VOL. 3/NO. 1/DESEMBER/2018



ISSN: 2541-6987

# PROSIDING

Seminar Nasional Teknik Mesin



JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER 2018

# PROSIDING SISTEM 2018

INOVASI TEKNOLOGI TERBARU UNTUK MENDUKUNG KEBANGKITAN INDUSTRI NASIONAL

ISSN: 2541-6987

Hak Cipta © 2018 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Dilarang memproduksi, mendistribusikan bagian dari publikasi ini dalam segala bentuk maupun media tanpa seijin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik - Universitas Jember

Dipublikasi dan didistribusikan oleh **Jurusan Teknik Mesin** Fakultas Teknik Universitas Jember Jalan Kalimantan 37 Kampus Tegal Boto Jember 68121 INDONESIA

Telp. (0331) 484977 Fax. (0331) 339029

Website: www.mesin.teknik.unej.ac.id

Email: sistem@unej.ac.id









sistem.teknik.unej.ac.id





@sistemunej

# **KATA PENGANTAR**

Seminar Nasional Teknik Mesin (SISTEM) adalah acara tahunan yang diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Jember. Dari hasil seminar diharapkan dapat memberikan dampak secara luas kepada masyarakat, sehingga topik yang konkrit dan terbaru selalu diusung menjadi tema utama seminar. Seminar Nasional Teknik Mesin (SISTEM) kali ini mengusung tema "INOVASI TEKNOLOGI TERBARU UNTUK MENDUKUNG KEBANGKITAN INDUSTRI NASIONAL".

Kualitas penelitian yang baik dalam bidang Teknik Mesin memliki kontribusi yang besar dalam meningkatkan daya saing dan inovasi industri. Melalui Seminar Nasional Teknik Mesin ini, karya-karya penelitian yang telah terkumpul diharapkan memberikan solusi efektif, efisien, dan ramah lingkungan terhadap masalah-masalah di bidang keteknikan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing bangsa melalui penelitian dan inovasi pada bidang keteknikan untuk menghadapi persaingan global.

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sebab hanya oleh karena rahmat dan anugerah-Nya maka acara Seminar Nasional Teknik Mesin (SISTEM) dapat terselenggara. Ruang lingkup makalah pada Seminar Nasional Teknik Mesin (SISTEM) dikelompokkan menjadi empat bidang, yaitu: Konversi Energi, Manufaktur, Desain, Metalurgi dan Material. Lebih lanjut, kualitas makalah dijaga dengan baik melalui proses review yang ketat.

Akhir kata kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan prosiding SISTEM ini. Terlepas dari segala kekurangan yang ada, kiranya segenap upaya yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi kemajuan, penguasaan ilmu pengetahuan & teknologi di Indonesia dan menjadi pendorong untuk menghaslilkan karya-karya penelitian lanjutan yang lebih baik.

Jember, 27 Desember 2018

**Tim Editor** 

# **DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
REVIEWER	iii
PANITIA PELAKSANA	iv
PENGARUH TABUNG AKRILIK TERHADAP PERFORMA KOLEKTOR TABUNG DENGAN	
PHASE CHANGE MATERIAL PADA PROSES PENDINGINAN	1
Muhammad Farobi Tsani <sup>1*</sup> , Hary Sutjahjono <sup>2</sup>	1
STUDI KARAKTERISTIK KECEPATAN PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN MEKANIK	
MARINE PLATE ST42 BAJA KARBON RENDAH PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN	
MENGGUNAKAN LAS KOMBINASI SMAW & FCAW PADA POSISI 3G UP HILL	4
Abdul Rohman <sup>1*</sup> , Khairul Muzaka <sup>1</sup> , M. Abdul Wahid <sup>1</sup>	4
PENINGKATAN EFISIENSI KOLEKTOR TABUNG DENGAN PENAMBAHAN SELUBUNG	
TRANSPARAN PADA PEMANAS AIR DOMESTIK	9
Bella Nurfadhilah <sup>1*</sup> , Nasrul Ilminnafik <sup>2</sup> , Mahros Darsin <sup>2</sup>	9
KAJIAN POTENSI PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT POLIMER DENGAN SERAT	
ALAM UNTUK PRODUK OTOMOTIF	13
Mochamad Sulaiman <sup>1*</sup> , Muhammad Hudan Rahmat <sup>1</sup>	13
SIMULASI OPTIMASI DESAIN <i>BEAM SCISSOR LIFT</i> KAPASITAS 1 TON DENGAN <i>FENITE</i>	
ELEMENT METHODE	9
Achmad Murdiono <sup>1</sup> *, Rika Dwi Hidayatul Qoryah <sup>2</sup> , Hery Indria Dwi P <sup>2</sup>	9
PENGARUH VARIASI BESAR ARUS, TEGANGAN DAN WIRE SPEED MITSUBISHI BA-8	
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA SKD 61	15
Panji Hastawirata Putratama <sup>1</sup> *, Dedi Dwilaksana <sup>2</sup> , Gaguk Jatisukamto <sup>2</sup>	15
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI <i>CYLINDRICAL MESO SCALE COMBUSTOR</i> SEBAGAI	
SUMBER PEMBANGKIT ENERGI BERDENSITAS TINGGI	20
Andi Sanata <sup>1,2*</sup> , I N.G. Wardana <sup>2</sup> , Lilis Yuliati <sup>2</sup> , Mega Nur Sasongko <sup>2</sup>	20
DESAIN ALAT UJI ROLLING RESISTANCE UNTUK BEARING DAN PELUMAS	26
Zhahra Hanif Sholiha <sup>1*</sup> , Gaguk Jatisukamto <sup>2</sup> , Boy Arief Fachri <sup>2</sup>	26
UNJUK KERJA <i>REGENERATIVE SHOCK ABSORBER</i> MENGGUNAKAN <i>FLEXIBLE ARM</i>	
MECHANISM	31
Ahmad Syuhri*, Nasrul Ilminnafik, Skriptyan N.H. Syuhri	31
PENGARUH PENAMBAHAN STRONTIUM TERHADAP NILAI KEKERASAN Al-Si-Mg	
DENGAN METODE PENGECORAN GRAVITY CASTING	37
Salahuddin Junus <sup>1*</sup> , Danang Yudistiro <sup>1</sup> , R. Puranggo Ganjar.W <sup>1</sup> , Prasetya.E. Indradianto <sup>2</sup>	37

# **REVIEWER**

- 1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.
- 2. Dr. Nasrul Ilminnafik, ST., MT.
- 3. Dr. R. Koekoeh K.W, ST., M.Eng.
- 4. Dr. Agus Triono, ST., MT.
- 5. Boy Arief Fachri, ST., MT., Ph.D.
- 6. Dr. Gaguk Djatisukamto, ST., MT.
- 7. Dr. Amalia Sholeha, S.Si., M.Si.
- 8. Dr. Muh. Syahid, ST., MT
- 9. Dr. Eng. Lilis Yuliati, ST.MT

# PANITIA PELAKSANA

Pelindung	Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember	
Penanggungjawab	Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember	
Ketua Panitia	Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.	
Sekretaris	Danang Yudistiro, S.T., M.T.	
Anggota	Robertus Sidartawan, S.T., M.T.	
	R. Puranggo Ganjar Widityo, S.T., M.T.	
	M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.	
	Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.	
	Wellayaturromadhona, S.Si., M.Sc.	
	Rahma Rei Sakura, S.T., M.T.	
	Hery Indria Dwi Puspita, S.Si., M.T.	
	Istiqomah Rahmawati, S.Si., M.Si.	

# PENGARUH TABUNG AKRILIK TERHADAP PERFORMA KOLEKTOR TABUNG DENGAN PHASE CHANGE MATERIAL PADA PROSES PENDINGINAN

Muhammad Farobi Tsani<sup>1\*</sup>, Hary Sutjahjono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: \*farobitsani@gmail.com

#### ABSTRAK

Energi merupakan kebutuhan primer bagi manusia yang hingga saat ini energi tersebut masih bersumber dari bahan bakar fosil. Dengan tingginya kebutuhan energi dan menipisnya bahan bakar fosil maka diperlukan energi alternatif. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif merupakan salah satu solusi dari tingginya kebutuhan energi, salah satunya dengan penggunaan energi surya sebagai kolektor untuk pemanas air. Pengoptimalan performa kolektor dilakukan dengan menggunakan tabung akrilik dan reflektor. Penelitian ini dilakukan dengan cara memanaskan kolektor pemanas air yang sudah dilengkapi dengan phase change material, tabung akrilik dan reflektor selama 2 jam menggunakan lampu 2000 watt sebagai pengganti energi surya, setelah itu dilakukan proses pendinginan pada suhu lingkungan sekitar 30 °C selama 2 jam dengan rata-rata radiasi sebesar 850 W/m². Alat yang diuji pada penelitian ini yaitu kolektor dilengkapi dengan reflektor-tabung akrilik dan reflektor-tanpa tabung akrilik. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa kolektor yang dilengkapi tabung akrilik menghasilkan penyimpanan panas lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan tabung akrilik ketika proses pendinginan. Hal ini menunjukkan bahwa tabung akrilik merupakan media yang mampu mengoptimalkan kerja dari *phase change* material dalam menyimpan panas.

Kata Kunci: Kolektor, tabung akrilik, pendinginan

#### **PENDAHULUAN**

Pada dekade tahun terakhir, beberapa negara yang sedang berkembang mengalami masalah krisis energi dikarenakan tingginya permintaan dan rendahnya pasokan energi yang tersedia. Masalah ini dapat diminimalkan dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan. Energi matahari tersedia berlimpah di dunia, meski pada penggunaannya tidak dapat secara terus menerus dikarenakan intensitas yang bergantung terhadap waktu penyinaran matahari [1]. Energi Matahari mempunyai sifat intermitten dimanfaatkan sebagai media penyimpanan energi panas, hal ini berguna untuk mengatasi masalah energi [4]. Penyimpanan panas dalam bentuk laten memberikan kapasitas penyimpanan energi per unit volume dan per unit massa jauh lebih besar dibandingkan bentuk panas sensibel [2]. Pada umumnya penyimpanan energi dalam bentuk panas laten menggunakan phase change material (PCM).

Beberapa peneliti lain mengatakan bahwa kolektor tabung (evacuated tubular collector, ETC) mempunyai keunggulan dalam kehilangan panas disbanding model kolektor plat datar [3]. Kolektor tabung memiliki kemampuan dalam melapisi permukaan yang cukup baik dalam

mengisolasi udara sehingga efisiensi yang dihasilkan tinggi dibandingkan kolektor pelat datar pada temperatur diatas 80°C [5]. Hal ini diduga karena adanya glass tube yang dapat menghambat hilangnya panas dalam kolektor lebih baik dibanding dengan kolektor plat datar.

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat disimpulkan bahwa masih diperlukan penelitian lanjutan guna mengetahui efisiensi kolektor saat proses pendinginan dengan dilengkapi glass tube.

# METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Untuk pembuatan dan pengujian keduanya dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1, Fakultas Teknik, Universitas Jember, pada bulan September 2018 - November 2018. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Alat

- Pyranometer
- Termoreader
- Thermocouple tipe K
- 2 buah lampu 1000 watt

#### 2. Bahan

- Pipa tembaga Ø 54 mm dan Ø 12,7 mm
- Reflektor
- Tabung akrilik Ø 80 mm
- Parafin
- Minyak goreng
- Air

# Prosedur Pengujian

- a) Mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian;
- b) Mempersiapakan *phase change material* dengan campuran parafin 60% dan minyak goreng 40%;
- Mengatur posisi reflektor dan pemasangan tabung akrilik;
- d) Proses pemanasan menggunakan lampu selama 2 jam;
- e) Pengambilan data dilakukan dengan interval waktu 20 menit;
- f) Setelah 2 jam pemanasan, lampu dimatikan;
- g) Pengambilan data saat proses pendinginan dilakukan selama 2 jam dengan interval 20 menit;

Setelah itu pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian.

# HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil Proses Pendinginan

Proses pendinginan dilakukan dengan mematikan lampu yang pada penelitian ini sebagai sumber panas. Gambar 1 merupakan proses pemanasan dan Gambar 2 saat proses pendinginan kolektor tabung.

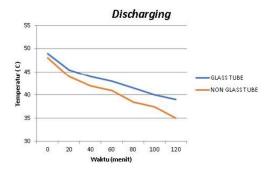
Pada proses pendinginan yang dilakukan pada kolektor dengan tabung akrilik dan dilengkapi phase change material, tahap pertama yang dilakukan adalah mencampurkan parafin dan minyak goreng dengan persentase 60% minyak goreng dari volume total yang sudah dicairkan terlebih dahulu. Untuk pemasangan tabung akrilik dilakukan pada absorber 1 dan untuk absorber 2 tidak menggunakan tabung akrilik. Setelah alat terpasang, dilakukan pemanasan selama 2 jam. Kemudian setelah 2 jam, dilakukan proses pendinginan dengan cara lampu yang menjadi panas sumber dimatikan. Analisa pendinginan dan efisiensi kolektor ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 1. Proses pemanasan

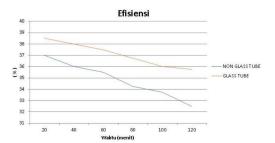


Gambar 2. Proses pendinginan



Gambar 3. Grafik laju pendinginan

Pada Gambar 3 menjelaskan bahwa penurunan temperatur pada absorber 1 dan absorber 2 relatif hampir sama. Pada absorber 1 temperatur pada menit 0 adalah 49°C dan pada absorber 2 adalah 48°C. Penurunan temperatur yang cukup besar terjadi pada menit 80 dan menit 120 di absorber 2. Hal ini disebabkan oleh penambahan tabung akrilik pada absorber 1 sehingga panas yang akan keluar mampu ditahan agar tidak keluar dari sistem.



Gambar 4. Grafik efisiensi kolektor

Efisiensi yang terjadi selama proses pendinginan telah dijelaskan pada Gambar 4. Penggunaan tabung akrilik pada absorber menghasilkan efisiensi yang tinggi. Penahanan panas yang disebabkan oleh tabung akrilik mampu meningkatkan performa dari kolektor tabung. Hal ini menjelaskan bahwa tabung akrilik mampu meningkatkan efisiensi kolektor tabung ketika proses pendinginan.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian proses pendinginan kolektor tabung dengan waktu pemanasan 2 jam dan waktu pendinginan selama 2 jam dapat diambil kesimpulan bahwa kolektor tabung dengan menggunakan tabung akrilik mampu menahan panas cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan penurunan temperatur yang relatif kecil dibandingkan tanpa menggunakan tabung akrilik. Dengan kecilnya penurunan temperatur maka efisiensi yang dihasilkan kolektor tabung dengan menggunakan tabung akrilik menghasilkan nilai efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan tabung akrilik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Abhat, A. 1981. Performance studies of a finned heat pipe latent heat thermal energy storage system. Sun, NY: Pergamon Press; pp. 541–546;
- [2] Dincer, I. 1999. Evaluation and selection of energy storage systems for solar thermal applications. International Journal of Energy Research, 23: 1017-1028;
- [3] Mishra, R.K., Garg, V., dan Tiwari, G.N. 2015. Thermal modeling and development of characteristic equations of evacuated tubular collector (ETC). Sol. Energy 116: 165–176;
- [4] Sharma, A., Tyagi, V.V., Chen, C.R., dan Buddhi, D., 2009. *Review on thermal energy* storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 318–345;
- [5] Yong, K., dan Taebeom, S. 2006. Thermal performances comparisons of the glass evacuated tube solar collectors with shapes of absorber tube. Renewable Energy 32: 772–795.

#### AUMT-2018-011

# STUDI KARAKTERISTIK KECEPATAN PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN MEKANIK MARINE PLATE ST42 BAJA KARBON RENDAH PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN LAS KOMBINASI SMAW & FCAW PADA POSISI 3G UP HILL

Abdul Rohman<sup>1\*</sup>, Khairul Muzaka<sup>1</sup>, M. Abdul Wahid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember Km13 banyuwangi

Email: \*rahmanabd@poliwangi.ac.id

#### **ABSTRAK**

Pembangunan sebuah kapal pada bagian lambung kapal ditentukan sambungan setiap plat yang disusun. Kondisi dimana lambung kapal yang eksisting pada mainframe kontruksi yang dibangun diharuskan welder beroperasi pada posisi berdiri tegak. Posisi tegak atau berdiri ini dalam istilah welding position 3G up hill atau down hill. Posisi sangat mempengaruhi sifat mekanik material jika parameter tidak ditentukan dengan tepat. Secara umum Heat Input (HI) da kecepatan pengelasan mempengaruhi sifat mekanik material yakni cacat, distorsi, rambatan retak, tegangan sisa dan dapat mengurangi kegiatan perlakuan panas setelah pengelasan / Post Welding Heat Threatment (PWHT). Metode penelitian ini merupakan sebuah eksperimen pada sebuah sampel pengelasan meliputi uji performance welder terkualifikasi dengan kecepatan las bervariasi 12,5 cm/menit, 12,25 cm/menit dan 11,5 cm/menit pada 150 A dan 27,5 V. Proses Pengelasan menggunakan kombinasi yakni SMAW untuk bagian root dan FCAW untuk filler serta capping. Sampel di uji dengan Uji Tarik, Uji Lengkung, Uji Kekerasan serta Uji Poto Mikro. Hasil penelitian Kecepatan pengelasan mempengaruhi sifat mekanik pada daerah lasan. Pengujian tarik tertinggi sebesar 22 Kilojoule/min diperoleh pada pengelasan dengan kecepatan 11,25 cm/min.

Kata Kunci: FCAW, SMAW Kecepatan las, Heat Input

#### PENDAHULUAN

Perkembangan industri baja di indonesia saat ini sangat berkembang pesat dengan adanya permintaan bidang kontruksi. Dalam hal ini pada kontruksi perkapalan yang banyak digunakan dengan sistem penyambungan las. Penyambungan beberapa sambungan (instalasi) pada industri kapal masih menggunakan sambungan las SMAW (Shield Metal Arc Welding) dan FCAW (Flux Core Arc Welding) serta kombinasi mesin las tersebut. Dalam hal ini sambungan kontruksi las menjadi sangat penting dalam hal nilai ekonomis di perusahaan bidang perkapalan. Sehingga dalam perancangan sambungan dan proses pengelasan sangat perlu diperhatikan. Perancangan sambungan ini tentunya harus memperlihatkan kesesuaian sifat-sifat las dengan kegunaan kontruksi pada sekitarnya.

Pada umumnya sering terjadi masalah pada sambungan las bagian konstruksi badan (lambung) kapal, hal ini mengakibatkan adanya retakan atau pecahan pada sambungan las di bagian badan kapal. Karena memang bagian badan kapal bekerja dengan menerima banyak gaya, baik itu gaya tekan air (hidrostatis ) dan

gaya tarik silih berganti akibat kapal di kondisi puncak gelombang ( sagging ) ataupun pada kondisi dilembah gelombang ( hogging ). Bahkan pada saat kapal bermuatan penuh atau pada saat di dok, kapal harus dapat mempertahankan kekuatannya. Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 2000)[2]

# Flux Core Arc Welding (FCAW)

Proses pengelasan merupakan proses menggabungkan logam dengan pemanasan sampai fase cair dan menggabungkannya bersama. Ada dua jenis dasar dari pengelasan yaitu fusi dan non fusi. Fusi adalah yang paling umum, pada fusi ini melibatkan pencairan dua logam induk. Pada non fusi umumnya dikenal sebagai soldering dan brazing, dimana dua logam induk dipanaskan tapi tidak sampai meleleh dan kemudian logam pengisi

Las Busur CO2 biasa disebut FCAW Menurut Harsono Wiryosumarto (1985 : 23-25) [2], pengelasan ini termasuk dalam las MIG, akan tetapi bukan gas mulia yang digunakan, melainkan gas CO2 atau campuran dari gasgas dimana CO2 sebagai komponen utamanya. Karena gas CO2 adalah oksidator, maka cara ini kebanyakan digunakan untuk mengelas

konstruksi baja. Biaya operasional dengan gas CO2 lebih murah dibandingkan dengan gas Ar. Hal ini disebabkan karena perbedaan harga dari kedua gas tersebut. Perbedaan ini menyebabkan las busur CO2 lebih banyak dipakai daripada gas pelindung yang lain. Alat gas MIG dapat langsung digunakan untuk pengelasan busur CO2 tanpa mengadakan perubahan. Polaritas yang digunakan sama, yaitu polaritas balik

# Struktur Mikro dan Sifat-Sifat Mekanik

Pada proses pengelasan, transformasi  $\gamma$  (austenit)  $\alpha$  (ferit) merupakan tahap yang paling krusial karena struktur mikro logam las yang berarti juga sifat-sifat mekanisnya sangat ditentukan pada tahap ini. Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi transformasi  $\gamma$  (austenit) ke  $\alpha$  (ferit) adalah masukan panas (heat input), komposisi kimia las, kecepatan pendingina dan bentuk

sambungan las seperti ditunjukkan oleh diagram CCT (Continuous Cooling Transformstion), struktur mikro logam las baja terdiri dari kombinasi dua atau lebih fasa-fasa berikut yang disusun berdasarkan suhu pembentuknya:

- Ferit batas butir (grain boundary ferrite), terbentuk antara suhu 1000 sampai 650 °C sepanjang batas butir austenit.
- 2. Ferit Widmanstatten (*Widmanstatten ferrite side plates*), terbentuk antara suhu 1000 sampai 650 °C
- 3. Ferit acicular (*acicular ferrite*), terbentuk antara suhu 650 °C
- 4. Bainit, terbentuk antara suhu 500 °C
- 5. Martensit, terbentuk jika proses pendinginannya sangat cepat.

# METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini merupakan metode eksperimen, dengan bahan yang dipakai adalah bahan baja karbon rendah ST42 *marine plate*, menggunakan elektroda E 7018 untuk *root* las SMAW dan E 71T-1 untuk elektroda mesin las FCAW dimana gas pelindung yang digunakan adalah gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Masukan panas adalah besarnya energi pada setiap satuan panjang las ketika sumber panas bergerak. Masukan panas atau *Heat input* (HI = Joule/mm), dinyatakan dalam rumus:

$$HI = \frac{P}{v} = \frac{EI}{v}$$

Dimana,

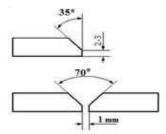
P: Input Daya (watt)

v : kecepatan lasan (cm/menit)

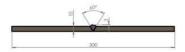
E: Potensial Listrik (Volt)

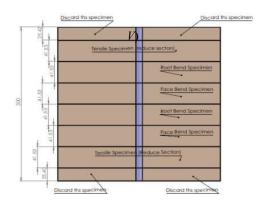
I : arus listrik (ampere)

Proses pengelasan ini menggunakan metode kombinasi pada *root* menggunakan las SMAW dan *fill* dan *capping* menggunakan las FCAW. Sambungan dengan *Bevel* (*Single V-joint*) dengan jumlah layer 3. Variasi kecepatan yakni 12,5 cm/menit, 12,25 cm/menit dan 11,5 cm/menit pada ampere 150 dan voltase 27,5. Dimensi plate dengan panjang 300 cm x 300 cm x 12 mm. Desain sambungan las seperti gambar dibawah ini



Gambar 3 Desain Sambungan Butt Joint (Single





Gambar 4 Cutting Plane ASME [7]

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap uji Tarik, uji lengkung, uji kekerasan, dan uji makro. Adapun uji Tarik menggunakan *Universal Testing Machine* merk *Zwick Roell*. Pengambilan sampel seperti gambar 4.

Tabel 1 Data variasi Kecepatan dan Ampere Pengelasan FCAW

rimpere i engelasan i eri ()			
Variasi Perlakuan	Var	iasi kecepa	atan
variasi Periakuan	1	2	3
Sampel A 150 A	12.5	12.25	11.5
Sampel B 180 A	12, 5 cm/min	12,25 cm/min	11,5 cm/min
Sampel C 200 A	CIII/IIIIII	CIII/IIIIII	CIII/IIIIII

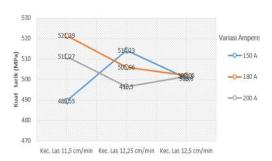
Pengujian hasil las dilakukan setelah terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan makro seperti pengujian dyepenetrant dan hasil las yang bebas dari cacat las (welding defect) dilakukan beberapa pengujian diantaranya pengujian Tarik, mikro dan pemeriksaan struktur logam induk dan daerah terpengaruh panas (HAZ),daerah fusi las dan pengujian komposisi kimia logam induk.

# HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil uji Tarik (tensile strength test)

Dalam pengujian Tarik material akan berhubungan dengan sifat mekanik suatu material. Sifat mekanik material dipengaruhi oleh sifat logam induk. Sifat logam induk terdapat beberapa sifat yakni : sifat fisik, sifat dan sifat mekanik.

Tabel	2.	Data	Pengu	iiian	Tarik
14001				.,	

	Komponer	Pengujian
Sampel Uji baja ST42	Max. Stress (MPa)	Yield Stress (MPa)
A1	500.60	398.64
A2	514.23	364.94
A3	489.55	371.96
B1	502.05	399.97
B2	505.96	383.97
В3	521.39	390.24
C1	501.50	360.07
C2	496.18	385.07
C3	511.27	376.45



Gambar 1. Kekuatan Tarik Material dengan Variasi Ampere

Pada gambar 1 menunjukkan kekuatan tarik hasil pengelasan dengan variasi pengelasan dan ampere. Dalam grafik diatas menunjukkan trendline dimana kecepatan pengelasan pada ampere 150 memberikan kekuatan tarik yang tinggi di ikuti dengan perlambatan dalam kecepatan menunjukkan trendline angka kecil. Trendline dengan ampere 180 menunjukkan phenomena dimana kekuatan tarik sebanding dengan kecepatan pengelasan yang diberikan.

Begitu juga untuk trendline ampere 200 menunjukkan grafik penurunan angka kekuatan tarik dengan kecepatan pengelasan yang lambat. Hal ini dapat dikatakan peningkatan kekuatan tarik terjadi akibat head input atau masukan panas yang kecil karena kecepatan pengelasan yang tinggi /cepat sehingga pada yang diterima pada plat tidak begitu besar dan sebaliknya dengan perlambatan kecepatan las maka masukan panas akan besar. Kecepatan pengelasan dan besar kuat arus yang dipakai saat pengelasan sangat berpengaruh dalam pengujian tarik semakin besar kecepatan pengelasan maka semakin kecil head input mengakibatkan kekuatan tarik semakin besar.

# Hasil Uji Lengkung (bending test)

Uji lengkung (bending test) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ.

Tabel 3 Data Pengujian Bending Test Material ST42

Pen	Pengujian Lengkung / Bending Test			
Kode	Jenis	Ukuran	Ket.	
Sampel	Diskontinyuitas	(mm)		
A1 FB	Open	1.75	Accepted	
A2 FB	Open	2.80	Accepted	
A3 FB	None	-	Accepted	
B1 FB	Open	1.50	Accepted	
B2 FB	None	•	Accepted	
B3 FB	None	•	Accepted	
C1 FB	Open	11.20	Rejected	
C2 FB	Open	5.10	Rejected	
C3 FB	Open	38.00	Rejected	

Adapun hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sampel yang mengalami perubahan Ampere yang tinggi (200 A) mengalami kegagalan dalam uji test bending. Dengan demikian bahwa parameter las untuk ampere yang tinggi rentan terhadap kegagalan dalam uji bending test. Adapun parameter ampere yang tinggi tidak mengakibatkan kegagalan tersebut namun pihak welder tidak menyadari bahwa dalam melakukan pengelasan interpas tidak membersihkan permukaan lasan (root weld) atau pada permukaan lasan interpas kedua. Hal ini penting bahwa pengelasan dalam beberapa interpas sangat menghindari adanya cacat slag inclusion dan slag of fusion

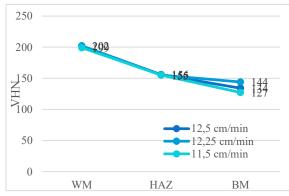
#### Hasil Uji Kekerasan (Vickers Hardness)

Pengujian kekerasan ini dilakukan pada tiap specimen atau sampel uji dengan variasi kecepatan yang di tentukan diatas. Tabel 3 menunjukkan data hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan vickers hardness

Tabel. 4 Data pengujian kekerasan (VHN)

Variasi Kecepata	WM	HAZ	BM
12,5	202	156	134
cm/min			
12,25	202	155	144
cm/min			
11,5	199	155	127
cm.min			

Distribusi kekerasan pada daerah lasan yang di amati adalah daerah Weld Metal (WM), Heat Affected Zone (HAZ) dan Base Metal (BM). Dalam gambar 2 pada grafik dapat dijelaskan bahwa nilai kekerasan pada titik weld metal (WM) lebih besar daripada daerah HAZ dan juga base metal (BM). Hal ini berarti dapat dikatakan dengan bertambah kecepatan lasan maka baik nilai kekerasan bertambah. Hubungan kekerasan material ini berkaitan dengan masukan panas yang rendah sehingga struktur mikro tidak mengalami transformasi fasa. Nilai kekerasan yang semakin kecil dari weld metal juga sesuai dengan pernyataan Easterling (1983) bahwa nilai kekerasan cenderung menurun mulai dari batas lebur sampai logam dasar tergantung pada ukuran butir (struktur mikro). Hal ini disebabkan semakin jauh dari pusat lasan maka pengaruh panas akan semakin berkurang.



Gambar 2. Grafik Nilai kekerasan dengan variasi kecepatan pengelasan

Pada daerah HAZ ataupun pada daerah las ini menunjukkan bahwa semakin tinggi arus pengelasan, maka hasil nilai kekerasan rockwellnya akan semakin tinggi pula. Kekerasan didaerah weld metal (WM) lebih tinggi dibandingkan kekerasan di daerah HAZ, hal ini diakibatkan oleh logam las yang bercampur dengan logam induk mempunyai kekerasan yang tinggi, sedangkan pada HAZ kekerasan lebih rendah karena mengalami perubahan struktur

## Hasil Uji Foto Makro

Hasil pemeriksaan struktur makro pada daerah terpengaruh panas (HAZ) menunjukkan adanya beberapa perbedaan fasa dan besar butir pada daerah fusi (fusion line) dan daerah logam las,serta daerah HAZ, serta tidak terdapat pengendapan karbida krom pada batas butir pada pengelasan baja karbon rendah. Pada gambar 2 dibawah ini ditunjukkan beberapa fasa yang terjadi pada kecepatan pengelasan yang bervariasi yaitu 12,5 cm/menit, 12,25 cm/menit dan 11,5 cm/menit.



Gambar 2 Foto Makro

Kecepatan pengelasan (a) 12,5 cm/min (b) 12,25 cm/min (c) 11,5 cm/menit

Pengaruh variasi kecepatan pengelasan terhadap struktur mikro terhadap *heat input* pada pengelasan terlihat perbedaan lebar struktur mikro dari *melt/fusi* dan batas antara daerah HAZ dan logam las.

Masukan panas setiap variasi kecepatan pengelasan akan menyebabkan memperlebar luasan daerah HAZ. Kecepatan pengelasan yang rendah 11,5 cm/min memberikan masukan panas tinggi dan penetrasi sangat dalam, sebaliknya kecepatan pengelasan yang tinggi 12,5 cm/min memberikan masukan panas rendah hasil daerah pengaruh lasan (HAZ) tidak terlalu melebar dan tidak terlalu dalam (penetrasi). Cacat yang terjadi pada lasan sesuai hasil pengamatan yakni *slag of fusion*. Cacat ini terjadi karena kerak lasan tidak bisa mencair dan terperangkap di antara line fusion di akibatkan kecepatan tidak teratur hal ini seharusnya slag dapat berada diatas karena perbedaan massa jenis baja yang lebih berat.

Pada masukan panas tinggi, laju pendinginan setelah pengelasan akan menjadi lebih lambat, sehingga struktur acicular ferrite (AF) yang terbentuk akan lebih banyak sesuai dengan diagram CCT. Sebaliknya pada masukan panas rendah, laju pendinginan akan lebih cepat sehingga struktur AF yang terbentuk lebih sedikit, tetapi lebih banyak terbentuk struktur ferit Widmanstatten (WF). Tetapi jika kecepatan pengelasan terlalu rendah, masukan panas menjadi terlalu tinggi sehingga struktur AF yang terbentuk berkurang karena mulai terbentuk

struktur ferit batas butir atau *Grain boundary* ferrite (GF) dan WF. Struktur AF diketahui dapat meningkatkan ketangguhan daerah lasan, karena berfungsi sebagai interlocking structure

#### KESIMPULAN

Dari hasil uji kekuatan tarik sambungan las rata – rata yang optimum adalah pada sambungan normal dengan kondisi tanpa perlakuan panas dengan kuat tarik rata – rata sebesar 505.30 MPa. Dan hasil uji kekuatan tekuk sambungan las rata – rata optimum adalah pada sambungan normal dengan kondisi tanpa perlakan panas dengan kuat tekuk rata – rata sebesar 872,17 N / mm2. Dengan jenis kontinyuitas dengan jumlah 9 sampel ada 3 mengalami Reject dengan ukuran kontinyuitas melebihi standar yakni : 11.20 mm, 5.10 mm, 38.00 mm. ada beberapa sampel yakni 3 buah tidak mengalami open kontinyuitas sedangkan 3 sampel mengalami open kontinyutas sebesar masing-masing 1,75 mm, 2,80 mm dan 1,50 mm.

#### **SARAN**

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan pemilihan mesin las yang baik. Kreteria mesin las SMAW dan FCAW. Pengelasan ini dilakukan oleh welder yang bersifikat namun mempunyai titik jenuh dalam proses pengelasan. Untuk mendapatkan hasil yang baik hasil lasan dapat dilakukan mesin las otomatis.

# DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Storer, J. H. Haynes, *The haynes Welding Manual*, 1994, California, Haynes Publishing Group
- [2] Wiryosumarto, H, 2000. Teknologi Pengelasan logam, Erlangga, Jakarta. Sonawan, H., Suratman, R, 2004."Pengantar Untuk memahami Pengelasan Logam, alfa beta bandung.
- [3] Santoso. J "<u>Pengaruh</u> Arus Pengelasan terhadap kekuatan Tarik dan ketangguhan las SMAW dengan elektroda E7018". Jurusan Teknik mesin. Universitas Negeri Semarang.
- [4] Jufri. M. dkk. 2017 "<u>Efek</u> Kecepatan Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan FCAW Pada Pada Plat Baja A36".SENTRA.
- [5] Naryono. 2011, "Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan Pada Penyambungan Pelat Baja SA 36 Menggunakan Elektroda E 6013 dan E7016 Terhadap Kekerasan , Sruktur Mikro dan Kekuatan Tariknya; .
- [6] Wibowo, H. dkk. 2016 "Analisa heat Input Pengelasan Terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis

- *Baja A36*". Jurnal Rekayasa Mesin Vol 7. No 1 Tahun 2016: 5-12
- [7] ASTM E-8 2004 Standart Test Methode of Tension Testing of Metallic Material, ASTM International 2004

#### AUKE-2018-013

# PENINGKATAN EFISIENSI KOLEKTOR TABUNG DENGAN PENAMBAHAN SELUBUNG TRANSPARAN PADA PEMANAS AIR DOMESTIK

Bella Nurfadhilah<sup>1\*</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>2</sup>, Mahros Darsin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121 <sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: \*bellanurf07@gmail.com

#### ABSTRAK

Telah banyak penelitian mengenai kolektor surya sebagai aplikasi pemanfaatan energi surya. Kolektor tabung dianggap mempunyai keunggulan dalam menahan panas dibanding kolektor pelat datar. Hal ini diduga karena adanya selubung transparan atau glass tube sehingga kolektor tabung dapat menahan panas lebih baik dibanding kolektor pelat datar. Makalah ini berfokus pada perbandingan efisiensi kolektor tabung tanpa glass tube dan dengan glass tube. Prototipe pemanas air dirancang dan dibuat dengan spesifikasi panjang kolektor 1 m, panjang pipa air 2 m, dan volume tangki 4 L. Pengukuran suhu pada air keluar tiap 20 menit selama 120 menit. Efisiensi dihitung dengan membandingkan kalor yang diserap air dengan kalor yang diterima. Hasil dari penelitian ini adalah kolektor tabung dengan *glass tube* dapat menghasilkan temperatur akhir lebih tinggi (42 °C) dibanding kolektor tabung tanpa glass tube (36,5 °C). Begitu pula efisiensi tertinggi kolektor tabung dengan *glass tube* lebih baik 200 % dari kolektor tabung tanpa glass tube. Hal ini membuktikan bahwa dengan menambahkan *glass tube* pada kolektor tabung dapat meningkatkan temperatur keluar dan efisiensi kolektor.

Kata Kunci: kolektor surya, kolektor tabung, efisiensi

#### PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan adalah salah satu jalan keluar untuk menangani masalah krisis energi yang sedang terjadi. Energi terbarukan sebagai penyedia energi yang ditujukan untuk mengurangi biaya awal dan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar fosil (Sharma dkk., 2009). Energi surya merupakan bentuk energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna mengurangi ketergantungan akan energi fosil yang semakin menipis. Indonesia adalah salah satu negara yang dapat memfaatkan energi surya dengan baik, karena Indonesia berada di daerah equator yang medapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan fluks rata-rata pada siang hari di musim kemarau mencapai harga di atas 1000 W/m<sup>2</sup> dengan lama penyinaraan rata-rata 12 jam/hari (Darwin, 2013). Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang paling banyak digunakan adalah pemanfaatan energi surya untuk pemanas air (Buddhi, 1997). Pemanas air domestik merupakan aplikasi yang sangat baik jika dapat digandengkan dengan penggunaan energi surya (Putra dkk., 2015).

Kolektor yang sudah banyak digunakan adalah kolektor pelat datar dan kolektor tabung.

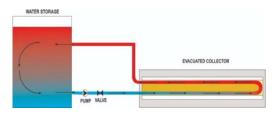
Kolektor surva pelat datar adalah jenis kolektor paling umum dengan desain sederhana yang mampu menghasilkan panas hingga 100 °C di atas suhu kamar (Duffie dan Beckman, 1991). Beberapa peneliti lain mengatakan bahwa kolektor tabung (evacuated tubular collector, ETC) mempunyai keunggulan dalam kehilangan panas dibanding kolektor plat datar (Mishra dkk., 2015). Tahmineh (2017) menyarankan untuk menggunakan kolektor tabung dalam iklim dingin karena hasil kinerja sistem lebih besar 41 % dan pemanfaatan energi lebih besar 30 % dibanding koletor plat datar. Selain itu kolektor tabung dapat mencapai efisiensi pengisian berkisar 33 - 66 % tergantung pada intensitas radiasi matahari (Piotr dan Robert, 2017).

Yong dan Taebeom (2006) berpendapat kolektor tabung mempunyai efek gabungan lapisan permukaan yang selektif dan insulasi vakum dari elemen penyerap sehingga dapat memiliki ekstraksi panas yang tinggi efisiensi dibandingkan dengan kolektor pelat datar pada suhu berkisar di atas 80 °C. Hal ini diduga karena adanya glass tube yang dapat menghambat hilangnya panas dalam kolektor lebih baik dibanding dengan kolektor plat datar. Sinar saat mengenai glass tube sebagian dipantulkan ke atmosfer, sebagian diserap oleh glass tube,

sebagian diteruskan ke absorber (Soeparman, 2015). Dengan adanya *glass tube* suhu permukaan absorber naik 30 °C (Liangdong dkk., 2010). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efek dari *glass tube* terhadap temperatur air keluar dan efisiensi kolektor tabung.

#### **METODOLOGI**

Penelitian ini mulai dari perencanaan alat, perancangan alat dan pengambilan data. Perancangan alat dilakukan dua tahap yaitu perancangan menggunakan software Corel Draw X7 dan dilanjutkan proses manufaktur. Proses pengambilan data digunakan untuk membandingkan temperatur outlet pemanas air dan efisiensi kolektor tabung dengan glass tube dan tanpa glass tube. Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember tepatnya di Jalan Slamet Riyadi No 36 Patrang Jember. Alat pemanas air yang dirancang dengan sistem sirkulasi.



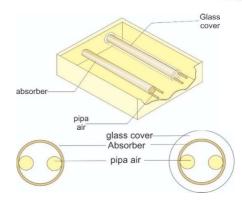
Gambar 1. Desain alat pemanas air

Tahap pertama dalam perancangan manufaktur alat adalah menyiapkan alat dan bahan, yaitu.

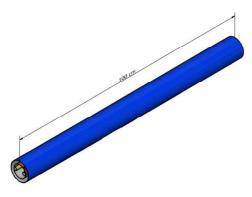
- 1. Alat:
  - Lampu 1000 W
  - Phynarometer
  - Thermometer
  - Pompa
- 2. Bahan:
  - Pipa tembaga
  - Knee
  - Glass tube

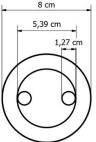
Pengambilan data dilakukan selama 120 menit. Pengukuran suhu pada temperatur air keluar (T<sub>out</sub>) dilakukan dengan interval waktu 20 menit. Prosedur pengambilan data diawali dengan menyiapkan alat, mengisi tangki dengan volume 4 L, mengukur intensitas radiasi sinar, menyalakan pompa, dan membuka *valve* dengan laju aliran massa 0,01 kg/s sehingga air dapat mengalir menuju kolektor tabung. Setelah 120 menit, data disimpan dan lakukan analisis data.

Berikut adalah skema dari kolektor tabung.



Gambar 2. Desain kolektor tabung





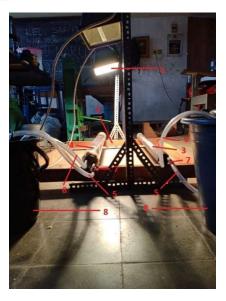
Gambar 3. Spesifikasi dimensi kolektor

# HASIL DAN PEMBAHASAN HASIL PERANCANGAN ALAT

Berikut adalah hasil perancangan alat dari kolektor tabung.



Gambar 4. Alat pemanas air tampak atas



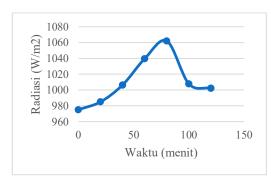
Gambar 5. Alat pemanas air tampak samping

# Keterangan:

- 1 : Lampu
- 2 : Rangka
- 3 : Kolektor tanpa glass tube
- 4 : Kolektor dengan glass tube
- 5 : Air masuk
- 6 : Air keluar
- 7: Valve
- 8 : Reservoir

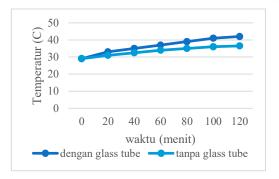
#### HASIL PENGAMBILAN DATA

Setelah melakukan pengukuran suhu selama 120 menit didapatkan data radiasi sinar yang bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Radiasi terus meningkat hingga menit ke 80, selanjutnya radiasi mengalami penurunan pada menit ke 100 dan 120.



