

DAFTAR ISI

Prakata.....	i
Daftar Isi	ii

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AIR SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP KARAKTERISTIK CORAN ALUMINIUM DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR CO₂

Masyrukan.....	1-7
----------------	-----

THE INVESTIGATION OF VOID FRACTION OF TWO-PHASE FLOW AIR-WATER AND GLYCERINE (0-30%) IN THE CAPILLARY PIPE WITH SLOPE OF 50 TO HORIZONTAL POSITION

Sukamta, Aldi Rahadian Ilham, Sudarja.....	8-17
--	------

PENGARUH JENIS BIOMASSA PADA PEMBAKARAN PIROLISIS TERHADAP KARAKTERISTIK DAN EFISIENSIBIOARANG-ASAPCAIR YANG DIHASILKAN
Kemas Ridhuan, Dwi Irawan, Yulita Zanaria, Fendi Firmansyah

.....	18-27
-------	-------

SIMULASI THERMAL TRANSIENT KACA LEMBARAN TERPAPAR TEMPERATUR RADIASI DENGAN ANALISA THERMAL STRESS

Eko Julianto, Waluyo Adi Siswanto.....	28-35
--	-------

KOREKSI NILAI KONSTANTA “K” DALAM PERHITUNGAN USIA PAKAI KOMPONEN UNDERCARRIAGE KOMATSU D375A-5

Syaeful Akbar, RandisBaharuddin.....	36-42
--------------------------------------	-------

CHARACTERIZATION OF BAMBOO TUTUL CHARCOAL PARTICLE PRODUCED BY HIGH ENERGY BALL MILLING SHAKER TYPE

Supriyono, B Susilo	43-48
---------------------------	-------

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 20 Volume 1, Januari 2019 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, Januari 2019

Redaksi

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AIR SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP KARAKTERISTIK CORAN ALUMINIUM DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR CO₂

Masyrukan

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

Email: masyrukan@gmail.com

ABSTRAK

Logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanik yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini antara lain dipengaruhi media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan variasi temperatur pendinginan terhadap kekerasan hasil coran aluminium karena sifat fisis dan mekanis suatu logam sangat penting dalam konstruksi permesinan. Maka dalam penelitian ini digunakan media pendinginan yang berbeda yaitu : Air dengan suhu 15°C, Air dengan suhu 27°C dan Air dengan suhu 55°C. Dari pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan air suhu 15°C mempunyai nilai kekerasan yang lebih baik dibanding air dengan suhu 27°C dan 55°C. Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 17 unsur, tetapi hanya 4 unsur yang paling berpengaruh pada aluminium cor yaitu Si, Fe, Cu, dan Zn yang paling dominan. Dilihat dari unsur yang ada pada material ini dapat digolongkan logam aluminium paduan seng (Al-Zn).

Kata kunci: *Aluminium (Al), Pendinginan cepat, kekerasan, struktur mikro, komposisi kimia.*

PENDAHULUAN

Pengecoran merupakan proses pembentukan logam dengan cara dicairkan, lalu kemudian dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan sampai membeku. Bahan yang dipakai dalam cetakan sangat bervariasi, beberapa contoh diantaranya dibuat dari bahan logam, pasir, semen, kulit, keramik, dan sebagainya. Masing-masing bahan cetakan ini akan memberikan pengaruh terhadap kualitas hasil produk coran logam cair. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanis dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan hingga menjadi membeku. Setiap logam akan mengalami perubahan fasa saat proses pengecoran baik sifat fisiknya maupun sifat mekanisnya dan salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan fasa adalah proses pendinginan yang salah satunya dipengaruhi oleh faktor temperatur dan media pendinginan.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur air sebagai pendinginan terhadap flange coran aluminium dengan media cetakan pasir CO₂

TINJAUAN PUSTAKA

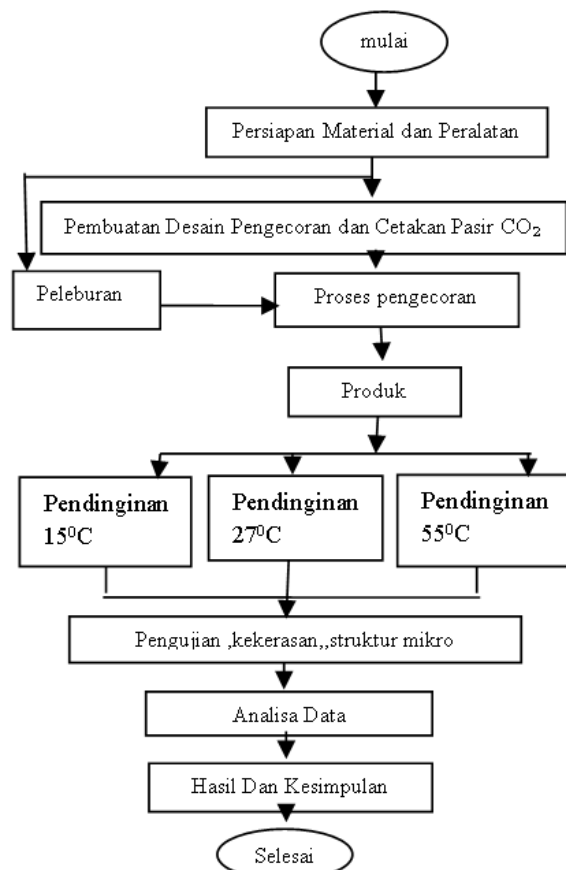
Supriyanto, 2009 meneliti bahwa hasil uji keras pada produk cor aluminium yang menggunakan cetakan pasir menunjukkan bahwa angka kekerasan yang paling tinggi adalah Dari hasil pengujian ketangguhan benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar

lebih tangguh dibandingkan dengan benda uji dengan media pendinginan oli SAE 40. Hal ini dikarenakan laju pendinginan udara suhu kamar lebih lambat dibanding laju pendinginan oli SAE 40 dan air sumur, struktur mikro benda uji pendinginan udara suhu kamar unsur magnesium (Mg) yang terbentuk lebih banyak dan merata dari benda uji pendinginan oli SAE 40 dan air sumur.

Yuli Cahyo Pamungkas dkk, 2016 Pengaruh quenching menggunakan air-oli SAE 40 dengan perbandingan 10%-90% lama pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit terhadap kekerasan Al-Si, mengindikasikan, bahwa lama pencelupan dalam proses quenching yang menggunakan campuran media pendingin 90% air dan 10%% oli Mesran SAE 40 berpengaruh terhadap tingkat kekerasan paduan Al-Si. Pengaruh tersebut tampak dari kecenderungan tingkat kekerasan yang meningkat, yakni 57,54 HV untuk lama pencelupan 5 menit, 58,01 HV untuk lama pencelupan 10 menit, dan 58,15 HV untuk lama pencelupan 15 menit.

Elin Nuraini dkk,1996 Pengaruh media pendingin udara, pasir, dan air memberikan perbedaan kekerasan dan ukuran butir AlMg2 yang mengalami perlakuan panas pada suhu 200°C selama 6 jam. Dengan pendingin air diperoleh kekerasan tertinggi yaitu 59 kg/mm² dan terendah adalah dengan pendingin pasir diperoleh 57,5 kg/mm². Sedangkan dengan pendingin udara diperoleh 58,7 kg/mm². Ukuran butir yang diperoleh adalah 26,8 µm, 27,3 µm dan 27,0 µm.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan dan Alat Penelitian

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Aluminium bekas atau rosok yang berasal dari *sparepart* pabrik dan berbagai bahan campuran logam aluminium.
2. Kalsium karbonat (bubuk anti air)
3. Pasir silika
4. *Water glass*
5. Air suhu 15°C
6. Air suhu 27°C
7. Air suhu 55°C

B. Alat

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain;

Cangkul, Kowi, Tali pengikat cetakan CO₂, Penumbuk, Gayung, Tabung silinder, Mesin pengaduk, *Digital Caliper*, Lanset, Ember, Alat uji *Spektrometer*, Gancu Kerangka cetakan, Alat uji Kekerasan *HRB*, *Ladel*, Tabung Gas CO₂, Alat uji *Mikroskop Metalografi*, Saringan (pengayak), Gergaji besi, Dapur pelebur dan Linggis

C. Prosedur Penelitian

Pembuatan Cetakan

1. Mempersiapkan kerangka cetakan berbentuk kotak
2. Mempersiapkan papan kayu diletakkan bagian bawah sebagai alas kerangka cetak bawah.
3. Meletakkan kerangka cetakan diatas papan kayu dan meletakkan pola flange diatas papan kayu.
4. Mencampurkan pasir silika dan cairan water glass secukupnya kemudian diaduk hingga tercampur merata dan sedikit mengeras ± 1 menit .
5. Mengisi pasir silika yang sudah tercampur dan diaduk dengan cairan water glass sampai batas permukaan kerangka cetakan, kemudian dipadatkan menggunakan penumbuk hingga padat merata setelah itu bagian atas kerangka cetakan diletakkan papan kayu kemudian dibalik berada dibawah dan bagian bawah pola flange berada diatas .
6. Mengambil papan kayu yang berada diatas dan meratakan pasir yang berada dipermukaan apabila masih terdapat pasir yang belum merata sempurna menggunakan sendok.
7. Melapisi bagian atas cetakan menggunakan kantong kresek agar pada saat melakukan proses memberi gas co pada pasir tidak menembus ke bagian bawah cetakan, setelah itu memasang lagi kerangka cetakan dan meletakkan tabung silinder berukuran ± 1cm yang berfungsi sebagai saluran turun sprue dan mengisi pasir yang tercampur water glass tersebut ke dalam cetakan bagian atas yang sudah dilapisi dengan kantong kresek hingga menutupi permukaan kerangka cetakan dan kemudian ratakan.
8. Kemudian mencabut tabung silinder tadi dan terbentuklah saluran turun sprue setelah itu membuat saluran udara pada bagian tengah menggunakan tabung silinder berukuran ± 1cm pada cetakan guna membuang gas – gas pada saat penuangan cairan coran.

9. Kemudian membuat saluran masuk gas CO₂ menggunakan tabung silinder berukuran ± 0,5mm sebanyak 3 titik masing - masing pada bagian samping kanan dan kiri dan 3 titik pada bagian tengah.
10. Setelah itu memberikan gas CO₂ dengan tekanan ± 1 – 1,5 N/m² kedalam saluran gas CO₂ yang sudah dibuat sebelumnya hingga mengeras dengan waktu ± 1 menit.
11. Mengangkat cetakan bagian atas, kemudian mengambil pola flange dengan cara menancapkan paku ke pol kemudian diketuk perlahan – lahan agar pola bergeser setelah itu diambil pola tersebut secara perlahan sehingga cetakan pasir CO₂ tidak runtuh, setelah itu meratakan bagian yang belum rata.
12. Kemudian membuat saluran masuk gas CO₂ menggunakan tabung silinder berukuran ± 0,5cm pada cetakan bawah pada 3 titik masing – masing bagian pojok dan 2 titik pada bagian tengah.
13. Membuat saluran masuk ingate pada pola atas posisikan dipojok dan dipresisikan dengan lubang dari saluran turun sprue, setelah itu memberikan gas CO₂ dengan tekanan ± 1 – 1,5 N/m² kedalam saluran gas CO₂ yang sudah dibuat sebelumnya hingga mengeras dengan waktu ± 1 menit, kemudian memasang kembali cetakan atas dan dipresisikan antara lubang saluran turun (sprue) dan saluran masuk (ingate)

Proses Pengecoran

Pada proses pengecoran ini adalah meleburkan bahan alumunium dalam tungku, kemudian setelah alumunium benar benar cair ,cairan alumunium ini di ambil dari tungku peleburan dengan ladeldan dituangkandalam cetakan yang telah disiapkan

Proses Pendinginan

Pendinginan dengan variasi 3 media yaitu air suhu 15°C, air suhu 27°C dan air suhu 55°C. Prosesnya adalah setelah Aluminium (Al) cair di tuangkan dari ledel ke dalam lubang saluran masuk cetakan Pasir CO₂ dan didiamkan 10 menit setelah dirasa sudah mengeras lalu cetakan dibongkar dan spesimen dimasukkan ke dalam 3 media pendinginan tersebut, sistem pendinginan dalam pengecoran aluminium (Al) menggunakan beberapa media pendingin dan lama pendinginan 1 jam.

Pengamatan Porositas

Pada pengamatan porositas ini dilakukan dengan cara memotong sebagian spesimen dengan secara acak. Kemudian pada bagian potongan tersebut dilakukan *mounting* dengan menggunakan resin dan katalis yang kemudian diampelas sampai halus dan diberi autosol supaya porositas dapat terlihat jelas dan setelah itu difoto makro menggunakan kamera dan dilakukan perbandingan dari setiap variasi pendingin

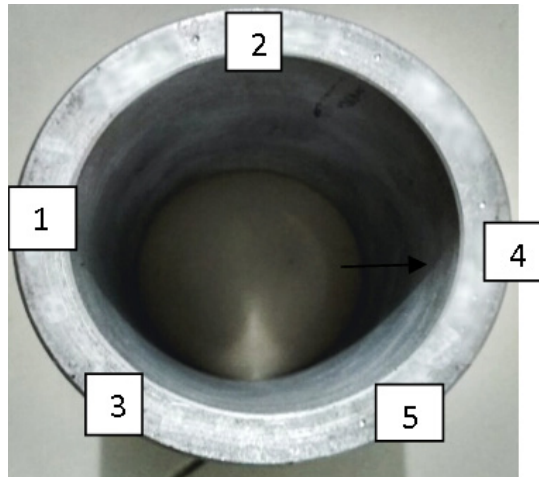
Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaannya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil kekerasan dari benda uji pada bebrapa bagian sehingga diketahui distribusi kekerasan rata-ratanya dari semua bagian yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan Hasil Produk Cor Aluminium

Pengujian kekerasan menggunakan HRb (Hardness Rockwell Ball type B) dengan beban 981 N (100,034 Kgf) menggunakan penetrator bola diameter 1/16 in. dilakukan pada 5 titik pada bagian spesimen.



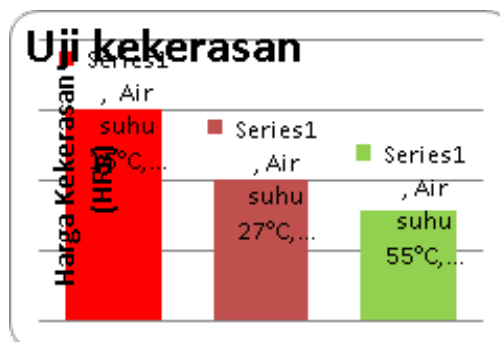
Gambar 2. Posisi Titik Kekerasan Spesimen.

Harga Kekerasan HR_B (Hardness Rockwell Ball type B)

Harga kekerasan HR_B (Hardness Rockwell Ball type B) variasi pendinginan air suhu 15°C, air suhu 27°C dan air suhu 55°C terhadap hasil produk aluminium cor dapat dilihat seperti pada table 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan HR_B.

NO	Media Pendinginan	Kekerasan HR _B					Rata-rata HR _B
1	Suhu 15°C	30,77	29,25	29,90	30,29	29,97	30,04
2	Suhu 27°C	20,71	20,87	19,45	19,40	19,80	20,05
3	Suhu 55°C	16,67	15,76	15,00	15,31	15,24	15,60



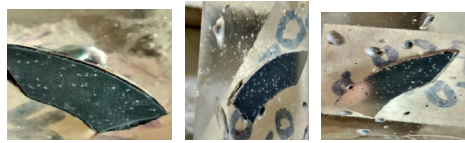
Gambar 3. Grafik hubungan kekerasan dengan variasi pendinginan

Pembahasan Pengujian Kekerasan

Dari Hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan suhu 15°C lebih keras yaitu 30,04 di dibandingkan dengan hasil dari media pendinginan suhu 27°C yaitu 20,05 dan media pendinginan suhu 55°C yang bernilai 15,6. Laju dari pendinginan menggunakan media pendingin suhu 15°C lebih cepat dibandingkan dengan yang lain, oleh karena itu hasil kekerasannya juga lebih baik.

Pengamatan Porositas

Hasil pengamatan porositas dapat dilihat pada foto makro pada gambar 4a,4b dan4c

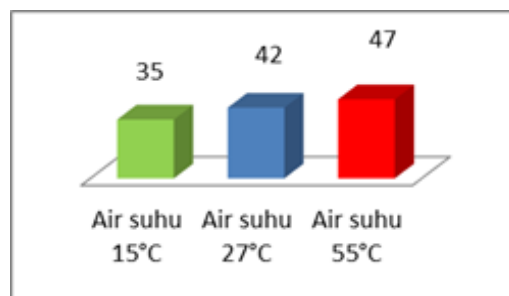


Gambar4a Gambar 4b Gambar 4c
Gambar 4a didinginkan dengan 15°C
Gambar 4b didinginkan dengan 27°C
Gambar 4c didinginkan dengan 55°C

Dari gambar 4a,Gambar 4c dan Gambar 4b,terlihat jumlah porositas (Titik berwarna putih) berbeda dan dihitung dengan luasan yang sama, dan dapat dilihat pada table.2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Porositas

Variasi Pendinginan	jumlah porositas
Air suhu 15°C	35
Air suhu 27°C	42
Air suhu 55°C	47



Gambar 5. Grafik hasil pengamatan porositas

Pembahasan Pengamatan Cacat Porositas

Berdasarkan hasil dari foto makro kamera diatas (gambar 4) dapat dilihat bahwa hasil produk yang menggunakan variasi pendinginan suhu 15°C memiliki tingkat porositas yang lebih sedikit atau rendah dibandingkan dengan variasi pendinginan suhu 27°C dan variasi pendinginan suhu 55°C. Sedangkan pada variasi pendinginan suhu 27°C dan variasi pendinginan suhu 55°C. kedua-duanya memiliki tingkat cacat porositas yang lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi pendinginan suhu 15°C. Ada beberapa penyebab terjadinya Cacat porositas salah satunya adalah sebagai berikut:

1. terjadi akibat udara yang terperangkap didalam cetakan pada penuangan dan dari gas hidrogen yang terlarut dalam cairan logam yang kemudian dilepaskan selama proses pembekuan.
2. Atom-atom pengikat cetakan yang bersentuhan dengan logam cair akan terurai dan membentuk gas-gas yang akan masuk kedalam logam cair dalam bentuk gelembung-gelembung.

