semakin cepat penurunan massanya. Hal ini jelas terlihat pada biobriket berbahan 100% ampas aren dan 100% sekam padi, karena nilai *volatile matter* yang terkandung di dalam komposisi 100% ampas aren dan 100% sekam padi cukup besar sehingga menyebabkan biobriket mudah menyala dan cepat terbakar habis. Untuk komposisi 100% batubara penurunan massanya paling lama, hal ini dikarenakan tingginya nilai fixed karbon yang dimiliki oleh batubara, sehingga proses pembakrannya memerlukan waktu yang lama.



Gambar 4. Grafik hubungan laju pembakaran dengan waktu

Dari gambar 4. terlihat bahwa biobriket dengan campuran 100% ampas aren dan 100% sekam padi mempunyai laju pembakaran yang tinggi. Ini disebabkan massa yang tercampur pada komposisi tersebut mudah sekali terbakar, karena mengandung nilai *volatile matter* yang tinggi, sedangkan pada komposisi 100% batubara laju pembakarannya rendah. Ini disebabkan kadar fixed carbon dalam batubara besar dan nilai *volatile matter* yang rendah, sehingga biobriket akan semakin sulit terbakar dan memakan waktu yang cukup lama.



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur pembakaran dengan waktu

Dari gambar 5. terlihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada komposisi 100% batubara. Hal ini disebabkan batubara mempunyai nilai kalori yang tinggi dibandingkan ampas aren dan sekam padi. Semakin naiknya kadar batubara dalam biobriket akan menyebabkan semakin tingginya temperatur pembakaran yang dihasilkan. Ini dikarenakan dengan semakin besarnya kadar batubara didalam biobriket, maka kandungan kalori biobriket juga akan semakin besar. Sedangkan semakin besar kandungan fixed karbon dalam biobriket, maka temperatur puncak akan dicapai dalam waktu yang lama.

KESIMPULAN

1. Ampas aren dan sekam padi memiliki sifat mudah terbakar, karena mengandung zat *volatile matter* yang tinggi. Sedangkan batubara memiliki sifat sulit terbakar, karena kandungan *volatile matter*-nya rendah dan fixed karbonnya tinggi, tetapi memiliki nilai kalor tinggi yang menghasilkan temperatur yang tinggi pula.
2. Biobriket campuran biomassa dan batubara akan menentukan karakteristik pembakaran. Biomassa yang mempunyai *volatile matter* yang tinggi dan batubara yang mempunyai nilai kalor yang tinggi akan saling mendukung dan menghasilkan pembakaran yang baik.
3. Biobriket dengan campuran 20% ampas aren, 20% sekam padi, dan 60% batubara bisa menjadi pilihan, karena mempunyai sifat mudah menyala dan temperaturnya tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.tekMIRA.esdm.go.id 8/8/2007
- [2] Andrew, 2005, "Karakteristik pembakaran briket campuran arang kayu dan sekam padi dengan tiga kali variasi campuran", Tugas Akhir, FT UMS.
- [3] Raharjo, 2006, *Mengenal Batubara*. Artikel Iptek-Bidang Energi Dan Sumber Daya Alam.

KAJI EKSPERIMENTAL PENGHAMBAT PENJALARAN RETAK DENGAN MENGGUNAKAN PENGAKU

Hendery Dahlan, Yudi Dwianda, Meifal Rusli
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera Barat

Email: henderydahlan@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Salah satu penyebab retak muncul di struktur biasanya berawal pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang tinggi. Jika pembebanan terus dilakukan maka retak akan terus tumbuh dan menjalar sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara atau metode yang efektif untuk menahan laju pertumbuhan retak sebelum kegagalan terjadi. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian secara eksperimental pengaruh lasan, dimensi pengaku dan jumlah pengaku terhadap beban kritis sebelum retak menjalar. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaku yang diberikan sangat efektif mempengaruhi laju perambatan retak. Selain itu, dimensi pengaku mempengaruhi penghambatan penjalaran retak dimana semakin besar dimensi pengaku maka rata-rata beban kritis yang dibutuhkan untuk retak mulai menjalar semakin besar. Sementara itu kualitas pengelasan pada retak sangat mempengaruhi penghambatan retak untuk menjalar.

Kata Kunci: Retak, Pengaku, Penghambat Retak, Beban Kritis.

ABSTRACT

One of the causes of cracks appearing in structures usually begins in areas having high stress concentrations. If loading continues to be subjected, then the crack will continue to grow and propagate so that it causes failure. Therefore, an effective method is needed to restrain the crack growth rate before failure occurs. This research will be conducted an experimental study of the influence of welds, dimensions of the stiffener and the number of stiffener relating to the critical load before crack propagation. It can be concluded that the stiffener given significantly affect in crack propagation rate retardation. In addition, the stiffener dimension affects the inhibition of crack propagation where the greater the dimension of the stiffener, the average critical load required for crack growth will increase. Meanwhile, the quality of welding on cracks greatly affects the inhibition of crack propagation.

Keywords: crack, stiffener, crack arrest, critical load.

PENDAHULUAN

Banyak kegagalan komponen mesin atau struktur di lapangan disebabkan oleh sebuah retak. Retak ini dapat disebabkan oleh cacat pada proses pembuatan, daerah-daerah yang memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi akibat dari bentuk geometri sehingga pada saat komponen mesin atau struktur beroperasi (*in service*) dapat menyebabkan retak muncul.

Komponen mesin atau struktur yang memiliki retak akan mengalami pengurangan kekuatan pada saat beroperasi. Oleh karena itu jika pada komponen mesin atau struktur tersebut memiliki retak, maka perlu dilakukan proses penggantian komponen tersebut tetapi sebelum dilakukan penggantian komponen tersebut perlu dilakukan pencegahan agar retak tersebut tidak menjalar yang nantinya akan menyebabkan kerusakan pada komponen mesin atau struktur sehingga proses produksi dapat terganggu atau bahkan terhenti.

Perkembangan penelitian tentang rambatan retak, mengalami kemajuan yang signifikan. Salah satu penelitian tentang penghambat pertumbuhan retak dilakukan oleh Murdani dan kawan-kawan [1]. Murdani mengemukakan sebuah teknik baru untuk menahan laju perambatan retak pada *stop-drilled holes (SDH)* dengan membuat beberapa lubang di sekitar *stop hole* pada bahan *aluminium alloy*. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa adanya lubang di sekitar stop holes mengurangi konsentrasi tegangan. Jarak dan besar lubang juga mempengaruhi besarnya pengurangan konsentrasi tegangan disudut stop holes [1].

Penelitian lain tentang metode teknis untuk menghambat pertumbuhan retak lebih lanjut adalah dengan menggunakan lubang yang dibuat di sekitar ujung retakan (*the crack tips*) [2]. Pada sebagian lubang tersebut dimasukkan pin. Ditemukan bahwa lubang dan pin yang dimasukkan tersebut dapat memperpanjang waktu pertumbuhan retak. Lubang dan pin juga dapat mengubah arah pejalaran retak sehingga dapat mencegah bertemunya retak. Ditemukan juga bahwa tegangan sisa kompresif yang timbul akibat dimasukkannya pin lebih efektif menghambat pertumbuhan retak dari pada mengurangi konsentrasi tegangan disekeliling ujung retakan dengan cara membuat lubang [2].

Walaupun cukup banyak studi tentang jenis-jenis perbaikan yang dapat dilakukan terhadap retakan seperti yang diulas oleh Mazarni et.al. [3], namun tidak semua cara dapat dilakukan pada setiap kasus. Efektifitas dari jenis perbaikan terhadap retakan perlu diperhatikan, seperti yang didiskusikan Macabe pada risetnya [4].

Pada aplikasi di lapangan, tambalan (*patches*) dapat digunakan untuk memperbaiki bagian pesawat dan jembatan. Namun pada daerah kerja yang sempit metode ini atau metode lain seperti penjahitan (*stitching*) tidak efektif digunakan. Pada kondisi seperti ini Macabe mengusulkan penggunaan metode lubang-hambat (*stop-hole*) dan pengaku (*arrester*), akan tetapi penggunaan lubang-hambat saja tanpa memasukkan pin atau baut tidak efektif untuk menghambat penjalaran retak. Sementara itu jika pengaku digunakan, jumlah *stress cycles* terhadap timbulnya retak dan penjalaran retak dapat meningkat dibandingkan dengan tanpa pengaku [4].

Metode yang paling umum yang digunakan untuk mencegah pertumbuhan retak adalah dengan membuat lubang hambat di ujung retak [5]. Dengan metode ini konsentrasi tegangan di ujung retak menjadi berkurang. Dua-parameter mekanika retak (*two-parameter fracture mechanics*) diusulkan sebagai sebuah indeks yaitu DRI (*Drilling Repair Index*), untuk mengevaluasi efisiensi dari metode lubang-hambat (*stop hole*) [5]. Selain itu, kriteria dua-parameter mekanika retak telah dikemukakan untuk memprediksi kondisi retakan pada komponen. Kriteria ini terdiri dari faktor intensitas tegangan kritis takik, K_{pc} yang menggambarkan ketangguhan retak (*fracture toughness*) dari material dan efektif *T-stress*. Efektif *T-stress*, T_{cr} merupakan nilai rata-rata dari distribusi tegangan di sekitar takikan [11].

Metode lubang-hambat dan pengaku ini juga pernah diuji penerapannya pada komponen dengan pengelasan [6]. Metode tersebut digunakan karena metode perbaikan dengan pengelasan kurang efektif digunakan karena metode ini menimbulkan tegangan sisa (*residual stress*). Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa *fatigue life* akan bertambah jika pengaku dipasang pada bagian flat dari komponen yang berlawanan dengan posisi lasan. Ketika daerah yang bersentuhan dari pengaku dengan permukaan komponen lebih lebar dan perpindahan retak (*crack displacement*) dibuat lebih kecil maka *fatigue life* akan lebih panjang [6].