Gambar 6. Radiasi sinar

Radiasi sinar sangat berpengaruh pada temperatur dan efisiensi kolektor tabung. Hasil dari temperatur air keluar dapat dilihat pada Gambar 7.



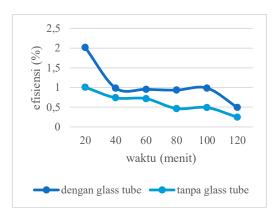
Gambar 7. Temperatur air keluar

Dari Gambar 7, dapat dilihat bahwa suhu awal air kolektor tabung tanpa glass tube dan dengan glass tube sama yaitu 29 °C. Selama pengukuran kenaikan suhu pada kolektor tabung dengan glass tube cenderung naik lebih cepat dibanding dengan kolektor tabung tanpa glass tube. Setelah dilakukan menyinaran selama 120 menit kolektor dengan glass tube mampu menghasilkan temperatur akhir lebih besar yaitu 42 °C sedangkan kolektor tabung tanpa glass tube yaitu 36,5 °C. Hal ini dapat membuktikan bahwa glass tube dapat menahan panas meningkatkan temperatur pada absorber. Temperatur air ini sangat berkaitan pada efisiensi kolektor. Efisiensi kolektor tabung merupakan perbandingan antara panas yang diserap oleh air sebagai fluida kerja dengan radiasi lampu yang diserap oleh luasan kolektor tersebut (Liangdong dkk., 2010).

$$\mu = \frac{\dot{m} c (Tout - Tin)}{I Acov}$$

Dengan m adalah massa jenis aliran (kg/s),  $C_p$  adalah panas jenis aliran (kJ/kg.°C),  $T_{out}$  adalah temperatur air keluar (°C) dan  $T_{in}$  adalah temperatur air masuk (°C), Acov merupakan luasan cover kolektor (m²) dan I adalah intensitas radiasi lampu (W/m²).

Sedangkan hasil efisiensi kolektor dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Efisiensi kolektor

Gambar 8. menunjukkan kolektor tabung dengan glass tube menghasilkan efisiensi lebih besar dibanding kolektor tanpa glass tube. Efisiensi terbesar terjadi pada menit ke 0 yaitu kolektor tabung dengan glass tube menghasilkan efisiensi 2,016 % sedangkan kolektor tanpa glass tube 1,008 %. Efisiensi kolektor menurun sebagaimana radiasi sinar naik. Ramadhan dkk., 2017 berpendapat proses perpindahan panas radiasi dan konveksi yang melibatkan kaca penutup dengan lingkungan merupakan faktor pertama yang berpengaruh terhadap kerugian energi kolektor. Kondisi terpaan radiasi lampu yang semakin besar maka akan diikuti juga dengan meningkatnya temperatur lingkungan dan kaca penutup. Pada kasus ini, intensitas radiasi lampu sebagai sumber energi panas yang diserap oleh glass tube dan absorber menjadi penentu besar atau kecilnya temperatur dari kedua komponen tersebut. Pada saat intensitas radiasi sinar mencapai puncaknya, hal ini mengakibatkan temperatur glass tube dan absorber akan mencapai nilai maksimum. Jika intensitas radiasi melebihi kapasitas glass tube dan absorber, hal ini dapat mengakibatkan heat loss.

#### **KESIMPULAN**

Penambahan glass tube pada kolektor tabung terbukti dapat meningkatkan temperatur air dan efisiensi. Hal ini membuktikan bahwa glass tube dapat menahan panas dan meningkatkan temperatur pada absorber.

# **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Buddhi, D. 1997. Thermal performance of a shell and tube PCM storage heat exchanger for industrial waste heat recovery. Presented at solar world congress, Taejon, Korea.
- [2] Darwin. 2013. Analisa Pengaruh Konfigurasi Pipa Pemanas Air Surya Terhadap Efisiensi. Jurnal ROTOR, 6(1).
- [3] Duffie, J.A. dan Beckman, W.A. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes. Second Ed. 440 Wiley-Interscience, New York.
- [4] Liangdong, Ma., Zhen, Lu., Jili, Zhang., dan Liang, Ruobing. 2010. Thermal performance analysis of the glass evacuated tube solar

- collector with U-tube. Building and Environment 45: 1959-1967.
- [5] Mishra, R.K., Garg, V., dan Tiwari, G.N. 2015. Thermal modeling and development of characteristic equations of evacuated tubular collector (ETC). Sol. Energy 116: 165–176.
- [6] Mishra, R.K., Garg, V., dan Tiwari, G.N. 2017. Energy matrices of U-shaped evacuated tubular collector (ETC) integrated with compound parabolic concentrator (CPC). Solar Energy 153: 531–539.
- [7] Putra, N. Adi, W., dan Amin, M. 2015. Uji Eksperimental Kinerja PCM Beeswax Sebagai Thermal Storage pada Aplikasi Pemanas Air Domestik. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV).
- [8] Piotr, F., dan Robert, S. 2017. Effect of a low cost parabolic reflector on the charging efficiency of an evacuated tube collector/storage system with a PCM. Solar Energy 144: 758–766.
- [9] Ramadhan, Nizar., Soeparman, Sudjito., dan Widodo, Agung., 2017. Analisis Perpindahan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Turbulence Enhancer. Jurnal Rekayasa Mesin 8(1): 15 22.
- [10] Sharma, A., Tyagi, V.V., Chen, C.R., dan Buddhi, D., 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13: 318–345.
- [11] Soeparman, S. 2015. *Teknologi Tenaga Surya*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- [12] Tahmineh, S., Alibakhsh, K., Kiana, R., Ameneh, H.H., Faezeh, A. dan Omid, M. 2017. Thermoeconomic and Environmental Analysis of Solar Flat Plate and Evacuated Tube Collectors in Cold Climatic Conditions. Renewable Energy.
- [13] Yong, K., dan Taebeom, S. 2006. Thermal performances comparisons of the glass evacuated tube solar collectors with shapes of absorber tube. Renewable Energy 32: 772–795.

# KAJIAN POTENSI PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT POLIMER DENGAN SERAT ALAM UNTUK PRODUK OTOMOTIF

Mochamad Sulaiman<sup>1\*</sup>, Muhammad Hudan Rahmat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Raden Rahmat Malang

Email: \*sule.kmp@gmail.com

#### ABSTRAK

Perkembangan teknologi komposit tidak hanya pada komposit sintetis, akan tetapi juga mengarah pada komposit alam/*Nature Composites* (NACO) dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat didaur ulang. Negara Indonesia memiliki potensi serat alam yang sangat banyak dan bervariasi, sehingga berpeluang mengembangkan polimer komposit dengan menggunakan serat alam. Penggunaan bahan komposit berbahan alam dalam bidang industri otomotif saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dan berusaha menggeser keberadaan bahan sintetis. Pemanfaatan serat alam sebagai bahan baku produk telah banyak dilakukan berbagai penelitian untuk mendapatkan sifat produk yang memenuhi standar keamanan maupun standar ekonomis. Makalah ini memberikan tinjauan ringkas tentang pengembangan komposit alam dalam pembuatan produk otomotif. Kami menelaah dan mengkaji penelitian terdahulu yang telah dipuplikasikan tentang kekuatan tarik serat alam sebagai bahan komposit, serta jumlah ketersediaan serat alam yang ada di Indonesia.

Kata Kunci: Komposit, Serat Alam, Produk Otomotif, Natural Composite (NACO)

# PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komposit tidak hanya pada komposit sintetis, akan tetapi juga mengarah pada komposit alam/Nature Composites (NACO) dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat didaur ulang atau istilah lain terbarukan. Komposit polimer dengan serat alam memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan komposit sintetis. Perkembangan material komposit polimer sebagai pengganti logam dan karbon sangat menjadi perhatian, hal ini karena komposit polimer memiliki sifat mekanik yang cukup baik, memiliki sifat isolator panas dan suara, tahan korosi, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik selain itu juga ramah lingkungan (Sirait, 2010). Komposit polimer dengan serat alam sangat ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami juga karena harga serat alam pun lebih murah dibandingkan bahan serat sintetis. Indonesia memiliki potensi kekayaan serat alam yang sangat berlimpah dan bervariasi macamnya, maka dari itu peluang yang sangat menarik dalam pengembangan komposit polimer dengan menggunakan serat alam.

Saat kini penggunaan material komposit dalam kehidupan sehari-hari sangat bervariasi, misal untuk pembuatan peralatan rumah tangga, komponen-komponen mesin seperti casing kapal, mobil maupun sepeda motor yang terbuat dari bahan material komposit polimer. Penggunaan bahan komposit polimer berserat alam dalam bidang industri otomotif saat ini pula mengalami perkembangan yang pesat serta berusaha menggeser keberadaan bahan komposit polimer sintetis yang sudah biasa dipergunakan sebagai penguat pada bahan komposit seperti E-Glass, Carbon, dan Silicone Carbide. Penggunaan komposit polimer dalam produksi komponen-komponen mobil telah terbukti mampu menyeimbangkan fungsi mobil seperti mengurangi berat dan menjaga keselamatan penumpang (Ezekweb. 2016).

Selain itu pemanfaatan serat alam sebagai bahan baku produk telah banyak dilakukan berbagai penelitian dalam mendapatkan data sifat mekanis dari produk untuk memenuhi standar keamanan maupun standar ekonomis produk tersebut. Untuk itu kajian tentang potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam pada produk otomotif sangat diperlukan agar dapat memberikan referensi pengembangan material yang lebih terukur selain itu juga agar mampu menciptakan produk yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Hasil kajian ini tidak dimaksudkan untuk menjadi data komprehensif, karena fokus kajian ini adalah pada penggunaan komposit polimer serat alam untuk produk

otomotif dari segi ketersediaan serat dan kekuatan tekanan tarik dari komposit polimer tersebut.

# PRODUK OTOMOTIF BAHAN KOMPOSIT POLIMER

Pemanfaatan komposit polimer telah berkembang sangat pesat. Tidak terkecuali pada bidang otomotif juga telah banyak memanfaatkan komposit polimer untuk membuat bermacam-macam produk. Produk/komponen otomotif telah yang menggunakan komposit serat alam sebagai bahan filler antara lain adalah dashboard, instrumental panel, seat back, hat rack, side and door panel, spare tire lining, business table, piller cover panel, under body protection trim, boot lining, dan headliner panel (Suddel & Evans, 2005). Sampai saat ini penggunaan komposit polimer serat alam terus berkembang pada pembuatan produk bumper mobil maupun bodi mobil hingga helm sebagai alat keselamatan berkendara.

#### METODOLOGI PENELITIAN

# SERAT ALAM UNTUK PENGUAT KOMPOSIT POLIMER

#### a. Daun Nanas

Serat daun nanas ialah salah satu serat yang dikembangan sebagai penguat komposit polimer. Serat daun nanas (pineapple-leaf fibres) merupakan jenis serat yang berasal dari tumbuhan (vegetable fibre) diperoleh dari daun tanaman nanas. Pemanfaatan serat daun nanas pada bahan komposit polimer merupakan alternatif dalam pembuatan komposit polimer, karena serat daun nanas ini telah dikenal akan kekuatannya, yang mana serat daun nanas memilik kualitas yang bagus serta memiliki permukaan yang halus (Fahmi & Hermansyah, 2011). Tanaman nanas sangat penyebarannya, sehingga ditemukan pada daerah tropik dan daerah subtropik maupun daerah yang mempunyai keadaan iklim basah serta kering (Setyawan et al., 2012).

#### b. Ijuk/Aren

Komposit polimer dengan serat alam seperti serat ijuk memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan serat sintetis, komposit serat ijuk lebih murah dari segi harga dibandingkan serat (Christiani, 2010). Serat ijuk juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat alam yang lain. Serat yang dihasilkan dari pohon aren memilki keistimewaan seperti: memperlambat pelapukan kayu, tahan terhadap asam dan garam air laut, serta mencegah serangan rayap tanah (Munandar, 2008).

# c. Kenaf

Kenaf (Hibiscus cannabinus L.) adalah tanaman berlignoselulosa yang potensial untuk dikembangkan sebagai raw material alternatif industri. Kenaf diklasifikasi sebagai tanaman pada penghasil fiber jenis Hibiscus (Malvaceae) yang dapat dibudidayakan pada daerah tropis maupun subtropis. Bagian serat kenaf terdiri dari serat bagian luar yang terdapat pada kulit sebesar 35% dari berat kering tangkai dan bagian dalam yang terdapat pada inti sebasar 65% dari berat tangkai (Balittas, 2014). Serat kenaf memiliki kualitas serat yang baik di lingkungan air dan tanah dengan pH 5,5 seperti lahan gambut. Dewasa ini serat kenaf telah banyak digunakan sebagai alternatif raw material untuk industri pulp maupun kertas.

#### d. Rotan

Rotan merupakan sumber hayati yang dapat menggantikan kayu, nama lain dari rotan adalah Lepidocaryodidae. Rotan merupakan sumber hayati penghasil devisa negara yang cukup besar bagi Indonesia. Indonesia telah memberikan sumbangan sebesar kebutuhan rotan dunia. Total 90% dari jumlah tersebut rotan dihasilkan dari hutan alam di Sumatera, Sulawesi, Kalimantan dan 10% sisanya dihasilkan dari budidaya rotan. Indonesia memiliki delapan marga rotan yang terdiri dari 306 jenis, akan tetapi hanya 51 jenis yang sudah dimanfaatkan (Jokosisworo, 2009). Pengembangan industri pengolahan komposit polimer dengan bahan baku serat kulit rotan saat ini mempunyai arti penting yaitu dari segi pemanfaaatan sumber daya alam yang belum termanfaatkan secara maksimal.

# e. Pelepah Gebang

Tanaman gebang (Corypha Utan Lamarck) merupakan jenis palma dan bermanfaat untuk menunjang kehidupan manusia. Meski berstatus tanaman liar dan tumbuh menjadi hutan kawasan, akan tetapi memiliki potensi yang besar dan telah dimanfaatkan oleh masyarakat NTT pada khususnya dan Indonesia umumnya. Sekitar 5%-10% luas padang savana di Pulau Timor ditumbuhi oleh pohon gebang (Naiola, 2006). Serat pelepah gebang sebagai bahan baku komposit polimer dapat bernilai ekonomis dan mudah diperoleh dalam jumlah banyak (Abanat et al, 2012).

#### f Ram

Tanaman rami (Boehmeria Nivea) adalah jenis tanaman serat yang tumbuh subur di Indonesia, seperti di daerah Wonosobo Jawa Tengah juga di Garut Jawa Barat. Produk serat rami telah digunakan sebagai bahan kertas dan tekstil (Diharjo, 2006). Produksi rami mencapai 100

ribu ton per tahun, lebih besar dari produksi serat abaca yang hanya mencapai 70 ribu ton per tahun (Eichhorn et al, 2001). Serat rami berasal dari serat alam sangat berpotensi untuk dikembangkan dan memenuhi kriteria penggunaan bahan alami, pun demikian jika dilihat dari sisi kekuatan (Soemardi, 2009).

# g. Sabut Kelapa

Kelapa adalah tanaman perkebunan dengan wilayah terluas, lebih luas dibandingkan dengan tanaman kelapa sawit muapun karet. Menempati urutan kedua untuk tanaman budidaya setelah padi. Selain daging buah, bagian lain dari kelapa juga memiliki nilai ekonomis seperti daun kelapa, batang pohon dan tempurung, tapi sabut kelapa kurang mendapat perhatian (Astika, 2013). Potensi dari limbah sabut kelapa begitu besar dan belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produksi yang mempunyai nilai tambah ekonomis. Sampai saat ini pemanfaatan sabut kelapa masih terbatas pada industri mebel ataupun kerajinan rumah tangga dan belum diolah menjadi produk teknologi. Serat sabut kelapa memiliki potensi sebagai penguat bahan baru pada komposit polimer (Amin & Samsudi, 2010).

# h. Ampas Tebu

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat ampas tebu. Ampas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang pemanfaatannya belum optimal. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lainlain. Sehingga diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Rahman & Kamiel, 2011). Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal. Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar.

#### i. Mendong

Tanaman Mendong (Fimbristylis globulosa) merupakan salah jenis rumput, satu famili dari Cyperacea, termasuk tanaman yang tumbuh dilahan basah, di daerah yang berlumpur dan memiliki air yang cukup, dan biasanya tumbuh dengan panjang lebih kurang 100 cm (Suryanto et al, 2013). Serat mendong merupakan tanaman budidaya yang memiliki potensi ekonomi yang baik, namun selama ini pemanfaatan serat mendong itu sendiri hanya sebagai tikar, tali, serta produk kerajinan tangan. Serat tersebut mudah ditemukan dialam dan

ketersediaannya melimpah sehingga berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan baku komposit (Banowati et al, 2017).

Tabel 1. Rata-rata Hasil Produksi Serat di Indonesia

No	Nama Serat	Rata-rata Produksi/ tahun (ton)	Sumber
1	Sabut Kelapa	5800	Saraswati (2010)
2	Mendong	140	Suryanto et al. (2014)
3	Pelepang Gebang	500	Ballitas (2015)
4	Daun Nanas	9941	Waluyo (2010)
5	Rami	2000	Kemenperin (2015)
6	Ijuk/Aren	1650	Surono & Sukoco (2016)
7	Kulit Rotan	400	Jokosisworo (2009)
8	Kenaf	8854	Ballitas (2015)
9	Ampas Tebu	1020	Syahputra et al. (2011)

# KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIMER SERAT ALAM

Serat komposit untuk produk otomotif memiliki standar yang harus dicapai, mulai dari standar keamanan (safety) maupun standar ekonomis produk tersebut. Aspek standar keamanan bisa dilihat dari kriteria kekuatan tarik (tensile strength). kekuatan tekan/tekuk (compressive strength) dan juga kekuatan impak (impact strength). Pengujian tersebut juga bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan komposit. Dalam kajian ini hanya membahas tentang kekuatan tarik komposit alam dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Komposit alam telah banyak diteliti dan diuji oleh banyak peneliti di Indonesia. Tabel 2 berikut merupakan rangkuman dari hasil-hasil penelitian tentang kekuatan tarik komposit polimer yang diperkuat dengan serat alam.

#### • KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIMER

Sebelum komposit polimer dengan serat alam populer dan mulai dikembangkan telah banyak bahan komposit polimer lain yang telah digunakan untuk keperluan produk otomotif seperti *fiberglass* (serat kaca), *fibercarbon* (serat karbon) dan masih banyak lagi. Bahan *fiberglass* dan *fibercarbon* dari segi kekuatan tarik memiliki kualitas yang baik, hal tersebut dijadikan standar minimum dalam

pembuatan komposit polimer untuk produk otomotif.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Kekuatan tarik komposit polimer dengan *filler* serat alam

Serat (Filler)	Hasil Uji Tarik (MPa)	Standar Uji (ASTM)	Sumber
Sabut Kelapa	58.00	D3039	Astika et al. (2013)
Mendong	26.60	D3039	Banowati et al. (2017)
Pelepang Gebang	51.97	D638	Abanat et al. (2012)
Daun Nanas	33.57	D3039	Setyawan et al. (2012)
Rami	80.00	D3039	Irawan et al. (2009)
Ijuk/Aren	36.37	D638	Mahmuda et al. (2013)
Kulit Rotan	21.65	D638	Jokosisworo (2009)
Kenaf	28.35	D638	Hariyanto (2009)
Ampas Tebu	31.44	D638	Rahman & Kamiel (2011)

Tabel 3. Kekuatan tarik maksimum

Bahan	Kekuatan Tarik (MPa)
Fiberglass	74
Fibercarbon	249

Ditinjau dari segi ketersediaan bahan baku serat maka serat daun nanas kemudian disusul serat kenaf memiliki potensi ekonomis yang baik dilihat dari jumlah produksi per tahun yang cukup tinggi yakni sebanyak 9941 ton dan 8854 ton. Sehingga cukup memenuhi kebutuhan akan bahan baku dalam pembuatan produk otomotif. Akan tetapi jika ditinjau dari segi kekuatan tarik maka serat rami saja yang mampu menandingi kekuatan tarik yaknik sebesar 80 MPa, sedangkan serat fiber lain belum dapat mencapai 74 MPa seperti kekuatan tarik dari fiberglass. Artinya hanya serat rami saja yang dapat memenuhi standar safety/keselamatan.