3. Zat –zat organik yang terkandung didalam pasir dan kotoran yang menempel pada aluminium rosok ketika pada proses peleburan.

Keberadaan porositas akan mempengaruhi tingkat kekerasan dari suatu produk cor, semakin banyak cacat porositas pada suatu benda/produk maka tingkat kekerasan akan menurun begitu juga dengan sebaliknya. Maka produk ini semakin tidak aman untuk dijadikan bahan untuk membuat komponen yang bergerak

KESIMPULAN

1. Dari Hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan suhu 15°C lebih keras yaitu 30,04 di bandingkan dengan hasil dari media pendinginan suhu 27°C yaitu 20,05 dan media pendinginan suhu 55°C yaitu 15,60. Laju dari pendinginan suhu 15°C lebih cepat dari laju pendinginan suhu 27°C dan pendinginan suhu 55°C sehingga membuktikan bahwa semakin cepat laju pendinginan maka semakin baik hasil kekerasannya.
2. Dari Pengamatan jumlah porositas dengan media pendingin suhu 15°C lebih sedikit jumlah porositasnya 35 dibandingkan dengan yang bermedia pendingin dengan suhu 27°C sebanyak 42 dan pada media pendingin 55°C sebanyak 47

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amstead, B.H, dkk. 1996. Teknologi Mekanik, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [2] Asm. 2004. Introduction to Aluminium – Silicon Casting Alloys, Atlas
- [3] Of Microfractographs
- [4] Astika, I Made, dkk. 2010. Pengaruh Jenis Pasir Cetak Dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas Dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (Sand Casting), Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana
- [5] Avner, Sidney. 1974. Introduction To Physical Metallurgy, Library Of
- [6] Congress Cataloging In Publication Data.
- [7] Budiyo, Sidiq, dkk. 2013. Pengaruh Kualitas Pengecoran Pasir Cetak Basah Dengan Campuran Bentonit 3% dan 5% Pada Besi Cor Kelabu, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- [8] Hananto, Adam, Patna Partono. 2016. Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir, Cetakan Logam dan Cetakan RCS (Resin Coated Sand) terhadap Produk Coran Aluminium, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [9] Surdia, Tata, dkk. 1996. Teknik Pengecoran Logam. Penerbit Pradnya
- [10] Paramita, Jakarta

THE INVESTIGATION OF VOID FRACTION OF TWO-PHASE FLOW AIR-WATER AND GLYCERINE (0-30%) IN THE CAPILLARY PIPE WITH SLOPE OF 5° TO HORIZONTAL POSITION

Sukamta, Aldi Rahadian Ilham, Sudarja

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Brawijaya Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia, 55183

Email: sukamta@umy.ac.id, rahadian.ilham11@gmail.com, sudarja@umy.ac.id

ABSTRACT

Two-phase flow is a flow that is composed of two combined substances, i.e., liquid and gas. Two-phase flow phenomena can be a lot encountered in nature, for example, exhaust gas smoke, fog, rain, cloud, snow, and so forth. Moreover, in the practice of company or industry environment, the flow of the two phases can be encountered on the equipment in the form of heat exchangers, boilers, nuclear reactors, piping systems, geothermal, natural gas liquefaction, and others. Data collection in this research was carried out in 4 stages (from working fluid), namely: air-water; air-water+0% glycerin, air-water+10% glycerin, air-water+20% glycerin, and air-water+30% glycerin. The research aims to determine the void fraction by using the method of digital image processing with the software MATLAB R2014a. Based on the research results, it was obtained that when superficial gas velocity high then, the value of the void fraction obtained will increase, otherwise the higher speed of the superficial liquid then, the value of void fraction that is retrieved will decrease. The viscosity of the fluid very influenced the flow pattern bubbly and plug. It is because the higher the viscosity of fluid flow pattern speed then, the bubbly and the plug will increasingly decline, instead of getting down viscosity makes bubbly flow pattern speed, and the plug will progressively increase. The length of the bubbly and plug pattern is affected by the increasing value of homogeneous (β). As a consequence, the length of the pattern increases. In the frequency when the bubbly and plug occurred, it was obtained a high enough rate that led to the value of the void fraction generated considerable increases.

Keyword: *two-phase, fluid, void fraction, viscosity, flow pattern.*

INTRODUCTION

In the practice of company or industry environment, two-phase flow can be encountered in equipment in the form of heat exchangers, boilers, nuclear reactors, piping system, geothermal, natural gas liquefaction, and others, Wallis (1969). The study of two-phase flow in the micropipe has been implemented and developed especially in the industry and medical sector. Several examples for the application of two-phase flow in the micropipe are micro heat exchangers, micro cooling electronic and Micro-Electro-Mechanical System (MEMS). In the medical sector, the examples for the application of two-phase flow are flow patterns found in the human body, for instance, are blood vessels that flow in the human body.

Many studies carried out using digital image processing methods, some of them are Triplet dkk, (1999) which implemented the digital image processing method in deciding the void fraction in a circular pipe with the diameter of 1.1 and 1.45 mm. Mayor et.al., (2006) explained

the implementation of a digital image processing method to learn the slug flow in the vertical pipe. Montoya et.al., (2012) used digital image processing method to discover the interfacial behavior in the gas-liquid countercurrent two-phase flow in hot leg PWR. Void fraction is the parameter that is used to know the characteristic of two-phase flow. By deciding the void fraction, it can be obtained some flow characteristics, i.e., calculate the speed of the pattern, calculate the length of the pattern, calculate the frequency of the pattern, and become the basis for calculating the pressure gradient.

Ali et.al, (1993) conducted a measurement of the void fraction by calculating the electrical conductivity in a flow. It was done by installing two pairs of electrodes on the inlet and outlet of the plate parallel with a gap between 0.778 mm - 1.465 mm. Void fraction was measured by comparing the ratio between two-phase gas-liquid flow electrical conductivity with single-phase liquid flow electrical conductivity. The result of the data will be converted into a void fraction.

Fukano and Kariyasaki, (1993) measured the void fraction by using the constant current method with calibration that using the model of small bubbly and large gas bubbly. The analysis on void fraction was done by determining the value of liquid film thickness that encircling the bubbly — the relationship between film thickness and gas superficial velocity (J_G) of streamflow in the horizontal pipe with a diameter of 1 mm, 2.4 mm, 4.9 mm and 9mm. Fukano and Kariyasaki, (1993) stated that the value of film thickness in those pipes increased when superficial gas velocity (J_G) is increasing. Otherwise, in the pipe with a diameter of 9 mm, the value of film thickness decreased when superficial gas velocity (J_G) is increasing. Moreover, the obtained data of the intermittent flow pattern can be well connected to the received data of an annular flow pattern. Fukano et.al., (1993) also studied the bubbly velocity that is determined by the equation of L_s / τ ; L_s is the axial length between two electrodes and τ is the interlude where the maximum value of cross-correlation comes from two output signal of void fraction. The error in calculating τ was caused by the frequency of the sample. The minimum interlude was 500 μ s. The worst error calculation occurred when bubbly velocity was at its highest speed.

Kawahara et.al., (2002) calculated void fraction in a pipe with a diameter of 100 μ m. When water fluid flows by low flow rate, it was recorded that the streamflow was dominated by water without air ($\epsilon = 0$), and gas core flow with a smooth liquid film. Meanwhile, in the high flow average, three kinds of flow were recorded, i.e., single-phase flow ($\epsilon = 0$), gas core flows with the smooth liquid flow ($\epsilon = 1$), and gas core flows with thick liquid film ($0 < \epsilon < 1$). From the study of Kawahara dkk (2002), it was found the graphic of void fraction.

Chung dan Kawaji, (2004) measured time-average void fraction in circular channel pipe with a diameter of $D = 50, 100, 250, \text{ and } 530 \mu\text{m}$. Also, square channel pipe with a diameter of 96 μm . These measurements were conducted by using figure analysis. The homogeneous flow model has suitability to the data of $D = 530 \mu\text{m}$. The data of $D = 250 \mu\text{m}$ is quite different from the homogeneous flow model, but it is appropriate to the correlation proposed earlier by Ali et.al., (1993) i.e., two-phase flow in narrow square channel pipe with $D_h \sim 1 \text{ mm}$: $\alpha = 0,8 \beta$ and $\beta = J_G / J_L$ which is known as volumetric quality. Based on the data of Chung dan Kawaji, (2004), it was shown that the square channel of 96 μm , 50 μm and 100 μm tend to be different to these correlations but there was no linear relationship between α and β .

Biksono, (2006) studied the characteristics and visualization of two-phase flow in the spiral pipe. The result of research showed that the friction coefficient of two-phase flow is more significant than the single-phase flow. Furthermore, transition flow is faster than two-phase flow, i.e., when Reynold number (R_e) was approx. 1600-1700. The effect of adding air velocity (u_g) variations causes an increase in the coefficient of friction.

Sudarja, (2015) studied the void fraction. The result indicated that the increase of J_G was affecting the void fraction except when J_G was in its lowest number. This phenomenon was because when J_G is low, bubble and plug flow pattern were the flow pattern that has occurred. From the homogeneous void fraction (β) vs. measured void fraction (ϵ or α), i.e., in the value of bubble flow pattern, all ϵ were higher than β . At the same time, in the plug flow pattern, ϵ were separated around the correlation line Ali et.al. ($\epsilon = 0,8 \beta$) and quite above the homogeneous line. It can be seen because, in the bubble and plug flow pattern, there is no slip. If there is a slip, it might be the slip ratio was close to 1. In the churn, plug-annular, (S-A), an annular (A) flow patterns, the value of ϵ was minimal, even some of them were below the correlation line (equivalent 2). It can be seen because there was a massive slip ratio. It means, gas velocity was bigger than water velocity.

One of the important factors of the study on determining void fraction in the micropipe by validating the previous reviews is by using a different method. The benefits of research are to know several characteristics of flow pattern, i.e., the velocity, the length and the frequency of bubbly and plug flow pattern. Also, to determine the prediction of transition flow pattern change. This research becomes the basis for the calculation of pressure decrease that can be used for further research on the pressure gradient.

RESEARCH METHOD

The installment equipment that is used in this research was provided in Figure 1. It can be seen in Figure 1 that there are three primary components, i.e., liquid reservoir fluid, water pump, air compressor, pressure vessel, test section, water trap, mixer, and connector. The used supporting equipment in this research is an optical correction, box, camera, computer, video processing system, and the acquisition system. The measurement equipment that were used is water flow meter, air flow meter, temperature indicator, thermocouple, pressure indicator, and pressure transducer. For streamflow video shooting, high-speed camera Nikon type J4 was used. The speed of the camera is 1200 fps, and the resolution of the camera is 640 x 480 pixel. The acquisition data of "National Instrument" were used for converting the data from analog to digital them; it might be recorded, saved, processed and analyzed in the computer. The condition of this research was adiabatic. The experiment was carried out with the superficial gas velocity (J_G) interval of 0.025 – 66.3 m/s, and the liquid superficial velocity (J_L) interval of 0.033 – 4.935 m/s.

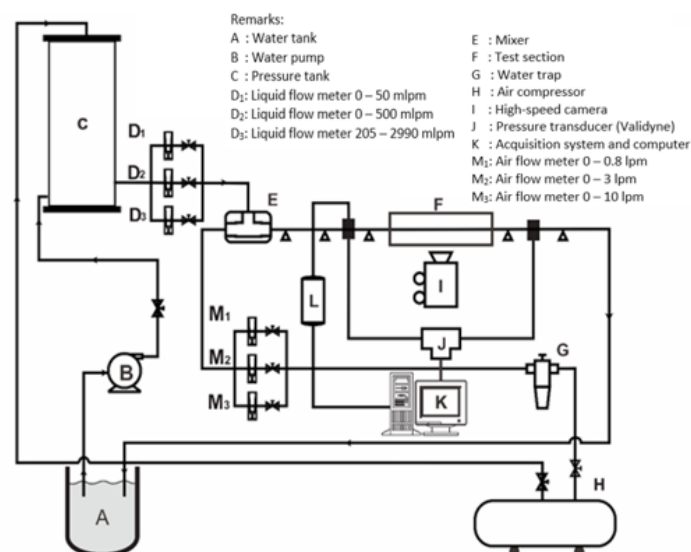


Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus

RESULT AND DISCUSSION

The research result in the micropipe with a slope of 5 degrees producing some types of flow pattern which each mixture contains 0%, 10%, 20%, and 30% glycerin. From the research of flow pattern, the flow patterns that were detected in the increase of glycerin percentage are bubbly, plug, slug annular, annular and churn flow pattern. The difference that occurs between several percentages of glycerin is the process of transition among flow patterns. The analysis of void fraction was conducted in the position of 26 pixels (6.879 mm) from the left inlet. The result of the time-average void fraction was then processed to determine the value of Probability Distribution Function (PDF) as the function of ϵ [-] (the value of void fraction).

Void Fraction for the Bubbly Flow Pattern

The bubbly flow pattern usually occurs by the presence of air bubbles in the form of small spheres floating around the boundaries of the pipe wall were shown in Fig. 2. This flow pattern was formed when superficial gas velocity (J_G) is low and liquid superficial velocity (J_L) is high. The bubbly flow pattern with the percentage mixture of 30% glycerin showed more frequency of occurrence than the percentage of 0%, 10%, and 20% glycerin. It because of the thickening of the liquid which results in heavy air to enter into the sidelines of the pipe.

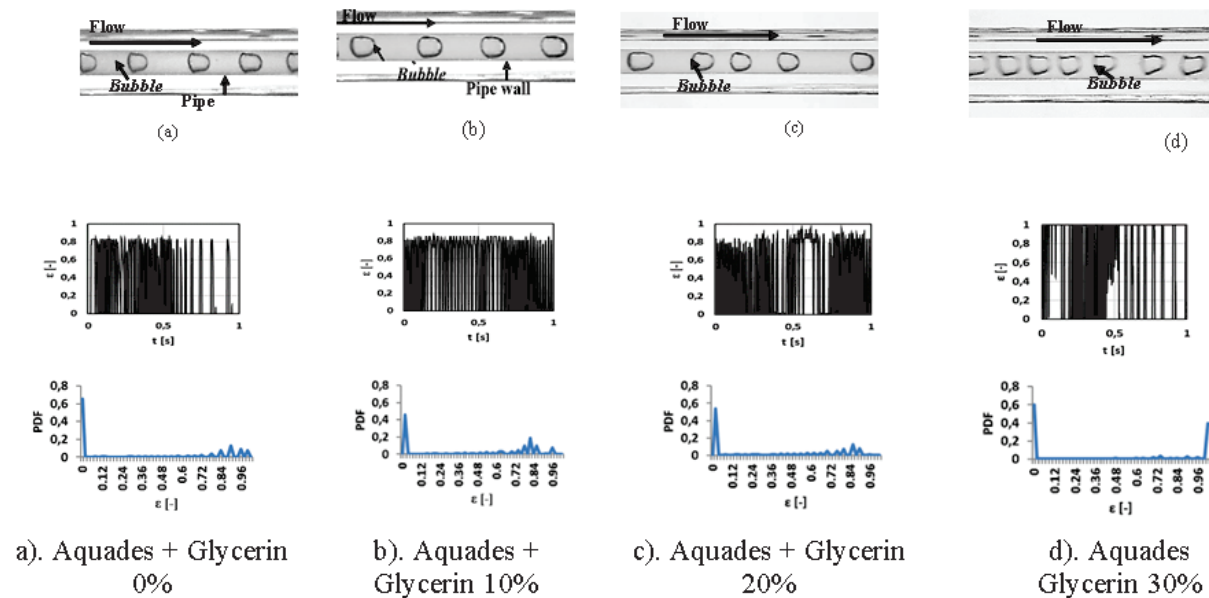


Figure 2. Bubbly flow pattern with $J_G = 0.025$ m/s and $J_L = 0.879$ m/s

Void Fraction for the *Plug* Flow Pattern

The *plug* flow pattern is often marked by the air bubbles which cover all the pipe wall with various lengths of flow pattern, shown in Fig.3. It shows that the plug diameter is similar to the mini pipe diameter. Based on the phase, the plug flow pattern is divided into two, namely air *plug* and water *plug*. *Plug* is the flow pattern which is, based on its shape, categorized as lengthwise *bubbly* flow (*elongated bubbly*).

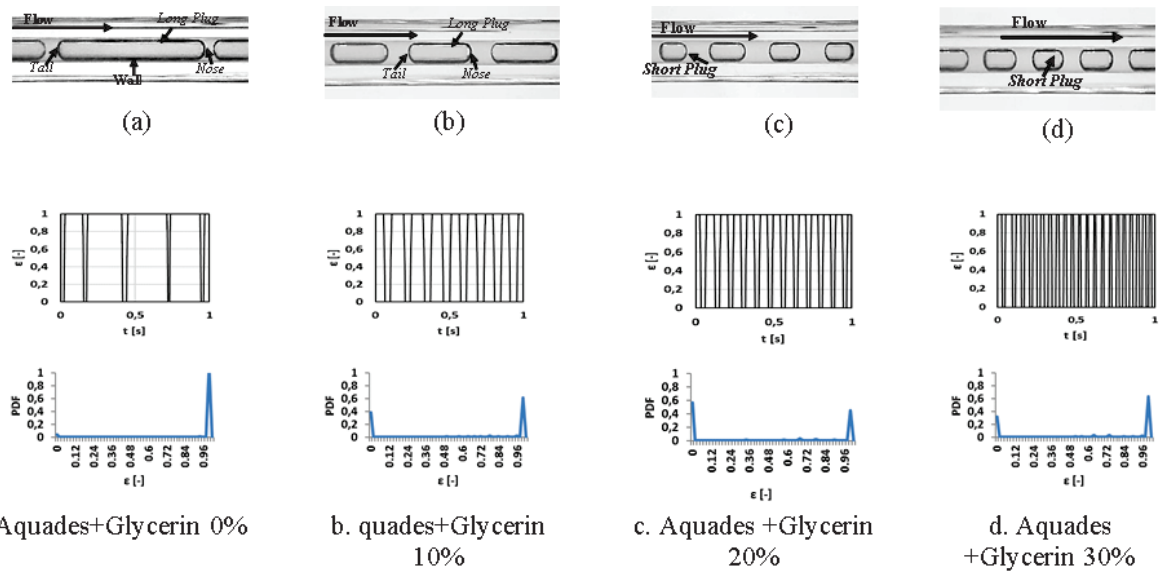


Figure 3. *Plug* flow pattern with $J_G = 0.025$ m/s and $J_L = 0.033$ m/s

Void Fraction for the *Slug-Annular* Flow Pattern

The *slug-annular* flow pattern is a transition pattern from plug pattern to be an annular pattern. This flow pattern has a structure that the liquid phase is distributed symmetrically on the pipe wall, but on the certain points, there is more liquid film layer which is thicker than on other points. It is because the air when the J_G is increasing the air is trying to penetrate the liquid bridge that separates the air from the plug flow. Thus, the appearance of the liquid film layer is thicker as shown in Fig. 4.