Proses penghambatan retak sangat tergantung pada kasus-kasus retakan yang terjadi pada komponen mesin dan struktur. Tidak semua metodologi penghambatan retak dapat digunakan untuk semua kasus yang terjadi. Untuk keretakan yang terjadi pada pipa yang didalamnya ada tekanan tinggi atau ada fluida yang mengalir, proses penghambatan retak dengan membuat lubang pada ujung retak tidak efektif digunakan. Pada saat ini prosedur yang sering dilakukan di lapangan adalah dengan melakukan proses pengelasan pada daerah retakan, tetapi proses ini tidak memberikan solusi yang efektif karena jika proses pengelasan dilakukan tidak dengan baik maka retak akan terjadi kembali di daerah yang sama. Oleh sebab itu perlu dilakukan mekanisme tambahan untuk mencegah retak terjadi kembali, yaitu dengan memberikan pengaku pada daerah retakan yang sudah dilas. Penahan atau pengaku mempunyai fungsi untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada ujung retak sehingga dapat menghambat penjaralan retak sehingga retak yang terjadi tidak meluas dan merusak struktur. Untuk permasalahan ini dilakukan pengujian dengan menggunakan spesimen uji yang dibuat dari bahan baja pelat hitam, *steel plate mild* ASTM A36.

Secara umum retak mulai menjalar jika beban yang diberikan telah mencapai beban kritis yang mampu di tahan oleh sebuah struktur, oleh karena itu tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mencari model penghambatan penjaralan retak dari tiga variasi model dengan mempertimbangan nilai pembebanan kritis dari eksperimen yang dilakukan.

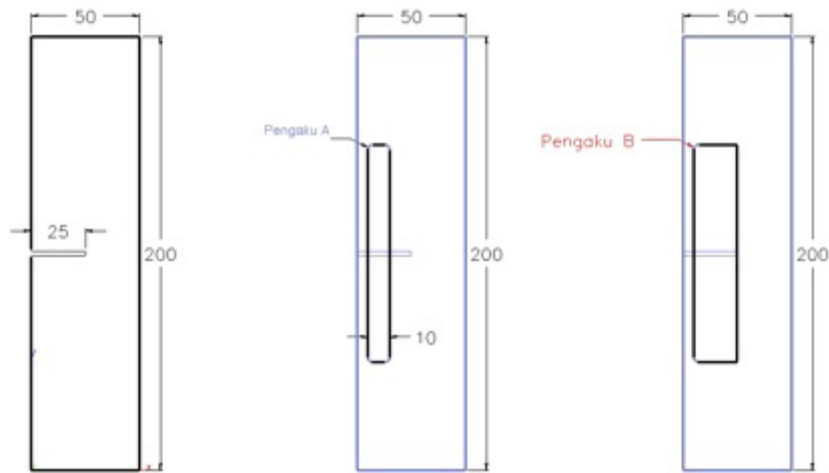
Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Diasumsikan keretakan yang terjadi hanya dengan modus I (*Openingmode*) dengan pengujian yang dilakukan adalah uji tarik.
2. Material pengaku sama dengan material spesimen yaitu baja pelat hitam, *steel plate mild* ASTM A36.
3. Pengelasan dilakukan dengan metode pengelasan SMAW menggunakan listrik arus DC dengan elektroda RD 260

METODE PENELITIAN

Perancangan Spesimen Uji

Bahan spesimen uji adalah pelat logam dengan tebal 3 mm. Pelat ini dibentuk menjadi spesimen dengan ukuran 50 x 200 mm. Ukuran ini diambil dengan referensi dari studi literatur yang telah dilakukan. Spesimen tersebut diberi retakan awal (celah) dengan panjang 25 mm seperti yang terlihat pada gambar 1(a). Dalam rancangan spesimen uji ini, pengaku (*crack arrester*) dibuat dari logam yang sama dengan spesimen dengan ukuran 100x10 mm dan 100x20 mm yang disebut secara berurutan Pengaku-A dan Pengaku-B. Direncanakan pengaku-pengaku ini dipasang pada spesimen menggunakan las seperti yang terlihat pada gambar 1(b) dan 1(c).



(a) (b) (c)

Gambar 1 Rancangan spesimen uji, (a) tanpa pengaku, (b) dengan pengaku-A (c) dengan pengaku-B

Ada empat jenis spesimen yang dipersiapkan yaitu:

Spesimen A

Spesimen A adalah spesimen dengan retak awal tanpa lasan. Spesimen ini dibuat dari pelat dasar dengan hanya ditambah proses pembuatan 'gauge length' dengan menggunakan gerinda seperti diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2 Spesimen A dengan 'gauge length'

Gauge length adalah pengecilan penampang yang biasa ada pada spesimen standar. Kegunaan dari daerah *gaugelength* ini adalah untuk memastikan agar kerusakan (*failure/breakage*) yang terjadi pada saat pengujian tarik berada pada daerah *gaugelength* ini. Jika spesimen tidak memiliki daerah *gaugelength* ini maka ada kemungkinan spesimen putus pada pencekam.

Spesimen B

Spesimen B adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut diperbaiki dengan cara dilas. Pengelasan dilakukan dengan metoda pengelasan SMAW menggunakan

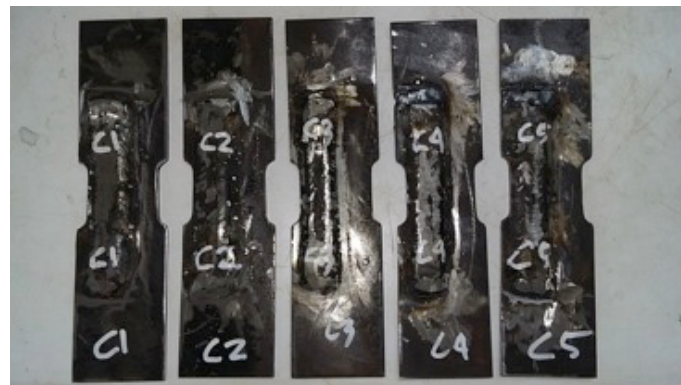
mesin las listrik arus DC. Setelah selesai dilas, pelat spesimen digerinda agar permukaannya menjadi rata. Proses terakhir dari pembuatan spesimen B adalah membuat *gauge length* dengan menggunakan mesin gerinda yang hasilnya terlihat pada gambar 3.



Gambar 3 Spesimen B

Spesimen C

Spesimen C adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-A di satu sisi saja. Proses pembuatannya sama seperti proses pembuatan spesimen B kemudian ditambah dengan pemasangan pengaku yang mempunyai ukuran lebar 10 mm pada satu sisi menggunakan proses pengelasan SMAW. Hasilnya terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Spesimen C

Spesimen D

Spesimen D adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-B di satu sisi saja. Proses pembuatannya sama seperti proses pembuatan spesimen B kemudian ditambah dengan pemasangan pengaku yang ukuran lebar 20 mm pada satu sisi menggunakan proses pengelasan SMAW seperti yang terlihat pada gambar 5.



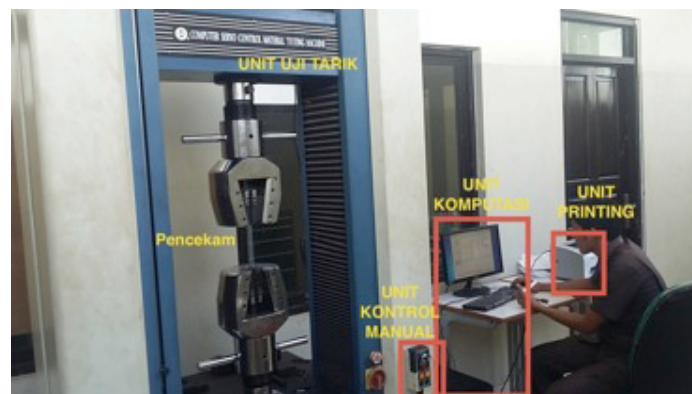
Gambar 5 Spesimen D

Spesimen D ini juga diberi *gaugelength* dengan cara digerinda.

Masing-masing perlakuan dibuat 5 buah spesimen sehingga total spesimen yang harus dipersiapkan adalah 20 buah.

Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian Tarik yang dilakukan pada mesin uji tarik universal UTM, HungTa HT-8503 yang ada di Laboratorium seperti yang diperlihatkan gambar 6.

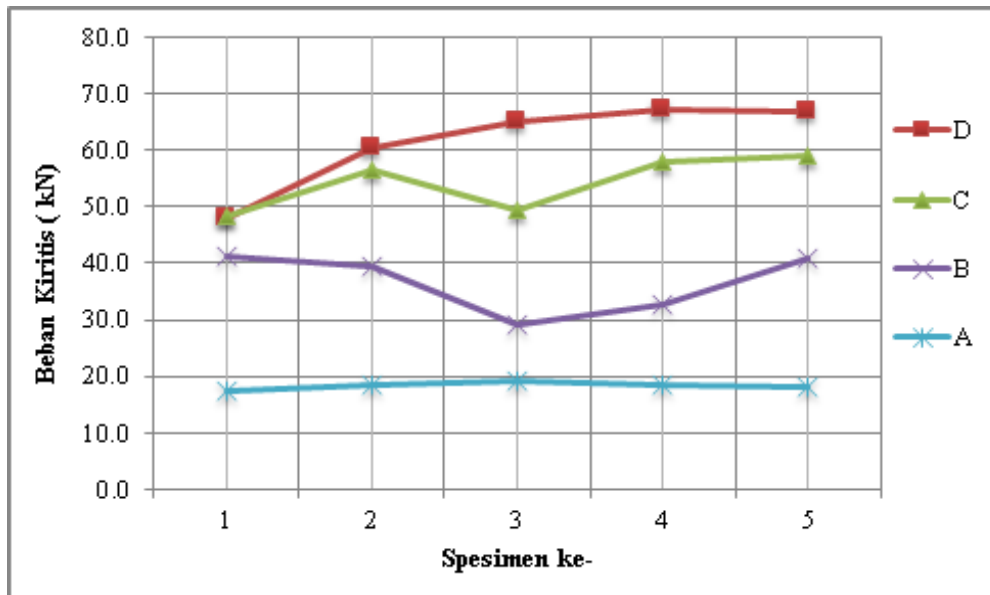


Gambar 6. Computer Servo Control Material Testing Machine

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh penggunaan pengelasan dan pengaku untuk menahan pertumbuhan dan penjarangan retak dengan membandingkan nilai beban kritis yang diperoleh dari pengujian akan dibahas pada bagian ini. Sementara itu juga dibandingkan nilai beban kritis antara spesimen yang hanya memiliki retak awal dengan spesimen yang menggunakan retak awal kemudian diberi lasan. Adapun hasil pengujian spesimen dengan retak awal ini (Spesimen A) ditetapkan sebagai referensi. Selain itu pengaruh dimensi pengaku dan posisi pemasangan pengaku pada spesimen pengujian untuk menghambat laju pertumbuhan retak juga diperlihatkan.

