

P.ISSN : 2502-2040  
E.ISSN : 2581-0138

# MACHINE

## JURNAL TEKNIK MESIN

Vol. 8 No. 1 April 2022

Jurnal  
Teknik Mesin

Vol. 8

No. 1

Hal

April 2022

P.ISSN : 2502-2040  
E.ISSN : 2581-0138

TERKREDITASI BERDASARKAN KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI REPUBLIK INDONESIA NO. NOMOR 21/E/KPT/2018 TENTANG PERINGKAT AKREDITASI JURNAL ILMIAH PERIODE I TAHUN 2018



Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Bangka Belitung

#### SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Redaktur:  
Saparin, S.T., M.Si.

Editor:  
Eka Sari Wijianti, S.Pd., M.T. Budi  
Santoso Wibowo, S.Pd., M. Eng.

Mitra Bestari:  
Dr. Dani Harmanto (University of Derby),  
Scopus ID : 55159740800  
Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T.  
(Untirta)  
Scopus ID : 57193687510  
Sinta ID : 260315  
Dr. Ir. Erwin Siahaan, M.Si. (Untar)  
Scopus ID : 57199235178  
Sinta ID : 5990421  
Hadi Wahyudi, S.T., M.T., Ph.D (Untirta)  
Scopus ID : 55803690600  
Sinta ID : 260203  
Dr. Yanuar Burhanuddin, M.T. (Unila)  
Scopus ID : 23391898600  
Suhdi, S.S.T., M.T. (UBB)  
Scopus ID : 57223368148  
Sinta ID : 5984872  
Orchid ID : 0000-0003-0842-1689

Sekretariat:  
Said Apreza,  
S.ST.

Laman Jurnal:  
<http://journal.ubb.ac.id/index.php/machine>

Alamat  
Redaksi:

Gedung Babel IV  
Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik  
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung  
Balunijuk, Kabupaten Bangka Prov. Bangka  
Belitung  
Laman : [mesin.ubb.ac.id](http://mesin.ubb.ac.id)  
Email : [teknikmesinunivbabel@gmail.com](mailto:teknikmesinunivbabel@gmail.com)

#### PENGANTAR EDITOR

Machine; Jurnal Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung diterbitkan sebagai media untuk menampung tulisan-tulisan hasil dari penelitian dosen maupun mahasiswa di bidang Teknik Mesin.

Melalui jurnal ini, tim redaksi mengundang para peneliti di bidang teknik mesin untuk berpartisipasi secara aktif untuk mempublikasikan hasil penelitiannya.

Diharapkan tulisan-tulisan di jurnal ini dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti di masa yang akan datang.

Tim Redaksi  
Machine; Jurnal Teknik Mesin

## DAFTAR ISI

<b>DESAIN MEKANIK SISTEM PEMILAH SAMPAH PLASTIK OTOMATIS DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH (TPA)</b> Rolan Siregar <sup>1</sup> , Apriyan Acmi <sup>1</sup>	<b>1</b>
<b>STUDI KAPASITAS PENDINGINAN SISTIM DIRECT EVAPORATIVE COOLING TERHADAP VARIASI TEMPERATUR AIR MATERIAL PAD</b> Teddy Prananda Surya <sup>1*</sup> , Hendra Wijaksana <sup>2</sup>	<b>8</b>
<b>RANCANG BANGUN ALAT PENYULING DAUN SERAI MENGGUNAKAN METODE <i>STEAM HYDRODISTILLATION</i></b> Didik Sugiyanto <sup>1</sup> , Yefri Chan <sup>2</sup> , Fahmi Aldi <sup>3</sup> , Hernando Christian <sup>4</sup>	<b>13</b>
<b><i>HARDENING</i> BAJA AISI-4120 DENGAN VARIASI <i>HOLDING TIME</i></b> Agus Dwi Korawan	<b>19</b>
<b>ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN KOMBINASI SMAW DAN GTAW TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK SERTA PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA JIS SS400</b> Semuel Desmon <sup>1</sup>	<b>24</b>
<b>PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA CLAD BEND PIPE (API5L) DENGAN PENGELASAN GTAW OVERLAY MENGGUNAKAN UNS N06625 TERHADAP KEKUATAN TARIK MATERIAL</b> Aulia Fajrin <sup>1</sup> , Muhammad Taufan Iskandar <sup>2</sup>	<b>34</b>
<b>RANCANG BANGUN ALAT UJI TARIK SERAT BERBASIS DIGITAL</b> Mukhlis M <sup>1</sup> , Lita Asyriati Latif <sup>2</sup> , Muhammad Arsyad Suyuti <sup>3</sup>	<b>39</b>
<b>RESPON DINAMIS TENSION LEG PLATFORM (TLP): STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN PONTON TELAPAK LINGKARAN DENGAN PONTON TELAPAK BUJUR SANGKAR</b> Jamiatul Akmal <sup>1*</sup> , Novri Tanti <sup>1</sup> , Asnawi Lubis <sup>1</sup> , dan Dwi Fajri Kemala Intan <sup>2</sup>	<b>45</b>
<b>MODIFIKASI MESIN PENGUPAS KULIT BAWANG PUTIH DENGAN VARIASI TABUNG PENGUPAS</b> Boby Putra Perdana <sup>1</sup> , Saparin <sup>2</sup> , Eka Sari Wijianti <sup>3</sup> , Yudi Setiawan <sup>4</sup>	<b>51</b>