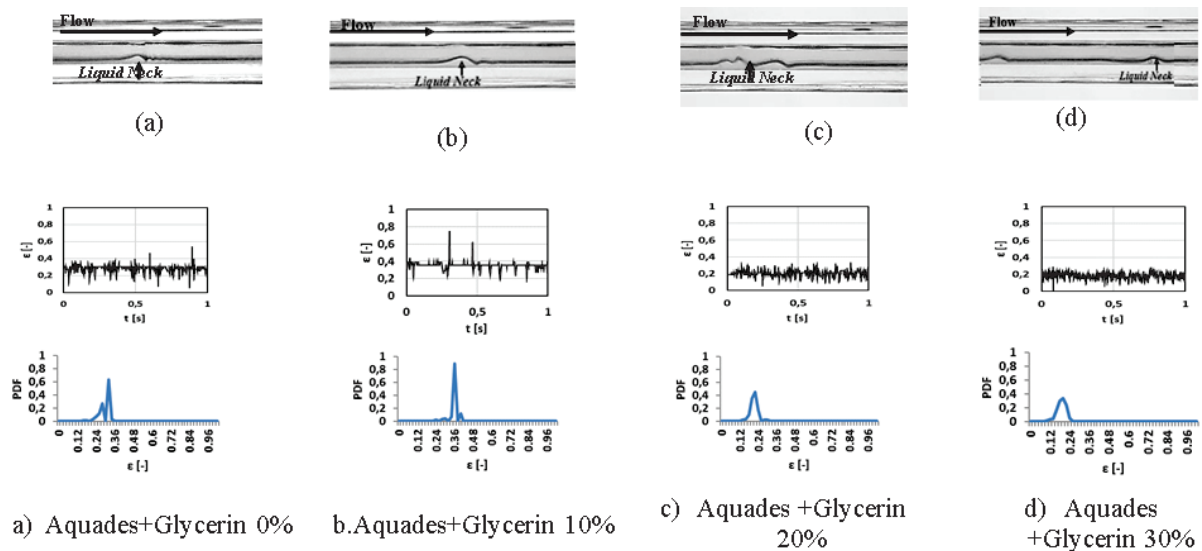
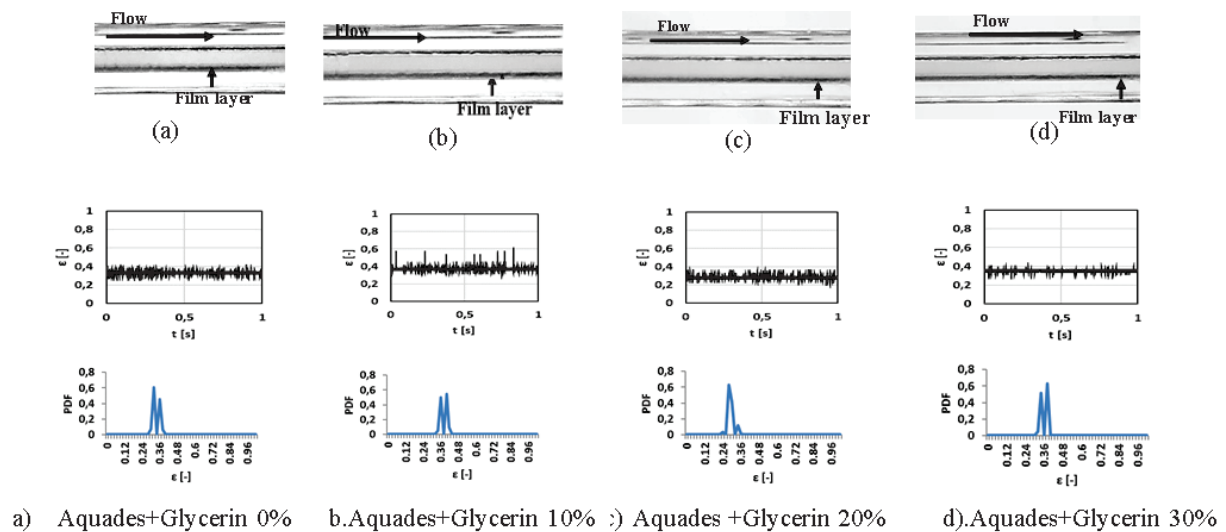


Figure 4. *Slug-annular* flow pattern with $J_G = 9.62$ m/s and $J_L = 0.033$ m/s

Void Fraction for the *Annular* Flow Pattern

The *annular* flow pattern is a flow where the high gas superficial velocity (J_G) and low liquid superficial velocity (J_L) resulted in the air penetrate the middle part of the liquid film layer thus, pushing the liquid film layer evenly and symmetrically distributed on the pipe wall section. It

is caused by the gas phase that goes through the middle of the water phase. The annular pattern can also be called the continuation of the slug-annular flow pattern as shown in Fig. 5.



Void Fraction for the *Churn* Flow Pattern

The *churn* flow pattern is formed when the high gas superficial velocity (J_G) and a quite high liquid superficial velocity (J_L) have a quite big difference. This flow pattern includes in a very unstable pattern on the tail side so that there is a distorted part as shown in Fig. 6.

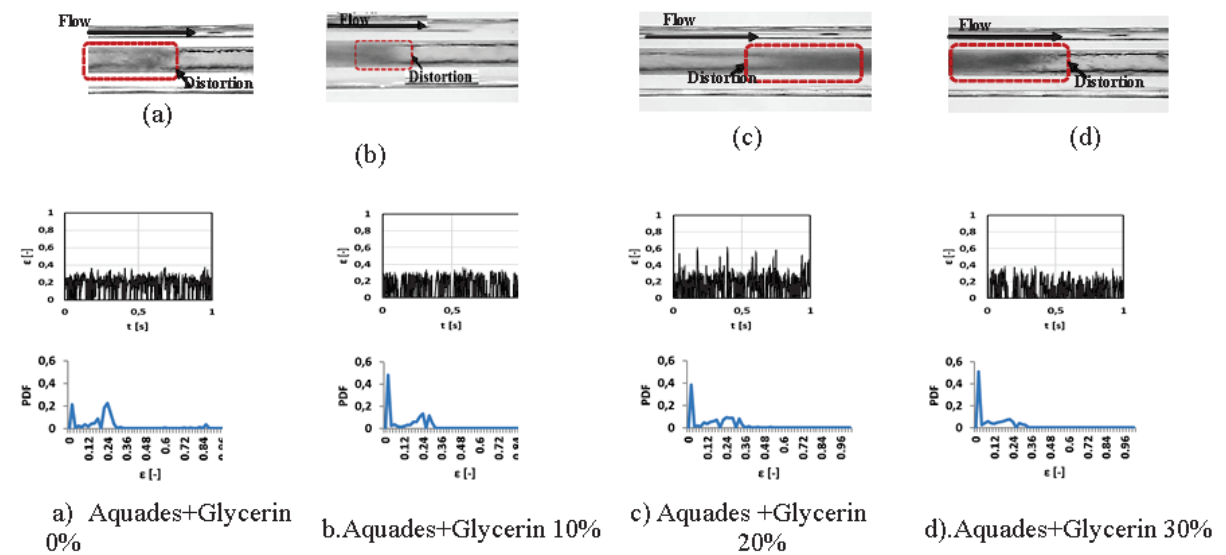


Figure 6. *Churn* flow pattern with $J_G = 0.025$ m/s and $J_L = 2.297$ m/s

Cross-Correlation of Bubbly and Plug Flow

The velocity of *bubbly* and *plug* can be found by deciding the time range in which the movement between *bubbly* and *plug* is in a meeting point of reference to another reference. Figure 7 shows the value of *cross-correlation bubbly*, while Figure 8 shows the value of *cross-correlation plug*. Figure 7 and 8 show the fluctuating graphic where there is a value from *cross-correlation* at the time lag. The highest peak explains the time lag of the cross-correlation results.

Then, the value of the bubbly and plug velocity is calculated from the difference in distance between the two references divided by the time lag produced by the *cross-correlation* graph. If the viscosity increases, the velocity of the bubbly and plug will decrease. This is because the air is increasingly difficult to enter into the mixed pipe flow of glycerine and aquades with increased viscosity.

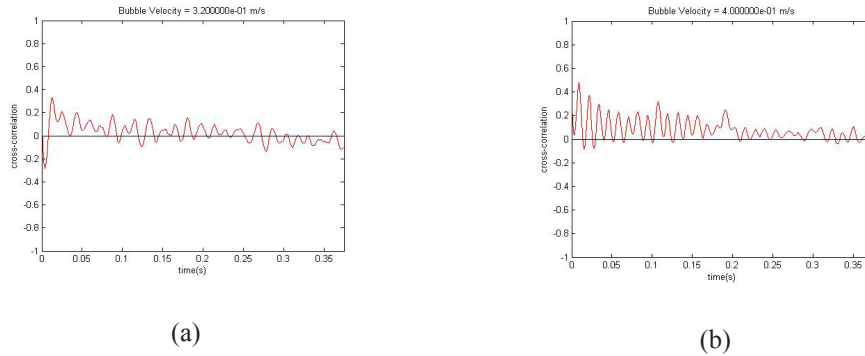


Figure 7. Cross-correlation bubbly at (a) $J_G = 0.025$ m/s, $J_L = 0.879$ m/s, and (b) $J_G = 0.066$ m/s, $J_L = 0.879$ m/s

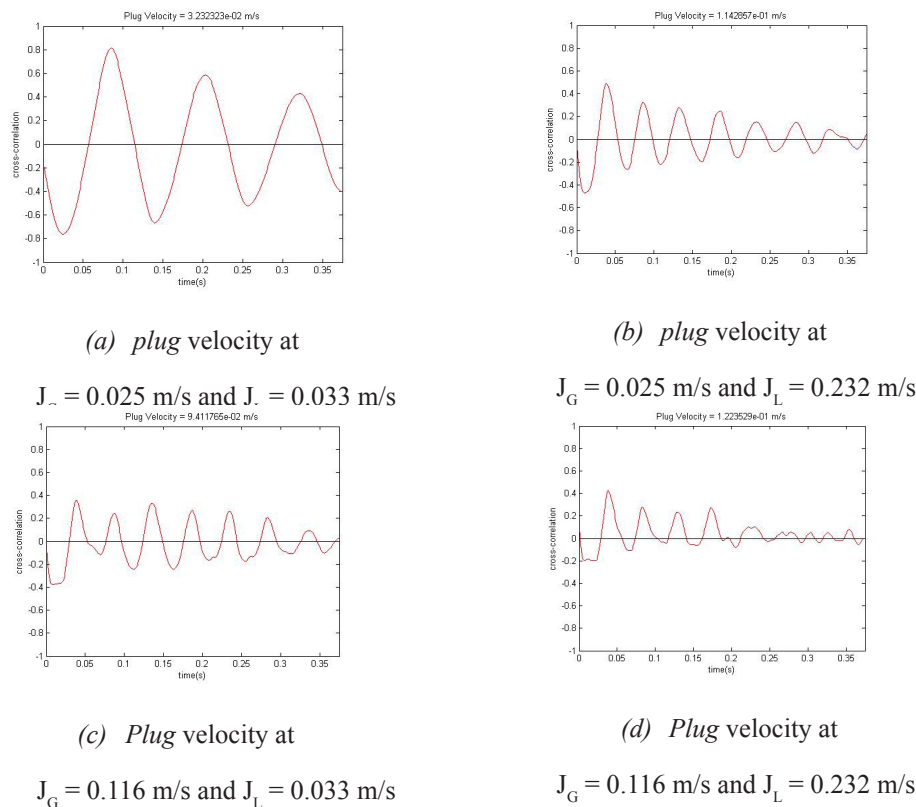


Figure 8. Cross-correlation plug

The Velocity of *Bubbly* and *Plug*

The velocity of the *bubbly* and *plug* flow pattern is described in the form of a graphic as shown in Figure 9. This graphic is made by add up the velocity of the bubbly and plug with the total volumetric flux in which $J_T = (J_G + J_L)$. The velocity graph of bubbly and plug will decrease if the viscosity and fluid variables increase. Generally, it can be concluded that the greater the

total value $(J_G + J_L)$ m / s, the greater the velocity of bubbly and plug.

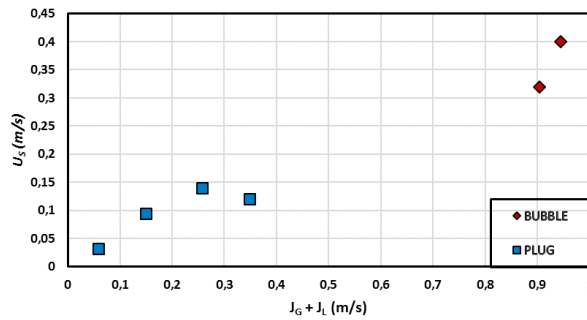


Figure 9. bubbly and plug velocity

The Length of Bubbly and Plug

Figure 10. shows the long graph of *bubbly* and *plug* obtained by manual calculation for one second and its average is determined to be the length value of bubbly and plug. After the average length ($\Delta t = t_2 - t_1$) and the velocity obtained from the result of *cross-correlation* (v) are known. Thus, the value of the length of bubbly and plug by calculating ($L = \Delta t \cdot v$) can be obtained. Based on figure 10, if the homogenous value (β) is getting higher, the lengths of *bubbly* and *plug* increase. The result of the research is that the *bubbly* which is produced is smaller than the pipe diameter and usually begins with the appearance of a long plug followed by a short plug which can affect the average length of the bubbly and plug.

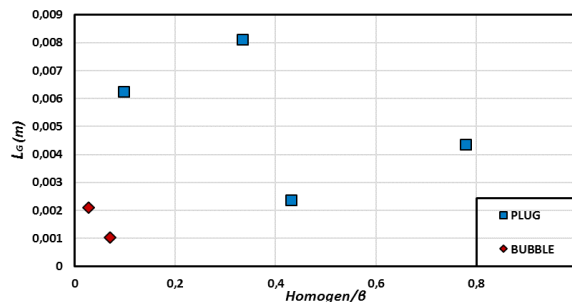


Figure 10. The length of bubbly and plug

The Frequency of Bubbly and Plug

Figure 11 shows the long graph of *bubbly* and *plug* obtained with the manual calculation method. The higher the value of (J_G) and (J_L) , the frequency obtained will appear more and more. The increase of the *bubbly* and *plug* frequency is influenced by liquid superficial velocity (J_L) . It can be concluded that the bigger the value of (J_L) the more and more bubbly and plugs are produced.

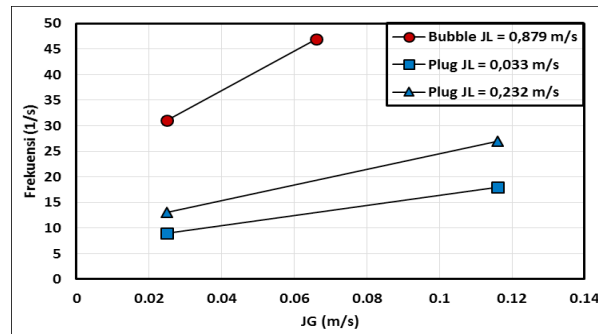


Figure 11. The Frequency of *bubbly* and *plug*

CONCLUSION

Characteristics of the void fraction value of each flow pattern are as follow. The void fraction value of the *bubbly* flow pattern is usually begun with *plug* flow pattern resulting in the increase of the void fraction value drastically in a certain period. In the *plug* flow pattern, the void fraction value reaches the value of one because the long plug which fills the test section of the pipe. In the *slug-annular* flow pattern, there is a decrease in the void fraction value. It is because the liquid neck that appears in certain points on the test section. The void fraction value of the annular flow pattern is usually stable because there is no significant decrease and increase. In the *churn* flow pattern, the void fraction value has a fluctuating value. If J_G is getting higher, the void fraction value which is obtained increases. On the other hand, if the J_L is getting higher, the void fraction decreases.

Velocity, length, and the frequency of *bubbly* and *plug* can be concluded as follow: The flow pattern of *bubbly* and *plug* is strongly influenced by its fluid viscosity. It is because if the higher the fluid viscosity, the velocity of the *bubbly* and *plug* flow pattern decreases. On the other hand, if the viscosity decreases, the velocity of the *bubbly* and *plug* flow pattern increases. The length of *bubbly* and *plug* flow pattern is influenced by the higher homogenous value (β). Thus, the length of the pattern increases. Besides the homogenous influence, the length of *bubbly* and *plug* pattern is influenced by the value of J_G and J_L value that is produced. The frequency of the appearance of *bubbly* and *plug* is quite high. It causes the void fraction value which is produced increases.

ACKNOWLEDGEMENT

The Ministry of Higher Education, Research and Technology of Indonesia Republic (Grant PDUPT) and the Universitas Muhammadiyah Yogyakarta financially supported this research

REFERENCE

- [1] Ali, M.I., Sadatomi, M., Kawaji, M., 1993. Two-phase flow in narrow channels between two flat plates. *Can. J. Chem. Eng.*, Vol. 71, pp. 657–666.
- [2] Biksono, Damawidjaya. 2006. “Karakteristik dan Visualisasi Aliran Dua Fasa Pada Pipa Spiral”. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra*. 8(2): 69-74.
- [3] Chung, P.M.-Y., Kawaji, M., 2004. The Effect of Channel Diameter on Adiabatic Two-Phase Flow Characteristics in The Microchannel. *Int. J. Multiphase Flow*, Vol. 30, pp. 735-761.
- [4] Fukano, T., Kariyasaki, A., 1993, Characteristic of Gas-Liquid Two-Phase Flow in a Capillary Tube, *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 141, pp. 59-68.