Nilai beban kritis untuk lima buah spesimen dari setiap empat macam jenis perlakuan pada retak diperlihatkan pada gambar 7.

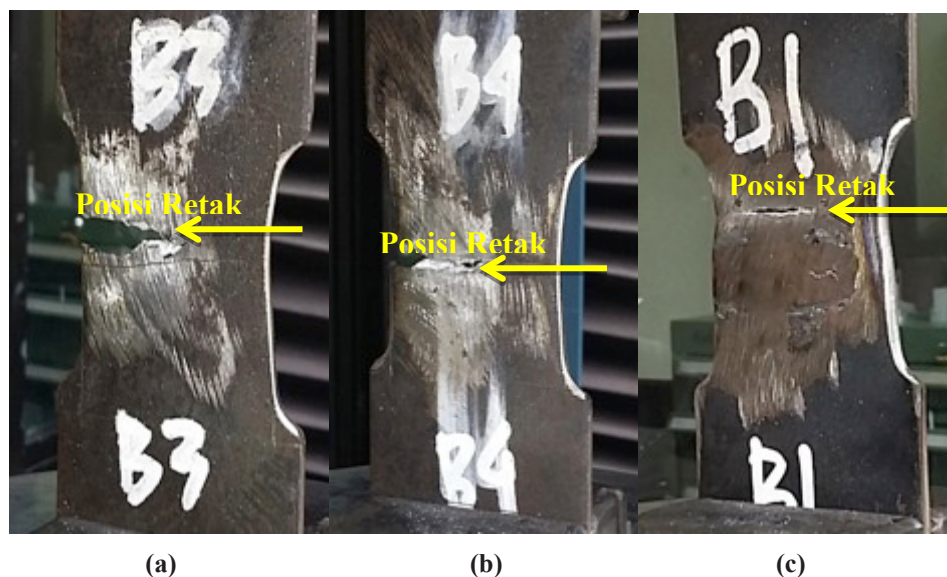


Gambar 7 Perbandingan nilai beban kritis Spesimen A, B, C dan D untuk lima buah spesimen

Pengukuran Beban Kritis (P_{kritis}) Pada Spesimen dengan Retakan yang dilas

Pada gambar 7 terlihat bahwa secara umum nilai beban kritis spesimen B lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen A. Akan tetapi nilai beban kritis Spesimen B3 (29kN) dan B4 (32.83kN) lebih rendah dibandingkan dengan spesimen B lainnya. Hal ini disebabkan oleh kualitas pengelasan yang kurang baik sehingga retakan muncul dan menjalar di daerah lasan seperti yang terlihat pada gambar 8 (a) dan (b). Namun nilai beban kritis Spesimen B3 dan B4 ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai beban kritis tertinggi spesimen tanpa lasan (Spesimen A).

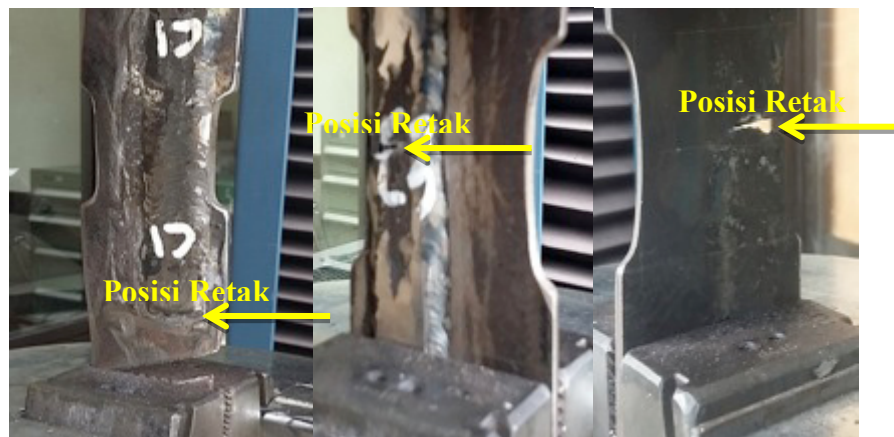
Sementara itu pada gambar 8 (c) terlihat retakan spesimen B1 dimulai dan menjalar bukan pada daerah retakan awal yang sudah dilas. Pada spesimen ini kualitas lasan cukup baik sehingga retak muncul dan menjalar pada daerah kritis lain.



Gambar 8 Posisi penjalaran retak pada (a) Spesimen B3, (b) Spesimen B4 dan (c) Spesimen B1

Pengukuran Beban Kritis (P_{kritis}) Pada Spesimen dengan retakan yang dilas diperkuat dengan Pengaku Satu Sisi

Pengaruh pengaku satu sisi dengan lebar 10 mm (Spesimen C) terhadap beban kritis diperlihatkan pada 7. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen C lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen B dan Spesimen A. Pada gambar 7 terlihat bahwa nilai beban kritis Spesimen C1 (48.5kN) lebih rendah dibandingkan dengan spesimen C lainnya. Hal ini disebabkan pengaku tidak ikut dicekam sehingga retakan muncul dan menjalar di daerah pengecaman seperti yang terlihat pada gambar 9 (a).Sementara untuk empat spesimen lainnya pengaku ikut di cekam dalam proses pengujian.



(a) (b) (c)

Gambar 9 Posisi penjarangan retak pada (a) Spesimen C1 (b) Spesimen C3 tampak depan dan (c) Spesimen C3 tampak belakang

Pada gambar 7 juga terlihat bahwa nilai beban kritis Spesimen C3 juga rendah mendekati nilai beban kritis spesimen C1. Hal ini dikarenakan proses pengelasan yang kurang baik sehingga penjarangan retak bermula dari daerah retakan awal yang diberikan seperti yang diperlihatkan gambar 9 (b) dan (c). Akan tetapi nilai beban kritis Spesimen C3 (49.26kN) masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai beban kritis Spesimen B3 (29kN) walaupun kedua spesimen tersebut gagal akibat lasan yang kurang baik. Hal ini disebabkan Spesimen C3 mempunyai pengaku yang menghambat penjarangan retak.

Pengaruh pengaku satu sisi dengan lebar 20 mm (Spesimen D) terhadap beban kritis diperlihatkan pada juga diperlihatkan pada gambar 7. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen D lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen C dan B

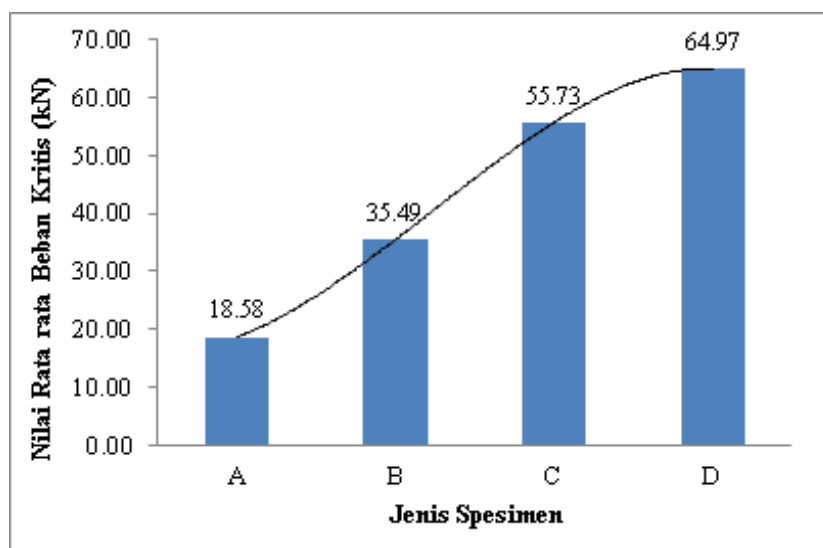
Pada gambar 7 terlihat bahwa nilai beban kritis D1 (47.8 kN) hampir sama dengan C1 (48.5kN). Hal ini disebabkan oleh pengaku Spesimen D1 juga tidak ikut dijepit pada saat pengujian seperti yang terlihat pada gambar 10.



Gambar 10 Posisi penjalaran retak pada Spesimen D1

Pada Gambar 10 terlihat bahwa retak muncul dan menjalar pada pencekaman bagian bawah. Hal ini menandakan pemberian pengaku dan lasan pada daerah retakan cukup baik untuk menghambat laju retakan pada daerah retakan awal yang diberikan.