# KESIMPULAN

Potensi pengenbangan produk otomotif dengan bahan baku komposit polimer serat alam belum cukup mampu mengantikan serat gelas maupun serat karbon dalam segi standar keselamatan khusus untuk komponen eksterior. Diketahui dengan cara membandingkan hasil kekuatan tarik (tensile strength) dari hasil-hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan. Akan tetapi pengembangan produk otomotif dengan komposit polimer serat alam dapat dilakukan untuk komponen interior saja. Sebagai contoh, PT. Toyota di Jepang telah memakai bahan komposit polimer ber-filler serat kenaf untuk komponen panel mobil.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Abanat, J.D.J., Purnowidodo, A. & Irawan, S.Y. 2012. Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (Corypha Utan Lamarck) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi. Jurnal Rekayasa Mesin, 3(2): 352-361.
- [2] Amin, M. & Samsudi. 2010. Pemanfaatan Limbah Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuat Helm Pengendara Kendaraan Roda Dua. Prosiding Seminar Nasional Unimus 2010. Universitas Muhahammadiyah Semarang: 314-318.
- [3] Astika, I.M., Lokantara, I.P. & Karohika, I.M.G. 2013. Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. Jurnal Energi dan Manufaktur, 6(2): 95-202.
- [4] Balittas. 2014. Biologi Tanaman Kenaf. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- [5] \_\_\_\_\_. 2015. Laporan Hasil Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat TA. 2015. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang.
- [6] Banowati, L., Prasetyo, W.A. & Gunara, D.M. 2017. Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0 dan 90 pada Struktur Komposit Serat Mendong dengan Menggunakan Epoksi Bakelite EPR 174. INFOMATEK, 19(2): 57-64.
- [7] Christiani, E. 2008. Tesis, Karakteristik Ijuk Pada Papan Komposit Ijuk Serat Pendek Sebagai Perisai Radiasi Neutron. Sumatera Utara.
- [8] Diharjo, K. 2006. Pengaruh Perilaku Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Jurnal Teknik Mesin, 8(1): 8-12
- [9] Eichhorn S.J., Zafeiropoulus C.A.B.N., Ansel L.Y.M.M.P., Entwistle K.M., Escamilla P.J.H.F. G.C., Groom L., Hill M.H.C., Rials T.G., dan Wild P.M. 2001. Review Current International Research into Cellulosic Fibres

- and Composites, Journal of materials Science, pp. 2107-2131.
- [10] Ezekwem, D. 2016. Composite Materials Literature review for Car bumber. .13140/RG.2.1.1817.3683.
- [11] Fahmi, H. & Hermansyah, H. 2011. Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik. Jurnal Teknik Mesin. 1(1): 46-52.
- [12] Jokosisworo, S. 2009. Pengaruh Penggunaan Serat Kulit Rotan Sebagai Penguat Pada Komposit Polimer Dengan Matriks Polyester Yukalac 157 Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk. TEKNIK, 30(3): 191-197.
- [13] Mahmuda, E., Savetlana, S., dan Sugiyanto. 2013. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk dengan Matrik Epoxy. Jurnal FEMA, 1(3): 79-84.
- [14] Munandar, I. 2012. Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Pada Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [15] Naiola, B.P. 2006. Fluktuasi Potensial Air Harian Gewang (Corypha Utan Lamarck), Jenis Tumbuhan Hijau Abadi di Savana NTT. Berita Biologi, 8(1). Bidang Botani, Pusat Panalitian Biologi-LIPI.
- [16] Phillips, S.L. & Craelius, W. 2005. Material Properties of Selected Prosthetic Laminates. Journal of Prosthetics and Orthotics, 17(1): 27-32.
- [17] Rahman, M.B.N. & Kamiel, B.P. 2011. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 14(2): 133-138.
- [18] Setyawan, P.D., Sari, N.H. & Putra D.G.P. 2012. Pengaruh Orientasi dan Fraksi

- Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Tak Jenuh (UP). Dinamika Teknik Mesin, 2(1): 28-32.
- [19] Sirait, D.H. 2010. *Material Komposit*. Erlangga. Jakarta.
- [20] Soemardi, T.P., Kusumaningsig, W. & Irawan, A.P. 2009. Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Soket Prostesis. MAKARA TEKNOLOGI, 13(2): 96-101.
- [21] Suddell, B.C. & Evans, W.J. 2005. Natural Fiber Composites in Automotive Applications. In: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. CRC Press.
- [22] Surono, U.B. & Sukoco. 2016. Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk Dengan Bahan Matrik Poliester. Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. 298-303.
- [23] Suryanto, H. & Marsyahyo, Eko & Irawan, Yudy & Soenoko, Rudy. 2014. Effect of Alkali Treatment on Crystalline Structure of Cellulose Fiber From Mendong (Fimbristylis globulosa) Straw. Key Engineering Materials. 594-595. 720-724. 10.4028/www.scientific.net/KEM.594-595.720.
- [24] Suryanto, H., Irawan, Y.S., Marsyahyo, E. & Soenoko, R. 2013. Karakteristik Serat Mendong (Fimbristylis globulosa): Upaya Menggali Potensi Sebagai Penguat Komposit Matriks Polimer. National Conference Green Technology 3, November 2013.
- [25] Syahputra, A.S., Munarti, dan D.P.O. Saputra. 2011. Pengolahan limbah pabrik gula. Makalah Pengolahan Limbah Kimia. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Haluoleo. Kendari.

#### AUDS-2018-007

# SIMULASI OPTIMASI DESAIN BEAM SCISSOR LIFT KAPASITAS 1 TON DENGAN FENITE ELEMENT METHODE

Achmad Murdiono<sup>1</sup>\*, Rika Dwi Hidayatul Qoryah<sup>2</sup>, Hery Indria Dwi P<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121
 <sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*achmad.murdiono01@gmail.com

#### ABSTRAK

Scissor Lift adalah material handling equipment yang bergerak ke arah vertikal menggunakan beam dengan pola 'X' silang. Mekanisme scissor lift didasarkan pada lengan yang terhubung dalam pola 'X' silang yang dapat dilipat dan diperluas ke arah yang tepat mirip dengan pantograph. Untuk mendapatkan spesifikasi scissor lift yang mampu mengangkat beban 1 ton diperlukan kualitas dan kuantitas material yang besar, oleh karena itu dilakukan optimasi desain pada struktur beam scissor lift untuk efisiensi material. Simulasi optimasi desain menggunakan metode fenite element dengan software CAD dan CAE, validasi dilakukan dengan simulasi static structure untuk mengetahui perbandingan deformasi pada desain sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Nilai deformasi desain scisor lift sesudah dilakukan optimasi desain menunjukkan hasil yang hampir sama dengan deformasi desain aslinya, yaitu 0,72 mm selisih 0,01mm dengan desain aslinya. Kesimpulan penelitian adalah desain scissor lift setelah di optimasi memiliki performa yang sama dengan desain fundamental, namun memiliki massa yang lebih ringan dan efisiensi pada penggunaan material.

Kata Kunci: Scissor lift, static structural, simulasi optimasi desain

#### PENDAHULUAN

Scissor lift adalah lift dengan sistem pengungkit dan silinder hidrolik yang mana platform logam mampu bergerak di bidang vertikal. Hal ini dikarenakan scissor lift menggunakan beam dengan pola silang seperti mekanisme gunting. Konstruksi dan distribusi beban dipengaruhi oleh statika dan kekuatan material. Ilmu material penting untuk pemilihan material yang sesuai serta pengetahuan tentang pemodelan 3D [1]. Pemilihan material memainkan peran kunci dalam merancang mesin dan juga mempengaruhi beberapa faktor seperti daya tahan, keandalan, kekuatan, ketahanan yang akhirnya mengarah untuk meningkatkan kualitas angkat gunting. Scissor lift digunakan untuk mengangkat kendaraan, mengganti mendapatkan akses ke bagian bawah kendaraan, dan banyak lagi aplikasinya. Selain itu lift semacam ini juga digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pemeliharaan dan operasi penanganan ataupun distribusi material. Scissor lift dapat berupa tipe

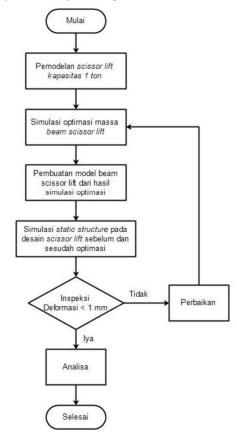
mekanik, pneumatik dan hidrolik. Analisis desain *hydraulic scissor lift portable* dilakukan di ansys untuk memeriksa kompatibiitas nilai desain. dari hasil analisa, desain dan fabrikasi memenuhi standar desain yang disyaratkan. Deformasi maksimum dari desain adalah 25mm, *von misses* 

stress max 170.67 N/mm2 dan shear stress max 362,3 N/mm2 [2]. Analisis Total deformation load, Equivalent stress pada scissor lift dilakukan pada dua logam seperti aluminum dan mild steel menggunakan fenite element analysis. Hasil analisa scissor lift dengan material mild steel memiliki Total deformation max 77.85 mm dan aluminum alloy 147,5 mm [3] Untuk mendapatkan spesifikasi scissor lift yang mampu mengangkat beban tinggi maka diperlukan juga material yang kuat dan juga tebal, tapi hal tersebut akan membuat scissor lift memiliki beban yang berat juga dan sulit untuk dipindahkan begitu juga biaya produksi yang meningkat karena meningkatnya kualitas dan volume material yang digunakan. Oleh karena itu pada penelitian ini akan menganalisa mengenai optimasi material pada beam scissor lift, sehingga didapatkan spesifikasi scissor lift yang mampu mengangkat beban berat dan juga tidak terlalu memakan banyak biaya produksi. Optimasi dilakukan dengan simulasi menggunakan software CAD dan CAE, dan untuk membandingkan performa dengan desain sebelumnya digunakan simulasi static structure. Model scissor lift yang akan di simulasi optimasi desain adalah model scissor lift kapasitas 1 ton.

# METODOLOGI PENELITIAN

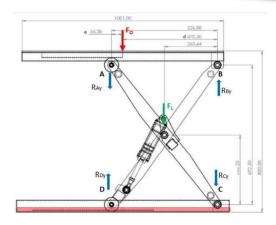


Analisa scissor lift difokuskan pada desain link scissor lift, dengan memberikan gaya yang bekerja pada scissor lift dan membandingkan antara desain model beam dari scissor lift. pemodelan menggunakan software CAD, simulasi optimasi desain link scissor lift menggunakan CAE, dan kemudian dilakukan validasi dalam bentuk full assembly dengan simulasi static structure untuk mendapatkan nilai Von Misses stress dan juga Deformation dari model yang sudah di desain. Pada Gambar 1 Dijelaskan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram benda bebas scissor lift

empat buah tumpuan pada scissor lift akan memiliki reaksi tumpuan tersendiri, yang mana di jelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram benda bebas scissor lift

$$\sum M_C = 0 => F_O \cdot d + F_L \left(\frac{AB}{2}\right) - D_y \cdot AB = 0$$

$$FO \cdot d + FL \cdot AB2$$

$$D_y = (AB)$$

$$\sum M_D = 0 => F_O \cdot e + F_L \cdot \left(\frac{AB}{2}\right) - C_y \cdot AB = 0$$

$$FO \cdot e + FL \cdot AB2$$

$$C_y = (AB)$$

kaki tumpuan untuk diagram benda bebas pada posisi tertinggi yang ditunjukkan pada Gambar 2, akan ada hasil yang identik antara AB dan CD karena dimensinya sama.

Berikut ini perancangan model Scissor lift

#### a. Perancangan Scissor lift.

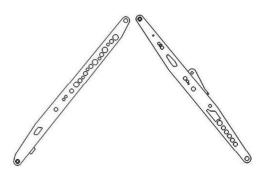
Dalam perancangan desain menggunakan software CAD untuk meminimalisir error dalam perancangan Scissor lift dan mempermudah dalam analisa sehingga dapat terbaca pada software analysis.

Tabel 1. Variasi beam scissor lift

No	Model	Tebal	Panjang
1	Desain Asli	10mm	950 mm
	"Pejal"		
2	Pejal dengan profil hasil optimasi	10mm	950 mm



Gambar 3. 2D sketch beam scissor lift pejal



Gambar 4. 2D *sketch beam scissor lift* hasil optimasi desain.

b. Analisis Optimasi Beam Scissor lift

Optimasi dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi material dengan tetap mempertahankan kekuatan material dari beam scissor lift.

c. Analisis Struktur Scissor lift

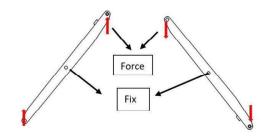
Analisa deformasi desain scissor lift dilakukan dengan menggunakan simulasi static structure. Desain 3D full assembly dilakukan simulasi static structure untuk validasi desain.

Material Properti Scissor lift "Structural Steel"

- Young's modulus E = 200 GPa
- Yield Strenght =  $2.5 \times 10^8 \text{ Pa} \square$  Bulk Modulus = 1.66 Gpa
- Poisson's ratio NUXY= 0.3
- Mass density =  $7.85 \text{ g/cm}^3$
- UTS =  $4.6 \times 10^8 \text{ Pa}$

Tabel 2. Beban pada simulasi

No	Model	Beban		
1	Desain Asli "Pejal"	10000 N		
2	Pejal dengan profil hasil optimasi	10000 N		



Gambar 5. Pemberian beban pada simulasi optimasi

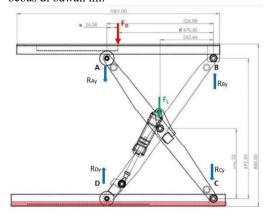
Arah beban pada simulasi optimasi disesuaikan dengan reaksi tumpuan pada diagram benda bebas Gambar 2.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dan pembahasan penelitian simulasi optimasi desain *scisor lift*.

# Diagram Benda Bebas

Arah reaksi tumpuan scissor lift saat di berikan beban dijelaskan pada diagram benda bebas di bawah ini.



Gambar 7. Diagram benda bebas scissor lift

$$FO-B=d=470,5 \text{ mm}$$

$$FO-A= e = 56,38 \text{ mm}$$

$$AB = 526,88 \text{ mm}$$

$$FL-C = AB/2 = 263,44 \text{ mm}$$

$$\sum M_C = 0 => F_0 \cdot d + F_L \left(\frac{AB}{2}\right) - D_y \cdot AB = 0$$

$$AB$$



$$\frac{F_0.d + F_L}{AB}$$

$$D_y = \left(\frac{10000 \, N \cdot 470,5 + 260 \, N \, \frac{526,88}{2}}{2}\right)$$

$$Dy = \left(\frac{526,88}{526,88}\right)$$

$$D_y = \left(\frac{4705000 + 68494,4}{526,88}\right)$$

$$D_y = 9059,92 \, Nm$$

$$\sum M_D = 0 => F_O \cdot e + F_L \left(\frac{AB}{2}\right) - C_y \cdot AB = 0$$

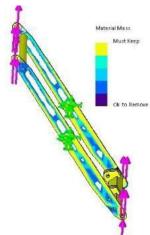
$$= \left(\frac{10000N \cdot 56,38 + 260N \frac{526,88}{2}}{526,88}\right)$$

$$C_y = \left(\frac{563800 + 68494,4}{526,88}\right)$$

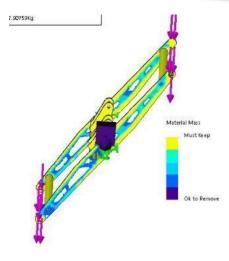
$$C_y = 1200,07 Nm$$

# Simulasi Optimasi Lengan Scissor Lift

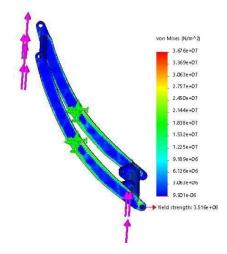
Dari diagram benda bebas diketahui reaksi tumpuan dari lengan *scissor lift*, reaksi ini digunakan untuk menentuan besarnya *force* yang akan di inputkan dalam simulasi. Karena *scissor lift* memiliki 2 pasang kaki tumpuan yang simetri sehingga nilai reaksi tumpuan di bagi 2 untuk masing masing tumpuan. Hasil simulasi optimasi bisa dilihat pada Gambar 9 dan 10. Dari hasil simulasi nilai *stress* yang sangat kecil merupakan area yang akan di hilangkan karena tidak berpengaruh besar terhadap deformasi saat diberikan beban.



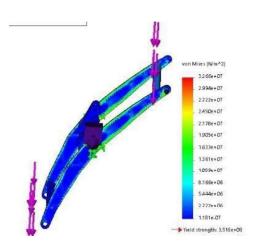
Gambar 8. Hasil simulasi optimasi beam 1 scissor lift



Gambar 9. Hasil simulasi optimasi beam 2 scissor lift



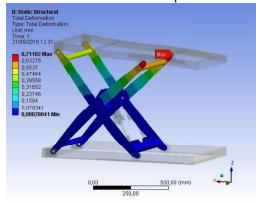
Gambar 10. Von Misses Stress simulasi optimasi beam 1 scissor lift



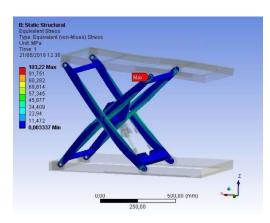
Gambar 11. Von Misses Stress simulasi optimasi beam 2 scissor lift

## Simulasi Static Strucutre Scissor Lift

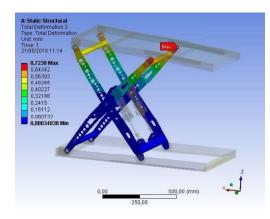
Dengan adanya hasil simulasi optimasi pada lengan *scissor lift*, dilakukan simulasi lebih lanjut untuk mengetahui performa dari *scissor lift* sebelum dan sesudah dilakukan optimasi desain.



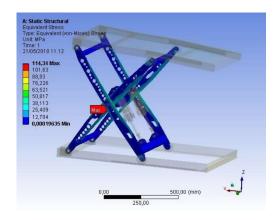
Gambar 12. Deformasi scissor lift sebelum di optimasi



Gambar 13. Von Misses *stress scissor lift* sebelum di optimasi



Gambar 14. Deformasi scissor lift sebelum di optimasi



Gambar 15. Von Misses *stress scissor lift* setelah di optimasi

Dari hasil simulasi diketahui deformasi dari desain scissor lift yang sudah teroptimasi sama dengan desain sebelum teroptimasi 0,7 mm, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil optimasi berhasil karena sesuai dengan kondisi sebelumnya dengan pemberian beban yang sama. Dan untuk nilai von misses *stress* 103 Mpa untuk desain teroptimasi dan 114 Mpa untuk desain asli, nilai tersebut masih aman karena jauh dari tegangan luluh material yaitu 250 Mpa, sehingga dengan beban 10000 N tidak akan terjadi kegagalan material ataupun membuat *scissor lift* rusak.

# KESIMPULAN

- a) Dari hasil analisa simulasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
- b) Desain optimal dari simulasi optimasi dengan membuang bagian yang tidak mendapatkan energi / beban yang besar. Dalam simulasi optimasi dilakukan secara otomatis sehingga hasil keluaran terlihat bagian manakah yang harus di hilangkan.
- c) Nilai deformasi desain scisor lift sesudah dilakukan optimasi desain menunjukkan hasil yang hampir sama dengan deformasi desain aslinya, yaitu 0,72 mm selisih 0,01mm dengan desain aslinya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain setelah dilakukan optimasi memiliki performa yang sama dengan desain fundamental atau desain sebelum dilakukan optimasi.
- d) Nilai equivalent strees max adalah 103 Mpa untuk desain teroptimasi dan 114 Mpa untuk desain lama, nilai tersebut masih jauh dari nilai tegangan luluh material (250 Mpa).
- e) Desain scissor lift yang sudah teroptimasi di anjurkan untuk di gunakan karena dari segi performa sama dengan desain sebelum di optimasi. Desain scissor lift yang sudah teroptimasi juga lebih ekonomis karena



material yang di gunakan lebih sedikit dan lebih ringan dari segi berat.

# DAFTAR PUSTAKA

- [1] Olenin G., 2016. *Design of hydraulic scissors lifting platform*. Thesis. Saima University. Finlandia.
- [2] Momin G.G, Rohan Hatti, Karan Dalvi, Faisal Bargi, Rohit Devare. 2015. Design,
- Manufacturing & Analysis of Hydraulic Scissor Lift. International Journal of Engineering Research and General Science (2015). Volume 3, Issue 2, Part 2.
- [3] Kumar K.M, J. Chandrasheker, M. Manda, D. Vijay K. 2016. *Design & Analysis of Hydraulic Scissor Lift*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) (2016). Vol 03. Issue 06.

# PENGARUH VARIASI BESAR ARUS, TEGANGAN DAN WIRE SPEED MITSUBISHI BA-8 TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA SKD 61

Panji Hastawirata Putratama<sup>1</sup>\*, Dedi Dwilaksana<sup>2</sup>, Gaguk Jatisukamto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121
 <sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*panjihastawirata@gmail.com

#### **ABSTRAK**

Proses wire cut EDM merupakan proses pemesinan yang digunakan untuk membentuk komponenkomponen mesin yang presisi. Prinsip dasar wire cut EDM yaitu pengikisan benda kerja dengan loncatan bunga api di dalam cairan dielektrik. Loncatan bunga api ditimbulkan oleh elektroda positif yang mendekati benda kerja bermuatan negatif, sehingga arus pendek yang terbentuk menghasilkan energi panas. Penelitian sebelumnya dilakukan dengan faktor arus, wire speed, ontime dan variable frequency nilai kekasaran permukaan terbaik sebesar 6 µm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter: arus, tegangan, wire speed terhadap respon: kekasaran permukaan, dengan menggunakan metode Taguchi. Benda kerja yang digunakan baja SKD 61 dengan dimensi 600mm x 50mm x 5mm. Pemotongan dilakukan pada Arus 4,6,9 (Ampere), Tegangan sebesar 4,5,6 (Volt) dan Wire speed sebesar 8,10,12 (m/m). Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai kekasaran permukaan terbaik yaitu 2,540 µm dengan nilai S/N rasio -8,09553 pada Arus 4A, Tegangan 4V, Wire speed 8m/m. Setelah melalui proses optimasi didapatkan nilai S/N rasio yang lebih tinggi yaitu -8,018. Analisa data dengan ANOVA sehingga pengaruh faktor terhadap respon memiliki hasil nilai Fhitung > Ftabel untuk semua faktor, semua faktor memiliki pengaruh yang signifikan. Besaran persentase kontribusi untuk semua faktor yaitu Arus sebesar 82,46%, Tegangan sebesar 3,36% dan Wire speed sebesar 2,53%.