- [5] Kawahara, A., Chung, P.M.Y., Kawaji, M., 2002, Investigation of Two-Phase Flow Pattern, Void Fraction and Pressure Drop in a Microchannel, *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 28, pp. 1411-1435.
- [6] Mayor, T.S., Pinto, A.M.F.R., Campos, J.B.L.M., 2007, An Image Analysis Technique for The Study of Gas-Liquid Slug Flow along Vertical Pipes – Associated Uncertainty, *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol 18, pp. 139-147.
- [7] Montoya, G.A., Deendarlianto, Lucas, D., Hohne, T., Vallee, C., 2012. Image Processing Based Study of Interfacial Behavior of the Countercurrent Gas-Liquid Two-Phase Flow in Hot Leg of a PWR. *Science and Technology of Nuclear Installations*, Vol. 2012, pp. 1-10.
- [8] Sudarja, Deendarlianto, Indarto, Haq. A., 2015, Experimental study on the void fraction of air-water two-phase flow in a horizontal circular mini-channel
- [9] Triplett K.A., Ghiaasiaan, S.M., Abdel-Khalik, S.I., Sadowski, D.I., 1999, Gas-Liquid Two-Phase Flow in Microchannels Part II: void fraction and pressure drop, *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 25, pp. 395-410.
- [10] Wallis, G. B., 1969, One-Dimensional Two-Phase Flow, *McGraw-Hill, New York*.

PENGARUH JENIS BIOMASSA PADA PEMBAKARAN PIROLISIS TERHADAP KARAKTERISTIK DAN EFISIENSIBIOARANG - ASAP CAIR YANG DIHASILKAN

Kemas Ridhuan, Dwi Irawan, Yulita Zanaria, Fendi Firmansyah
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.

*Email: kmsridhuan@yahoo.co.id - dwi_irawan12@yahoo.co.id
yulitazanaria13@gmail.com -Fendifirmansyah070@gmail.com*

ABSTRAK

Pirolisis merupakan proses pembakaran dengan menggunakan sedikit atau tidak ada udara. Produk yang dihasilkan dalam pembakaran pirolisis yaitu arang dan asap cair. Untuk mendapatkan hasil produk yang baik sangat dipengaruhi oleh suhu, waktu dan biomassa. Berbagai jenis biomassa yang sudah diteliti namun masih cukup banyak berbagai jenis biomassa yang memang belum dan perlu diteliti lebih lanjut. Beberapa karakteristik biomassa yaitu keras, porositas, besar butir dan massa jenis. Faktor ini yang dapat mempengaruhi proses pembakaran dan akhirnya hasil produk pirolisis yang didapat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis biomassa pada pembakaran pirolisis terhadap karakteristik dan efisiensi dari hasil bio-arang dan asap cair yang di dapatkan dari masing-masing biomassa. Metode penelitian yang dilakukan yaitu memvariasikan bahan jenis biomassa pada pembakaran pirolisis dengan jenis kayu jengkol, kayu rengas dan kayu jati putih. Biomassa dibakar di dalam reaktor dengan pembakaran langsung dan asap cairnya didinginkan dikondensor. Didapat data nilai kalor, kadar abu, kadar air terbanyak, dan untuk asap cair didapat data asam asetat dan nilai pH. Hasil penelitian menunjukkan nilai kalor terbaik pada jenis kayu rengas yaitu sebesar 6673,82 cal/g, dan nilai kalor terendah adalah jenis kayu jati putih yaitu sebesar 5728,89 cal/g. Untuk kadar air tertinggi terdapat pada jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 42,22 % dan untuk kadar air terendah yaitu jenis kayu jengkol yaitu sebesar 10,18 %. Untuk kadar abu tertinggi adalah jenis kayu jengkol yaitu sebesar 50,96 % dan kadar abu terendah adalah jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 5,35 %. Efisiensi hasil arang tertinggi pada kayu jati putih yaitu 28% Jumlah asap cair yang dihasilkan tertinggi kayu rengas yaitu 86 ml dan terendah kayu jati putih yaitu sebesar 34 ml.

Kata kunci: *pembakaran, pirolisis, biomassa, arang, asap cair.*

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan bahan bakar organik yang terbentuk dari zat-zat organik yang disusun oleh tumbuh-tumbuhan melalui proses fotosintesis (dengan bantuan energi matahari). Biomassa meliputi limbah kayu, limbah pertanian, perkebunan, hasil hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Beberapa kandungan unsur kimia yang biasa terdapat. antara lain: zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), zat lemak atau nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Karena sifatnya yang menguntungkan yaitu dengan memanfaatkannya secara lestari dan mudah di perbaharui. Sumber energi biomassa memiliki beberapa kelebihan dibandingkan

energi fosil. Selain sifatnya dapat diperbaharui secara terus menerus juga lebih ramah terhadap lingkungan.

Energi biomassa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi (fosil) yaitu dengan cara mengubahnya menjadi bio-arang yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia menggunakan pemanasan dengan atau tanpa menggunakan oksigen dalam pembakarannya.

Produk yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis adalah berupa bio-arang dan asap cair. Bio-arang dihasilkan dari pembakaran di reaktor memiliki kualitas nilai kalor yang lebih baik. Dengan pengolahan biomassa tersebut menjadi bioarang pirolisis dapat meningkatkan nilai jual produk tersebut menjadi lebih baik.

Selain itu proses pirolisis juga menghasilkan produk yaitu asap cair yang terjadi di proses pengembunankondensor. Asap cair merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu yang dikondensasikan menjadi asap cair. Hasil asap cair yang dapat merupakan bahan pengawet produk makanan alami yang lebih aman.

KAJIAN PUSTAKA

Biomassa

Biomassa merupakan bahan bakar organik yang terbentuk dari zat-zat organik yang disusun oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Biomassa diklasifikasikan ke dalam bahan bakar padat yang memiliki unsur kimia antara lain: zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia.

Menurut Hornell, (2001) bahwa komponen dari biomassa sendiri sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Persentase dari ketiga unsur tersebut adalah selulosa 40-45% (untuk tumbuhan kasar dan halus), lignin 25-35% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar), hemiselulosa 20% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar). Beberapa jenis biomassa yang digunakan pada penelitian ini yaitu kayu jengkol, kayu rengas dan kayu jati putih, biomassa ini memiliki kandungan selulosa, lignin dan pentosan yang cukup baik.

Pembakaran.

Proses pembakaran dimulai dengan reaksi fase gas, reaksi permukaan atau keduanya di ikuti dengan proses-proses lain selama peleburan, penguapan dan pirolisis. Dalam reaksi pembakaran sebenarnya, fenomena yang kompleks seperti penguapan, campuran, difusi, konveksi, konduksi panas, radiasi, dan lumenensi, akan terjadi pada kecepatan yang sangat tinggi.

Pembakaran dengan biomassa dapat mencapai suhu yang cukup tinggi, menurut Ridhuan (2015) pembakaran dengan bahan biomassa kulit kelapa muda dapat mencapai suhu 430°C dengan waktu 80 menit dan bahan biomassa kulit durian dapat mencapai suhu pembakaran 443°C dengan waktu 90 menit.

Pirolisis.

Pirolisis adalah proses *dekomposisi* suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Produk utama dari pirolisis yang dapat dihasilkan adalah arang (char), minyak, dan gas.

Menurut Wijayanti (2013) hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (charcoal/arang), gas (fuel gas) dan cairan (bio-oil). Dan umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu

di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Temperatur pirolisis untuk mereduksi sampah dicapai secara optimal pada 300°C. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, tipe pirolisis.

1. Arang

Arang adalah gumpalan karbon hitam yang dihasilkan dari pembakaran arang biasanya didapatkan dari memanaskan atau pembakaran kayu, sampah, ataupun benda padat lainnya. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batu bara terdiri dari 85% sampai 98% karbon sisanya adalah benda kimia lainnya.

Karakteristik arang meliputi nilai kalor, kadar abu, kadar air. Menurut Fadillah (2015) Interaksi suhu dan waktu pirolisis sangat berpengaruh nyata terhadap rendemen tar dan arang. Proses ini juga dipengaruhi oleh bahan biomassa, karena akan menentukan kualitas dari arang karbon yang dihasilkan, seperti kekerasan dan kandungan kimia lainnya.

2. Asap Cair.

Asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain.

Asap cair merupakan penguraian dari senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam bahan baku sewaktu proses pembakaran pirolisis. Menurut Ratnawati (2010) bahwa hasil maksimum bio-oil (47,3%) dapat diperoleh dan bekerja pada tingkat menengah untuk suhu operasi (500°C). Suhu merupakan faktor yang paling penting, memiliki efek positif yang signifikan terhadap produk hasil bio-oil. Semakin tinggi temperatur pirolisis yang diberikan maka produk padatan (*Char*) yang dihasilkan semakin sedikit.

3. Kondensasi.

Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda dari uap ke wujud cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan pada suatu tempat. Kondensasi merupakan proses yang menentukan untuk mendapatkan hasil asap cair yang optimal.

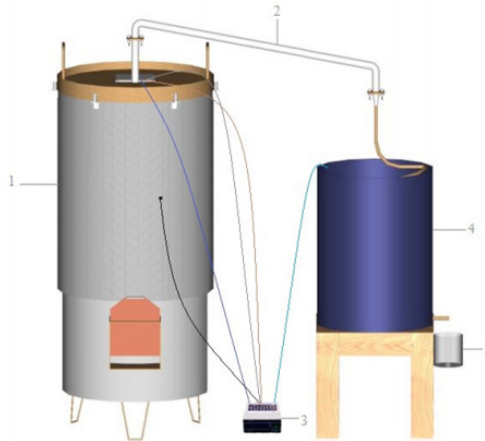
Berdasarkan Mappiratu (2009) bahwa peralatan destilator-pirolisis dan waktu pembakaran berpengaruh terhadap rendemen asap cair yang dihasilkan. Penggunaan model E dan waktu pembakaran 2,5 jam menghasilkan asap cair dengan rendemen tertinggi, yakni 6,03 %. Model peralatan destilator-pirolisis tidak berpengaruh terhadap kadar fenol, karbonil, asam asetat dan keasaman asap cair yang dihasilkan. Asap cair sabut kelapa mengandung fenol 3,03 %, karbonil 10,26 % dan asam asetat 9,22 %.

METODE PENELITIAN

Bahan biomassa yang digunakan yaitu kayu jengkol, kayu rengas dan kayu jati putih. Kapasitas biomassa yang dimasukkan kedalam reaktor sebanyak 30 kg. proses pembakaran yang digunakan yaitu pembakaran langsung.

Proses pengujian : biomassa dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian biomassa tersebut dibakar, setelah itu tutup reaktor. Hubungkan reaktor dan kondensor dengan pipa aliran. Asap cair akan keluar pada ujung kondensor, tunggu hingga selesai yaitu asap cair tidak menetes lagi. Setelah itu ukur bio-arang dan asap cair yang didapat.

Uji lab bio-arang dan asap cair dilakukan di lab polinela untuk mengetahui nilai kalor, kadar air, kadar abu dan asam asetat.



Gambar 1. Rangkaian ReaktorPirolisis

Keterangan Gambar :

1. Reaktor
2. Pipa penghubung
3. Termokopel
4. Kondensor
5. Wadah asap cair

HASIL DAN PEMBAHASAN.

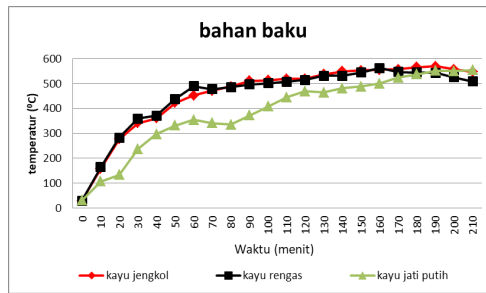
Data hasil pengujian yang didapat untuk berbagai jenis bahan biomassa, terhadap waktu, suhu, kadar air, kadar abu, asam asetat, nilai kalor dan lainnya, yaitu :

Tabel 1. Hasil pengujian di Reaktor

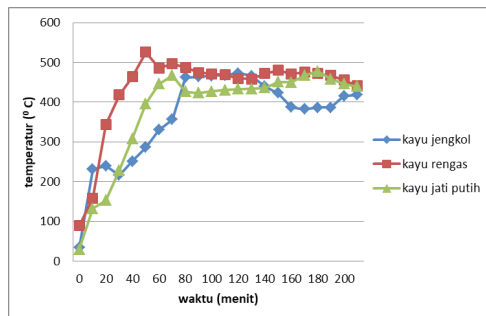
Jenis Biomassa	Waktu (menit)	Suhu Gas asap	Suhu Api Bio
Kayu Jengkol	190	473	570
Kayu Rengas	180	563	526
Kayu Jati Putih	170	554	478

Tabel 2. Hasil Lab kimia

Jenis Biomassa	Kalori (cal/g)	Air (%)	Abu (%)	Efisiensi Arang (%)
Kayu Jengkol	7475,87	10,16	50,96	25
Kayu Rengas	7631,87	38,70	15,85	20
Kayu Jati Putih	6341,70	42,22	5,35	28



Gambar 2. Grafik suhu Api tiap biomassa



Gambar 3. Grafik suhu Gas-Asap tiap biomassa

Berdasarkan gambar 2 di atas yaitu grafik suhu pada api biomassa terlihat bahwa perubahan suhu tiap biomassa memiliki kecenderungan yang sama. Suhu tertinggi hampir sama terjadi pada biomassa kayu jengkol dan rengas. Dimana suhu terus naik dari awal hingga pada menit ke 60 suhu mencapai 500°C. Setelah itu suhu cenderung konstan hingga mencapai suhu tertinggi 570°C. Hal ini dikarenakan biomassa kayu jengkol dan rengas memiliki tekstur yang hampir sama yaitu lunak dan berserat, dimana pembakarannya akan sangat mudah terjadi. Berbeda dengan kayu jati putih suhunya lebih kecil karena kayunya sedikit keras sehingga pembakarannya akan sedikit susah. Proses pengembunan asap cair hingga pada menit ke 210, karena asap cair sudah tidak keluar lagi.

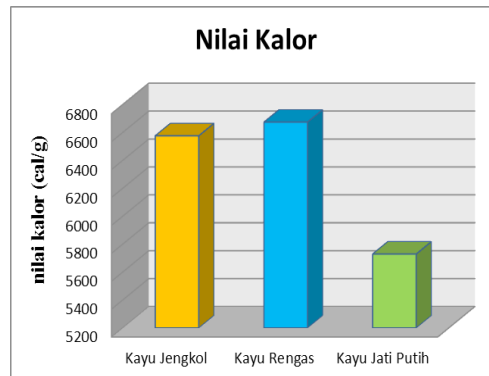
Kemudian pada gambar 3, Grafik suhu pada gas-asap pembakaran biomassa, terlihat bahwa kecenderungannya hampir sama ke biomassa tersebut. Suhu tertinggi pada gas asap kayu rengas yaitu 563°C dan yang rendah gas asap kayu jengkol. Asap tersebut didinginkan di kondensor dan menjadi cairan.

Tabel 3. Jumlah Arang yang di hasilkan tiap biomassa.

Jenis Biomassa	Biomassa Awal (Kg)	Setelah menjadi Arang (Kg)
Kayu Jengkol	10	2,5
Kayu Rengas	10	2
Kayu Jati Putih	10	2,8

Tabel 4. Jumlah Asap cair yang dihasilkan tiapbiomassa

Jenis Biomassa	Jumlah asap cair (ml)
Kayu jengkol	78
Kayu rengas	86
Kayu jati putih	34



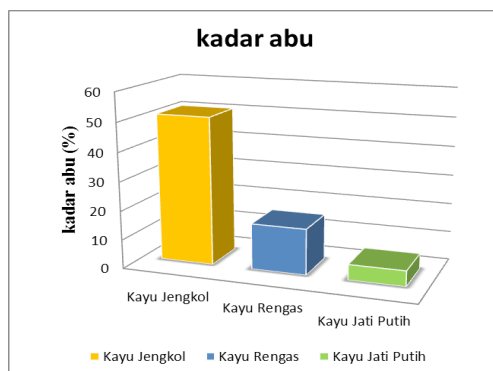
Gambar 4. Grafik Nilai Kalor tiap biomassa

Pada tabel 4, jumlah asap cair yang dihasilkan bahwa untuk jenis kayu rengas memiliki hasil asap cair yang lebih banyak yaitu 86 ml dibandingkan kayu jati putih 34 ml. Ini sesuai dengan suhu pembakaran yang terjadi seperti pada gambar 3, bahwa semakin tinggi suhu pembakaran maka hasil asap cairnya juga akan lebih banyak. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wibowo (2012) bahwa Rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 500°C, selama 7 jam yaitu sebesar 48,8% dan yang terendah diperoleh pada perlakuan suhu 200°C selama 5 jam. Terdapat kecenderungan semakin tinggi suhu dan lama waktu pirolisis, asap cair yang dihasilkan semakin tinggi.

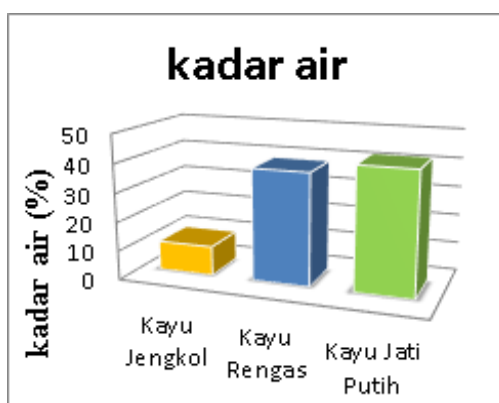
Pada gambar 4 nilai kalor biomassa terlihat bahwa kayu rengas memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 6673,82 cal/gr, dan nilai kalor terendah terdapat pada jenis kayu jati putih yaitu 5728,89 cal/gr. Dari sini terlihat bahwa ada pengaruh suhu terhadap nilai kalor bio-arang. Hasil ini sesuai dengan penelitian Saparudin (2015) nilai kalor briket bioarang tertinggi yaitu 4252,67 kal/gr ditunjukkan pada temperatur pirolisis 275°C sedangkan, untuk nilai kalor terendah 3821,33 kal/gr pada temperatur 225°C. Dengan kenaikan temperatur dan pengaturan aliran partikel biomassa maka semakin banyak ikatan baik antar atom C maupun atom C dengan H, O yang terputus maka kadar C (arang) semakin murni maka nilai kalor juga semakin tinggi.