Perbandingan nilai rata-rata beban kritis untuk variasi spesimen pengujian diperlihatkan pada gambar 11. Pada gambar terlihat penggunaan pengaku satu sisi dengan lebar 20 mm (Spesimen D) sangat efektif dalam menghambat laju rambatan retak. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata beban kritisnya tertinggi, sedangkan metode penghambat retakan dengan lasan saja (Spesimen B) kurang efektif dalam menghambat penjalaran retak, akan tetapi metode penghambatan retak dengan lasan saja masih dapat menghambat laju rambatan retak. Hal ini terlihat dari nilai beban kritisnya masih lebih tinggi dari spesimen yang diberi retakan awal (Spesimen A).



Gambar 11. Perbandingan nilai rata-rata beban kritis untuk variasi Jenis Spesimen

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaku yang diberikan sangat mempengaruhi laju perambatan retak di mana penggunaannya sangat efektif dalam meningkatkan nilai beban kritis sebelum retak menjalar.
2. Dimensi pengaku mempengaruhi penghambatan penjarangan retak di mana semakin besar dimensi pengaku maka rata-rata beban kritis yang dibutuhkan untuk retak mulai menjalar semakin besar.
3. Metode lasan pada retak dapat menghambat penjarangan retak meskipun kurang efektif dibandingkan dengan metode lainnya.
4. Pengelasan yang kurang baik akan menyebabkan pertumbuhan retak dimulai pada daerah tersebut sehingga nilai beban kritis menjadi rendah.

Ucapan Terimakasih.

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas atas dana yang diberikan untuk penelitian ini dengan surat kontrak perjanjian pelaksanaan penugasan kegiatan penelitian dosen dengan nomor kontrak 072/UN.16.09.D/PL/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murdani A., Macabe C., Saimoto A., Kondo R. 2008. *A Crack Growth Arresting Technique in Aluminum Alloy*. Engineering Failure Analysis 15 (2008) 302-310.
- [2] Macabe C., Murdani A., Kuniyoshi K., Irei Y., Saimoto A. 2009. *Crack – Growth Arrest by Redirecting Crack Growth by Drilling Stop Holes and Inserting Pins into Them*. Engineering Failure Analysis 16 (2009) 247-483.
- [3] Marazani T., Madyira D. M., Akinlabi E. T. 2017. *Repair of cracks in metals: A review*. 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, GCSM 3-5 October 2016, Stellenbosch, South Africa Procedia Manufacturing 8 (2017) 673-679
- [4] Macabe C., Naka K., Ferdous M. S. 2014. *Method of Arresting Crack Growth for Application at Narrow Working Space*. Bulletin of the JSME, Mechanical Engineering Journal Vol.1 No.6.
- [5] Macabe C., Naka K., Katshusima Y. 2015. *Example of Arresting Crack Growth in Welded Parts*. Industrial Engineering and Management Vol.4 issue.5.
- [6] Nateche T., Meliani M.H., Matvienko Y.G., Pluvinage G. 2016. *Drilling Repair Index (DRI) Based on Two-parameter Fracture Mechanics for Crack Arrest Holes*. Engineering Failure Analysis 59 (2016) 99 – 110.

VARIASI UKURAN MESH (Al-Si) DAN KARBON TEMPURUNG KELAPA DENGAN MENGGUNAKAN POLYESTER BQTN 157 TERHADAP NILAI PENGUJIAN KEKERASAN

Pramuko Ilmu Purboputro¹⁾, Diki Awaluddin²⁾
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Email: pip272@ums.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini peneliti ingin memahami dan membuat sampel kampas rem sepeda motor dengan menggunakan bahan komposit ramah lingkungan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu fiberglass, karbon, serbuk Al-Si variasi mesh 50, 60, 100, kalsium karbonat, barium sulfat dan resin polyester dengan katalis sebagai matriks. Kemudian di uji gesek dengan uji kering, uji air, uji air garam, uji oil dan uji minyak rem dengan beban 20 kg selama 3 jam dan di uji kekerasan menggunakan Durometer dengan standar ASTM D2240. Dari hasil uji kekerasan nilai tertinggi pada variasi Al-Si mesh 100 yaitu 92,7 ShoreD. Hasil pengujian gesek nilai keausan tertinggi pada semua kondisi dari variasi Al-Si mesh 100 yaitu 33,171 mm³/jam, 29,025 mm³/jam, 29,025 mm³/jam, 30,393 mm³/jam, 37,310 mm³/jam. Dari hasil pengujian gesek di dapat nilai koefisien gesek nilai tertinggi pada semua kondisi dari variasi Al-Si mesh 100 yaitu 0,7084, 0,6322, 0,6025, 0,6393, 0,6345. Pada foto mikro setelah uji gesek kampas rem variasi mesh 50 mengalami kegagalan bonding adhesive sedangkan variasi mesh 60, 100 dan pasaran x mengalami kegagalan bonding kohesive. Dari hasil pembahasan dapat di simpulkan besar kecil butiran Al-Si mempengaruhi nilai kekerasan, keausan dan koefisien gesek kampas rem.

Kata kunci: serbuk Al-Si, karbon tepurung kelapa, polyester

ABSTRACT

In this study researchers wanted to understand and make samples of motorcycle brake pads using environmentally friendly composite materials. The materials used in this study are fiberglass, carbon, Al-Si powder, mesh variation of 50, 60, 100, calcium carbonate, barium sulfate and polyester resin with catalyst as matrix. Then the friction test with dry test, water test, salt water test, oil test and brake fluid test with a load of 20 kg for 3 hours and tested for hardness using Durometer with ASTM D2240 standard. From the results of the hardness test the highest value on the variation of Al-Si mesh 100 is 92.7 ShoreD. The highest friction value testing results on all conditions of the variation of Al-Si mesh 100 that is 33.171 mm³ / hr, 29.025 mm³ / hr, 29.025 mm³ / hr, 30.339 mm³ / hr, 37.310 mm³ / hr. From the results of friction testing can get the highest value of friction coefficient in all conditions of the variation of Al-Si mesh 100 that is 0.7084, 0.6322, 0.6025, 0.6393, 0.6345. In micro photos after the brake pads friction test mesh 50 variations have adhesive bonding failure while 60, 100 mesh and market x variations have cohesive bonding failure. From the results of the analysis can be concluded the small size of Al-Si granules affect the value of hardness, wear and friction coefficient of brake pads.

Keywords: Al-Si powder, coconut palm carbon, polyester

PENDAHULUAN

Dalam hal ini peneliti ingin menggunakan bahan non asbes karena lebih ramah lingkungan. Indonesia, merupakan negara penghasil pohon kelapa terbesar di dunia dan pohon kelapa sendiri memiliki banyak fungsi, salah satunya kegunaan lain tempurung kelapa bisa di gunakan untuk bahan alternatif serat penguat gesek. Karena tempurung kelapa memiliki karakter fisik dan mekanik yang baik yaitu kekerasan dan kerapatan tinggi, serta serapan air yang rendah (Kiswiranti, dkk. 2009).

Aluminium silikon (Al-Si), memiliki daya tahan korosi, abrasi / tahan aus, ringan , koefisien muai rendah dan juga mempunyai kekuatan yang tinggi. Selama ini limbah piston yang pemanfaatannya sebatas pada peleburan ulang (*remelting*).

Dalam penelitian ini mencari material alternatif kampas rem dengan performa yang baik serta tidak menimbulkan efek buruk bagi lingkungan, Sehingga peneliti menggunakan bahan karbon tempurung kelapa, Al-Si dengan variasi mesh 50,60,100 pada kedua bahan tersebut dan di padukan dengan bahan pengisi dan pengikat serta melakukan pengujian kekerasan dengan standart ASTM D2240, foto mikro, pengujian keausan dan koefisien gesek pada kondisi kering, pengaruh air, pengaruh oil, pengaruh air garam / asam, dan pengaruh oil rem.

Tujuan Penelitian

1. Pengaruh variasi komposisi kampas rem terhadap nilai kekerasan.
2. Pengaruh variasi komposisi kampas rem terhadap nilai keausan.
3. Pengaruh variasi komposisi kampas rem terhadap nilai koefisien gesek.

Batasan Masalah

Untuk mengurangi kompleksitas dan pembahasan yang meluas maka lingkup penelitian ini di batasi sebagai berikut :

1. Bahan
Pada penelitian ini bahan yang di gunakan yaitu Al-Si (piston) 83,60 % Aluminium dan 14,1 % silicon yang sebelumnya telah di lakukan uji komposisi kimia menggunakan uji emmision spectrometer (ASTME-11251) dengan variasi mesh 50,60,dan100,serbuk tempurung kelapa, fiber glass, polyester, serbuk kalsium karbonat, serbuk barium sulfat.
2. Pengujian
Pada penelitian ini di fokuskan pada pengujian kekerasan dengan standar ASTM D2240, foto mikro, pengujian keausan dan koefisien gesek pada kondisi kering, air, air garam, oli, dan oli rem.
3. Variasi bahan
 - a. 45 % karbon tempurung kelapa ukuran mesh 50, 5 % (Al-Si) ukuran mesh 50, 15 % fiber glass, 35 % polyester .
 - b. 45 % karbon tempurung kelapa ukuran mesh 60, 5 % (Al-Si) ukuran mesh 60, 15 % fiber glass, 35 % polyester .
 - c. 45 % karbon tempurung kelapa ukuran mesh 100, 5 % (Al-Si) ukuran mesh 100, 15 % fiber glass, 35 % polyester .

Tinjauan Pustaka

Desi Kiswiranti, (2007), Kampas rem berbahan asbestos hanya mampu bertahan pada suhu 200 °C dan debu dari kampas rem ini sangat beracun yang dapat menyebabkan penebalan dan luka gores pada paru-paru (*fibrosis*), berbeda dengan kampas rem berbahan non asbestos yang mampu bertahan hingga suhu diatas 300°C raah lingkungan dan apabila terkena air daya pengeremannya masih bisa optimal .