Kata Kunci: Wire-cut EDM, metode Taguchi, kekasaran permukaan

## **PENDAHULUAN**

Pemotongan non konvensional yaitu proses pemotongan menggunakan energi panas pada proses pemotongannya (thermal cutting processes). Proses elektric discharge machining (EDM) adalah salah satu proses pemotongan non konvensional yaitu proses pengerjaan material oleh sejumlah loncatan bunga api listrik (spark) yang terjadi pada celah di antara katoda (elektroda) dengan anoda (benda kerja) [1].

EDM merupakan proses pemesinan yang digunakan untuk membentuk komponenkomponen mesin yang membutuhkan kepresisian tinggi [2]. Benda kerja dapat diselesaikan dengan maksimal sehingga mendapatkan nilai ketelitian yang tinggi salah satunya yaitu kekasaran permukaan jika menggunakan EDM wire-cut. Baja SKD-61 banyak digunakan sebaga sebagai punch dan dies, jika pada proses pemesinan sebagai alat potong (cutting tools). Baja SK-D61 merupakan salah satu jenis hot work steels yang memiliki ketangguhan dan kekerasan yang baik dan tidak memungkinkan dikerjakan pada pemesinan konvensional, baja SKD-61 memiliki unsur-unsur paduan 0,398% C, 0,968% Si, 0,406% Mn, 0,008% S,5,145% Cr, 1,252% Mo

0.920% V. Penelitian sebelumnva optimalisasi hasil proses wire-cut edm dengan metode principal component analysis dengan menetapkan nilai pulse interval sebesar 9 um. electrik current sebesar 10 Amp, dan wire speed sebesar 5 m/min maka didapatkan kekasaran permukaan terkecil yaitu 6,0 µm [3]. Penelitian sebelumnya yaitu pengaruh parameter proses current pulse, on time, dan off time pada electrical discharge machining (EDM) terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja AISI H-13 memiliki kesimpulan nilai kekasaran permukaan yang paling kecil terjadi pada parameter arus 4,5A, on time 60 µs, dan off time 10 µs dengan nilai kekasaran permukaan 3,58 μm [4]. Optimasi multi respon pada proses pemesinan wire electrical discharge machining dengan metode taguchi, dengan hasil penelitian menunjukan bahwa parameter yang berkontribusi signifikan yaitu tegangan 14,19%, arus 63,20% dan on time 4% dengan kombinasi level pada arus 1A, tegangan 75V dan on-time 2µs [5].

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan variasi besar arus, tegangan dan wire speed pada baja karbon tinggi SKD-61 dengan menggunakan



mesin EDM *wire-cut* mitsubishi BA-8 terhadap kekasaran permukaan dapat mengetahui parameter yang baik sehingga dapat memperbaiki kualitas suatu produk dan sebagai bahan pertimbangan.

#### METODOLOGI PENELITIAN

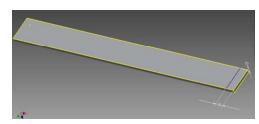
Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu proses pemesinan dan pengujian. Untuk proses pemesinan dilakukan di Politeknik Negeri Malang dan pengujian dilakukan di Laboratorium Kemasan Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Mesin wire-cut EDM Mitsubishi BA-8
- Baja SKD 61
- Roughness tester TR220
- Jangka sorong digital
- Stop watch
- Kawat pemotong tipe AC BRASS 1000
- Pembersih karat CARRERA
- Cairan dielektrik aquades

# Prosedur Pengujian

- a) Mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian;
- b) Pemasangan kawat pemotong
- Memasang benda kerja pada meja mesin WEDM kemudian dikencangkan dan atur kelurusannya menggunakan dial indicator
- d) Mengatur posisi pemakanan sesuai titik referensi pada benda kerja dengan program CNC yang telah dibuat
- e) Menyentuh elektroda dan benda kerja sampai ada tanda alarm berbunyi
- f) Mengatur parameter pada mesin EDM sesuai dengan rancangan percobaan yang telah ditetapkan
- g) Melakukan proses pembuangan material sesuai dengan gambar dan sesuai urutan percobaan yang telah ditetapkan
- h) Matikan mesin kemudian melepas dan membersihkan benda kerja dari cairan dielektrik yang dapat menyebabkan karat setelah proses pembuangan material selesai
- Menghitung kekasaran permukaan dengan alat roughnes tester yang telah disiapkan



Gambar 1. Ukuran Pemotongan

Penelitian ini menggunakan metode statistik Taguchi dengan variabel atau faktor sebanyak 3 dan level sebanyak 3, sehingga menggunakan matriks ortogonal  $L_{27}(3^3)$  dengan kriteria nilai respon Smaller the Better [6]. Persamaan 1 adalah rumus menghitung nilai S/N rasio dari respon kekasaran permukaan dengan kriteria *Smaller The Better* dan variabel proses yang digunakan [6].

Tabel 1. Parameter proses pemesinan

Kode	Variabel proses	Satuan	Level 1	Level 2	Level 3
A	Arus	A	4	6	9
В	Tegangan	Volt	4	5	6
С	Wire Speed	mm/s	8	10	12

$$S/N = -10\log\left[\sum_{i=1}^{n} \frac{y_i^2}{n}\right]$$
 (1)

n = jumlah data

i = data respon pengukuran

Tabel 2. Rancangan percobaan

No	Control factor			Kekasaran Permukaan		
percobaan	A	В	С	Waktu (menit)	Nilai Kekasarar	
1	1	1	1	AS 523		
2	1	1	1			
3	1	1	1			
4	1	2	2			
5	1	2	2			
6	1	2	2			
7	1	3	3			
8	1	3	3			
9	1	3	3			
10	2	1	2			
11	2	1	2			
12	2	1	2			
13	2	2	3			
14	2	2	3			
15	2	2	3			
16	2	3	1			
17	2	3	1			
18	2	3	1			
19	3	1	3			
20	3	1	3			
21	3	1	3			
22	3	2	1			
23	3	2	1			
24	3	2	1			
25	3	3	2			
26	3	3	2			
27	3	3	2			

Dari data yang didapat selanjutnya akan diolah menggunakan aplikasi statistik mini tab untuk mencari nilai S/N rasio, kemudian nilai S/N rasio diolah dengan metode *Analisis of Varian* dengan formula yang telah di paparkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Analisa variansi

Sumber Variasi	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean of square (MS)	F hitung (F <sub>0</sub> )
Faktor A	$V_A = kA - 1$	$SS_A = n_A \sum_{i=1}^{n} (A_i - \bar{\mathbf{y}})^2$	$MS_A = \frac{SS_A}{df_A}$	$\frac{\dot{M}S_A}{MS_E}$
Faktor B	$V_B = kB - 1$	$SS_B = n_B \sum_{i=1}^{n} (B_i - \overline{V})^2$	$MS_{B} = \frac{SS_{B}}{df_{B}}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
Faktor C	$V_C = kC - 1$	$SS_C = n_C \sum_{i=1}^{n} (C_i - \bar{y})^2$	$MS_C = \frac{ss_c}{af_c}$	$\frac{MS_c}{MS_E}$
Error	$V_E = df T - df A$ - $df B - df C$	$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C$	$MS_{E} = \frac{SS_{E}}{df_{E}}$	
Total	$V_T = N - 1$	$SS_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y})^2$		

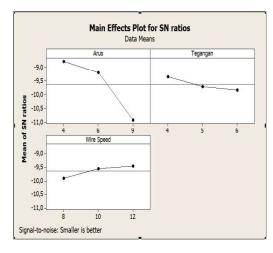
Setelah semua data telah terhitung nilainya (SS,MS dan F<sub>hitung</sub>), kemudian dianalisa dan menghitung nilai besar persentase kontribusi tiap parameter terhadap respon apakah berpengaruh atau tidak.

Tabel 4. Analisa variansi lanjutan

Variabel proses	DF	SS	MS	F	Pvalue	ρ
Arus						
Tegangan						
Wire						
speed						
Error						
Total						

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil yang telah dipaparkan pada gambar dibawah.



Gambar 2 Grafik Plot S/N rasio

Gambar 2 menunjukkan data hasil penelitian yang kemudian di konversi menjadi grafik nilai plot S/N rasio sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter yang mampu menghasilkan nilai kekasaran permukaan terbaik yaitu pada Arus 4A, Tegangan 4V dan *Wire speed* 12m/m seperti yang telah dipaparkan pada tabel 5.

Tabel 5 Parameter optimum

Simbol	Parameter permesinan	Level	Nilai
A	Arus (Amp)	1	4 Amp
В	Tegangan (Volt)	1	4 Volt
C	Wire speed	3	12 m/m

Nilai S/N rasio kemudian di analisa menggunakan ANOVA (*Analisis of Varian*) dengan menghitung nilai SS, MS, F<sub>hitung</sub>, P<sub>value</sub> dan Persentase kontribusi, sehingga didapatkan hasil sebagi berikut:

Tabel 6 Hasil anova

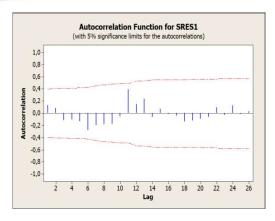
Parameter permesinan	DF	SS	MS	F	P-value	ρ
Arus	2	23,1704	11,5852	93,15	0,000	82,46 %
Tegangan	2	1,1845	0,5923	4,76	0,020	3,36%
Wire Speed	2	0,9529	0,4765	3,83	0,039	2,53%
Residual	20	2,4873	0,1244			11,65 %
Total	26	27,795	5059			100 %

Berdasarkan nilai yang telah muncul pada tabel 6 hasil ANOVA, bahwa parameter Arus, Tegangan dan *Wire speed* berpengaruh terhadap respon yaitu kekasaran permukaan karena nilai  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$  dan diperkuat lagi dengan hasil P-value sebesar 0,000, 0,020, dan 0,039 yang berada di bawah angka taraf signifikan yaitu 0,05.

## Uji Independensi

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan fitur *auto* corelation function (ACF). Berdasarkan plot ACF yang dipaparkan pada Gambar 10 tidak ada nilai ACF pada setiap *lag* yang keluar dari batas interfal yaitu antara -0,4 sampai 0,4. Hal ini membukatikan bahwa tidak ada korelasi antara residual yang satu dengan yang lain, artinya residual bersifat independen.

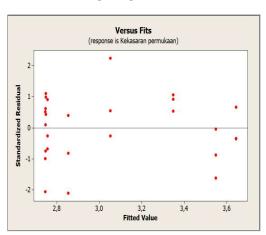




Gambar 3 Hasil Uji Independen

#### Uji Homogenitas

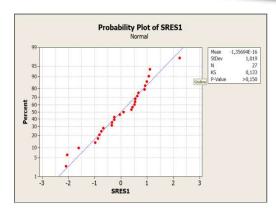
Pengujian homogenitas atau bisa disebut uji identik pada penelitian ini dilakukan secara visual, yaitu dengan plot antara residual dan *fitted value*. Gambar 11 menunjukan bahwa data tersebar merata dan tidak membentuk pola tertentu seperti lembah dan bukit atau garis lurus. Hal ini menunjukan bahwa harapan nilai residual bersifat identik dapat terpenuhi



Gambar 4 Uji Homogenitas

## Uii Kenormalan

Data akan terdistribusi normal jika memenuhi beberapa syarat yaitu nilai P-value > 0,05 dan nilai KS<sub>hitung</sub> < KS<sub>tabel</sub>, pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa nilai P-value > 0,150 dan nilai KS<sub>hitung</sub> sebesar 0,133 yaitu lebih kecil dari KS<sub>tabel</sub> sebesar 0,254 sehingga data telah terdistribusi normal.



Gambar 5 Hasil Distribusi Normal

# Prediksi Nilai Optimum

Prediksi nilai S/N rasio optimum dapat dihitung dengan kombinasi nilai rata-rata S/N rasio pada masing-masing level dari parameter pemesinan yang menghasilkan respon optimum seperti yang telah di tunjukan pada tabel 4.3. Kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan nilai S/N rasio optimum dan memiliki pengaruh yang signifikan yaitu sebagai berikut:

- a. Parameter pemesinan Arus level 1
- b. Parameter pemesinan Tegangan level 1
- c. Parameter pemesinan *Wire speed* level 3 Nilai prediksi S/N rasio dihitung dengan persamaan sebagi berikut: [6].

$$\hat{\mu} = \gamma_m \sum_{i=1}^{q} (\bar{\gamma}_i - \gamma_m)$$

$$\hat{\mu} = (-9,4892) + (-8,769 - (-9,4892)) + (-8,630 - (-9,4892)) + (-9,440 - (-9,4892))$$

$$\hat{\mu} = -7,860$$
(2)

Dari perhitungan diperoleh nilai rata-rata S/N rasio prediksi untuk kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan respon optimum adalah sebesar (-7,860).

# KESIMPULAN

Hasil eksperimen dan analisis hasil dari penelitian ini yang berjudul "Pengaruh Variasi Besar Arus, Tegangan dan *Wire Speed* Mitsubishi BA-8 Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD 61" dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Parameter pemesinan yang paling signifikan dalam menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terbaik secara berurutan yaitu arus (Amp) berkontribusi sebesar 82,46%, tegangan (Volt) berkontribusi sebesar 3,36% dan wire speed (m/m) berkontribusi sebesar 2,53%.

- Pengaturan parameter pemesinan pada proses wire cut EDM dengan benda kerja baja SKD 61 yang mampu menghasilkan respon kekasaran permukaan yang paling baik yaitu pada arus (Amp) level 1 yang bernilai 4 amp, tegangan (Volt) level 1 yang bernilai 4 volt dan wire speed (m/m) level 3 yang bernilai 12 m/m
- Nilai kekasaran permukaan yang paling baik didapatkan pada kombinasi arus level 1, tegangan level 1 dan wire speed level 3 yaitu sebesar 2,540 μm.

#### **SARAN**

- Untuk peneliti selanjutnya disarankan dapat melakukan penelitian langsung dengan multi respon yang kemudian di optimasi lebih baik lagi.
- b. Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu arus, tegangan dan *wire speed* sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat memilih parameter lain yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan pada alat *wire cut* EDM.
- c. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode analisa Taguchi diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat mengaplikasikan metode lain seperti respon permukaan atau desain faktorial sehingga dapat membandingkan hasil dari metode yang berbeda.

# DAFTAR PUSTAKA

[1] Gapsari, Femiana. Dkk. 2011, Pengaruh Besar Arus Listrik Pada Proseswire

- Edmterhadapprofileerror Involuteroda Gigi Lurus. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- [2] Edy Susanto, Eko. Dkk. 2016, Optimalisasi Kualitas Pemotongan Sudut Pada Mesin Wire Cutting Electric Discharge Machining (Edm). Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.
- [3] Mulyadi & Puji Suryanto, Agus. 2016, Optimalisasi Hasil Proses Wire-Cut Edm Dengan Metode Principal Component Analysis (Pca). Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Sidoarjo.
- [4] Widodo, Dkk. 2015. Pengaruh Parameter Proses Current Pulse, On Time, Dan Off Time Pada Electrical Discharge Machining (Edm) Die Sinking Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Aisi H-13. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negri Batam, Batam.
- [5] Aditya, Dhika P. 2015. Thesis Optimization Of Multi-Response Discharge Wireelectrical Machining (Wedm) Process Of Buderus Tool Steel 2080 Taguchi-Grey-Fuzzy Using Method, Departement Of Mechanical Engineering, Faculty Of Industrial Technology Sepuluh Nopember Institute Of Technology, Surabaya.
- [6] Soenjanto, Irwan. 2009, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, Yogyakarta: Graha Ilmu.



#### AUKE-2018-004

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *CYLINDRICAL MESO SCALE COMBUSTOR* SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT ENERGI BERDENSITAS TINGGI

Andi Sanata<sup>1,2\*</sup>, I N.G. Wardana<sup>2</sup>, Lilis Yuliati<sup>2</sup>, Mega Nur Sasongko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121 <sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Jl. Mayjend. Haryono 167 Malang 65145

Email: \*andisanata@unej.ac.id

#### ABSTRAK

Miniaturisasi peralatan pembangkit energi dari hasil proses pembakaran pada skala mikro atau lebih dikenal dengan istilah *Micro Power Generator* (*MPG*) pada aplikasi teknologi *Micro-Thermovoltaic Power Systems* / *Micro Electro Mechanical System* (*MEMS*) sedang dikembangkan dengan pesat. Combustor merupakan komponen utama dalam *Micro-Thermophotovoltaic Power Systems* dengan menggunakan bahan bakar hidrokarbon sebagai sumber energi. *Micro-Thermophotovoltaic Power Systems* membutuhkan keluaran suhu yang tinggi dan seragam dari dinding combustor, yang dapat dihasilkan pada combustor dengan sistem laluan bertingkat (*Backward Facing Step*).

Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran pada cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step hasil proses fabrikasi pada kegiatan penelitian ini, dengan menggunakan bahan bakar gas butana dan oksidator udara. Karakteristik pembakaran yang diamati adalah flame stability limit dan visualisasi nyala api. Cylindrical meso-scale combustor terbuat dari logam tembaga pada bagian inlet combustor dan kaca pyrex pada bagian outlet combustor, dengan perbandingan ukuran diameter inlet combustor yang bervariasi terhadap diameter outlet combustor yang konstan. Debit bahan bakar—udara dikontrol, range equivalent ratio dan kecepatan reaktan pada nyala api yang stabil dicatat, nyala api divisualisasikan dan ditampilkan dalam bentuk grafik flame stability limit dan visualisasi nyala api untuk mendapatkan karakterisasi pembakaran pada cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step hasil proses fabrikasi pada kegiatan penelitian ini.

Hasil menunjukkan bahwa cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step hasil proses fabrikasi pada kegiatan penelitian ini, menyediakan solusi sederhana namun efektif untuk mengontrol posisi nyala api dan memperpanjang residence time. Dengan semakin besar perbandingan diameter combustor, memberikan hasil kestabilan nyala api yang semakin baik. Semakin besar perbandingan diameter combustor maka daerah flame stability limit semakin luas. Bentuk nyala api hasil pembakaran dalam cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step berwarna biru dan semakin terang dengan semakin meningkatnya perbandingan diameter combustor.

Kata Kunci: Cylindrical meso scale combustor

#### **PENDAHULUAN**

Proses pembakaran merupakan metode yang banyak digunakan untuk mendapatkan energi yang terikat secara kimia didalam bahan bakar, yang kemudian dapat dikonversikan kedalam bentuk energi lainnya guna pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Energi listrik merupakan bentuk energi paling populer dan fleksibel dalam pemenuhan kebutuhan energi manusia pada saat ini. Proses pembangkitan listrik pada umumnya melibatkan banyak gerak mekanik setelah didahului dengan proses pembakaran bahan bakar, yang merupakan sumber kehilangan energi yang besar akibat

gesekan yang akan menurunkan efisiensinya. Selain itu, getaran dan kebisingan merupakan karakteristik lain yang sangat tidak disukai terutama pada pembangkitan daya portabel. Efisiensi yang rendah, getaran, dan kebisingan merupakan kerugian-kerugian dari pembangkitan energi listrik dengan metode tersebut, sehingga muncul kebutuhan untuk menghilangkan aspek kerugian-kerugian tersebut didalam proses pembangkitan energi listrik [Wirawan, et al., 2015].

Dalam beberapa tahun terakhir topik tentang miniaturisasi dari peralatan electronicmechanical dalam bidang communication, chemistry, biomedicine, power, military, dan aerospace telah menjadi perhatian utama terkait dengan masalah optimalisasi pembangkitan energinya, dimana peralatan dapat menjadi lebih baik, efisien, dan stabil dalam suplai energi pada sistem yang dikenal dengan istilah Micro Electro Mechanical System (MEMS). Peralatan-peralatan tersebut mengambil energi dari pembakaran yang sangat efisien pada skala yang kecil atau pembakaran skala micro/meso sebagai sumber penghasil energi untuk menggerakkan Micro-Power Generator (MPG) pada aplikasi teknologi Micro-Thermophotovoltaic Power Systems (sebagai salah satu bentuk dari MEMS) yang memiliki banyak kelebihan daripada sistem baterai [Ju, et al., 2011] [Chou, et al., 2011].

Dalam perkembangannya peran penyimpanan energi pada baterai dengan proses kimia mulai diusahakan untuk digantikan oleh miniaturisasi peralatan pembangkit energi dari hasil proses pembakaran pada skala kecil, dimana energi hasil pembakaran bahan bakar hidrokarbon pada skala kecil akan dikonversi menjadi energi listrik. Dari hasil yang didapatkan densitas energi yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar hidrokarbon lebih besar dari pada hasil proses kimia pada baterai [Wan, et al., 2014].