Peningkatan nilai kalor arang yang beriringan dengan peningkatan suhu pirolisis dapat diakibatkan karena peningkatan suhu pirolisis meningkatkan penguapan volatile matter sehingga mengakibatkan penurunan kadar air dan menyisakan karbon pada arang sehingga berakibat pada peningkatan nilai kalor arang tersebut. Penurunan nilai kalor arang pada kayu jati putih, ini terjadi karena volatile matter yang terkandung mengalami devolatilisasi lanjutan dan lebih banyaknya lignin yang terdekomposisi.

Penentuan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam dalam arang. Dari gambar 5 kadar abu, di ketahui bahwa kadar abu terbanyak terdapat pada jenis kayu jengkol yaitu 50,96 % dan kadar abu terendah terdapat pada jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 5,35 %. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya suhu dan waktu karbonisasi maka kadar abu yang terkandung akan semakin tinggi. Dan sesuai karena kayu jengkol memiliki suhu pembakaran yang lebih tinggi dibanding biomassa yang lain.

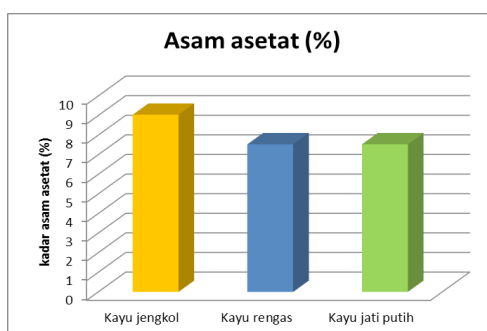


Gambar 5. Grafik Kadar Abu tiap biomassa



Gambar 6. Grafik Kadar Air Arang tiap biomassa

Pada gambar 6 mengenai kadar air, kayu jengkol memiliki kadar air yang lebih kecil yaitu 10,16 %, dibanding kayu jati putih yaitu 40,22%. Hal ini sesuai bahwa semakin lama waktu pembakaran maka kadar air pada bio-arang akan semakin banyak. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu karbonisasi, maka pori - pori dari arang akan makin terbuka, terjadi kontak langsung antara arang yang bersifat higroskopis dengan udara sehingga arang banyak menyerap uap air. Dan juga pada suhu pembakaran, semakin tinggi suhu maka kadar air yang ada semakin sedikit, karena sebagian besar kadar air tersebut akan teruapkan ke udara.

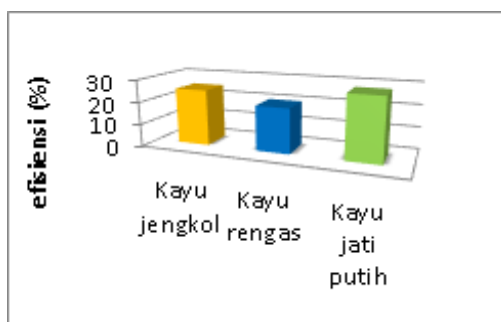


Gambar 7. Grafik Kadar Asam Asetat Asap Cair tiap biomassa

Dari gambar 7, grafik kadar asam asetat, terlihat bahwa kandungan asam asetat terbanyak yaitu pada jenis kayu jengkol yaitu sebanyak 8,64% dan untuk kayu jati putih dan rengas hamper sama yaitu 7,15%. Hasil pengamatan kadar asam asap cair sebelum distilasi menunjukkan bahwa asap cair memiliki kadar asam yang lebih kecil pada suhu pembakaran yang lebih tinggi.

Perbedaan jumlah kadar asam ini dikarenakan asam organik yang dihasilkan dari dekomposisi komponen hemiselulosa dan selulosa mengalami proses pirolisis pada suhu pembakaran dibawah 300°C. Asap cair pada suhu pembakaran 500°C memiliki kadar asam yang lebih rendah karena menurut Maga (1988) pada suhu pembakaran diatas 300°C senyawa-senyawa fenol, guaikol, siringol telah terdekomposisi dari lignin sehingga mempengaruhi kadar asam dari asap cair.

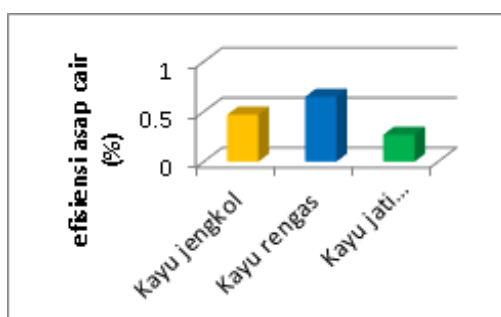
Efisiensi Arang (%)



Gambar 8. Grafik Efisiensi hasil Arang tiap Biomassa

Dari gambar 8, grafik hasil arang di ketahui bahwa efisiensi biomassa terbaik yaitu pada jenis kayu jati putih yaitu 28% dan untuk efisiensi terendah yaitu pada jenis kayu rengas yaitu sebanyak 20%, dikarenakan suhu pembakaran yang merata dan konstan akan mengoksidasi bahan padatan biomassa menjadi arang akan lebih baik dan teratur atau terukur bertahap. Sesuai bahwa kayu jati putih dengan suhu pembakaran kecil dibanding kayu rengas. Kemudian laju pembakaran yang lebih lambat dan suhu perlakuan yang rendah. Kenaikan temperatur pirolisis menyebabkan kehilangan massa semakin besar sehingga faktor penyusutan juga semakin besar. Faktor penyusutan juga merupakan akibat proses dekomposisi thermal yang terjadi pada biomassa.

Efisiensi Asap Cair (%)



Gambar 9. Grafik Efisiensi Asap Cair tiap biomassa

Dari Gambar 9, grafik efisiensi asap cair terlihat bahwa hasil tertinggi ialah pada jenis kayu rengas yaitu sebanyak 0,65% dan untuk efisiensi asap cair terendah adalah pada jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 0,27 %. Semakin tinggi suhu dan lama waktu maka semakin banyak asap cair yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahwa semakin lama waktu pembakaran maka semakin banyak asap yang berproduksi dan semakin tinggi suhunya maka akan semakin banyak padatan biomassa yang teroksidasi dan terurai menjadi asap dan pada gilirannya menjadi cairan.

KESIMPULAN.

1. Karakteristik arang
 - a. Nilai kalor tertinggi yaitu kayu rengas yaitu sebanyak 6673,59 cal/g
 - b. Kadar air tertinggi yaitu pada jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 42,22 %.
 - c. Kadar abu tertinggi adalah jenis kayu jengkol yaitu 50,96 %.
2. Karakteristik asap cair.
 - a. Asap asetat tertinggi terdapat pada jenis kayu jengkol yaitu sebanyak 9,04 %
 - b. massa jenis asap cair tertinggi terdapat pada jenis kayu jati putih yaitu sebanyak 0,79 g/ml
3. suhu tertinggi yang di hasilkan pada biomassa adalah pada kayu jengkol suhuyaitu 570°C, dan untuk kayu rengas adalah 526°C, dan untuk jati putih adalah 478°C.
4. Efisiensi hasil arang dari biomassa tertinggi terdapat pada jenis kayu jati putih yaitu 28% dan untuk efisiensi asap cair tertinggi adalah jenis kayu rengas yaitu 0,65 %.
5. Jumlah asap cair yang dihasilkan tertinggi kayu rengas yaitu 86 ml dan terendah kayu jati putih yaitu sebesar 34 ml.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang sudah mendukung penelitian ini dalam program Penelitian Strategi Nasional Nomor : 2108/SP2H/K2/KM/2018. Dan tidak lupa pula kepada Rektor Universitas Muhammadiyah Metro serta Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Metro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fadillah, Haris., Alfarty, Alivia., 2015, The Influence Of Pyrolysis Temperature And Time To The Yield And Quality of Rubber Fruit (*Hevea brasiliensis*) Shell Liquid Smoke, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”* ISSN 1693-4393, Yogyakarta.
- [2] Hornell, C., 2001, “Thermochemical and Catalytic Upgrading in a Fuel Context: Peat, Biomass, and Alkenes”, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Thechnology, Stockholm
- [3] Maga, J.A. 1988. Smoke in Food Processing. CRC Press, Florida.
- [4] Mappiratu, 2009. Kajian Teknologi Produksi Asap Cair Dari Sabut Kelapa, *Media Litbang Sulteng 2 (2)*, ISSN: 1979-5971. Hlm. 104–109
- [5] Ratnawati, Hartanto, Singgih, 2010, Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Asap Cair, *Indonesian Journal Of Materials Science*, Vol. 12, No. 1, Hal : 7 – 11 Issn : 1411-1098
- [6] Ridhuan, Kemas. Arya, Sepit., 2015. Karakteristik Pembakaran berbagai Jenis Bahan Limbah Biomassa dengan Menggunakan Proses Nonkarbonisasi. *Jurnal Teknik Mesin “Turbo”*. Volume 4 Nomor 1. ISSN: 2301 6663
- [7] Saparudin, Syahrul, Nurhayati 2015, Pengaruh Variasi Temperatur Pirolisis Terhadap Kadar Hasil Dan Nilai Kalor Briket Campuran Sekam Padi-Kotoran Ayam, *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 5, No.1, ISSN: 2088-088X.
- [8] Wibowo, santiyo, 2012, Karakteristik Asap Cair Tempurung Nyamplung, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol. 30 No. 3, Hal. 218-227 ISSN:0216-4329, Terakreditasi No.:443/AU2/P2MI-LIPI/08/2012

- [9] Wijayanti, Widya. Nur, Mega Sasongko. dkk., 2013. Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.4, No.2, ISSN: 0216-468X, Hlm. 85-92

SIMULASI THERMAL TRANSIENT KACA LEMBARAN TERPAPAR TEMPERATUR RADIASI DENGAN ANALISA THERMAL STRESS

Eko Julianto, Waluyo Adi Siswanto

Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Pabelan, Kartasura kota Surakarta

Email: Eckojuliant87@Gmail.com

ABSTRAK

Untuk melakukan pengujian temperatur radiasi. Peneliti menggunakan simulasi untuk mempelajari perilaku kerusakan atau keretakan kaca float lembaran menggunakan software Mecway 8 FEA. Dimana waktu dan suhu sekitar pada lembaran kaca float yang pertama mengalami perubahan temperatur adalah parameter yang paling utama untuk mengetahui bagian kaca yang retak. Analisa hasil simulasi dari paparan panas radiasi dan konveksi mensimulasikan thermal transient kepermukaan kaca lembaran menjadi rusak atau retak dan mengetahui perkiraan waktu sampai kaca lembaran retak dengan simulasi thermal stress. Memberikan temperatur radiasi ke permukaan lembaran kaca, diasumsikan dengan paparan temperatur dari kurang lebih 20 menit yaitu 32° sampai 150°C dengan ketebalan kaca 4 mm menggunakan software Mecway 8 FEA. Pada proses ini hasil simulasi dan eksperimen juga akan dibahas pada batas besaran temperatur radiasi sehingga lembaran kaca retak atau thermal shock. Perbedaan temperatur dan waktu akan meningkat seiring bertambahnya temperatur radiasi pada lembaran kaca. Waktu kritis dan perbedaan temperatur sebagai nilai referensi untuk memprediksi Thermal stress dalam aplikasi software Mecway 8 Fenite element analisis.

Kata Kunci: Temperatur, Transient, Stress, Retak, Mecway 8

ABSTRACT

To test radiation temperature. The researcher used a simulation to study the behavior of damage or cracking of sheet float glass using Mecway 8 FEA software. Where time and ambient temperature on sheet float glass that first experience temperature changes are the most important parameters to find out the part of the glass that is cracked. Analysis of simulation results from exposure to radiation and convection heat simulates thermal transient surface glass sheets to be damaged or cracked and to know the estimated time to crack sheet glass with thermal stress simulation. Giving radiation temperature to the surface of the glass sheet, assumed by exposure to temperatures of approximately 20 minutes, namely 32° to 150°C with an thickness of 4 mm glass using Mecway 8 FEA software. In this process the simulation results and experiments will also be discussed at the radiation temperature limit so that the glass sheet is cracked or thermal shock. The difference in temperature and time will increase with increasing radiation temperature on the glass sheet. Critical time and temperature differences as reference values for predicting Thermal stress in application software Mecway 8 Fenite elements analysis.

Keywords: Temperature, Transient, Stress, Crack, Mecway 8

PENDAHULUAN

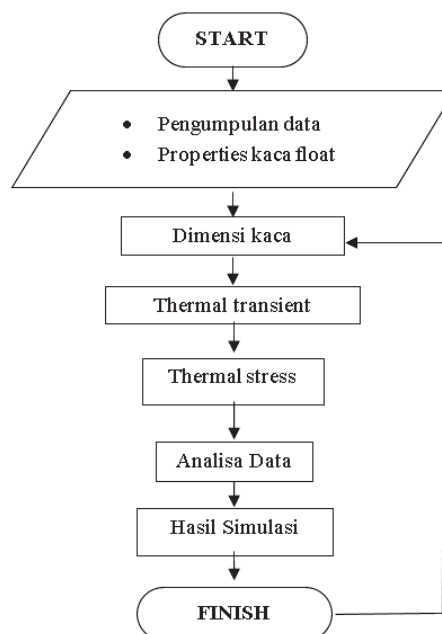
Kaca jendela bening tidak lebih baik dari kaca abu – abu yang sudah diteliti sebagai energi kaca yang paling efisien karna dapat mengurangi beban pendinginan saat terkena panas maksimum didalam gedung atau bangunan dibandingkan bahan kaca yang lainnya [1]

Menggunakan model kaca komputasi terbaru untuk menilai kemampuannya dalam *mereplikasi* laju tingkat kerusakan kaca. [2]. Menurut *Kenny* memperkirakan batas atas dan batas bawah suhu leleh setiap kaca, kemudian masing – masing kaca telah di simulasikan kerusakan akibat radiasi panas struktur bisa dalam bentuk lonjakan *thermal* terkonsentrasi atau lebih berdifusi dengan komposisi kaca dan rasio atom yang lebih tinggi. [3] Jika kaca tiba-tiba terkena panas yang ekstrim, kejutan akan menyebabkan kaca pecah.[4] Kaca bangunan berperforma tinggi yang dapat secara efektif mengurangi konsumsi *energy* karna sifat *thermal* dan *optik*, peningkatan ketebalan dapat secara efektif menurunkan efek *radiasi* panas cahaya matahari dan *koefisien* perpindahan panas.[5]

Perlakuan panas konvensional terhadap pembakaran kaca memiliki masalah dominan dengan konsumsi waktu yang tinggi konsumsi energi dan biaya produksi yang rendah ini membutuhkan pengembangan proses alternatif. [6]. Perolehan radiasi panas matahari dari jenis kaca yang umum digunakan telah dihitung dan di analisis yang di ukur dengan pengukuran di uji dengan distribusi panas radiasi matahari dalam ruangan dengan menggunakan jenis kaca yang berbeda - beda.[7].

Penggunaan kaca dibatasi oleh kerapuhan dan kekuatannya yang tinggi, oleh karna itu penting untuk mengetahui studi tentang fraktur kaca dibawah beban statis dan dinamis [8].

Maka dari itu penelitian selanjutnya adalah meneliti temperatur radiasi, waktu retak dan membandingkan penelitian sebelumnya dengan hasil simulasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan komputisasi software Mecway 8 *fenite element analisis*.



Gambar .1. Diagram Alir Penelitian

METODE PENELITIAN

Proses analisis dijalankan menggunakan *software* Mecway 8 yang dapat menghasilkan *output* sesuai jenis analisa yang dilakukan pada simulasi. Setelah *output* diketahui, kemudian

dapat dibandingkan bagaimana hasil dari masing – masing ketebalan kaca dan melakukan pengujian variasi temperatur proses pengujian kaca untuk mengetahui batas maksimal suhu paparan radiasi sampai kaca mengalami *retak / crack*, dengan analisis *thermal stress*, waktu ideal dan panas yang telah ditentukan.

Teori Analisis Data

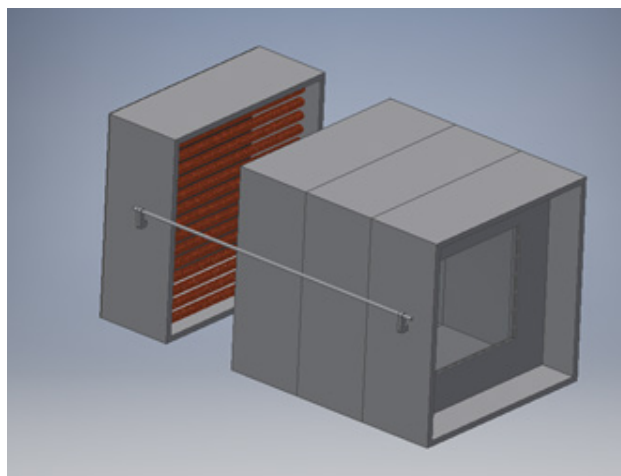
Analisis *thermal transient* suhu dan kuantitas panas lainnya yang bervariasi dari waktu ke waktu. Suhu yang di analisis dihitung sebagai masukan untuk evaluasi *thermal stress*, Perbedaan utama adalah bahwa sebagian besar beban yang diterapkan dalam *thermal transient* adalah fungsi waktu.

Metode *finite element analysis* (*FEA*) pada *software* Mecway 8 digunakan untuk menganalisa *thermal transient* dan *thermal stress* pada lembaran kaca float. Metode elemen hingga *FEM* adalah alat potensial untuk mengukur tegangan termal dalam bahan padat, dan oleh karena itu, itu diambil untuk menganalisis *thermal stress* kaca dalam api. Untuk bidang kaca, ketebalannya jauh lebih kecil ukurannya dari arah panjang dan lebar, dan kemudian dua dimensi *FEM* diambil di sini. Pertama, suhu gelas dihitung dan kemudian tegangan termal dihitung berdasarkan hasil suhu. [9]the high temperature encountered could induce important stresses in glass panes, resulting into cracks and possible fallout of the glazing. The aim of the present work is to investigate thermal stress distributions in a glazing system for fire scenarios. A two dimensional glass thermal stress model to calculate the transient temperature and thermal stress distributions in a typical window glass under fire conditions was developed based on the Kong's work. The basic thermal conduction equation and thermal stress equation for glass were discretized by using the Galerkin method. A computer program based on the model was also developed. For validation purposes, simulations have been carried out using literature experimental data on glazing behavior in an enclosure fire. The glass surface temperature (exposed side).