Santoso, dkk. (2016) melakukan penelitian tentang komposisi serbuk tempurung kelapa 20%, serbuk alumunium 40%, resin 40% memiliki angka yang mendekati kampak pembanding dengan nilai keausan $0,071.10^{-7}$ mm²/kg. Komposisi serbuk tempurung kelapa 20%, serbuk alumunium 40%, resin 40% memiliki angka yang mendekati kampak pembanding dengan nilai kekerasan 16,8 kgf/mm². Dengan melakukan variasi komposisi serbuk tempurung kelapa sangat berpengaruh terhadap angka keausan dan angka kekerasan.

Irfan, Pramuko IP, Ngafwan. (2009) melakukan penelitian tentang kampak rem gesek dengan memberikan waktu sintering pada tekanan kompaksi sebesar 10 menit. Keausan suatu bahan komposit semakin besar atau semakin mudah aus dapat dipengaruhi oleh besarnya waktu yang diberikan pada proses kompaksi. Bila waktu penekanannya semakin besar maka tingkat keausan pun juga semakin besar. Nilai kekerasan suatu bahan juga terpengaruh oleh besar waktu penekanan kompaksi yang diberikan dalam proses pembuatan bahan kampak rem. Dalam pembuatan kampak, nilai kekerasan kampak juga berpengaruh dengan semakin besar kompaksi yang dibebankan maka semakin keras pula komposit tersebut. Karena komposit tersebut sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam proses pembuatan dari bahan menjadi komposit dan beberapa penyebabnya yaitu: variasi bahan, beban kompaksi (beban press) yang diberikan serta lamanya beban kompaksi, dan pemanasan (*sintering*).

METODE

Diagram Alir Penelitian

Bahan dan Alat

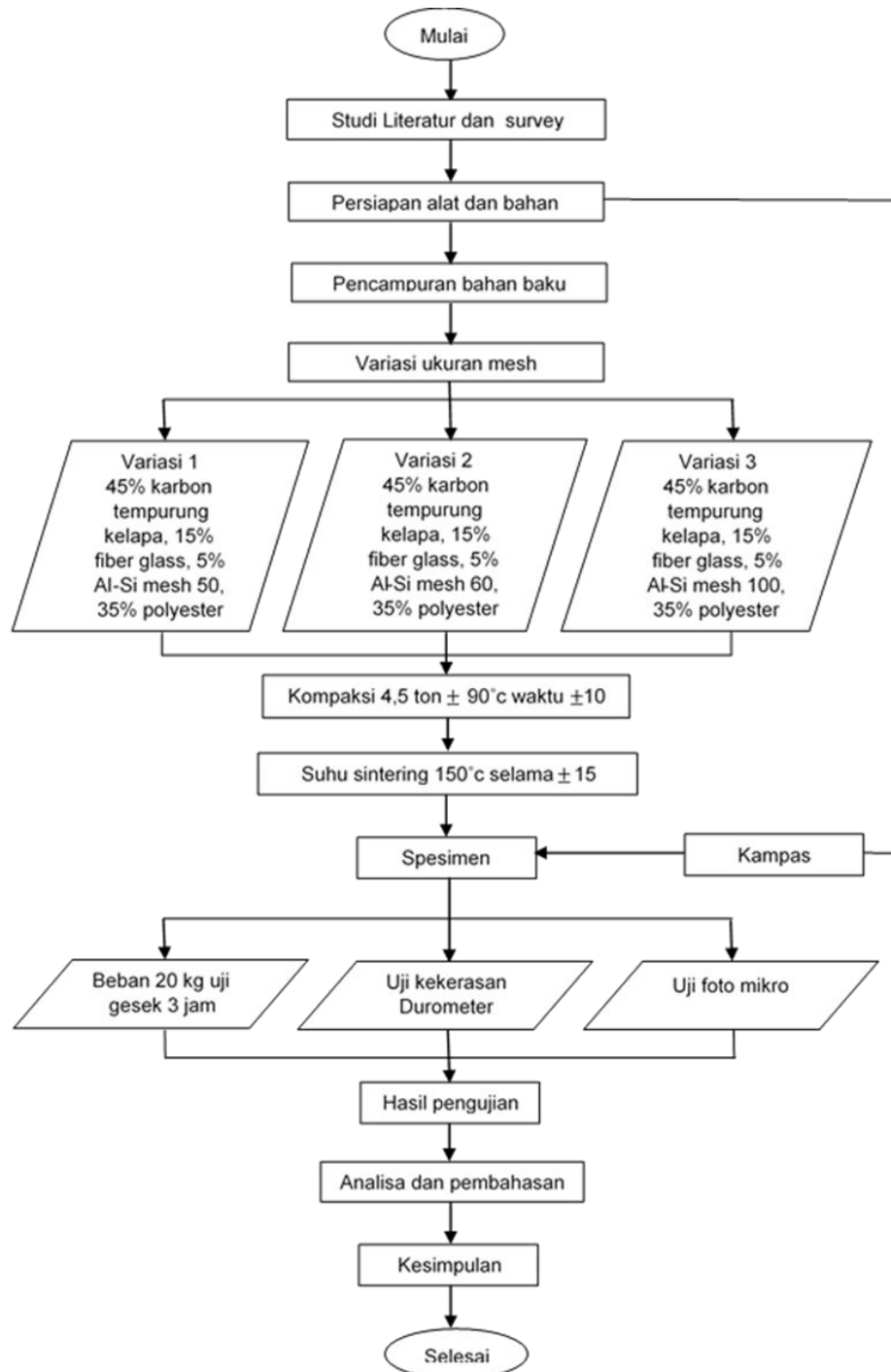
Bahan

1. Barium Sulfat
2. Calsium Karbonat
3. Resin Epoxy
4. Plat Kampak Honda
5. Fiberglass
6. Polyester BQTN 157
7. Karbon Tempurung Kelapa
8. Serbuk Al-Si
9. Cobalt
10. Katalis

Alat

1. Mesin Pres
2. Dies (cetakan)
3. Heater
4. Unit Pengontrol suhu (Therocontrol)
5. Non-contact infrared Thermometer
6. Digital Tachometer
7. Clamp Meter
8. Jangka Sorong
9. Timbangan Digital
10. Oven
11. Blender
12. Mesin Bubut
13. Mesin Frais

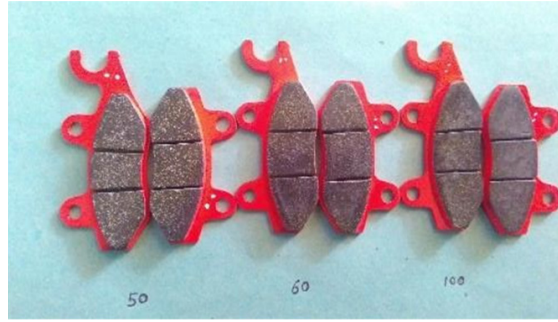
14. Alat Uji Gesek
15. Alat Uji Kekerasan
16. Alat uji Foto Mikro



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Langkah Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan variasi ukuran besar butir AL- Si sebanyak 30 spesimen. Dari masing-masing jenis variasi di lakukan berbagai pengujian yaitu pengujian kekerasan, pengujian gesek, dan foto mikro.



Gambar 2 kampas Rem

1. Mempersiapkan bahan dan alat.
2. Melakukankan penimbangan.
3. Pencampuran bahan-bahan hingga merata kemudian di masukkan ke cetakan yang sudah terpasang plat kampas yang sudah di kasih perekat.
4. Kemudian di pres dengan beban 4,5 ton selama 10 menit dengan suhu 90°C.
5. Di sintering dengan suhu 150°C selama 15 menit, setelah ini di lakukan pengujian kekerasan, pengujian gesek dan foto mikro dan diambil data dari pengujian.

Mencari nilai keausan

$$Keausan = \frac{(T_0 - T_1)A}{t} \quad (1)$$

dimana : T_0 = tinggi awal kampas (mm)

T_1 = tinggi akhir kampas (mm)

T = lama waktu pengujian (jam)

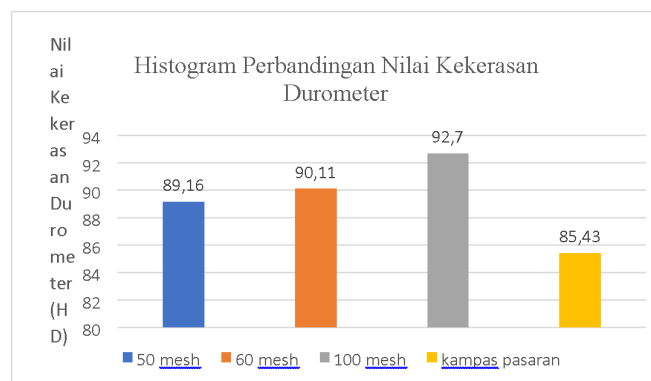
A = luas permukaan kampas (mm²)

Sedangkan mencari nilai koefisien

$$\mu = \frac{T}{2 \times F_n \times r} \quad (2)$$

dimana : μ = koefisien gesek T = Torsi (N.m), F_n = beban , (N) r = jarak dari titik pembebanan ke kampas (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3 Histogram Perbandingan Kekerasan Durometer Shore D