Rancangan sistem pembangkitan daya Power Micro-Thermophotovoltaic (Micro-TPV) disusun dari micro/meso-scale combustor sebagai sumber panas, emitter sebagai pemancar photon, dan rangkaian sel TPV sebagai alat konversi energi panas menjadi listrik [Yang, et al., 2005]. Micro/meso-scale combustor sebagai salah satu komponen utama memainkan peran penting dalam mendukung sistem untuk menghasilkan kestabilan nyala api pada proses pembakarannya. Pembakaran yang diperlukan pada aplikasi TPV untuk melepas energi yang terikat secara kimia didalam bahan bakar diperlukan kriteria khusus yaitu pembakaran dilakukan didalam kontrol volume pada skala kecil (micro/meso) yang dikenal dengan micro/meso-scale combustion. Karena ukuran yang sangat kecil ini mengakibatkan pemanfaatan ruang bakar skala mikro menghadapi banyak kesulitan [Chou, et al., 2010].

Dengan membawa proses ke skala kecil, proses pembakaran akan menghadapi beberapa tantangan yang harus dilalui agar proses pembakaran pada skala kecil bisa berlangsung dalam keadaan stabil. Tantangan dalam desain kecil combustor skala adalah menjaga keseimbangan optimal antara mempertahankan keberlanjutan pembakaran dan memaksimalkan output panas. Selain itu, dengan mereduksi ukuran akan menyebabkan sedikitnya residence time (waktu tinggal) untuk proses pencampuran bahan bakar-udara dan proses pembakaran, mempersulit kestabilan sehingga untuk

pembakaran. Menurut Wirawan, et al. (2015), kestabilan pembakaran mampu tercapai pada sebuah micro combustor dikarenakan terdapat pengaruh dari nilai perbandingan luas permukaan terhadap volume combustor (surface to volume ratio). Hal ini disebabkan dengan mereduksi ukuran, akan meningkatkan surface to volume ratio, yang menyebabkan kehilangan panas (heat loss) pada suatu combustor menjadi lebih tinggi. Dengan tingginya heat loss tersebut akan cenderung menekan pembakaran memadamkan reaksi pembakaran, sehingga menyebabkan kestabilan nyala api berkurang [Li, et al., 2005] [Mikami, et al., 2013] [Altay, et al., 20091.

Salah satu metode yang digunakan untuk menstabilkan nyala api pada *combustor* skala kecil pada penelitian ini dilakukan dengan membuat sebuah laluan bertingkat (*backward facing step*) pada laluan *cylindrical meso-scale combustor*. *Backward facing step* pada *combustor* tersebut diharapkan mampu mensirkulasikan aliran reaktan bahan bakar dan udara, sehingga akan meningkatkan proses pencampuran bahan bakar dan udara pembakaran dan membuat pembakaran menjadi lebih komplet dan stabil, serta memperpanjang *residence time* sehingga didapatkan kestabilan nyala api yang lebih baik [Xue. et al., 2005].

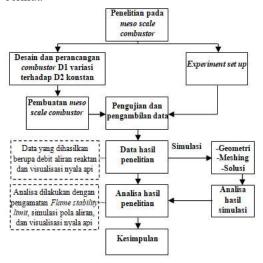
Ruang bakar cylindrical meso-scale combustor akan difabrikasi dan dikarakterisasikan berdasarkan pada penelitian-peneliti terdahulu yang telah memberikan kontribusi terhadap kemajuan pembakaran skala kecil yaitu dengan tinjauan memberikan parameter khusus. Parameter khusus ini adalah rasio antara diameter inlet yang bervariasi terhadap diameter outlet yang konstan pada laluan cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step, untuk selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap karakteristik pembakarannya. Penetapan parameter khusus tersebut terutama bertujuan untuk memfokuskan penelitian ini pada pengaruh backward facing step pada laluan cylindrical meso-scale combustor tersebut tanpa dipengaruhi perubahan surface to volume ratio atau dengan pengaruh heat loss yang relatif sama, guna mendapatkan karakteristik sebuah laluan cylindrical meso-scale combustor backward facing step yang dapat memberikan kestabilan nyala api sebagai bagian topik dari penyelesaian disertasi pengusul.

# METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan fabrikasi berupa perancangan dan pembuatan prototype cylindrical meso scale combustor dengan laluan bertingkat (backward facing step) dan melakukan pengujian terhadap karakterisasi pembakarannya dengan mengikuti



bagan alir seperti ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut.

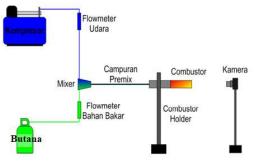


Gambar 2.1. Bagan alir penelitian

Variabel-variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- 1. Variabel bebas (*independent variabel*) yaitu: rasio diameter inlet (D1) yang bervariasi terhadap diameter outlet (D2) yang konstan, dan debit bahan bakar udara.
- 2. Variabel terikat (dependent variabel) yaitu: batas stabilitas nyala api (flame stability limit), visualisasi nyala api, dan simulasi pola aliran reaktan.

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa peralatan untuk pengujian diantarnya: Prototype cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step, pencampur reaktan (mixer), tabung bahan bakar (butana), kompresor udara, mass flow controller, komputer, dan kamera. Semua peralatan diatas disusun dalam sebuah rangkaian alat uji yang digunakan didalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut.



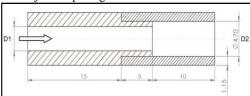
Gambar 2.2 Skematik rangkaian alat uji

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu : Logam tembaga (Cu), kaca pyrex, bahan bakar gas butana ( $C_4H_{10}$ ) dan pengoksidan udara.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian fabrikasi dan karakterisasi pembakaran prototype cylindrical meso scale combustor ini didapatkan hasil dan luaran sebagai berikut:

Desain rancangan cylindrical meso scale combustor dengan laluan bertingkat (backward facing step), sebagai komponen utama untuk mengkonversikan energi pada proses pembakaran skala meso. Desain rancangan tersebut dibuat dengan variasi diameter inlet (D<sub>1</sub>) yang bervariasi terhadap diameter outlet (D<sub>2</sub>) yang konstan, sehingga akan didapatkan pengaruh backward facing step terhadap kestabilan pembakaran tanpa adanya pengaruh pembesaran diameter di zona pembakaran atau dengan pengaruh heat loss yang konstan. Desain rancangan cylindrical meso scale combustor dengan laluan bertingkat (backward facing step) yang dihasilkan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Desain Cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step

Desain rancangan variasi geometri untuk 5 buah prototype cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step sebagai perbandingan pengujian karakteristik pada pengujian pembakarannya, yaitu seperti ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1: Variasi geometri cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step

$D_1$	$D_2$	Ratio
(mm)	(mm)	$D_1/D_2$
2.4	4.7	0.5
2.8	4.7	0.6
3.3	4.7	0.7
3.8	4.7	0.8
4.2	4.7	0.9

3. Produk prototipe *cylindrical meso scale* combustor dengan backward facing step dari hasil pendesainan dan perancangan sebagai

prototipe pengkonversi energi dengan proses pembakaran pada skala kecil (meso scale), dan telah dilakukan uji nyala pembakaran. Proses pembuatan prototipe cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step ini dilakukan dengan proses-proses pengukuran, pemotongan, pembubutan, dan perakitan, pengeboran, serta untuk menghasilkan produk prototipe cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step. Prototipe cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step hasil perancangan dan pembuatan pada penelitian ini ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 3.2. Prototipe *cylindrical meso scale combustor* hasil fabrikasi



Gambar 3.3. Prototipe *cylindrical meso scale combustor* hasil fabrikasi



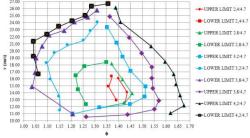
Gambar 3.4. Uji nyala pembakaran prototipe cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step



Gambar 3.5. Uji nyala pembakaran prototipe cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step

Dari hasil fabrikasi berupa perancangan dan pembuatan prototype cylindrical meso scale combustor sebagai komponen utama pembangkit energi skala kecil, dilakukan proses pengujian terhadap karaterisasi pembakarannya. Pengujian yang dilakukan adalah terhadap karakterisasi flame stability limit dan visualisasi bentuk nyala

Untuk data *flame stability limit*, data yang diambil adalah nilai debit udara dan debit bahan bakar (gas butana) yang divariasikan dimana api dapat menyala dengan stabil di dalam *cylindrical meso-scale combustor*. Debit bahan bakar (Qf) dijaga konstan, sedangkan debit udara (Qa) divariasikan hingga didapatkan debit udara maksimum dan minimum. Selanjutnya data hasil pengujian *flame stability limit* untuk *cylindrical meso scale combustor* dengan *backward facing step* ditampilkan pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6. Grafik flame stability limit pada cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step

Gambar 3.6 merupakan grafik flame stability limit untuk pembakaran bahan bakar gas butana pada cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step dengan diameter inlet yang bervariasi dan diameter outlet yang tetap. Variasi rasio diameter inlet terhadap diameter outlet yang terbentuk secara berturutturut adalah 2.4/4.7, 2.8/4.7, 3.3/4.7, 3.8/4.7, dan 4.2/4.7. Pada grafik di atas terlihat kecenderungan perbedaan luas daerah flame stability limit yang dipengaruhi oleh besarnya ukuran rasio diameter combustor. Semakin kecil rasio diameter combustor maka luas daerah flame stability limit yang dihasilkan juga semakin sempit. Hal ini di sebabkan tingkat kehilangan panas (heat loss) yang lebih tinggi, dimana terkait dengan peningkatan perbandingan luas permukaan terhadap volume (surface to volume).

Grafik dengan rasio diameter *combustor* 2.4/4.7 menunjukkan daerah *flame stability limit* yang lebih sempit dibandingkan daerah *flame stability limit* dengan rasio diameter *combustor* yang lain. Karena semakin kecil rasio diameter



combustor perbandingan luas permukaan dan volume ruang combustor semakin besar, sehingga perpindahan kalor ke dinding yang terjadi semakin meningkat. Dapat dilihat bahwa rasio ekuivalen terendah pada diameter combustor 2.4/4.7 adalah 1.36 dengan kecepatan reaktan sebesar 14.08 cm/s, rasio ekuivalen tertinggi adalah 1.44 dengan kecepatan reaktan sebesar 14.85 cm/s. Sedangkan rasio ekuivalen terendah pada diameter combustor 2.8/4.7 adalah 1.22 dengan kecepatan reaktan 13.89 cm/s dan nilai rasio ekuivalen tertinggi adalah 1.46 dengan kecepatan reaktan sebesar 16.48 cm/s. Untuk diameter 3.3/4.7 rasio ekuivalen terendah adalah 1.10 dengan kecepatan reaktan sebesar 13.41 cm/s, sedangkan rasio ekuivalen tertinggi pada 1.51 dengan kecepatan reaktan sebesar 18.21 cm/s. Pada diameter 3.8/4.7 rasio ekuivalen terendah terletak pada 1.04 dengan kecepatan reaktan 10.86 cm/s dan nilai rasio ekuivalen tertinggi adalah 1.57 dengan kecepatan reaktan sebesar 18.98 cm/s. Sedangkan untuk diameter 4.2/4.7 rasio ekuivalen terendah adalah 1.04 dengan kecepatan reaktan sebesar 12.16 cm/s dan nilai rasio ekuivalen tertinggi adalah 1.68 dengan kecepatan reaktan sebesar 19.17 cm/s.

Apabila dilihat dari nilai kecepatan reaktannya diketahui bahwa grafik flame stability limit memiliki batas kecepatan tertinggi dan terendah. Apabila kecepatan reaktan diatur melebihi batas bawah kecepatan terendah maka akan terjadi fenomena flashback dimana api bergerak masuk kembali ke dalam saluran reaktan. Sedangkan apabila kecepatan reaktan diatur melebihi batas atas kecepatan reaktan tertinggi maka akan terjadi fenomena blow off.

Pengujian karakterisasi pembakaran pada cylindrical meso scale combustor berikutnya adalah untuk visualisasi nyala api pembakaran dan simulasi pola aliran reaktan yang melalui laluan cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step yang mendukung karakterisasi pembakarannya, seperti ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut.

	0		
No.	Rasio D-inlet / D-outlet	Visualisasi Nyala Api	Simulasi Pola Aliran Reaktan
1.	2.4 / 4.7	0	DN-
2.	2.8 / 4.7		
_			
3.	3.3 / 4.7		
4.	3.8 / 4.7		
5.	4.2 / 4.7		

Gambar 3.7. Visualisasi bentuk nyala api dan simulasi pola aliran reaktan pada *cylindrical meso-scale combustor* dengan *backward facing step* 

Pada Gambar 3.7 menunjukkan visualisasi bentuk nyala api pada *rasio ekuivalen* 1.4 dengan

kecepatan reaktan yang konstan yaitu 15 cm/s untuk  $D_1/D_2 = 2.4/4.7$ ,  $D_1/D_2 = 2.8/4.7$ ,  $D_1/D_2 =$ 3.3/4.7,  $D_1/D_2 = 3.8/4.7$ , dan  $D_1/D_2 = 4.2/4.7$ . Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar rasio perbandingan antara diamater inlet dan diameter outlet pada kecepatan reaktan dan ekuivalen rasio konstan di dalam meso-scale combustor dengan backward facing step menghasilkan api yang tampak biru terang dan semakin lebar. Hal tersebut dikarenakan dengan diameter inlet yang semakin besar, maka debit udara dan debit bahan bakar yang mengalir di dalam combustor juga akan semakin menurun, dengan menurunnya kecepatan aliran reaktan. Api hasil pembakaran akan nampak semakin besar dan terang dari pada api hasil pembakaran dengan diameter inlet yang lebih kecil. Posisi nyala api juga semakin mendekati area facing step pada rasio diameter inlet dan diameter outlet vang semakin lebar. Hal ini didukung dengan hasil simulasi pola aliran reaktan, dimana dengan adanya backward facing step akan menimbulkan recirculation region pada daerah facing step. Recirculation region ini akan semakin kecil sejalan dengan semakin besarnya rasio diameter inlet terhadap diameter outlet, yang akan berfungsi lebih baik sebagai flame holder sehingga nyala api akan menempel dengan baik di facing step dan berfungsi memanaskan dinding combustor lebih baik dan merata. Karakteristik dinding yang menghasilkan panas yang merata dan tinggi inilah yang dapat dimanfaatkan lebih baik pada teknologi Micro-Thermophotovoltaic Power Systems (Micro-TPV) untuk dirubah menjadi energi listrik sebagai sumber pembangkit energi berdensitas tinggi pada aplikasi Micro Power Generator (MPG).

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1. Prototype Cylindrical meso scale combustor dengan backward facing step berserta karakterisasi pembakarannya yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber pembangkit energi berdensitas tinggi untuk teknologi Micro-Thermophotovoltaic Power Systems (Micro-TPV) pada aplikasi Micro Power Generator (MPG).
- 2. Karakteristik flame stability limit pada cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step dipengaruhi oleh rasio diameter combustor. Semakin besar rasio diameter combustor maka daerah flame stability limit juga semakin luas.
- Semakin kecil rasio perbandingan diameter inlet dan diameter outlet dengan besar kecepatan reaktan dan rasio ekuivalen yang

tetap pada cylindrical meso-scale combustor dengan backward facing step menghasilkan api yang tampak biru terang dan lebar pada karakterisasi visualisasi nyala api yang didukung oleh simulasi pola aliran reaktan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih yang sebesarbesarnya diberikan kepada Direktorat Riset Dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset Dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai Kegiatan Penelitian Disertasi Doktor (PDD) Tahun Anggaran 2018 ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Altay, H.M., Speth, R.L., Hudgins, D.E., Ghoniem, A.F., 2009, Flame–vortex interaction driven combustion dynamics in a backward-facing step combustor 156 (2009) 1111–1125
- [2] Chigier N., Gemci T., 2003, A Review of Micro Propulsion Technology, 41st aerospace sciences meeting and exhibit, AIAA-2003-670; 2003
- [3] Chou S.K., Yang W.M., Li J., Li Z.W., 2010, Porous Media Combustion for Micro Thermophotovoltaics System Application, Applied Energy 87 (2010) 2862-2867
- [4] Chou S.K., Yang W.M., Chua K.J., Li J., Zhang K.L., 2011, Development of micro power generators – A review, Applied Energy 88 (2011) 1–16
- [5] Hua J, Wu M, Kumar K., 2005, Numerical simulation of the combustion of hydrogen-air mixture in micro-scaled chambers Part I: fundamental study, Chem Eng Sci 2005; 60: 3497-506
- [6] Ju Y., Maruta K., 2011, Microscale combustion: technology development and fundamental research, Prog Energy Combust Sci 2011; 37:669-715.

- [7] Li Z.W., Chou S.K, Shu C., Xue H., Yang W.M., 2005, Characteristics of premixed flame in microcombustors with different diameters, Applied Thermal Engineering 25 (2005) 271–281
- [8] Mikami M., Maeda Y., Matsui K., Seo T., Yuliati L., 2013, Combustion of gaseous and liquid fuels in meso-scale tubes with wire mesh, Proceedings of the Combustion Institute 34 (2013) 3387–3394
- [9] Wan J., Fan A, Maruta K, Yao H, Liu W., 2012, Experimental and numerical investigation on combustion characteristics of premixed hydrogen/air flame in a microcombustor with a bluff body, Int J Hydrogen Energy 2012; 37:19190-7
- [10] Wan J., Fan A., Liu Y., Yao H., Liu W., Gou X., Zhao D., 2014, Experimental investigation and numerical analysis on flame stabilization of CH4/air mixture in mesoscale channel with wall cavities, Combustion and Flame xxx (2014) xxx-xxx
- [11] Wirawan A. R., Sudjito S., Slamet W., Denny W., 2015, Simulation Study: The role of area to volume ratio and key parameters in cylindrical micro combustors, International Journal of Engineering 28 (2015) 261-269
- [12] Xue H., Yang W.M., Chou S.K., Shu C., Li Z., 2005, Microthermophotovoltaics Power System For Portable Mems Devices, Microscale Thermophysical Engineering 2005; 9:85–97
- [13] Yang W.M., Chou S.K., Shu C., Xue H., Li Z.W., 2005, Effect of wall thickness of Microcombustor on the performance of micro-thermophotovoltaic power generators, Sensors and Actuators A 119 (2005) 441–445
- [14] Zhang YS, Zhou JH, Yang WJ, Liu MH, Cen KF., 2007, Effects of hydrogen addition on methane catalytic combustion in a microtube, Int J Hydrogen Energy 2007; 32: 1286-93
- [15] Zhong B-J, Wang J-H., 2010, Experimental study on premixed CH4/air mixture combustion in micro Swiss-roll combustors, Combustion and Flame 2010; 157: 2222-9



#### AUDS-2018-003

# DESAIN ALAT UJI ROLLING RESISTANCE UNTUK BEARING DAN PELUMAS

Zhahra Hanif Sholiha<sup>1\*</sup>, Gaguk Jatisukamto<sup>2</sup>, Boy Arief Fachri<sup>2</sup>

1 Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember <sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*zahrashye@yahoo.com

#### **ABSTRAK**

Rolling resistance adalah gaya hambat yang terjadi akibat gesekan benda yang menggelinding. Setiap bearing dan pelumas akan memiliki angka koefisien rolling resistance (Cr). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat uji rolling resistance untuk bearing dan pelumas. Metodologi yang digunakan meliputi: proses desain, fabrikasi, dan uji coba performa alat. Single row deep groove ball bearing tipe 6000 2RS dan 6200 2RS digunakan sebagai sampel uji coba. B\eban yang di uji berasal dari beban flywheel sebesar 200 N. Pengujian dilakukan dengan mematikan motor listrik pada saat putaran flywheel (n) mencapai 330 rpm. Hasil uji coba menunjukkan bahwa bantalan yang menggunakan pelumas ISO VG 15, dengan beban 200 N, dan putaran 330 rpm memiliki nilai koefisien rolling resistance (Cr) sebesar 0,002879597 untuk bantalan tipe 6000 2RS dan 0,003400359 untuk bantalan tipe 6200 2RS. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat uji rolling resistance dapat berfungsi dengan baik karena nilai koefisien rolling resistance tersebut berada pada interval 0 < Cr ≤ 0,01.

Kata Kunci: rolling resistance, bearing, desain alat uji, koefisien rolling resistance

#### PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun. Data statistik tahun 2016 menginformasikan jumlah kendaraan bermotor tercatat 129,28 juta unit [1]. Hampir keseluruhan kendaraan bermotor di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi geraknya. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan juga ekonomi pemerintahan yaitu emisi gas buang yang dapat menjadikan polusi udara, gangguan kesehatan, dan meningkatnya anggaran biaya subsidi bahan bakar [2].

Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak negatif tersebut adalah penggunaan listrik sebagai energi gerak pada kendaraan. Mobil listrik sangat efektif dalam penggunaannya karena bersifat ramah lingkungan dan tidak menghasilkan polusi udara. Dalam hal performa, kinerja kendaraan dipengaruhi oleh berat kendaraan hambatan aerodinamis (mass), (\aerodynamic resistance) dan hambatan gelinding (rolling resistance) [3].

Rolling resistance merupakan tahanan gelinding terhadap roda yang berputar akibat adanya gaya gesek. Rolling resistance adalah momen yang digerakkan roda untuk melawan arah gerakan atau gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda maju. Pengurangan 10% rolling resistance dapat menghemat 2-3%

konsumsi bahan bakar kendaraan. Angka *rolling resistance* juga dipengaruhi oleh komponen yang berputar yaitu bantalan [4-5].