Metode Simulasi Mecway 8 FEA

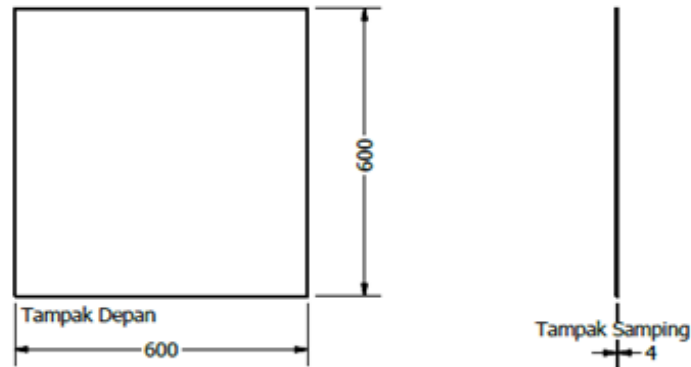
Dalam metode ini, kami menganalisa hasil *finite element analysis* (*FEA*) pada *software* Mecway dengan membandingkan hasil *eksperiment* yang didapat peneliti sebelumnya dari publikasi Zhang dkk, dari hasil simulasi akan digabungkan dengan hasil *eksperiment* dalam bentuk sebagai berikut:

Kabin yang dirakit adalah 2000mm × 1000mm × 1000mm, terdiri dari 5 bagian yang dapat dilepas dengan panjang 500mm, 500mm, 500mm, 200mm, 200mm dan 100mm.[10].



Gambar.2. Kabin Kabinet Pemanas Kaca

Kaca float digunakan dengan margin halus dan ukuran kaca adalah 600mm × 600mm. Ketebalan kaca yang digunakan dalam percobaan adalah 4 mm yang diproduksi. Desain kaca merujuk pada *SNI 15-0047-2005/standart nasional indonesia* dan *BSN / badan standarisasi nasional*. [11],[12].



Gambar.3. Dimensi Kaca 4 mm

Ketika kaca terkena api, perpindahan panas dari api ke kaca terutama dialirkan oleh panas *radiasi* dari api dan *konveksi* panas dari lapisan gas panas. Sedangkan perpindahan panas di dalam gelas adalah dibatasi oleh tiga kondisi batas dasar. Kondisi batas pertama adalah bahwa suhu batas diketahui, dan yang kedua adalah bahwa *fluks* panas batas diketahui, dan yang ketiga adalah bahwa suhu tetap substansi dan *koefisien* perpindahan panas diketahui.

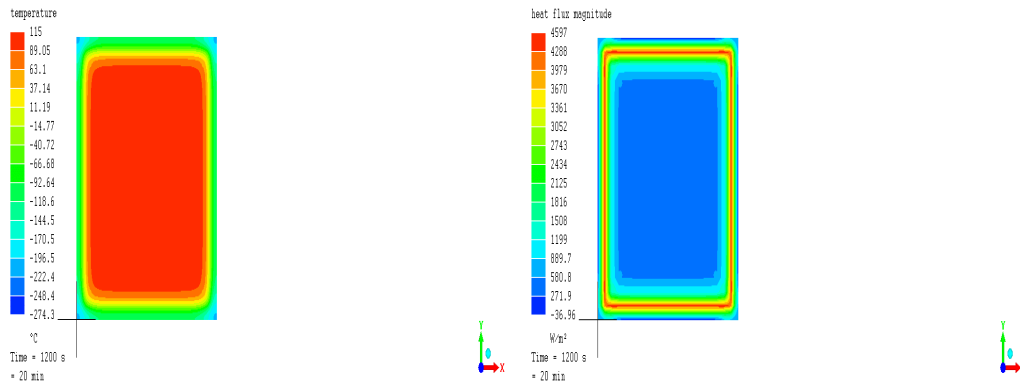
Untuk menjalankan proses analisa simulasi diperlukan nilai dari sifat material yaitu sifat karakteristik atau sifat fisik dari kaca float lembaran untuk mengetahui berat jenis, *modulus young* dan lain sebagainya agar mendapatkan hasil simulasi yang diinginkan dan sangat bermanfaat bagi peneliti untuk membandingkan dengan hasil simulasi dari jurnal ilmiah yang terdahulu.

Tabel .1.Sifat Fisik dan Mekanik Kaca.[11]

NO	Jenis	Nilai	Satuan
1	Indek Bias	1.52	.-.-.-.
2	Indek pantulan	4	%
3	Panas Jenis	0-50	°C
4	Titik Lunak	720-730	°C
5	Konduksi Panas	0.68	kcal/mhr°C
6	Koefisien muai panjang	8,5-9 X 10 ⁻⁶	°C
7	Berat Jenis	2500	kg/cm ²
8	Modulus young	720,000	kg/cm ²
9	Angka Poison	0,25	.-.-.-.-.
10	Tegangan Pecah	500	kg/cm ²

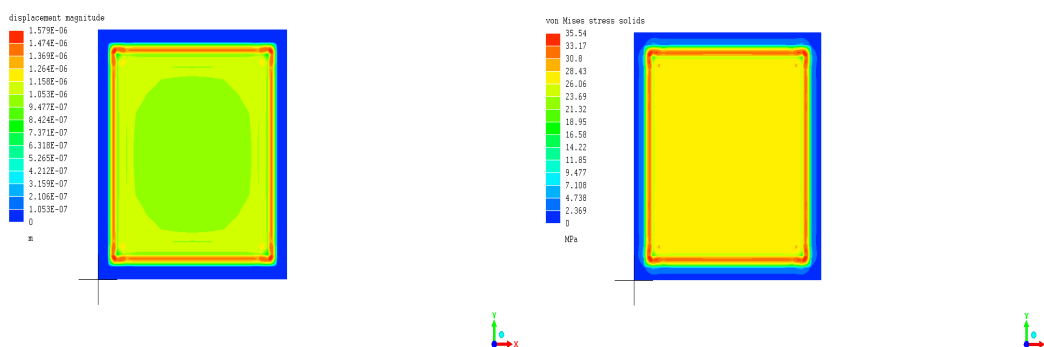
Tahap Proses Simulasi

Dalam simulasi panas radiasi pada *Mecway 8 FEA / finite elemen analisis*, nilai dari sifat material kaca float sangatlah penting karena kaca float banyak digunakan di dunia dan khususnya Indonesia sebagai kaca bangunan pada gedung atau rumah pribadi. Dan Tabel 1 di atas menunjukkan parameter yang diimport ke file input sebelum perhitungan. Dalam perhitungan elemen hingga *step-by-step*, generasi mesh otomatis diperlukan setelah *crack*.



Gambar .4. Simulasi *Thermal Transient* Kaca Terhadap Waktu

Dari hasil simulasi pada *Mecway* di atas terlihat pada Gambar 4 bahwa suhu temperatur tertinggi adalah 115 °C dan Temperatur terendah adalah 37,14 °C dari suhu sekitar / *ambient temperature* yang ada di Indonesia perkiraan sekitar 32 °C, disimpulkan bahwa dalam simulasi *thermal transient* ini dipengaruhi dari berapa waktu pemanasan radiasi pada kaca. Dari sumber pemanas awal dan suhu sekitar 32 °C, ke suhu paling tinggi titik awal pemanas 150°C sampai pada lapisan tengah kaca 115,0 °C. Suhu maksimal sampai ditepi kaca antara rangka 29,79 °C dan suhu minimum adalah 11,19 °C dan *flux panas / heat flux* tertinggi atau maksimal adalah 4597 w/m² dan minimum 2627 w/m² dari waktu pemanasan 0 menit sampai 20 menit. Untuk mengetahui keretakan pertama dalam kaca lembaran maka peneliti akan mensimulasikan kaca dengan cara mencari *thermal stress* dari batas luluh / *yield* kaca seperti yang tertera gambar dibawah ini.



Gambar .5. Simulasi *Thermal Stress* Kaca Dari Batas Tegangan Luluh

Model *thermal stress* yang diaplikasikan dengan dimensi 3D *hexagonal 20 (hex20)* untuk mempermudah dalam penentuan node dan element pada simulasi, Pada bagian ini *node* dan *element* digunakan untuk menyelidiki lebih banyak merinci efek berbagai kondisi batas pada *thermal stress* kaca jendela yang diaplikasikan untuk panas radiasi.

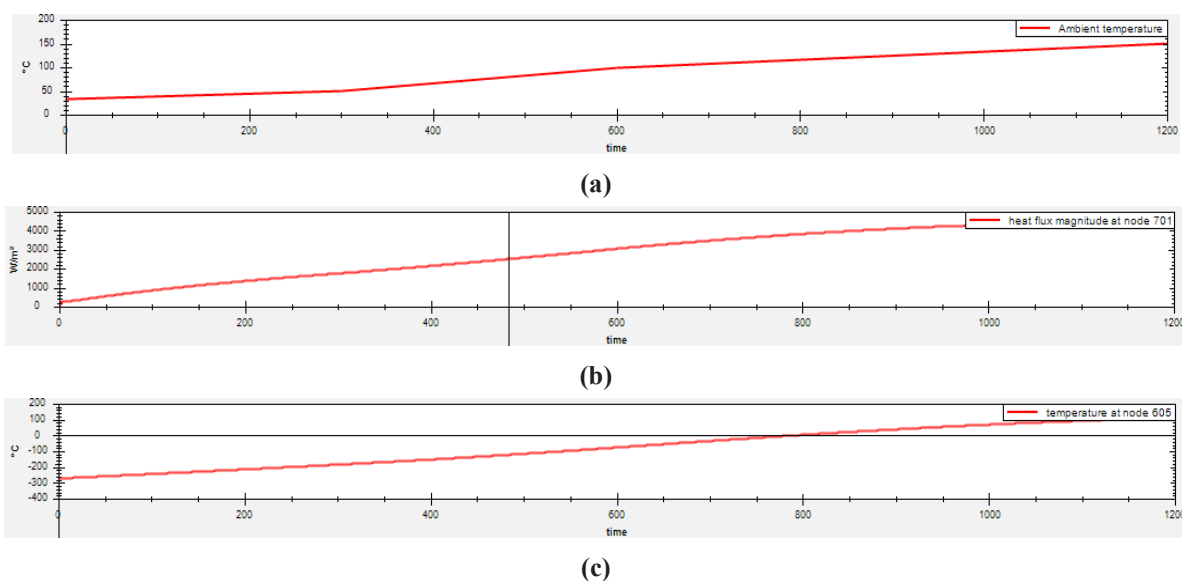
Hasilnya juga dapat berfungsi sebagai data verifikasi untuk yang lain peneliti melakukan penelitian serupa di masa depan seperti yang ada hampir tidak ada data seperti itu dalam literatur untuk aplikasi api. Data eksperimental dalam literatur untuk kaca dalam kondisi kebakaran sebagian besar waktu untuk terjadinya retak pertama dan kaca permukaan suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil simulasi menggunakan *FEA/fenite elemen analisis* digunakan untuk penyelidikan lebih lanjut yaitu dengan menganalisa hasil output data yang ada pada *fenite elemen analisis* di dalam *software Mecway 8*, untuk di *import* ke dalam tabel dan dibuat menjadi alur grafik dari berbagai kondisi panas dan *stress*. Analisis ini penting untuk selanjutnya memverifikasi *node* dan *element* dalam dimensi kaca float, tetapi juga untuk pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana berbagai parameter ini mempengaruhi kerusakan pada kondisi kebakaran.

Pada nilai *node* aliran panas menyebar keseluruhan kaca dari tengah sampai ke tepi bingkai kaca bisa dilihat dari *gradient* warna biru, hijau, kuning, oranye dan merah. Merah adalah *stress* yang paling besar dari antara *gradient* warna lain terlihat pada Gambar 5 kaca mengalami pemuaiian, bisa dilihat pada warna oranye yaitu 33,17 Mpa sampai ke warna merah 35,54 Mpa. Untuk nilai *element* dimulai pada permukaan tengah kaca yaitu warna oranye adalah 33,54 Mpa dan ke warna merah 35,93 Mpa.

Dapat diasumsikan bahwa perhitungan *Fenite element analisis* pada nilai *node* dan nilai *element* kurang lebih sama dirata – ratakan yaitu 35,54 Mpa, data yang lebih *specific* dapat kita lihat pada hasil simulasi yang telah di input ke grafik seperti dibawah ini.



Gambar.6. Grafik Temperatur dan flux panas Terhadap Batas Waktu

Karna *thermal transient* adalah *Analisis thermal transient* suhu dan kuantitas panas lainnya yang bervariasi dari waktu ke waktu maka gradient panas radiasi pada lembaran kaca pada Gambar 6 terdapat variabel suhu sebelum panas puncak atau kaca mengalami kerusakan dari batas *yield stress* pada kaca yaitu 37,14 °C ke suhu yang sesuai *gradient* warna kuning yaitu 72,14 °C dalam waktu pemanasan kurang lebih 1005 detik sama dengan 16,75 menit. Di menit 1114 detik sama dengan 18,57 menit kaca mulai mengalami tegangan / *thermal stress* dari sisi tengah permukaan kaca dengan panas maksimum 115,0 °C dan sisi di dalam rangka / bingkai kaca suhu minimum 29,79 °C. terlihat pada grafik bahwa mulai perubahan panas dimulai dari

5,45 menit yaitu 37,14 °C dan panas akhir adalah 115,0 °C. Untuk detailnya hasil simulasi dan penelitian ini lihat di tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Simulasi Panas Pada Waktu dan Parameter Waktu Pecah

No	Time Step (min)	Temperatur (c)	Heat Flux w/m ²	Static (Mpa)	Crack Time (s)
1	0	12,49	3361	2.369	1017
2	5	37,14	3670	18.95	1048
3	10	63,01	3979	28.43	1104
4	15	89,05	4288	33.17	1151
5	20	115,0	4597	35.54	1200

Analisa selanjutnya adalah mengetahui nilai besarnya perpindahan *thermal stress* pada kaca sehingga bisa diasumsikan kaca retak atau pecah yaitu nilai maksimum adalah 0,001579 mm dan minimum sekitaran 0,001053 mm dari *reaction force* sebesar 3,257 N. dan untuk lebih mudahnya bisa dilihat pada grafik alir dan tabel hasil analisa menggunakan *software* Mecway 8 diatas.

Dalam proses pemberian panas radiasi jumlah node dan elemen pada aplikasi *software* Mecway sangat berpengaruh besar pada proses perlakuan panas yang berlangsung selama 20 menit, selain itu kaca yang digunakan adalah kaca yang sering ditemukan pada bangunan yang ada di indonesia, karna harganya yang murah dan mudah di dapat. Maka dari itu sangat penting penelitian ini ntuk mengetahui kekuatan kaca saat terkena panas apabila terkena panas api. Dan selain itu adalah salah satu yang paling awal retak adalah bagian tengah apabila suhu tegak lurus kedepan permukaan kaca float, seperti yang terlihat pada Gambar.4, dan Karena waktu retaknya adalah nilai yang sesuai pada *thermal stress* dan batas *yield stress* yang ditentukan . terlihat dari Gambar. 5, bisa di asumsikan bahwa hampir semua retakan awal terjadi di tepi panel kaca atau batas dari rangka kaca itu, di mana *tekanan termal* maksimal di seluruh kaca dan terjadi *stress* yang besar anatara tepi kaca dan rangka. Terlihat pada gradient warna yang merah dan oranye. Pada saat sebelum retakan pertama, tegangan pertama keluar dengan hasil kekuatan kaca dan distribusi *tegangan / stress*.

Hasil perhitungan dan analisis dapat membantu kita untuk menentukan kasus mana yang relatif lebih aman dan memberikan masukan secara teknik untuk kaca. *Stres* dan *transient* juga dapat disimulasikan hanya dengan mengganti sifat thermal jenis kaca atau kondisi yang terpapar radiasi berubah. Ini dapat menghasilkan banyak desain jendela yang digunakan untuk memverifikasi apakah kaca float cukup untuk aplikasi *software* tertentu khususnya dibidang simulasi panas pada kaca.

KESIMPULAN

Dalam analisis simulasi ini terdapat kasus yang dapat disimpulkan bahwa kaca float lembaran adalah kaca yang kurang baik dalam penghantar panas karna sifat kristalnya yang menyebabkan panas tidak dapat merata keseluruh permukaan, Pada bangunan di indonesia karna kaca float lembaran mempunyai sifat material yang sangat rapuh, selain itu dalam menggunakan simulasi *fenite elemen analisis* pada Mecway sangatlah mendekati karna semua angka dari hasil perhitungan dan simulasi *fenite elemen* sangat membantu kami untuk pengolahan data, seperti pembuatan alur waktu dan *tegangan / stress* panas pada kaca. Dan kami juga menyimpulkan bahwa kaca setelah diberi paparan *temperatur* radiasi dengan suhu maksimal 115°C kaca sudah mulai mengalami perubahan bentuk / *fraktur* dimana pusat panas untuk pemapar api sekitar 150°C dengan perbedaan waktu dari 16,75 detik sampai 20 menit. Sedangkan untuk

thermal stress kaca float mendapatkan *tegangan / stress* maksimal yaitu 35,54 Mpa. Dan dapat disimpulkan bahwa kaca yang mengalami pecah atau retak yaitu bagian yang berwarna merah gambar.5 atau tepi rangka kaca. Untuk lebih jelasnya dibandingkan dengan gambar pada jurnal eksperimen sebelumnya yang menunjukkan tepi kaca juga mengalami retak dengan panas yang hampir sama dan menyerupai.