PENUTUP

Kesimpulan

Nilai kekerasan dari kampas rem Al-Si dengan variasi mesh 100 memiliki nilai paling tinggi yaitu 92,7 skala shore D, sedangkan nilai kekerasan pada mesh 60 dengan nilai 90,11 shore D, nilai kekerasan pada mesh 50 dengan nilai 89,16 shore D, dan pada nilai kekerasan kampas pasaran x memiliki nilai terendah dengan nilai 85,43 shore D dari hasil tersebut di simpulkan besar butiran Al-Si mempengaruhi nilai kekerasan kampas rem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM D2240-Durometer Hardness.
- [2] Blau, P. J., 2009, *Friction Science and Technology*, CRC Press, New York.
- [3] Calister, Mc. Graw Hill. 2005. *Material Science*, London.
- [4] German. R.M., 1984. *Powder Metallurgi Science. Metal Power Federation*. Pricenton, New Jersey.
- [5] Gibson, R.F., 1994. *Principle Of Composite Material*
- [6] *Mechanic*. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- [7] Irfan, Pramuko, Ngafwan.,(2009) *Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Ketahanan Kampas Rem Gesek Sepatu*. Laporan tugas akhir fakultas teknik mesin UMS, 2009, Surakarta.
- [8] Kiswiranti, Sugiarto, Hindarto N, Sutikno., (2009) *Pemanfaatan Serbuk*
- [9] *Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi NonAsbestos Pada Kampas Rem Sepeda Motor*. Semarang : jurnal jurusan fisika, fakultas matematika, dan ilmu pengetahuan alam. Universitas Negeri Semarang.
- [10] Kiswiranti Desi., (2007) *Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Non-Asbestos Pada Pembuatan*
- [11] *Kampas Rem Sepeda Motor*. Semarang : skripsi fisika, Universitas Negeri Semarang.
- [12] Santoso, Estriyanto Yuyun, Wijayanto Danar Susilo., (2016) *Pemanfaatan*
- [13] *Campuran Serbuk Tempurung Kelapa Dan Alumunium Sebagai Material Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor Non-Asbestos*. Laporan tugas akhir program studi teknik mesin UNS, Surakarta.
- [14] Setiaji, Rahman. 2009. *Pengujian Keausan*. (www.scribd.com). Diakses pada tanggal 5 Agustus 2017.
- [15] Smith, William F. (1990). *Principles of Material Science And Engineering*, second edition. Mc. Graw Hill Publishing Company.
- [16] <http://www.otosentrum.com/teknologi-sistem-rem> <http://m-edukasi.kemdikbud.go.id>
www.scribd.com/doc/21704473/uji-keausan

IMPLEMENTASI SISTEM *SAFETY DEVICE ENGINE OIL LEVEL PC 200-7* BERBASIS ARDUINO

Randis, Syaeful Akbar, Rony Darmawan

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Balikpapan

Email: randis@poltekba.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan membuat suatu Safety device engine oil level yang akan diaplikasikan pada unit Komatsu PC 200-7. Sistem ini menggunakan engine oil level switch sebagai sensor untuk mengukur level oli pada oil pan. Operator dapat memperoleh informasi dari output LCD yang menampilkan text karakter dan buzzer sebagai indikator bunyi serta sistem ini juga mampu menonaktifkan starting sistem jika level oli mesin pada batas bawah (low). Pengujian alat dilakukan dengan mengurangi oli mesin sampai batas bawah (low), dan output dapat bekerja dengan baik. Begitu pula ketika dilakukan penambahan oli mesin sampai level diatas batas low, output dari sistem juga bekerja dengan sempurna. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dan diperoleh hasil yang sesuai dengan standart pengujian alat yang diharapkan sehingga dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: *safety device, engine oil level, engine oil level switch*

ABSTRACT

This study designed and created safety oil engine level device that will be applied to Komatsu PC 200-7 unit. This system used an oil level switch engine as a sensor to measure oil level in oil pan. The operator can obtain information from the LCD output that displayed the character text and buzzer as a sound indicator and the system was also able to deactivate the starting system if the engine oil level was at the lower limit. Tool testing was done by reducing engine oil to the lower limit (low), and the output can work well. Similarly, when adding engine oil to a level above the low limit, the output of the system also worked perfectly. Test was carried out as many as 5 experiments and the results obtained were in accordance with the standard expected testing tool, it can be concluded that this tool can work well.

Keywords: *Safety device, engine oil level, engine oil level switch*

PENDAHULUAN

Excavator PC200-7 merupakan pengembangan excavator hidraulik baru kelas menengah yang menyematkan berbagai konsep desain dan teknologi IT, sistem keamanan dan lingkungan. Unit ini memiliki luas kabin 14% lebih besar dibandingkan versi pendahulunya, mesin didukung dengan pemasangan after cooler yang lebih besar sehingga emisi gas buang dapat diminimalisir hingga 32%. Sistem keamanan juga ditingkatkan mulai dari kabin hingga mesin. Unit PC200-7 telah dilengkapi dengan LCD monitor yang memberikan beragam informasi melalui tampilan pada monitor tersebut, sehingga sangat cocok digunakan pada lokasi pertambangan di dunia

tambang [1].

Engine merupakan komponen yang sangat penting pada excavator. *Engine* merupakan sumber tenaga bagi excavator untuk melakukan pekerjaan. *Engine* merubah energi panas yang dibangkitkan dari hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanik. Ketika *engine* mengalami *trouble* maka excavator dapat dikatakan *breakdown*.

Salah satu sistem yang paling berperan dalam kinerja mesin yaitu sistem pelumasan. Sistem pelumasan pada mesin memegang peranan yang sangat vital dimana sistem pelumasan berfungsi sebagai mencegah kontak langsung antara dua permukaan yang saling bergesekan [2], untuk mengurangi panas yang terjadi pada sistem pelumasan akibat putaran tinggi pada engine [3]. Mencegah korosi dengan melapisi bagian mesin dengan lapisan pelindung yang mengandung adiktif untuk menetralkan bahan korosif [4]. Memperkecil koefisien gesek, pendingin (*cooling*), pembersih (*cleaning*), dan sebagai penyerap tegangan [5].

Sistem pelumasan pada engine harus ditunjang dengan kapasitas minyak pelumas yang tersedia pada *oil pan*, sehingga hampir semua unit kendaraan dilengkapi dengan *dipstick* oli untuk mengukur batas level oli, pada unit alat berat seperti PC 200-7 bahkan telah dilengkapi dengan sensor yang akan memberikan peringatan (*caution lamp*) di *monitor panel* untuk peringatan level oli jika telah berada pada batas *low* [1].

Pengembangan penelitian pada monitoring dan pendeteksian level permukaan tinggi cairan dengan berbagai perangkatnya menjadi sangat penting sehingga banyak telah banyak dilakukan untuk berbagai jenis aplikasi. Penelitian terdahulu telah mengungkapkan beberapa sensor dan peralatan yang digunakan untuk mengukur level liquid baik berupa cairan air ataupun cairan yang berbentuk minyak [6]-[12]. Sensor ultrasonic digunakan dalam [6]-[7], untuk mengukur tinggi bahan bakar pada generator dan sistem automotive, sementara Husni dkk. [8] juga memanfaatkan sensor *ultrasonic* dengan *micro-controller arduino uno* untuk mengukur volume suatu cairan dalam sebuah wadah. Goundar dkk. [9] menggunakan perangkat *pressure sensor* untuk mendeteksi ketinggian level bahan bakar, sedangkan Dongmei [10] menggunakan teknologi infrared image, bahkan penggunaan sensor terbaru pun telah dikembangkan untuk pengukuran dan monitoring level cairan [11][12].

Sistem yang akan dikembangkan berbeda dengan penelitian sebelumnya [6-12] yang menggunakan berbagai sensor yang sensitive dan tidak tahan terhadap getaran dan suhu extreme. Penggunaan sensor yang akan digunakan yaitu *engine oil level switch*, dimana sensor ini tahan terhadap getaran dan temperature tinggi sehingga sangat sesuai penggunaannya untuk kebutuhan unit alat berat yang dioperasikan pada daerah pertambangan.

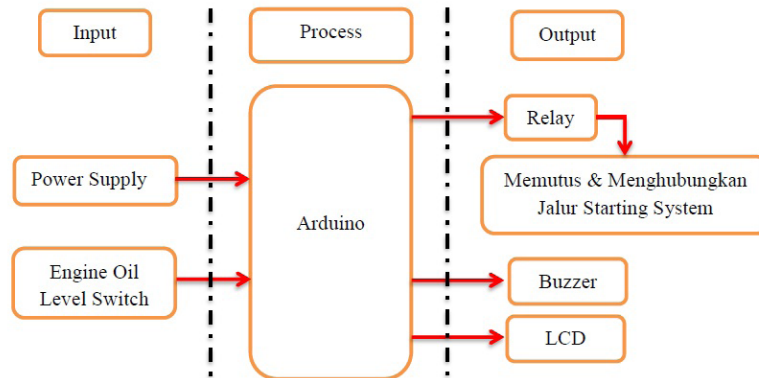
Safety device engine oil level yang akan diaplikasikan pada unit *Komatsu PC 200-7* ini dimaksudkan untuk mencegah operator yang seringkali mengabaikan *lamp indikator* peringatan oil level low pada unit, sehingga operator tidak akan mampu menghidupkan mesin jika oil level unit berada pada posisi low. Ketika kunci kontak pada posisi *on*, maka *safety device* mengeluarkan peringatan berupa bunyi *buzzer* dan juga *text* untuk mengecek level oli *engine*. Apabila *engine* di *start*, *safety device* ini akan memutuskan aliran listrik dari *battery* ke *stater motor* jika *engine oil level* pada posisi di bawah *low*.