Bantalan (bearing) adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros dalam kondisi berputar dan menahan beban pada saat elemen mesin saling bergerak. Gerakan bearing saat bekerja didukung oleh ball atau roller yang terdapat antara inner ring (cincin dalam) dan outer ring (cincin luar). Pada saat cincin mengelinding atau berputar akan menghasilkan gesekan yang dapat menyebabkan adanya hambatan gelinding pada kendaraan. Gesekan yang terjadi pada ball bearing akan menimbulkan keausan yang mengakibatkan umur pakai dari ball bearing akan berkurang. Gesekan dapat diminimalisir dengan cara menambahkan pelumas pada komponen mesin [6].

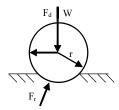
Pelumas adalah zat atau benda yang diberikan diantara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Pelumasan merupakan suatu tindakan menempatkan pelumas antara permukaan yang saling bergeser untuk mengurangi keausan dan gesekan. Tingkat pelumas dipengaruhi oleh viskositas dan jenis pelumas. Kekentalan (viskositas) adalah tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul fluida satu dengan yang lainnya [6].

Penelitian ini bertujuan merancang alat uji rolling resiatnce untuk *bearing* dan pelumas. Alat ini dapat berfungsi untuk mengetahui pengaruh

pelumasan *bearing* terhadap nilai *rolling resistance*. Input yang digunakan adalah kecepatan putar dan beban radial.

#### LANDASAN TEORI

Rolling resistance  $(F_r)$  adalah tahanan gelinding terhadap benda yang berputar akibat adanya gaya gesekan pada permukaan. Beban (W) adalah beban yang diberikan, sedangkan gaya drag dari bantalan di tunjukkan oleh F, dan r adalah jari-jari benda [9].



Gambar 1. Fenomena rolling resistance

## a. Momen Inersia (I)

Momen inersia pada bantalan mempengaruhi besarnya torsi yang dibutuhkan bantalan untuk berputar. Hal ini disebabkan momen inersia pada bantalan berbanding lurus dengan torsi. Geometri silinder berongga dapat dilihat pada gambar 2 [7].



Gambar 2. Geometri silinder berongga

Momen inersia silinder berongga dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$I = \frac{1}{2} m \left( R_2^2 + R_1^2 \right) \tag{1}$$

dengan:

I : Momen inersia (kgm²)m : Massa benda (kg)

R : Jarak sumbu benda/jari-jari benda (m)

# b. Gaya Hambat $(F_D)$

Gaya rolling resistance dihitung dengan nilai yang diperoleh dari pengujian bantalan setelah diberi pada variasi pembebanan dan variasi kecepatan putar (rpm). Gaya hambat  $(F_D)$  pada bantalan dikarenakan adanya torsi pada sumbu rotasi poros [9].

$$\tau = R_d \cdot F_D = -I \frac{d\omega}{dt} \tag{2}$$

dengan:

 $\begin{array}{ll} \tau & : Torsi \, (Nm) \\ F_D & : Gaya \; hambat \, (N) \end{array}$ 

R<sub>d</sub> : Jari-jari inner bantalan (m)
I : Momen inersia (kgm2)

dω: Perubahan kecepatan sudut (rad/s)

dt : Selisih waktu (s)

## c. Koefisien Rolling Resistance (C<sub>r</sub>)

Koefisien *rolling resistance* dihitung dengan membagi gaya hambat dengan beban terhadap gaya gravitasi. Sehingga persamaan adalah [9]:

$$C_{\rm r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(R_2^2 + R_1^2) d\omega}{g R_d dt}$$
 (3)

dengan:

C<sub>r</sub> : Koefisien rolling resistance
 R<sub>2</sub> : jari – jari flywheel (m)
 R<sub>1</sub> : Jari – jari outer bantalan (m)
 R<sub>d</sub> : Jari – jari inner bantalan (m)
 dω : Perubahan kecepatan sudut (rad/s)

dt : Selisih waktu (s) g : Gravitasi (9,8 m/s2)

## d. Gaya Rolling Resistance ( $F_r$ )

Gaya rolling resistance diperoleh dari nilai koefisien rolling resistance ( $C_r$ ) yang terjadi pada elemen bantalan dengan beban (W) yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi pada flywheel [8]. Sehingga persamaan gaya rolling resistance adalah:

$$F_r = C_r \cdot W \tag{4}$$

dengan:

F<sub>r</sub>: Nilai gaya rolling resistance (N)
C<sub>r</sub>: Koefisien rolling resistance

W: Beban (N)

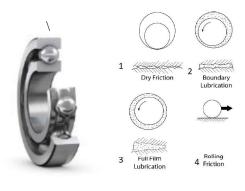
# e. Bantalan (Bearing)

Bantalan atau *bearing* adalah komponen yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada komponen-komponen yang bergerak dan saling menekan satu dengan yang lainnya. Bantalan yang menumpu pada poros yang menerima beban, menghasilkan putaran atau gerak bolak-baliknya [6].

#### f. Pelumas (Lubricant)

Pelumas bearing diperlukan untuk mengurangi gesekan, keausan dan dalam beberapa kasus digunakan untuk memindahkan panas yang dihasilkan oleh gesekan pada bearing [6].





Gambar 3. Bantalan

Gambar 4. Pelumas

#### METODE PENELITIAN

## a. Prinsip Kerja

Prinsip kerja alat uji  $rolling\ resistance$  adalah :

- 1) *Flywheel* berfungsi sebagai beban yang akan diterima oleh bearing.
- 2) Clutch berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.
- 3) Bearing berfungsi menahan beban dari flywheel.
- 4) Pelumas berfungsi memberikan lapisan film antara rumah *bearing* dengan *ball bearing*.

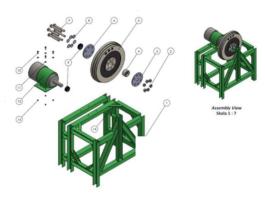
# b. Desain Alat Uji Rolling Resistance



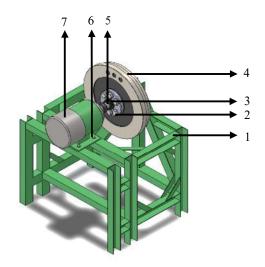




Gambar 5. Proyeksi Alat Uji Rolling Resistance

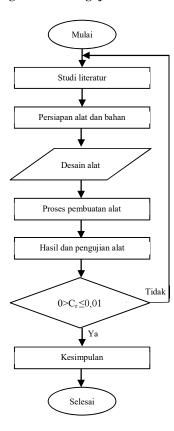


Gambar 6 ditampilkan format penggambaran *explode view*. Komponen alat uji *rolling resistance* di tunjukkan pada gambar.



1.Rangka, 2. Mur 14, 3. Flens, 4. *Bearing*, 5. *Flywheel*, 6. Flens, 7. Clutch, 8. Ring M24, 9. Baut M24, 10. Baut M6, 11. Ring M6, 12. Motor listrik, 13. Mur M6, 14. Poros.

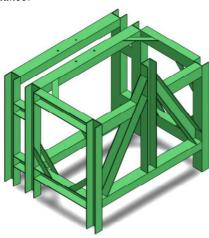
# c. Diagram Alir Pengujian Alat



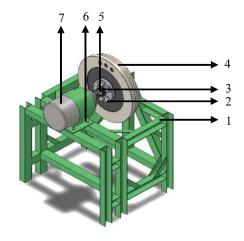
Gambar 7. Diagram alir pengujian

# HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain rangka alat uji *rolling resistance* ditunjukkan pada gambar 8. Beban elemen mesin yang bekerja pada masing-masing batang *(beam)*. Berikut adalah bentuk rangka dari alat uji *rolling resistance*:



Gambar 8. Desain rangka alat uji *rolling* resistance



Gambar 9. Desain alat uji rolling resistance

Tabel 1. Keterangan gambar

No	Part	Material	Jumlah
1	Rangka	ST-37	1
2	Baut M14	Steel	6
3	Clutch	Steel	1
4	Flywheel	Steel	1
5	Poros	VCN AISI	1
		4340	1
6	Baut M6	Steel	4
7	Motor	-	1
	listrik		

## Pengujian alat

Variabel — variabel yang digunakan dalam pengujian alat uji *rolling resistance* ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Variabel yang digunakan

Variabel	Nilai variabel	
	Single Row deep Groove	
Tipe bearing	ball bearing 6000 2RS dan	
	6200 2RS	
Beban flywheel	200 N	
Pelumas	ISO VG 15	
Kecepatan putar	330 rpm	

Perhitungan koefisien *rolling resistance* (*C<sub>r</sub>*) dengan menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$C_{\rm r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(R_2^2 + R_1^2) d\omega}{g R_d dt}$$



$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{(0,176^2 + 0,013^2) \cdot 34,54}{9,8 \cdot 0,005 \cdot 3812}$$

=0,002879597

Koefisien rolling resistance ( $C_t$ ) yang di hasilkan adalah 0,002879597.

Tabel 3. Hasil pengujian

Tipe Bantalan	Waktu (s)	Koefisien rolling resistance $(C_r)$
Single row deep groove ball bearing 6000 2RS	3812 s	0,002879597
Single row deep groove ball bearing 6200 2RS	2531 s	0,003400359

Tabel 3 menunjukkan hasil nilai uji koefisien  $rolling\ resistance\ (C_r)$  pada alat uji yang dirancang dengan menggunakan dua tipe bantalan yang berbeda dengan uji  $rolling\ resistance$  tanpa menggunakan pelumas.

# KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh adalah:

- Alat uji rolling resistance dapat digunakan untuk mencari nilai koefisien rolling resistance sebagai gaya komponen dari gaya rollling reistance.
  - Hasil pengujian *rolling resistance* menggunakan bantalan tipe *single row deep groove ball bearing* 6000 2RS menggunakan pelumas ISO VG 15, didapatkan nilai yang optimum dengan mengatur kecepatan putar bantalan 330 rpm, beban radial 200 N. Dari hasil tersebut perhitungan koefisien *rolling resistance* ( $C_r$ ) bantalan tipe *single row deep groove ball bearing* 6000 2RS adalah 0,002879597.
- 2. Hasil pengujian rolling resistance menggunakan bantalan tipe single row deep groove ball bearing 6200 2RS menggunakan pelumas ISO VG 15, didapatkan nilai yang optimum dengan mengatur kecepatan putar bantalan 330 rpm, beban radial 200 N. Dari hasil tersebut perhitungan koefisien rolling resistance (C<sub>r</sub>) bantalan tipe single row deep groove ball bearing 6200 2RS adalah 0.003400359.
- 3. Berdasarkan perhitungan nilai koefieisn *rolling resistance* kedua tipe bantalan, didapatkan bahwa nilai koefisien *rolling resistance* (*C<sub>r</sub>*) berada diantara 0 < Cr ≤ 0,01.

#### **SARAN**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Pengembangan desain struktur perlu dikaji lebih lanjut agar menjadi konstruksi yang bersifat portable.
- 2. Perlu dibuat alat uji *rolling resistance* yang bersifat multiguna, yaitu bisa digunakan untuk gaya *rolling resistance* yang lain seperti roda dan poros.

# DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat, 2016. Statistik Produksi Kendaraan Bermotor dalam Negeri unit 2000-2016. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- [2] Purnomo, Sigit J. 2017. Uji Eksperimental kinerja Mobil Listrik. Prosiding SNATIF Ke-4 Tahun 2017.
- [3] Chatti, Karim. 2012. Estimating the Effects of Pavement Condition on Vehicle Operating Costs. Washington: Michigan State University.
- [4] Gomez, J. L., A. Bourdon, H. Andre, dan D. Remond. 2016. Modeling Deep Groove Ball Bearing Localized Defect Inducing Instantenous Angular Speed Variations. Tribology International.
- [5] Juhala, M. 2014. Improving Vehicle Rolling Resistance and Aerodynamics. Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance: 462-475.
- [6] Sularso, Ir., dan K. Suga. 1997. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [7] Wang, H., Q. Han, R. Luo, T. Qing. 2017. Dynamic Modeling of Moment Wheel Assemblies with Nonlinier Rolling Bearing Supports. *International Journal*. 406 (2017): 124-145.
- [8] ISO. 2005. ISO 18164: Passanger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tyres – Methods of Measuring Rolling Resistance.
- [9] Abrshamsen, A. B. 2001. *Superconducting Bearing for Flywheel Aplications*. Denmark: Forsknings center Risoe.

#### AUMF-2018-008

# UNJUK KERJA *REGENERATIVE SHOCK ABSORBER* MENGGUNAKAN *FLEXIBLE ARM MECHANISM*

Ahmad Syuhri\*, Nasrul Ilminnafik, Skriptyan N.H. Syuhri

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*ahmad.syuhri@unej.ac.id

#### ABSTRAK

Perkembangan regenerative shock absorber telah menjadi perhatian baik bagi kalangan akademisi maupun industri, dimana mampu meregenerasi dari energi getaran yang terbuang menjadi energi listrik. Seiring dengan perkembangannya, telah banyak mekanisme yang dikembangkan untuk merubah dari gerakan translasi menjadi rotasi agar sesuai dengan input generator. Mekanisme flexible arm mechanism yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai keunggulan, yaitu karakteristik asimetri pada respon akselerasi dan simetri pada respon kecepatan. Sehingga dapat memenuhi kebutuhan gaya redam pada kendaraan dan mempunyai energi regenerasi yang stabil. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan unjuk kerja yang berupa respon akselerasi dan voltase dari mekanisme tersebut yang dipasang pada suatu model seperempat kendaraan. Dalam penelitian ini, pengujian eksperimen dilakukan dengan metode drop test, yaitu dengan menjatuhkan suatu massa yang telah dipasangi accelerometer pada ketinggian tertentu untuk merepresentasikan beban kendaraan. Pegas dan regenerative shock absorber difungsikan sebagai stopper dari laju gerak jatuh bebas tersebut. Respon ketika tumbukan terjadi, baik dari accelerometer dan voltase generator diakusisi oleh osiloskop secara real time untuk diolah selanjutnya. Dari hasil pengujian, didapatkan desain yang telah difabrikasi mampu menghasilkan RMS voltase maksimal sebesar 4.35V dengan menjatuhkan massa pada jarak 15 cm.

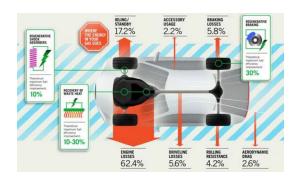
Kata Kunci: regenerative shock absorber, energy harvesting, flexible arm mechanism

#### **PENDAHULUAN**

Konsumsi energi yang besar pada transportasi khususnya transportasi darat, diakibatkan oleh beberapa *losses* pada kendaraan. Distribusi *losses* kendaraan ditunjukkan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut, dapat ditarik suatu kesimpulan mengapa sektor transportasi menempati tempat kedua sebagai konsumen energi terbesar. Hal ini dikarenakan hanya 10%-16% bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Sisanya terbuang dalam bentuk *losses*.

Salah satu mekanisme yang membuat *losses* pada kendaraan adalah suspensi. Selama 100 tahun terakhir, energi vibrasi pada kendaraan dibuang menjadi energi panas melalui gaya gesek pada sistem suspensi (Zhang, 2010). Padahal potensi energi yang dapat ditangkap pada suspensi tersebut sangat besar seiring dengan kapasitas kendaraan. Kereta api mempunyai potensi yang paling besar, kemudian diikuti oleh truk dan kendaraan militer (Anuar, 2014). Dari penelitian Zuo dan Zhang (2013), juga didapatkan potensi daya yang terdapat pada suspensi

kendaraan berukuran sedang (4 penumpang) dengan kecepatan 60 mph untuk kondisi jalan bagus dan rata sebesar 100W-400W. Hal ini setara dengan *alternator* kendaraan yang mempunyai kapasitas 500W-600W dengan efisiensi maksimal 65%.



Gambar 1. Distribusi energi yang hilang pada kendaraan (Sumber: Zhang, 2010)

Banyaknya energi yang terdisipasi pada suspensi kendaraan, membuat penelitian ke arah



suspensi regeneratif atau lebih spesifiknya regenerative shock absorber (RSA) semakin berkembang. Qiu dkk. (2013) mengklasifikasikan RSA menjadi RSA mekanik dan RSA elektromagnetik. RSA mekanik tidak banyak dikembangkan, dikarenakan masih banyaknya kekurangan dimana kekurangan tersebut dijawab oleh RSA elektromagnetik. RSA elektromagnetik mentransformasi shock energy menjadi energi listrik yang dapat disimpan dan digunakan kembali.

Dalam perkembangannya, terdapat beberapa tipe mekanisme yang digunakan untuk mengonversi gerakan linier (sinusoidal) menjadi gerakan rotasi untuk menggerakkan generator, seperti mekanisme ball screw, rack pinion, dan hydraulic (Xu dan Guo, 2010). Dari ketiga mekanisme yang telah dikembangkan tersebut, secara umum terdapat kekurangan seperti keandalan (reliability) yang rendah, gaya redam yang belum mencukupi untuk dijadikan suspensi, putaran generator yang rendah akibat dari rugi gesekan dan inersia, serta membutuhkan dimensi atau ruang yang besar. Sehingga diperlukan suatu mekanisme baru yang dapat menjawab permasalahan tersebut. Oleh karena itu, dikembangkan suatu Flexible Arm Mechanism (FAM) yang telah dilakukan studi pendahuluan oleh Syuhri dkk. (2016).

FAM tersebut mampu merubah displacement sebesar 4 cm menjadi rotasi sebesar 116,84°. Dengan kata lain, 1 cm displacement dapat diubah menjadi 29,21° rotasi. Selain itu, FAM tersebut mempunyai karakteristik asimetri dimana karakter tersebut sangat penting dan berkaitan erat dengan kenyamanan kendaraan. Disisi energi regenerasi, hasil keluaran generator bersifat simetri, sehingga hasil keluaran generator lebih stabil (Syuhri dkk., 2018).

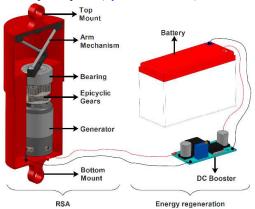
Berdasarkan keunggulan tersebut, diperlukan suatu studi tentang RSA-FAM pada model kendaraan untuk mendapatkan respon dinamis dan energi regenerasinya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan respon dinamis berupa akselerasi dari massa kendaraan dan energi regenerasi berupa voltase luaran generator pada model seperempat kendaraan menggunakan RSA-FAM.

# METODOLOGI PENELITIAN Desain RSA-FAM

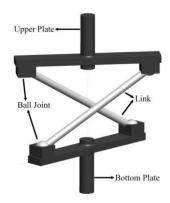
Secara umum, komponen utama penyusun RSA-FAM adalah *Arm Mechanism*, susunan roda gigi planet dan energi regenerasi yang meliputi generator, DC Booster dan aki, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. *Arm mechanism*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, terdiri dari *upper plate*, *bottom plate*, dua *links* dan empat *ball joints* yang difungsikan sebagai penghubung antara *plate* dan *link*. Untuk dapat

berfungsi sebagai perubahan gerakan linier menjadi rotasi, *upper plate* didesain menggunakan *prismatic joint*, sedangkan *bottom plate* menggunakan *revolute joint*. Ketika ada gaya translasi yang menekan *upper plate* melalui *top mount* ke bawah, dua *links* (*rods*) tersebut kan mentransmisikan gaya tersebut menjadi putaran sebagai akibat *revolute joint* pada *bottom plate*. Hal ini juga berlaku sebaliknya, ketika terjadi proses *rebound* pada RSA-FAM tersebut.

Berdasarkan konfigurasi dari FAM, rotasi yang dihasilkan akan sangat terbatas (kurang dari 180 derajat). Oleh karena itu, terdapat dua tahap planetary gear sebagai transmitter antara generator dengan FAM melalui bottom plate. Sehingga, putaran yang dihasilkan oleh FAM akan diperbesar kurang lebih 50 kali pada generator. Selain memberi keuntungan pada perbesaran hasil regenerasi, planetary gear tersebut juga memperbesar gaya redam beserta tingkat asimetrinya pada kurva gaya redam terhadap kecepatan (Syuhri dkk., 2018).



Gambar 2. Desain RSA-FAM (Sumber: Syuhri dkk., 2018)



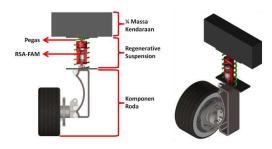
Gambar 3. Konstruksi FAM (Sumber: Syuhri dkk., 2016)

Putaran generator yang telah diperbesar oleh *planetary gear* tersebut akan menghasilkan

listrik AC sebagai akibat dari gerakan dua arah (bilinear motion) pada bottom plate. Listrik tersebut disearahkan menjadi DC oleh DC Booster sehingga dapat digunakan untuk mengecas aki 12V. Prinsip dari proses pengecasan adalah voltase sumber daya haruslah lebih besar dari voltase beban. Sehingga, pada kasus ini, DC Booster juga berfungsi untuk meningkatkan voltase agar lebih besar dari 12V. DC Booster juga dilengkapi dengan limiter agar voltase untuk mengecas aki tidak terlalu tinggi. Selain itu, DC Booster digunakan untuk mencegah arus masuk ke generator ketika proses charging tidak terjadi (voltase aki lebih besar dari voltase sumber daya).