Disimpulkan bahwa perangkat *fenite elemen analisis* pada Mecway 8 sangat membantu dalam penelitian ini dan yang akan datang untuk meminimalisir penggunaan pada kaca yang dipakai dalam bangunan dan juga untuk lebih memperhatikan perangkat yang akan digunakan pada simulasi *software* lain karna pada saat simulasi berlangsung apabila jumlah *node* dan *element* lebih banyak maka hasilnya akan lebih halus dan *gradient* warnanya akan lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. K. Kumar, S. Saboor, and T. P. A. Babu, "Experimental and Theoretical Studies of Window Glazing Materials of Green Energy Building in Indian Climatic Zones," *Energy Procedia*, vol. 109, no. November 2016, pp. 306–313, 2017.
- [2] C. E. Anderson and T. J. Holmquist, "Computational Modeling of Failure for Hypervelocity Impacts into Glass Targets," *Procedia Eng.*, vol. 58, pp. 194–203, 2013.
- [3] K. Jolley and R. Smith, "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B Iron phosphate glasses : Structure determination and radiation tolerance," *Nucl. Inst. Methods Phys. Res. B*, vol. 374, pp. 8–13, 2016.
- [4] Q. Wang, H. Chen, Y. Wang, and J. Sun, "Thermal shock effect on the glass thermal stress response and crack propagation," *Procedia Eng.*, vol. 62, pp. 717–724, 2013.
- [5] Y. Lv, R. Huang, H. Wu, S. Wang, and X. Zhou, "ScienceDirect ScienceDirect Study on Thermal and Optical Properties and Influence Factors of Aerogel Glazing Units," *Procedia Eng.*, vol. 205, pp. 3228–3234, 2017.
- [6] P. Stief, J. Dantan, A. Etienne, and A. Siadat, "ScienceDirect ScienceDirect New process of tempering color printed glass by using laser irradiation A new methodology to analyze the functional and physical architecture of for an assembly oriented product family identification," *Procedia CIRP*, vol. 74, pp. 390–393, 2018.
- [7] C. Zheng, P. Wu, V. Costanzo, Y. Wang, and X. Yang, "ScienceDirect ScienceDirect Establishment and Verification of Solar Radiation Calculation Model of Glass Daylighting Roof in Hot Summer and Warm Winter Zone in China," *Procedia Eng.*, vol. 205, pp. 2903–2909, 2017.
- [8] A. Nyonguè, S. Bouzid, E. Dossou, and Z. Azari, "Journal of Asian Ceramic Societies Fracture characterisation of float glass under static and dynamic loading," *Integr. Med. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 371–380, 2016.
- [9] Q. S. Wang, Y. Zhang, J. H. Sun, J. Wen, and S. Dembele, "Temperature and thermal stress simulation of window glass exposed to fire," *Procedia Eng.*, vol. 11, pp. 452–460, 2011.
- [10] Y. Zhang, Q. S. Wang, X. Bin Zhu, X. J. Huang, and J. H. Sun, "Experimental study on crack of float glass with different thicknesses exposed to radiant heating," *Procedia Eng.*, vol. 11, pp. 710–718, 2011.
- [11] P. One, P. Two, and P. Three, "PT Asahimas Flat Glass Tbk."1993.
- [12] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Kaca lembaran," 2005.

KOREKSI NILAI KONSTANTA “K” DALAM PERHITUNGAN USIA PAKAI KOMPONEN UNDERCARRIAGE KOMATSU D375A-5

Syaeful Akbar, Randis Baharuddin

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

Email: Syaeful.akbar@poltekba.ac.id, Randis@poltekba.ac.id

ABSTRAK

Performa unjuk kerja Bulldozer Komatsu D375A-5 sangat bergantung pada komponen undercarriage. Jika komponen undercarriage mengalami keausan melebihi batas yang diijinkan, maka performa dan produktifitas kerjanya akan menurun. Oleh karena itu tindakan melakukan monitoring dan pengukuran tingkat keausan komponen undercarriage menjadi suatu hal yang sangat penting untuk memprediksi sampai seberapa lama lagi komponen tersebut masih bisa dipakai. Persamaan yang digunakan untuk memprediksi usia pakai komponen undercarriage adalah $Wr = a.x^k$. Nilai konstanta “k” untuk setiap komponen berbeda. Komatsu telah menetapkan nilai “k” untuk link-pitch = 1,3; link-height = 2,0; Bushing O/D = 2,0; Grouser Height = 1,0; Carrier Roller = 1,3 ; Idler = 1,8; Sprocket = 1,0; dan Track Roller = 1,5. Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji apakah prediksi usia pakai komponen undercarriage dengan nilai konstanta “k” sebagaimana tersebut diatas sesuai dengan fakta dilapangan ?. Metoda penelitian yang digunakan adalah dengan cara membandingkan hasil prediksi perhitungan menggunakan persamaan dan nilai konstanta “k” yang sudah ditetapkan oleh Komatsu, dengan hasil perhitungan usia pakai secara actual dilapangan, selanjutnya kedua hasil perhitungan tersebut dilakukan uji paired “t” test. Adapun sampel data yang digunakan adalah data hasil pengukuran P2U Dozer Komatsu D375A-5 yang beroperasi di area tambang batubara site Batukajang antara tahun 2013 s/d tahun 2014. Dari hasil pengujian ditemukan bahwa nilai “k” untuk komponen Link Pitch, Link height dan Sprocket tidak sesuai dengan actual di lapangan dan terkoreksi menjadi Link Pitch = 1,6; Link height = 1,7 dan Sprocket = 2,5. Sedangkan nilai konstanta “k” untuk komponen yang lainnya sesuai dengan hasil perhitungan secara actual di lapangan.

Kata kunci: nilai “k”, prediksi, usia pakai, komponen, undercarriage

ABSTRACT

The performance of Komatsu D375A-5 Bulldozer is very dependent on the undercarriage component. If the undercarriage component wears over the allowable limit, then its performance and productivity will decrease. Therefore the act of monitoring and measuring the component wear rate of an undercarriage is very important to predict how long the component can still be used. The equation used to predict the service life of the undercarriage component was $Wr = a.x^k$. The constant value “k” for each component was different. Komatsu had set the “k” value for link-pitch = 1.3; link-height = 2.0; Bushing O / D = 2.0; Grouser Height = 1.0; Carrier Roller = 1.3; Idler = 1.8; Sprocket

= 1.0; and Track Roller = 1.5. This study aimed to test whether the prediction of service life of undercarriage component with a constant value “k” as above was in accordance with the facts in the field. The research method used was by comparing the results of the calculation prediction using the equation and the constant value “k” that had been determined by Komatsu, with the actual calculation of the service life in the field, then the two results of the calculation were carried out by paired “t” test. The data sample used were the measurement data of P2U Dozer Komatsu D375A-5 which operated in the coal mine area of the Batu kajang site between 2013 and 2014. From the test results it was found that the value “k” for the Link Pitch component, Link height and Sprocket did not match the actual in the field and corrected to Link Pitch = 1.6; Link height = 1.7 and Sprocket = 2.5. While the constant value “k” for the other components were in accordance with the actual calculation results in the field.

Keywords: “k” value, prediction, service life, component, undercarriage

PENDAHULUAN

Bulldozer Komatsu D375A-5 merupakan *Crawler Dozer* yang memiliki kapasitas blade 22 m³ dengan tenaga mesin sebesar 525 HP pada 1800 rpm [1]. Unit ini banyak digunakan di area pertambangan untuk pekerjaan *road construction*, *land clearing* dan meratakan *disposal soil*.

Performa unjuk kerja *Bulldozer* D375A-5 sangat bergantung pada komponen *undercarriage* [2]. Jika komponen *undercarriage* mengalami keausan melebihi batas yang diijinkan, maka performa dan produktifitas kerjanya akan menurun [6]. Oleh karena itu tindakan melakukan monitoring dan pengukuran tingkat keausan komponen *undercarriage* menjadi suatu hal yang sangat penting untuk memprediksi sampai seberapa lama lagi komponen tersebut masih bisa dipakai [3].

Memprediksi usia pakai komponen *undercarriage* secara tepat menjadi sangat penting, agar efisiensi biaya maintenance dan efisiensi produksi dapat tercapai [7].

Cara menghitung usia pakai komponen *undercarriage* yang biasa digunakan adalah dengan menghitung prosentase laju tingkat keausan komponen menggunakan persamaan sebagai berikut [3]:

(Pers. 1)

$$Wr = \frac{Sv - Mw}{Sv - Wl} \times 100\%$$

$Wr = Worn$ (wear rate)

$Sv = Standard\ value$

$Mw = Measured\ wear\ rate$

$Wl = Wear\ limit$

Selanjutnya untuk memprediksi usia pakai komponen digunakan persamaan sebagai berikut [3]:

(Pers. 2)

$$Wr = a \cdot X^k$$

$Wr = Wear\ rate$

$a = Constanta$

$X = Operating\ hours$

$k = Factor\ Component$

Nilai konstanta “k” pada masing-masing komponen berbeda. Komatsu telah menetapkan nilai konstanta “k” untuk masing-masing komponen undercarriage dapat dilihat pada tabel 1 [3].

Tabel 1: Nilai konstanta ”k”

Nama komponen	Nilai “k”
Link Pitch	1,3
Link Height	2,0
Bushing O/D	2,0
Grouser Height	1,0
Carrier Roller	1,3
Idler	1,8
Sprocket	1,0
Track Roller	1,5

Penelitian ini dimaksudkan untuk membuktikan apakah hasil perhitungan prediksi usia pakai komponen undercarriage Komatsu D375A-5 dengan nilai konstanta “k” tersebut diatas, sesuai dengan hasil perhitungan secara actual di lapangan.

Adapun perhitungan usia pakai secara actual dapat dihitung dengan cara membagi tingkat keausan yang diijinkan dengan tingkat keausan perjam. tingkat keausan yang diijinkan adalah ukuran standar dikurangi dengan batas limit yang diijinkan. Adapun tingkat keausan perjam adalah tingkat keausan dalam kurun waktu tertentu dibagi dengan waktu (jam) pemakaian.

METODOLOGI PENELITIAN

Hasil perhitungan prediksi usia pakai setiap komponen undercarriage dengan menggunakan nilai konstanta ”k” sesuai dengan tabel diatas, selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan secara actual dengan menggunakan uji paired “t” test dua arah dengan tingkat kepercayaan 95%. Jika nilai signifikansi t test > 0,05, maka hasil prediksi usia pakai komponen sama dengan actual. Sebaliknya jika nilai signifikansi “t” test < 0,05, maka nilai konstanta “k” perlu dikoreksi.

Hipotesa yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

H_0 : Hasil prediksi perhitungan usia pakai komponen undercarriage sama dengan actual.

H_a : Hasil prediksi perhitungan usia pakai komponen undercarriage tidak sama dengan actual.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa hasil pengukuran P2U *bulldozer* komatsu D375A-5 yang dioperasikan di area pertambangan *Site* Batukajang untuk aplikasi mendorong tanah antara tahun 2013 sampai dengan tahun 2014. Jumlah sampel yang digunakan adalah 11 unit *bulldozer* Komatsu D375A-5 yang diukur setiap beroperasi \pm 400 jam.

Metode Pengolahan Data

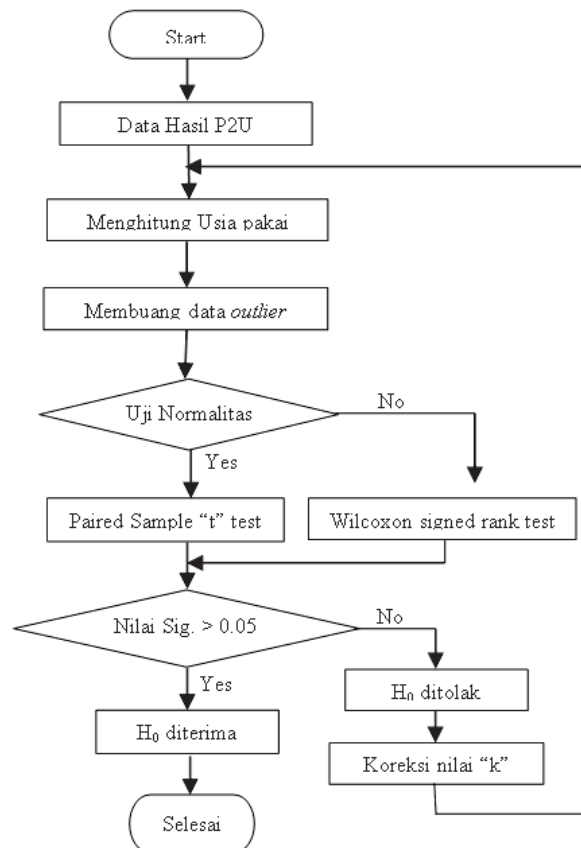
Data mentah hasil pengukuran P2U sesuai dengan *measuring form* [5] yang dilakukan pada setiap \pm 400 jam operasi, selanjutnya diolah untuk mendapatkan prediksi nilai usia pakai komponen menggunakan persamaan 2. Selanjutnya menghitung usia pakai komponen undercarriage secara actual dengan menggunakan persamaan. Hasil perhitungan dari kedua metode tersebut selanjutnya diuji menggunakan uji “t” test dua arah dengan menggunakan persamaan 5 [3] .

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} - 2r\left(\frac{S_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{S_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$

- \bar{X}_1 = rata-rata sampel -1
 \bar{X}_2 = rata-rata sampel -2
 S_1^2 = varian sampel -1
 S_2^2 = varian sampel -2
 S_1 = simpangan baku sampel -1
 S_2 = simpangan baku sampel -2
 n_1 = Jumlah sampel -1
 n_2 = Jumlah sampel -2

Apabila hasil uji nilai “t” hitung berada didalam area keberterimaan sesuai “t” tabel, maka H_0 diterima, sebaliknya jika nilai “t” hitung berada diluar keberterimaan sesuai “t” tabel, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Nilai “t” tabel yang digunakan pada angka kepercayaan 95%. Sedangkan jika menggunakan SPSS, maka H_0 diterima jika nilai Signifikan > 0.05 , sebaliknya H_0 ditolak jika nilai Signifikan < 0.05 .

Adapun flow chart metode pengolahan data dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 : Flow chart pengolahan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran komponen undercarriage meliputi : *Link pitch*, *Link height*, *Bushing O/D*, *Grouser height*, *Carrier roller*, *Idler*, *Sprocket*, dan *Track roller*. Hasil uji “t” test dari hasil prediksi perhitungan usia pakai komponen undercarriage dan hasil perhitungan secara actual dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 : Hasil uji “t” test

Uraian	Track-link	Link-height	Bushing-OD	Grouser-height	Carrier-roller	Idler	Sprocket	Track-roller
k	1.3	2.0	2.0	1.0	1.3	1.8	1.0	1.5
n	136	146	152	144	225	150	114	969
df	135	145	151	143	224	149	113	968
t_{hitung}	13.631	-3.854	-1.446	0.276	0.864	-1.101	9.972	1.815
t_{tabel}	1.978	1.976	1.976	1.977	1.971	1.976	1.981	1.962
t Sig	0.000	0.000	0.150	0.783	0.389	0.273	0.000	0.212
Conclusion	Ho ditolak	Ho ditolak	Ho diterima	Ho diterima	Ho diterima	Ho diterima	Ho ditolak	Ho diterima

Dari hasil perhitungan uji “t” test, sebagaimana terlihat dalam tabel 1, menunjukkan bahwa prediksi usia pakai komponen *undercarriage* dengan nilai faktor “k” sebagaimana ditetapkan oleh Komatsu menunjukkan bahwa untuk komponen : *Bushing O/D*, *Grouser height*, *Carrier roller*, *Idler*, dan *Track roller* adalah sama dengan actual. Sedangkan untuk *Track link*, *Link height*, dan *sprocket* tidak sesuai dengan actual. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan uji coba dengan merubah nilai faktor “k” dengan metode *try and error* sampai diperoleh nilai faktor “k” yang dapat menghasilkan nilai prediksi sama dengan usia pakai komponen secara actual.

Setelah dilakukan uji coba merubah nilai “k” ditemukan nilai koreksi faktor “k” untuk komponen *Track link* terkoreksi dari 1.3 menjadi 1.6, *Link height* dari 2.0 menjadi 1.7, dan *Sprocket* dari 1.0 menjadi 2.5.

Tabel 3 : Nilai Koreksi konstanta “k”

Nama Komponen	Nilai “k”	Nilai “k” Koreksi	Keterangan
Link Pitch	1,3	1,6	Koreksi
Link Height	2,0	1,7	Koreksi
Bushing O/D	2,0	2,0	Sesuai
Grouser Height	1,0	1,0	Sesuai
Carrier Roller	1,3	1,3	Sesuai
Idler	1,8	1,8	Sesuai
Sprocket	1,0	2,5	Koreksi
Track Roller	1,5	1,5	Sesuai

Adapun hasil uji “t” test setelah dilakukan perubahan nilai “k” dapat dilihat pada tabel 4 di bawah.

Tabel 4 : Hasil uji “t” test setelah koreksi nilai “k”

Uraian	Track-link	Link-height	Bushing-OD	Grouser-height	Carrier-roller	Idler	Sprocket	Track-roller
"k"	1,6	1,7	2,0	1,0	1,3	1,8	2,5	1,5
N	136	146	152	144	225	150	114	969
Df	135	145	151	143	224	149	113	968
t_{table}	-1,355	-1,597	-1,446	0,276	0,864	-1,101	1,542	1,815
t_{test}	1,978	1,976	1,976	1,977	1,971	1,976	1,981	1,962
t Sig	0,065	0,120	0,150	0,783	0,389	0,273	0,126	0,212
Conclusion	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima	H ₀ diterima

KESIMPULAN

Setelah dilakukan uji statistic parametric antara hasil perhitungan prediksi usia pakai komponen *undercarriage* dengan nilai faktor “k” sebagai mana ditetapkan oleh Komatsu tidak semuanya sesuai dengan usia pakai secara actual di lapangan. Hasil uji “t” test menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk komponen *Bushing O/D*, *Grouser height*, *Carrier roller*, *Idler*, dan *Track roller* lebih besar dari 0,005 yang artinya tidak ada perbedaan antara perhitungan prediksi usia pakai komponen *undercarriage* dengan usia pakai secara actual di lapangan.

Hal ini berarti bahwa nilai “k” untuk component tersebut diatas dapat diterima. Sedangkan hasil uji “t” test untuk komponen *Track link*, *Link height*, dan *Sprocket* menunjukkan angka signifikansi yang kurang dari 0,005 artinya bahwa hasil prediksi usia pakai komponen *undercarriage* dengan nilai faktorn “k” sebagai mana yang telah ditetapkan oleh Komatsu tidak sesuai dengan usia pakai secara actual dilapangan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai faktor “k” yang sudah ditetapkan oleh Komatsu untuk memprediksi usia pakai komponen *Track link*, *Link height*, dan *Sprocket* tidak dapat diterima. Oleh karena itu, nilai faktor “k” untuk komponen tersebut perlu dikoreksi.