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan Sistem Elektrik Safety Device Engine Oil Level PC200-7

Perancangan sistem elektrik dimaksudkan sebagai dasar dan acuan dalam imlementasi dan mempermudah dalam pembuatan alat. Blok diagram yang menunjukkan rangkaian elektrik ditunjukkan dalam gambar 1. Blok diagram *safety device engine oil level* ini terdiri dari tiga bagian yaitu *input*, *process*, dan *output*. *Input* berupa *power supply* untuk memberikan *power* kepada *mikrokontroller* dan *engine oil level switch* yang berfungsi mengirimkan sinyal data ke

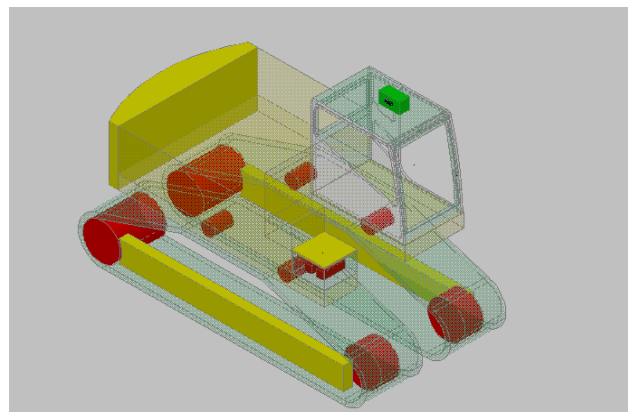
arduino untuk diolah, sedangkan bagian *process* adalah arduino sebagai *microkontroller* yang merupakan tempat pemrosesan sinyal data dan informasi dari sensor. Output adalah *relay* yang berfungsi memutuskan dan menghubungkan *starting system* pada unit, kemudian *buzzer* yang akan mengeluarkan peringatan berupa suara dan *LCD* yang akan menampilkan peringatan pada layar.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Elektrik *Safety Device Engine Oil Level*

Perancangan Sistem Mekanik *Safety Device Engine Oil Level PC200-7*

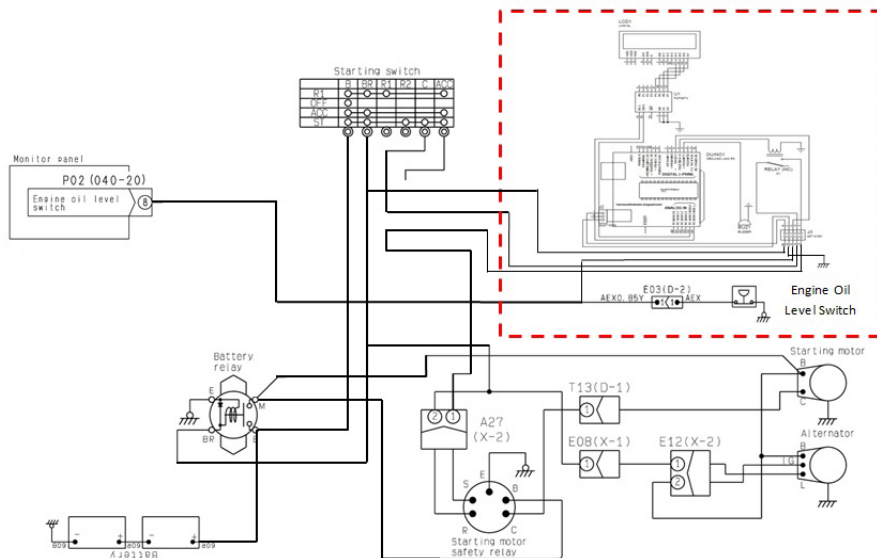
Perancangan sistem mekanikal menggambarkan penempatan alat pada unit excavator PC200-7 (gambar 2), alat ini terpasang pada kabin sehingga sangat memungkinkan operator mendengarkan indikator suara (*buzzer*) dan text dari *LCD* ketika level oli berada pada batas bawah. Penempatan *engine oil level switch* diposisikan pada *oil pan* unit yang terhubung dengan alat melalui pengkabelan yang dihubungkan dengan terminal C *starting switch*.



Gambar 2. Perancangan Sistem Mekanikal *Safety Device Engine Oil Level*

Perancangan Schematic Diagram Sistem *Safety Device Engine Oil Level PC200-7*

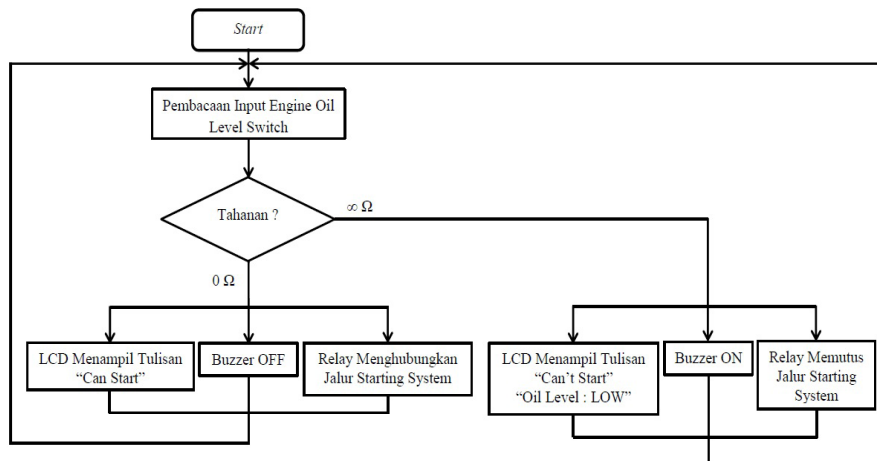
Skematic diagram safety device engine oil level menggambarkan skematik pemasangan *power* dari *safety device engine oil level* diambil dari *starting switch* terminal BR, lalu *relay* (NO) memutuskan dan menghubungkan arus dari *starting switch* terminal C ke motor stater. Kabel yang terhubung pada *port 5* arduino dihubungkan ke jalur *engine oil level switch* yang akan menjadi *input* bagi alat. *Skematic diagram safety device engine oil level* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Sistem Safety Device Engine Oil Level

2.4. Diagram Alir Sistem Safety Device Engine Oil Level PC200-7

Diagram alir sistem *safety device engine oil level* diperlihatkan pada gambar 4, ketika *engine oil level switch* mengirimkan *signal* kepada arduino bahwa *engine oil level switch* telah terhubung dengan *ground* (0Ω), maka *buzzer* akan *Off*. LCD akan menampilkan tulisan “Can Start” dan Relay akan menghubungkan *starting system*. Ketika *engine oil level switch* mengirimkan *signal* bahwa *engine oil level switch* tidak terhubung dengan *ground* ($\infty \Omega$), maka *Buzzer* akan *ON*, LCD akan menampilkan tulisan “Can’t Start Oil Level : LOW” dan Relay akan memutuskan *starting system*.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Safety Device Engine Oil

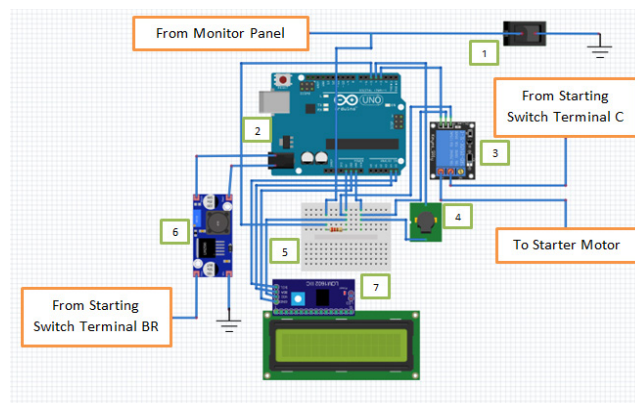
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem Elektrik Safety Device Engine Oil Level PC200-7

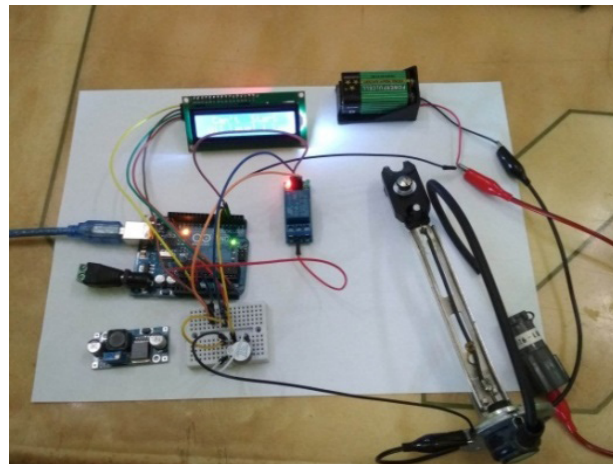
Pengembangan sistem ditunjukkan dalam diagram pengkabelan (Gambar 5) dan implementasi sistem (Gambar 6). Sistem ini terdiri dari 7 buah komponen elektronika yang

dirangkai menjadi sebuah alat. Setiap komponen mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing. *Engine oil level switch* sebagai *inputan* dan arduino terhubung pada *port 5* arduino, *engine oil level switch* merupakan alat yang digunakan untuk aplikasi populer dalam memantau tingkat antarmuka minyak-air [11]. Arduino sebagai *microcontroller* untuk memproses data sinyal input dari sensor. Mikrokontroler arduino cukup tangguh untuk dipogram dan dikembangkan, seperti pada penelitian yang dilakukan Chabni [13] dengan memadukan sistem fuzzy logic terintegrasi untuk mikrokontroler arduino.

Relay yang terhubung pada *port 3* arduino sebagai *output* yang berfungsi memutus dan menghubungkan jalur *starting terminal C starting switch* dengan motor stater. *Board* sebagai tempat menghubungkan komponen satu sama lain. *Buzzer* berfungsi sebagai *output* yang terhubung pada *port 4* Arduino yang akan mengeluarkan suara ketika *engine oil level abnormal*. Sistem ini dapat menampilkan karakter *text* pada *LCD* seperti dalam [14] yang berfungsi sebagai *output* dari arduino. Sementara *stepdown* berfungsi menurunkan tegangan 24 volt menjadi 8 volt.