## Metode Pengujian

Pada penelitian ini, RSA-FAM akan dievaluasi menggunakan model seperempat kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Regenerative suspension adalah penggabungan dari komponen pegas dan RSA-FAM. Sehingga karakteristik dari regenerative suspension sendiri akan bergantung pada kekakuan dari pegas dan displacement dari massa kendaraan. Pada dasarnya, komponen roda sendiri dapat dimodelkan sebagai suatu 1 DoF (derajat kebebasan) secara tersendiri dengan komponen berupa massa, kekakuan dan redaman dari karet roda. Tetapi, untuk mengevaluasi performa dari suspensi regeneratif, komponen roda dapat diasumsikan sebagai suatu kesatuan tanpa DoF (Noerpamoengkas, 2017).



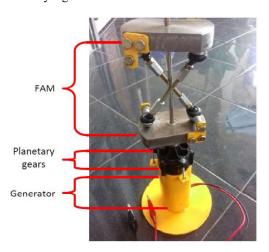
Gambar 4. RSA-FAM pada model seperempat kendaraan

Dengan memasang suspensi regeneratif pada model kendaraan, performa suspensi dapat diketahui melalui metode drop test, yaitu dengan menjatuhkan representasi skala massa kendaraan pada ketinggian tertentu. Suspensi tersebut akan menerima beban kejut sebagai akibat jatuhnya massa kendaraan. Respon dari akselerasi massa kendaraan selanjutnya diakuisisi oleh akselerometer. sedangkan voltase luaran generator dapat langsung direkam oleh osiloskop. Sehingga baik respon akselerometer dan voltase generator dapat direkam secara real-time.

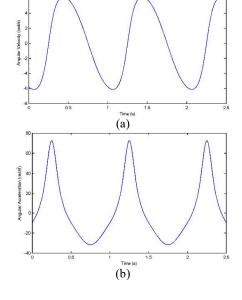
## HASIL DAN PEMBAHASAN

## **Prototype RSA-FAM**

Hasil fabrikasi dari desain RSA-FAM secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan studi numerik, FAM mampu merubah displacement sebesar 4 cm menjadi rotasi sebesar 116,84°. Dengan kata lain, 1 cm displacement dapat diubah menjadi 29,21° rotasi. Kecepatan angular mempunyai karakteristik yang simetri, dimana mempunyai nilai sekitar 6,132 rad/s untuk eksitasi frekuensi sebesar 1 Hz dengan amplitudo 2 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.(a). Berbeda dengan karakteristik akselerasi, yang mempunyai nilai puncak sebesar  $72,46 \text{ rad/s}^2$  dan nilai minimum sebesar 31,74 rad/s<sup>2</sup> seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.(b). Hal ini akan memberikan keuntungan pada sisi energi regenerasi yang stabil dan sisi gaya redam yang asimetri.

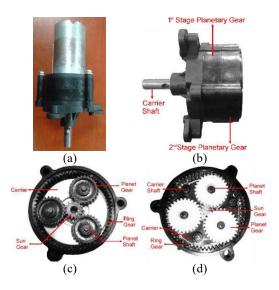


Gambar 5. Prototype RSA-FAM





Gambar 6. Karakteristik FAM pada (a) Kecepatan angular fungsi waktu, dan (b) Percepatan angular fungsi waktu

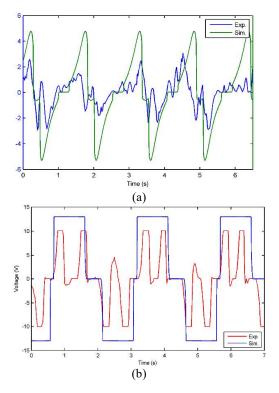


Gambar 7. (a) Pemasangan *planetary gear* dengan generator; (b) Bagian – bagian pada *planetary gear*; (c) Komponen pada stage pertama; (d) Komponen pada stage kedua

Planetary Gear yang digunakan pada penelitian ini mempunyai dua stage seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Stage pertama mampu meningkatkan kecepatan dengan rasio 5,572:1, sedangkan stage kedua mempunyai rasio 9:1. Sehingga, dua stage tersebut akan menghasilkan rasio total sebesar 50,143:1. Keuntungan dari desain planetary gear tersebut adalah dapat digunakan hanya satu stage atau dikombinasikan keduanya. Berdasarkan hasil studi dalam Syuhri dkk. (2018), rasio 50,143:1 mempunyai energi regenerasi yang bagus. Tetapi, mempunyai gaya redam yang kurang bagus sebagai akibat dari dominasi inersia pada planetary gear. Dengan rasio 5,572:1, gaya redam dan energi regenerasi kurang bagus pada frekuensi rendah. Sedangkan 9:1 mempunyai karakteristik pertengahan antara kedua rasio tersebut.

Sebelum diuji pada model kendaraan, terlebih dahulu RSA-FAM diuji secara terpisah dengan input sinusoidal. Dengan menggunakan piezoelektrik, gaya yang digunakan untuk menekan RSA-FAM dapat direkam voltasenya melalui osiloskop secara *real-time*. Hasil perbandingan antara simulasi dengan eksperimen untuk gaya redam ditunjukan pada Gambar 8.(a). Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi mempunyai tren yang sama dengan hasil eksperimen. Frekuensi dan amplitudo yang

digunakan untuk melakukan simulasi dar pengujian adalah 0,7 Hz dan 0,02 m.

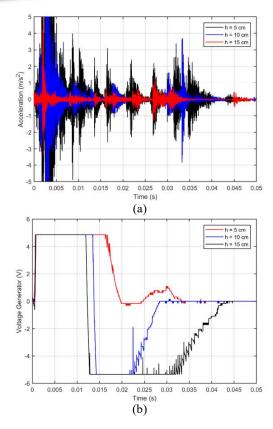


Gambar 8. Data perbandingan hasil simulasi dan eksperimen dari piezoelektrik

Dengan menggunakan input yang sama, output keluaran generator berbentuk voltase juga direkam oleh osiloskop. Untuk data perbandingan keluaran voltase generator hasil simulasi dan eksperimen, ditunjukkan pada Gambar 8.(b). Secara umum, perbandingan tersebut mempunyai tren line yang sama, dimana garis merah menunjukkan data eksperimen dan garis biru menunjukkan data simulasi. Data eksperimen mempunyai batas maksimum 10 V sebagai akibat dari maksimum kemampuan membaca osiloskop. Hal ini juga mengakibatkan terbacanya dua puncak, yang seharusnya satu puncak seperti yang ditunjukkan oleh tren hasil simulasi.

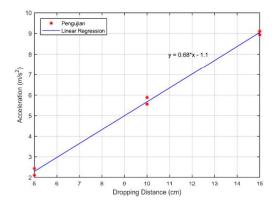
# RSA-FAM pada Model Kendaraan

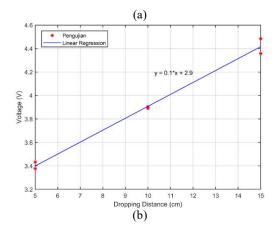
Dengan metode *drop test*, hasil pengujian yang didapatkan adalah voltase baik dari generator maupun dari accelerometer yang diakusisi langsung oleh osiloskop. Salah satu hasil pengujian secara *real-time*, ditunjukkan pada Gambar 9.(a) untuk hasil akselerasi dan Gambar 9.(b) untuk hasil output generator dengan variasi jarak penjatuhan massa yang berbeda.



Gambar 9. Hasil *time-response* pengujian (a) Akselerasi dan (b) Voltase generator dengan ketinggian penjatuhan massa yang bervariasi

Time-response tersebut kemudian diolah dengan Root-mean square (RMS) sehingga didapatkan rata-rata akselerasi yang terjadi pada massa dan voltase yang dihasilkan generator. Setelah melakukan post-processing data, Hasil RMS dari respon akselerasi dan voltase generator ditunjukkan pada Gambar 10.(a) dan (b). Dalam pengujian tersebut, dilakukan pengulangan selama dua kali, dan didapatkan pengulangan tersebut masih masuk dalam batas error margin. Dengan menggunakan linear fitting, didapatkan persamaan linier akselerasi maupun voltase.





Gambar 10. RMS pada respon (a) Akselerasi, dan (b) Voltase generator

## KESIMPULAN DAN SARAN

Desain RSA-FAM terbukti mempunyai karakteristik gaya redam asimetri dan energi listrik yang simetri. Karakteristik ini sangatlah penting, karena suspensi konvensional secara nature mempunyai karakter asimetri. Sehingga, memudahkan untuk menggantikan suspensi konvensional. Sedangkan karakteristik simetri pada energi bangkitan menjadikan energi regenerasi lebih stabil. Pada model kendaraan, RMS dari akselerasi dan voltase menunjukkan suatu tren yang linier seiring meningkatkannya posisi penjatuhan. RMS voltase tertinggi yang didapatkan adalah 4.35 V.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlunya menambahkan suatu motion rectifier pada FAM agar didapatkan unidirectional motion sebelum masuk ke generator. Selain itu, diperlukan analisa struktur untuk mengetahui reliability, fatigue-failure dan endurance dari RSA-FAM.

# DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anuar, Kaspul. (2014), Rancang Bangun dan Studi Karakteristik Respon Getaran Sistem Suspensi dengan Hydraulic Motor Regenerative Shock Absorber, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Noerpamoengkas, Ardi. (2015), Pengaruh Peredam Non-Linear Asimetri dan Kubik terhadap Respon Dinamis Kendaraan, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Qiu, Z.J., Zhao, P.Z., Lei, Z., dan Yu, Z. (2013), *A Review on Energy-Regenerative Suspension Systems for Vehicles*, World Congress on Engineering, Vol 3, London.
- [4] Syuhri, A., Basuki, H.A., dan Syuhri, S.N.H. (2016). Kinematics Analysis of a Leg Mechanism as a Motion Converter,



- International Review of Mechanical Engineering, Vol. 10, No. 6.
- [5] Syuhri, A., Hadi, W., dan Syuhri, S.N.H. (2018), Damping Properties and Energy Regeneration of a Regenerative Shock Absorber, International Journal on Interactive Design and Manufacturing, Vol. 12, No. 4.
- [6] Xu, L., dan Guo, X. (2010), Hydraulic Transmission Electromagnetic Energy-Regenerative Active Suspension and Its Woking Principle, Second WRI Intelligent Systems IEEE.
- [7] Zhang, P.S. (2010), Design of Electromagnetic Shock Absorbers for Energy Harvesting from Vehicle Suspensions, Thesis, Stony Brook University, New York.
- [8] Zuo, L., dan Zhang, P.S. (2013), Energy Harvesting, Ride Comfort, and Road Handling of Regenerative Vehicle Suspensions, Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 135.

# PENGARUH PENAMBAHAN STRONTIUM TERHADAP NILAI KEKERASAN AI-Si-Mg DENGAN METODE PENGECORAN *GRAVITY CASTING*

Salahuddin Junus<sup>1\*</sup>, Danang Yudistiro<sup>1</sup>, R. Puranggo Ganjar.W<sup>1</sup>, Prasetya.E. Indradianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121 <sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*salahuddin.yunus1@gmail.com

#### ABSTRAK

Paduan Al-Si-Mg merupakan salah satu paduan Aluminium yang memiliki sifat mekanik yang unggul. Tujuan dari penambahan unsur silikon dan magnesium pada Aluminium mampu meningkatkan kekuatan aluminium. Sedangkan penambahan Sr di dalam Aluminium akan meningkatkan sifat mekanik aluminium, karena Sr memiliki kemampuan untuk memodifikasi fasa presipitat Si untuk menjadi lebih bulat. Maka dengan penambahan *modifier* seperti Sr akan meningkatkan nilai kekerasan dari Aluminium. Pada penelitian ini diharapkan dengan penambahan *modifier* strontium mampu memperbaiki sifat mekanik paduan Al-Si-Mg. Penelitian ini menganalisa variasi penambahan *modifier* strontium pada paduan Al-Si-Mg dengan variasi fraksi berat strontium 0%, 0,02%, 0,04%, 0,06% dan 0,08%. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji kekerasan. Dari hasil penelitihan menunjukkan bahwa dengan penambahan *modifier* didalam paduan Al-Si-Mg akan mampu meningkatkan nilai kekerasan paduan. Nilai kekerasan tertinggi sebesar 162,33 BHN terjadi pada penambahan strontium sebesar 0,08%. Sedangkan nilai kekerasan terendah sebesar 143,44 BHN dengan penambahan strontium 0%.

Kata Kunci: Paduan Aluminium, penambahan Sr, nilai kekerasan.

## **PENDAHULUAN**

Penggunaan material berbasis logam pada dunia industri cukup potensial di Indonesia, seiring dengan terus berkembangnya industri otomotif dan kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor, komponen permesinan, dan bidang lainnya. Industri material berbasis logam di Indonesia pada umumnya masih menggunakan material yang di import, seperti logam aluminium (Aldila,2012). Paduan Al-Si-Mg merupakan paduan yang sering digunakan dalam industri dan kedirgantaraan. Mg adalah dasar unsur yang memberikan kekuatan dan kekerasan dalam paduan ini. Al-Si-Mg dengan kadar Mg tinggi adalah bahan yang memiliki sifat ringan yang memiliki peran penting dalam aplikasi industri karena memiliki kepadatan yang rendah serta ketahanan aus yang baik (Rooy dalam Ibrahim MF dkk,2015; Ardakan dkk, Sun Y dkk, dalam Tebib M dkk, 2014). Morfologi partikel Si memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik paduan Al-Si-Mg. Prasad dkk dalam Yang dkk 2006 mengatakan bentuk dan ukuran partikel Si dianggap sebagai faktor dalam pembentukan retak, kecenderungan meningkat dengan ukuran partikel Si dalam paduan. Sifat mekanik paduan Al-Si-Mg sendiri ditingkatkan dengan memodifikasi morfologi partikel Si dengan penam-bahan unsurunsur tertentu. Strontium, natrium, dan antimon merupakan unsur yang sering digunakan untuk memodifikasi terhadap bentuk struktur mikro paduan, dalam hal ini struktur mikro Si. Strontium ditambahkan untuk memodifikasi fase eutektik dan bentuk Si dari acicular yang kasar kedalam bentuk berserat yang lebih halus dan bulat (Gruzleski dan Closset dalam Tavitas, 2008; Pan dkk dalam Yang dkk, 2006). Closet dalam Samuel 2014 mengemukakan bahwa penambahan strontium secara substansial dapat meningkatkan nilai perpanjangan paduan dalam kekuatan tarik.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan pengaruh penambahan *modifier* Sr terhadap karakteristik aluminium paduan Al-Si-Mg. Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran *gravity casting* dengan bahan baku ADC 12 dengan variasi penambahan unsur magnesium dan strontium. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kekerasan.

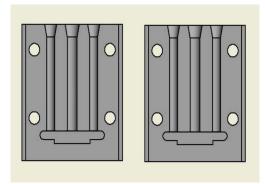
## METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan experimen, hal yang perlu dilakukan adalah preparasi spesimen dengan menyiapkan bahan-bahan yang akan digunakan. Berikut ini addalah langkah-langkah preparasi yang dilakukan pada penelitian ini, pertama menimbang massa ADC 12 dan magnesium.



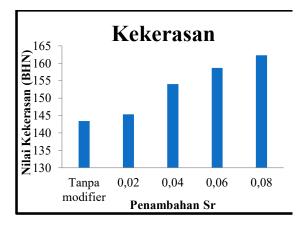
Kemudian menimbang massa strontium 0,02%, 0,04%, 0,06%, dan 0,08%. Kowi atau Crucible dilakukan coating dengan mortar. Melaksanakan pemanasan seluruh peralatan untuk menghilangkan kandungan air. Memasukkan ADC 12 kedalam kowi yang suhunya terus ditingkatkan sampai 660°C. Penambahan Mg dan Sr setelah ADC12 leleh. Menuangkan spesimen kedalam cetakan, dimana cetakan telah dipanaskan 250°C. Setelah logam membeku logam dikeluarkan dari cetakannya.





Gambar 1 (a) tungku peleburan logam (b) cetakan specimen

#### HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian kekerasan spesimen.

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian kekerasan (gambar 4.1) bisa diketahui bahwa semakin besar penambahan kadar strontium dalam paduan mampu untuk meningkatkan kekerasan paduan Al-Si-Mg. Peningkatan nilai kekerasan dalam paduan ini disebabkan karena perubahan mikro struktur silikon eutektik dari paduan Al-Si-Mg. Perubahan mikro struktur paduan sendiri terjadi pada bentuk silikon eutektik yang semula memiliki bentuk acicular dan memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi, berubah menjadi bentuk yang fibrous yang tersebar merata dan mengurangi konsentrasi tegangannya (Amri, 2008).

Nillai kekerasan tertinggi sebesar 162,33 BHN dengan penambahan strontium 0,08%. sedangkan nilai kekerasan terendah sebesar 143,44 BHN dengan tanpa penambahan strontium. Penambahan 0.02% strontium dalam paduan Al-Si-Mg menyebabkan terjadinya perubahan struktur yang kurang signifikan sehingga mendapatkan nilai kekerasan yang hampir sama dengan paduan Al-Si-Mg tanpa modifier. Perubahan struktur silikon eutektik yang signifikan terjadi pada penambahan strontium 0,08% sehingga mendapatkan nilai kekerasan tertinggi. Struktur silikon eutektik yang semula berbentuk acicular kasar menjadi bentuk yang lebih halus. Perubahan mikro stuktur ini menyebabkan perubahan terhadap nilai kekerasan paduan Al-Si-Mg tersebut. Perubahan mikro struktur ini hanyalah salah satu dari peningkatan nilai kekerasan ini, selain perubahan mikro struktur, kecepatan pembekuan serta heat treatment merupakan variabel mempengaruhi kekuatan paduan, khususnya kekuatan tarik paduan Al-Si (Amri,2008).

Ibrahim dkk pada tahun 2015 menyebutkan proses pendinginan mempunyai efek terhadap ukuran struktur yang terbentuk dan jumlah porositas yang ada, sehingga akan mempengaruhi sifat mekanik paduan. Kecepatan pembekuan setiap variabel dalam penelitian ini diasumsikan memiliki kecepatan pembekuan yang sama, sehingga kecil kemungkinan kecepatan pembekuan ini mempengaruhi kekerasan paduan. Kecenderungan perbedaan kecepatan pembekuan dikarenakan karena kondisi dalam lapangan yang tidak sama saat proses pengecoran. Proses heat treatment sendiri tidak dilakukan dalam paduan ini sehingga tidak ada pengaruh proses heat treatment dalam paduan. Sehingga dalam kekerasan paduan ini, mikro struktur silikon eutektik merupakan variabel yang paling mempengaruhi tingkat kekerasan paduan.

#### **KESIMPULAN**

 Metode gravity casting dapat dilakukan untuk menciptakan paduan Al-Si-Mg dan Strontium.

- b. Penambahan modifier strontium dalam paduan Al-Si-Mg mempengaruhi nilai kekerasan paduan Al-SI-Mg, dimana kekerasan tertinggi didapati dengan penambahan strontium sebesar 0,08%. Dengan nilai kekerasan sebesar 162,33 BHN.
- c. Nilai kekerasan terendah didapatkan pada penambahan strontium sebesar 0,02% sebesar 145,33 BHN karena perubahan struktur yang terjadi pada silikon eutektik tidak terlalu signifikan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Tata surdia dan Chijiwa kenji, T dan Chijiwa,K. 1986. Teknik Pengecoran Logam (edisi ke 7). Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- [2] Mikell P. Groover. 2010. Fundamentals of Modern Maufacturing. United States of America.
- [3] Aldila, 2012. Analisa Komputasi Stir Casting Menggunakan Perangkat Lunak Fluent. Skripsi Universitas Diponegoro.
- [4] Amri,2008. Pengaruh Penambahan Modifier Strontium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Paduan AC8H Hipereutektik. Skripsi Universitas Indonesia.
- [5] A.M. Samuel, H.W. Doty, S. Valtierra, F.H. Samuel, 2014. Effect Of Grain Refining And Sr-Modification Interactions On The Impact Toughness Of Al-Si-Mg Cast Alloys. Materials And Design 56:264-273.
- [6] ASM international Introduction to Aluminum-Silicon Casting Alloys.
- [7] ASM Handbook Volume 2 properties and selection: nonferrous alloys and specialpurpose material.
- [8] Ching-Yi Yang et all, 2006. Effects Of Sr And Sb Modifiers On The Sliding Wear Behavior Of A357 Alloy Under Varying Pressure And Speed Conditions. Wear 261: 1348-1359.
- [9] Tavitas-Medrano et all, 2008. Effect Of Mg And Sr-Modification On The Mechanical Properties Of 319- Type Aluminum Cast Alloys Subjected To Artificial Aging. Materials Science and Engineering A 480:356–364.
- [10] M.F. Ibrahim et all, 2015. Effect Of Intermetallics On The Microstructure And Tensile Properties Of Aluminum Based Alloys: Role Of Sr, Mg And Be Addition. Materials and Design 86:30-40.
- [11] Samuel E, B et all.2014. Effect Of Grain Refiner On The Tensile And Impact Properti Of Al–Si–Mg Cast Alloys. Materials and Design 56:468–479.
- [12] Tebib M et all, 2014. Effect of P and Sr Additions On The Microstructure of

Hypereutectic Al -15Si-14Mg-4Cu Alloy. Material characterization 89:112-123.