Setelah dilakukan koreksi dengan merubah nilai faktor “k” untuk komponen *Track link*, *Link height*, dan *Sprocket* serta dilakukan uji “t” test ulang, ditemukan nilai koreksi faktor “k” untuk komponen *Link Pitch* terkoreksi dari 1,3 menjadi 1,6; *Link height* dari 2,0 menjadi 1,7 dan *Sprocket* dari 1,0 menjadi 2,5.

KESIMPULAN

Dengan ditemukannya nilai koreksi faktor “k” untuk perhitungan prediksi usia pakai komponen *Track link*, *Link height*, dan *Sprocket* maka disarankan untuk selanjutnya dalam menghitung prediksi usia pakai komponen *Track link*, *Link height*, dan *Sprocket* tidak lagi menggunakan nilai faktor “k” yang sudah ditetapkan oleh Komatsu, tetapi menggunakan nilai konatanta “k” terkoreksi tersebut diatas.

Nilai koreksi “k” tersebut diatas baru terbukti untuk perhitungan prediksi usia pakai komponen *undercarriage Bulldozer* Komatsu D375A-5 untuk aplikasi *Dozing of disposal soil*. Sedangkan untuk aplikasi yang lain perlu dulakukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Komatsu, (2002), Komatsu Europe International NV Mechelsesteenweg 586, Belgium.
- [2] J. Hidayah, (2011), “Peningkatan Perawatan Komponen Undercarriage Alat Berat”
- [3] Mechanic Development PT. Pamapesada Nusantara (2003) “Sistem Final Drive & Undercarriage”
- [4] D. M. Levine, D. F. Stephan, T. C. Krehbiel, dan M. L. Berenson, “The Normal Distribution,” pada *Statistics for Managers Using Microsoft Excel*, Edisi Kelima, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2008, hal. 201.

- [5] Caterpillar,. (2011) *Cat Undercarriage Management System*, Cat, Caterpillar USA.
- [6] Sugiyono, (2007) *Statistika untuk Penelitian*, CV Alfabeta, Bandung.
- [7] West-Track, *Undercarriage Handbook*, Westport, New Zealand.

CHARACTERIZATION OF BAMBOO TUTUL CHARCOAL PARTICLE PRODUCED BY HIGH ENERGY BALL MILLING SHAKER TYPE

Supriyono¹, B Susilo²

^{1,2}Dept. of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Email: supriyono@ums.ac.id

ABSTRACT

The objective of this study is to characterize bamboo tutul charcoal particles produced by High Energy Ball Milling (HEBM) shaker type. The HEBM process was conducted in the stainless steel vials for 2 million cycles at 900 motor RPM. The ball milling diameter was 1/4 inch made from steel. Therefore, perhaps the final particle size will be determined by empty space of the vial for the movement of the balls. In this study, the empty space is varied for 1/2, 1/3, 1/4, and 1/5 of vial volume. Particle Size Analyzer (PSA) is used to have the particle sizes and SEM-EDX is used to have surface morphology of the particle. The average final particle sizes are 547.8 nm, 522.9 nm, 422.7 nm, and 739.4 nm for 1/2, 1/3, 1/4, and 1/5 empty space of vial respectively. The surface morphologies of the particles are determined by fracture mechanism as they can be seen on the SEM results. Based on the results, it can be said that there is no correlation between the particle size and the empty space of the vial. As long as there is space for movement of the milling balls, the collision occurs and the reduction of the particle also happens.

Keywords: bamboo, charcoal, high energy ball milling, particle.

INTRODUCTION

Charcoal is a natural material obtained from pyrolysis process of wood. It has been used as fuel for many years. The biggest content of charcoal is carbon. Carbon is one of the materials that has advantages in terms of physical and chemical characteristic [1]. The development of nanomaterial is very fast including carbon nano. In nanotechnology, a particle is defined as a small object that behaves as a whole to its nature and its transport.

Bamboo has been known by the community for long time. Bamboo has many application in day life. It is versatile and can be easily retrieved in our environment. Bamboo has benefit not only from the side of conservation but also provides financial profit. Bamboo is very potential commodities. It is due to many application of bamboo, consequently a lot of waste material produced from its application. The waste material can be transformed into charcoal as carbon source.

Until recently, the production of carbon nanoparticles from various carbon sources such as glucose, sugar, siklodekstrin, fructose, cellulose, sucrose, starch, amylopectin, organic molecules, and waste biomass has already undertaken by many researchers [2]. For example, Z. Shuo et al. [5] and the stabilized samples were then carbonized at 600 °C for 1h under N₂ atmosphere. In the process, stabilization treatment was the main step. The mechanism of stabilization was investigated by thermogravimetric analysis, X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy, and differential scanning calorimetry, and the morphology of the carbon spheres was characterized by scanning electron microscopy (SEM, has done research on the production process

of spherical carbon derived potato flour with the method of carbonization. N. Mohan, et. al. [6], has done research about synthesis of carbon nano sphere obtained from the thermal decomposition of petrol, diesel, paraffin, and lubricants. J. Rao. et. al. [7], successfully modified micrometer-sized carbide silicon powder into carbide silicone particle nanometer powder by ball milling process using 30 hours milling time parameter, 10 gram and 50 gram steel ball weight ratio.

Some other researchers have worked on nanoparticle obtained from bamboo. For example Anuj Kumar, et. al. [3], studied the effect of bamboo fiber density on mechanical strength and water absorption. L. Zou, et. al. [1], examined the nanoparticle structure characteristic and the mechanical properties of bamboo fiber. J. Q. Krause, et. al. [4], scrutinized effect of bamboo micro structure on tensile and compressive strength.

Supriyono, et. al. [8], has worked on the effect of the ball size on the product characteristics of shaker HBEM to produce nano particle from bamboo charcoal. F. G. Salihati, et. al. [9] did a research on carbon manufacture from bamboo ori and bamboo petung. The carbon can be produced by heating the bamboos for 1 hour. Jiaguan Zhan, et. al. [10] moreover the biggest mean contact force and the highest energy utilization ratio of balls could be acquired when the speed ratio is 1.5. The mean contact force increases with the proportion increasing of the large balls, which means ball size distribution has some effect on the crushing and grinding process. And according to the experimental results for comparative analysis, the specific rates of breakage S_i increases with the proportion rise of large balls in ball size distribution, meanwhile S_i can be determined by the mean contact force (F_{mcf}) examined effects of milling speed, size of steel balls, and the time of milling on the final particle size of the initial 20 μ m pellet. The results shows that ball size has certain effect on the particle size, the larger the ball diameter the larger the average particle size. S. Giat, et. al. [11] conducted a research on Co-Cr-Mo combination with mechanical mixing method in wet milling condition using *High Energy Milling* for 50 hours milling time. The weight ratio of the powder and the ball is 15 gram powder and 75 gram [11].

This research carried out a characterization of bamboo tutul charcoal nanoparticles resulted from high energy ball milling (HEBM) shaker type the same as the work done by Supriyono et al [8]. However, since the milling process is conducted in a vial, the empty space of the vial for the ball movement will determine the final size of the particles.

EXPERIMENT

Powder Preparation

Charcoal was produced by pyrolysis process of waste material of bamboo tutul (*Bambusa maculata*). To have the powder the charcoal is manually milled. To have a uniform size of powder, the powder from the manual milling is filtered to 200 mesh size.

Experiment

The milling process was conducted in vials as it can be seen in Figure 1. The vials are made from stainless steel cylinder with diameter of 2 inches and length of 120 mm. At the once milling process, 4 vials are used. The milling ball has diameter of $\frac{1}{4}$ inch. The powder and the ball are put into the vials according to Table 1. The vials are placed on the shaker machine as it can be seen in Figure 2. The shaking movement is obtained from transformation rotation into translation by connecting rod. This movement has shaking effect to the vials.



Figure 1. Vials to conduct milling process



Figure 2. Shaking machine

The milling process was conducted for 2 million cycles at 900 rpm of driving motor.

Table 1. Content of vials

No. Vial	Empty volume	Dose		Total Ball	Weight Ball (gr)
		charcoal powder	Ball		
1	1/2	1/4	1/4	260	279,19
2	1/3	1/3	1/3	347	360,60
3	1/4	3/8	3/8	390	405,29
4	1/5	2/5	2/5	416	432,31

RESULTS AND DISCUSSION

Particle size analyzer (PSA) results are shown in Table 2 and Figure 3.

Table 2. PSA Results

Volume Empty on Tubes	Particle Size Results (nm)
1/2	547.8
1/3	522.9
1/4	422.7
1/5	739.4

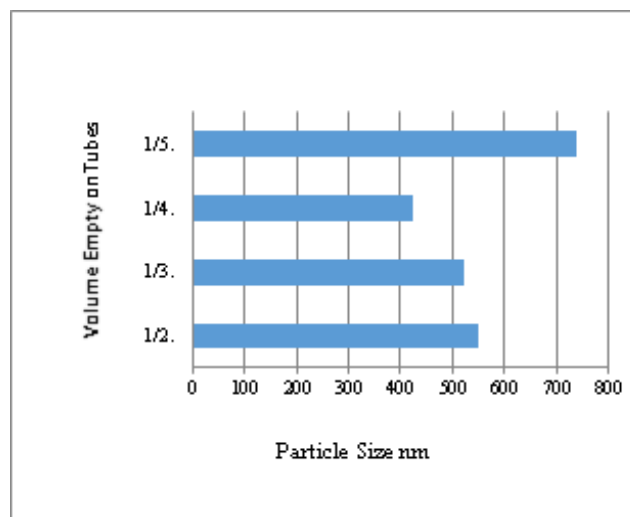


Figure 3. Graphic of average particle size

The PSA results show that the final sizes of the particle are in between 422.7 nm and 739.4 nm. The smallest one is produced by the vial with $\frac{1}{4}$ empty space and the biggest one is produced by the vial with $\frac{1}{5}$ empty space. The particle size are not in standard of nanoparticle since according to A. Kumar, *et. al.*, nanoparticle is particle in the size of 1 to 100 nm [3]. The PSA results are in line with SEM results shown in Figure 4. It can be seen from the SEM results that the distribution on the particle sizes for each empty space are not homogen. There are particles with the size of more than 1 micron, on the other hand many particles are less than 1 micron.

The SEM results show that the surface morphology is determine by fracture mechanism. According to the work by P. Kuziora *et. al.*[12] such the vial volume, the diameter and quantity of milling balls and the powder mass. In this experiment, different batches of magnesium hydride powder were milled using varying ball size, powder mass, and other parameters and a constant BPR. The hydrogen desorption properties (i.e., differential scanning calorimeter, the surface morphology of the particle is influenced by some variables, such as the ball milling size of the sphere and the grinding speed. Whereas the grinding speed is affected by the motor speed and the empty space for the movement of the ball.

As it has been mentioned in the above paragraph that the distributions of the particle size of each empty space are not homogeny. Kim *et al.*[13] two kinds of milling methods (cyclic and conventional operations) said that HEBM has steady state time which is a limit time where the increase time of milling has no effect on the particle size. It means that the size distribution is homogeny. The conclusion of this research is supported by J. Eckert and I. Borner[14].

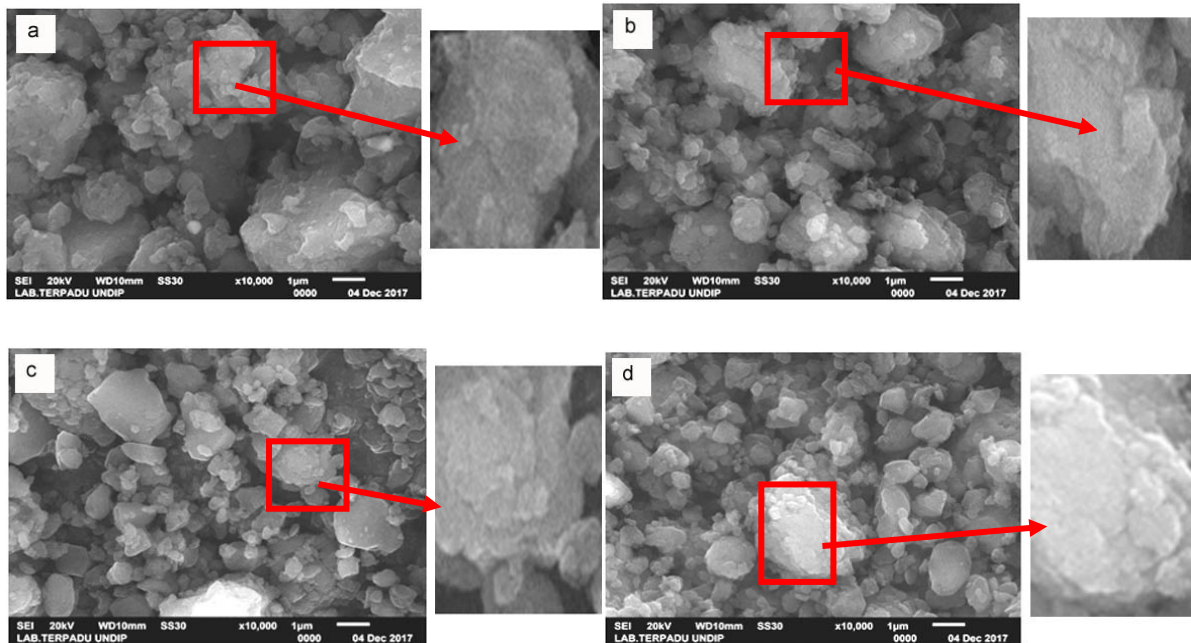


Figure 4. Results of SEM, comparison (a) $\frac{1}{2}$ empty space of vial, (b) $\frac{1}{3}$ empty space of vial, (c) $\frac{1}{4}$ empty space of vial and (d) $\frac{1}{5}$ empty space of vial.

From EDX, it can be seen the composition of bamboo charcoal, and the result is shown in Table 2 as follows:

Table 3. EDX Results

Chemical elements	Composition (%)			
	Empty volume: Content volume			
	1/2 : 1/2	1/3 : 2/3	1/4 : 3/4	1/5 : 4/5
C	95,6	93,03	97,33	96,22
SiO ₂	0,36	0,61	0,25	0,77
K ₂ O	0,71	0,64	0,66	1,39
CuO	0,68	0,62	0,63	0,68
ZnO	0,26	0,32	0,38	0
ZrO ₂	0,84	0,72	0,74	0,78
P ₂ O ₅	0,37	1,19	0	0,16
K ₂ O	0,49	0,47	0,66	0,51

In EDX testing it can be seen the most dominant composition is element C (Carbon) with the percentage above 93.3% this is because bamboo charcoal is also active carbon. There are also other elements contained in the bamboo charcoal. In accordance with EDX result shown in Table 3, it is possible to separate the carbon element with other chemical elements caused by the occurrence of the agglomeration region. The most dominant chemical element is carbon, so bamboo charcoal is a potential source of nanoparticle carbon.

CONCLUSIONS

Based on results of the work, it can be concluded that: The empty space variation of vial does not have any effect on the final particle size. The more empty space, the more freely the ball movement as a grinder, and this variable influence the grinding speed which affect the

surface morphology of the particle. By having 2 million cycles in this work, the steady state condition is not reached yet.

REFERENCES

- [1] L. Zou, H. Jin, W.-Y. Lu, and X. Li, "Nanoscale structural and mechanical characterization of the cell wall of bamboo fibers," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 29, no. 4, pp. 1375–1379, 2009.
- [2] D. B. Effendi, N. H. Rosyid, A. Bayu, and D. Nandiyanto, "Review : Sintesis Nanoselulosa," *J. Untirta*, vol. 5, no. 2, pp. 61–74, 2015.
- [3] A. Kumar *et al.*, "Engineered bamboo scrimber: Influence of density on the mechanical and water absorption properties," *Constr. Build. Mater.*, vol. 127, pp. 815–827, 2016.
- [4] J. Q. Krause, F. de Andrade Silva, K. Ghavami, O. da F. M. Gomes, and R. D. T. Filho, "On the influence of *Dendrocalamus giganteus* bamboo microstructure on its mechanical behavior," *Constr. Build. Mater.*, vol. 127, pp. 199–209, 2016.
- [5] S. Zhao, C. Y. Wang, M. M. Chen, Z. Q. Shi, and N. Liu, "Preparation of carbon spheres from potato starch and its stabilization mechanism," *Xinxing Tan Cailiao/New Carbon Mater.*, vol. 25, no. 6, pp. 438–443, 2010.
- [6] A. N. Mohan and B. Manoj, "Synthesis and characterization of carbon nanospheres from hydrocarbon soot," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 7, no. 10, pp. 9537–9549, 2012.
- [7] J. Rao, G. Catherin, in Murthy, D. Rao, and B. Raju, "Production of nano structured silicon carbide by high energy ball milling," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 82–88, 2011.
- [8] Supriyono, Ngafwan, W Joharwan, "The effect of the ball size on the product characteristics of shaker HEM to produce nano particle from bamboo charcoal", IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 403 012090, 2018.
- [9] F. G. Salihati and H. Ardhyanta, "Studi Pembuatan Karbon Hitam dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) dan Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)," *Tek. Pomits*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2013.
- [10] J. Zhang, Y. Bai, H. Dong, Q. Wu, and X. Ye, "Influence of ball size distribution on grinding effect in horizontal planetary ball mill," *Adv. Powder Technol.*, vol. 25, no. 3, pp. 983–990, 2014.
- [11] S. Giat and W. Ari, "Pembentukan Nanopartikel Paduan CoCrMo Dengan Metoda Pemanduan Mekanik," *Pus. Teknol. Bahan Ind. Nukl. – BATAN*, 2012.
- [12] P. Kuziora, M. Wszyńska, M. Polanski, and J. Bystrzycki, "Why the ball to powder ratio (BPR) is insufficient for describing the mechanical ball milling process," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 18, pp. 9883–9887, 2014.
- [13] Y. Do Kim, J. Y. Chung, J. Kim, and H. Jeon, "Formation of nanocrystalline Fe-Co powders produced by mechanical alloying," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 291, no. 1, pp. 17–21, 2000.
- [14] J. Eckert and I. Börner, "Nanostructure formation and properties of ball-milled NiAl intermetallic compound," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 239–240, pp. 619–624, 1997.