Gambar 5. Pengembangan Sistem elektrikal (Diagram Pengkabelan)



Gambar 6. Implementasi Sistem elektrikal

3.2. Pemasangan Wiring Electric

Pemasangan alat *safety device* diletakkan pada bagian kiri atas di dalam kabin sesuai dengan rancangan awal yang telah dibuat (Gambar 2). Alat *safety device* menggunakan *box acrilik* untuk menempatkan sejumlah komponen elektronik serta *LCD output text* yang akan memberikan indikator kepada operator, alat ini dikait dengan 2 buah baut ukuran 8 mm yang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemasangan Alat *Safety Device*

Pemasangan wiring didasarkan pada schematic diagram (Gambar 3) yang menggambarkan skematik pemasangan *power* dari *safety device engine oil level* diambil dari *starting switch* terminal BR, lalu *relay* (NO) memutus dan menghubungkan arus dari *starting switch* terminal C ke motor stater. Kabel yang terhubung pada *port 5* arduino dihubungkan ke jalur *engine oil level switch* yang akan menjadi *input* bagi alat. Penyambungan kabel terminal B(+) *safety device* ke terminal C pada *starting switch*, kemudian kabel terminal B(-) *safety device* ke *ground*. Selanjutnya memutuskan kabel yang tersambung ke terminal C pada *starting switch* (Gambar 8) dan menyambungkan kabel terminal R1 *safety device* pada kabel yang telah diputus tadi dan menyambungkan kabel terminal R2 *safety device* pada terminal C *starting switch*. Yang terakhir menyambungkan kabel SO *safety device* ke jalur *engine oil level switch* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Pemasangan *Wiring* Pada *Starting Switch*



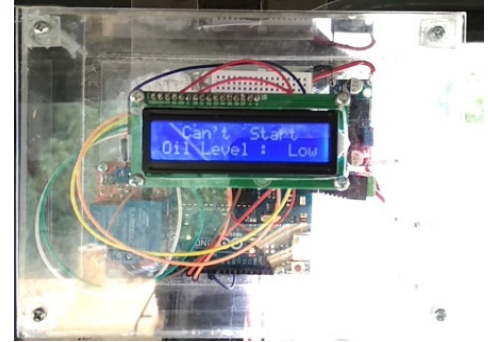
Gambar 9. Pemasangan *Wiring* Pada Jalur *Engine Oil Level Switch*

Pengujian dengan Mengurangi dan Menambah Oli Engine

Setelah *wiring* telah dipasang selanjutnya melakukan pengujian pada alat *safety device oil engine level* dengan mengurangi dan menambahkan oli pada *oil pan*. Pertama oli *engine* dikurangi terlebih dahulu sampai *level* oli *engine* pada *dipstick* berada di bawah *low* (Gambar 10). Setelah itu oli *engine* dikurangi sampai batas bawah (*low*) maka LCD akan mengeluarkan output pada *safety device* akan menampilkan tulisan “*Engine Can't Start Oil Level: Low*” yang berarti *engine* tidak dapat distart karena *level* oli *engine* kurang. Selain itu *buzzer* juga akan mengeluarkan bunyi dan *relay* memutuskan *starting system*.



Gambar 10. Drain Engine Oil



Gambar 11. Tampilan Safety Device Ketika Level Di Bawah Low

Setelah mengurangi oli *engine* dan melihat respon dari alat, selanjutnya menambahkan oli *engine* sampai *level oli engine* pada *dipstick* berada di atas *low* atau mencukupi seperti pada gambar 4.36. Kemudian seperti pada gambar 4.37 akan terlihat bahwa *safety device* akan menampilkan tulisan “*Engine Can Start*” yang berarti *engine* dapat distart. Selain itu buzzer akan *off* dan relay menghubungkan *starting system*.



Gambar 12. Menambahkan Oli Engine



Gambar 13. Tampilan Safety Device Ketika Level Oli Mencukupi

Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Standart kerja alat yang terpasang pada unit *PC200-7* harus bekerja sesuai dengan ketentuan yang ditunjukkan pada tabel 1, ketika *level oli mesin* berada pada batas atas (diatas *low*) maka *output* berupa *buzzer* harus *off* sementara *LCD* harus memberikan *output* pada layar dengan tulisan “*Engine Can Start*”. Sementara *relay* pada posisi *ON* artinya mesin dapat di hidupkan karena *relay* yang digunakan yaitu *relay* dengan kontak *NC (Normaly Close)*. Sedangkan ketika *level oli mesin* berada pada batas bawah (dibawah *low*), *output buzzer* harus *on* atau mengeluarkan indikator bunyi, dan layar *LCD* mengeluarkan *output text* “*Engine Can't Start Oil Level: Low*”.

Tabel 1. Standard Pengujian Alat

Posisi Level Oli Engine	Buzzer	Relay	LCD
Ketika level oli engine mencukupi atau di atas low	OFF	ON	Engine Can Start
Ketika level oli engine di bawah low	ON	OFF	Engine Can't Start Oil Level: Low

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat Ketika Level Oli Engine Mencukupi

Percobaan Ke-	Ketika Level Oli <i>Engine</i> Mencukupi Atau Di atas <i>Low</i>		
	<i>Buzzer</i>	<i>Relay</i>	LCD
1	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>Engine Can Start</i>
2	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>Engine Can Start</i>
3	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>Engine Can Start</i>
4	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>Engine Can Start</i>
5	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>Engine Can Start</i>

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat Ketika Level Oli Engine Di Bawah *Low*

Percobaan Ke-	Ketika Level Oli <i>Engine</i> Di Bawah <i>Low</i>			
	<i>Buzzer</i>	<i>Relay</i>	LCD	
1	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>Engine Can't Start</i>	<i>Oil Level: Low</i>
2	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>Engine Can't Start</i>	<i>Oil Level: Low</i>
3	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>Engine Can't Start</i>	<i>Oil Level: Low</i>
4	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>Engine Can't Start</i>	<i>Oil Level: Low</i>
5	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>Engine Can't Start</i>	<i>Oil Level: Low</i>

Pengujian alat Safety device dilakukan sebanyak 5 kali untuk melihat hasil apakah alat tersebut dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Berdasarkan hasil uji coba yang terlihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 dibandingkan dengan *standard* pengujian pada tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan fungsinya, karena alat dapat bekerja sesuai dengan *standard* yang ditentukan (tabel 1).

KESIMPULAN

Sistem *safety device engine oil level* berhasil dibuat sesuai dengan perencanaan dan di aplikasikan serta di uji coba pada unit alat berat *Komatsu Excavator PC200-7*. Peringatan berupa *text karakter* sebagai indikator kepada operator dapat ditampilkan pada layar *LCD* serta peringatan bunyi dari *buzzer*. Sistem ini juga mampu menonaktifkan *starting sistem* jika *level* oli mesin pada batas bawah (*low*) sehingga operator harus menambahkan oli mesin untuk dapat menghidupkan unit, sehingga unit menjadi aman karena *level* oli mesin yang kurang akan sangat berpengaruh terhadap sistem pelumasan dan kinerja mesin unit secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Iwamoto, "Introduction of Products Introduction of Komatsu 's New Hydraulic Excavator PC200-7 in GALEO Series," vol. 48, no. 149, 2002, pp. 35–44.
- [2] Darmayanto, "Mengenal Pelumas Pada Mesin," *Momentum*, vol. 7, no. 1, pp. 5–10, 2011.
- [3] E. Y. Widiyanto and H. Hartopo, "Analisis Terjadinya High Oil Consumption Pada Lubrication System Pesawat Boeing 737-500 PK-GGF," *INDEPT*, vol. 6, no. 1, pp. 9–16, 2016.
- [4] M. S. Effendi and R. Adawiyah, "Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan

- Temperatur Pada Beberapa Merek Minyak Pelumas,” *Intekna*, vol. 14, no. 1, pp. 92–101, 2014.
- [5] T. P. M. Arisandi, Darmayanto, “Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Komsumsi Bahan Bakar,” *Momentum*, vol. 8, no. 1, pp. 56–61, 2012.
- [6] D. Guatam, G. Modwel, A. Kumar, and A. Tiwari, “Fuel Level Management in Automotive System,” *Int. Confrence Green Comput. Internet Things*, vol. 15, no. 2, pp. 1399–1401, 2015.
- [7] T. Dhanya, “Real - Time Generator Fuel Level Measurement Meter With Ultrasound Sensor,” *Int. J. Mechanical Prod. Eng. Res. Develoment*, vol. 8, no. 1, pp. 879–882, 2018.
- [8] M. Husni, D. Siahaan, H. Ciptaningtyas, H. Studiawan, and Y. Aliarham, “Liquid volume monitoring based on ultrasonic sensor and Arduino microcontroller Liquid volume monitoring based on ultrasonic sensor and Arduino microcontroller,” *Int. Conf. Innov. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 128, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [9] J. A. Goundar *et al.*, “Mechatronic Design Solution for Fuel Level Monitoring using Pressure Sensor,” *Comput. Sci. Eng. (APWC CSE), 2014 Asia-Pacific World Congr.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [10] W. Dongmei, W. Ruyi, and L. Lihua, “Infrared Image Segmentation Technology,” *Int. Conf. Intell. Comput. Technol. Autom. Autom.*, vol. 4, no. 2, pp. 596–599, 2011.
- [11] G. Lu, H. Hu, B. He, and S. Chen, “A New-type Sensor for Monitoring Oil-water Interface level and Oil Level,” *Int. Conf. Electron. Meas. Instruments*, vol. 9, no. 2, pp. 981–983, 2009.
- [12] A. M. Al-naamany, M. Meribout, K. Al Busaidi, and A. Concept, “Design and Implementation of a New Nonradioactive-Based Machine for Detecting Oil – Water Interfaces in Oil Tanks,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 56, no. 5, pp. 1532–1536, 2007.
- [13] F. Chabni, R. Taleb, A. Benbouali, and M. A. Bouthiba, “The Application of Fuzzy Control in Water Tank Level Using Arduino,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 7, no. 4, pp. 261–265, 2016.
- [14] A. Amin, “Monitoring Water Level Control Berbasis Arduino Uno Menggunakan LCD LM016L,” *J. EEICT*, vol. 1, no. 2, pp. 41–52, 2018.