## DESAIN MEKANIK SISTEM PEMILAH SAMPAH PLASTIK OTOMATIS DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH (TPA)

Rolan Siregar<sup>1</sup>, Apriyan Acmi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering Universitas Darma Persada 13450, Indonesia

Corresponding author email: acmi04041998@gmail.com

### ABSTRAK

Plastik merupakan bahan kebutuhan yang banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat modern. Dapat dilihat produk berbahan plastik mulai dari mainan, perlengkapan dapur, alat elektronik sampai sikat gigi yang digunakan setiap hari. Plastik banyak dimanfaatkan dikarenakan keunggulan plastik yang kuat, ringan, mudah dibentuk, merupakan isolator yang baik, tidak korosif dan tahan lama. Saat ini berdasarkan data statistik persampahan domestik indonesia, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua yaitu sebesar 64 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah. Konsumsi yang banyak tersebut tidak diimbangi dengan jumlah daur ulang yang sama besarnya. Sampah plastik dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan karena sangat susah terurai. Waktu penguraian sampah plastik secara alami membutuhkan kurang lebih delapan puluh tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna. Maka dari itu merancang dan membuat sebuah alat sortir sampah plastik yang menggunakan sistem kerja kincir air dan koveyor, dimana nanti apabila rancangan ini sudah di aplikasikan dan berfungsi dengan baik dapat berguna mengsortir sampah plastik. Ketika alat ini sudah berfungsi maka akan sangat membantu di lingkungan tempat pembuangan akhir dan tempat lainnya.

**Kata kunci:** sampah plastik; mesin sortir sampah; koveyor; agitator

### ABSTRACT

*Plastic is a material that is widely used in modern society. You can see products made from plastic, ranging from toys, kitchen utensils, electronics to toothbrushes that are used every day. Plastics are widely used because of the advantages of plastic which is strong, lightweight, easy to form, is a good insulator, non-corrosive and durable. Currently, based on statistical data on Indonesia's domestic solid waste, plastic waste ranks second, namely 64 million tons per year or 14% of total waste production. This large consumption is not matched by the same amount of recycling. Plastic waste can cause problems for the environment because it is very difficult to decompose. The time to decompose plastic waste naturally takes approximately eighty years to completely degrade. Therefore, designing and making a plastic waste sorting tool that uses a waterwheel and koveyor working system, where later when this design has been applied and functions properly it can be useful for sorting plastic waste. When this tool is functional it will be very helpful in the environment of landfills and other places.*

**Key words:** plastic waste; sorting machine; coaster; agitator

### PENDAHULUAN

Sampah plastik di indonesia mencapai 64 juta ton per tahun berdasarkan data klhk. Indonesia solid waste association (inswa) mengajak masyarakat untuk menggunakan plastik ramah lingkungan karena keberadaan plastik saat ini sangat mengkhawatirkan. “butuh waktu ratusan, bahkan ribuan tahun agar bisa terurai, maka plastik dianggap sebagai bahan yang

sangat merusak lingkungan”. Saat ini berdasarkan data statistik persampahan domestik indonesia, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua yaitu sebesar 64 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah. Sementara data dari badan pengelolaan lingkungan hidup daerah (bplhd) jakarta, tumpukan sampah di wilayah dki jakarta mencapai lebih dari 6.000 ton per hari dan sekitar 13% dari jumlah tersebut berupa sampah plastik [1]. Mesin sortir sampah plastik untuk mempermudah

pengolahan limbah plastik, yang didalam hal ini plastik yang akan disortir adalah sampah plastik jenis hd, hdpe dan pp. Hasil perencanaan dan perhitungan diperoleh suatu hasil prototype mesin sortir sampah plastik yang memiliki spesifikasi. Hal ini diulas berdasarkan banyaknya sampah plastik yang sulit terurai dan akan semakin banyak jika tidak didaur ulang kembali. Maka dibutuhkan mesin sortir sampah plastik untuk mendaur ulang. Saat ini telah banyak mesin sortir sampah plastik, namun mesin tersebut memiliki harga yang cukup mahal dan terlalu besar. Dari penjelasan diatas, maka sebagai mahasiswa memiliki motivasi untuk menyediakan alat sortir sampah plastik untuk industri kecil yang efisien baik dari segi fungsi, penempatan, dan biaya [2].

## LANDASAN TEORI

### Konveyor

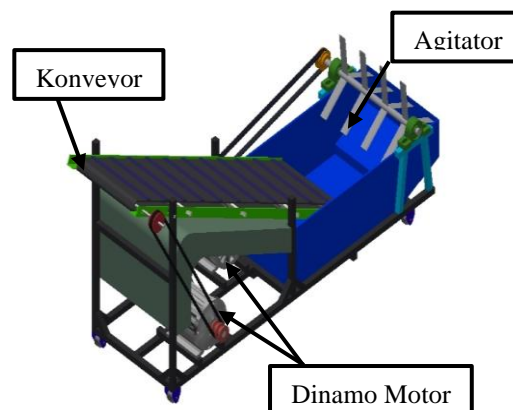
Konveyor atau mesin kompayer merupakan peralatan sederhana yang dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain, sebagai alat angkut suatu barang tertentu untuk kapasitas kecil hingga besar. Dalam kondisi tertentu, konveyor banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut [4]. Konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem konveyor mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinyu [5] [6].

### Agitator

Agitator adalah sebuah bagian dari tangki yang berfungsi sebagai pengaduk. Prinsip kerja dari agitator ini sarna seperti mixer pada umumnya yaitu mengaduk cairan produk dalam tangki dengan blade agitator sebagai pendorong produk yang akan diaduk. Namun untuk agitator kali ini adalah tidak untuk mencampur cairan jusru adalah sebaliknya, yaitu sebagai pemilah semi otomatis [10]. Agitator ini seperti kincir air yang berputar, biasanya di gunakan sebagai komponen utama dalam menghasilkan energi listrik namun untuk yang ini tidak menghasilkan listrik akan tetapi bisa di kembangkan kembali. Kincir air adalah semacam roda besar yang dilengkapi dengan timba atau pengambil air, untuk menaikan air dari sungai ke arah sawah yang lebih tinggi posisinya [11] [12].

### Konsep Desain Mekanik Sistem Pemilah Sampah Plastik

Mesin pemilah sampah plastik ini memiliki konsep desain yang relative kompleks dengan memanfaatkan dua komponen mesin yaitu agitator dan konveyor (Gambar 1).



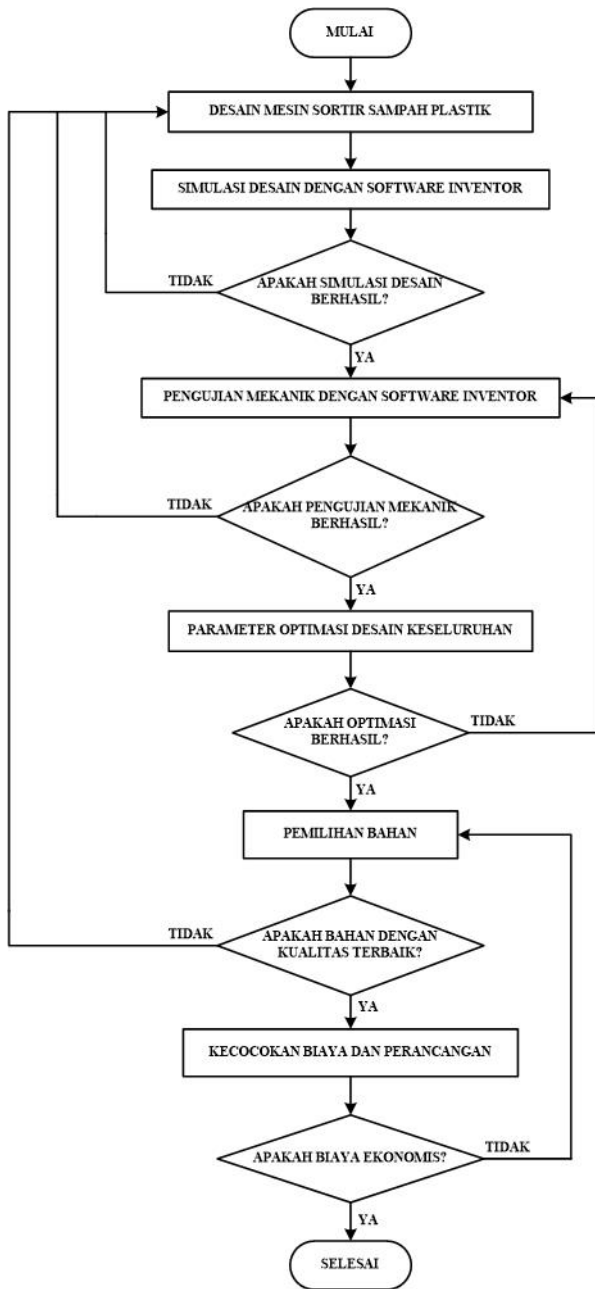
Gambar 1 Air blast freezer tipe batch

Dari gambar 1 dapat dijelaskan dinamo mesin sebagai penggerak utama untuk menggerakkan konveyor dan agitator dengan menggunakan penghubung pully dan vbelt.

## METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar proses penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut (Gambar 2).

Metode yang digunakan secara umum adalah eksperimental. Tahapan awal pembuatan mekanik sistem pemilah sampah plastik ini adalah membuat desain menggunakan *software Autodesk Inventor 2019*. Setelah pembuatan desain selesai maka tahap selanjutnya proses pabrikan dengan menggunakan bahan – bahan yang berkualitas dan ekonomis. Setelah tahap pabrikan selesai maka tahap selanjutnya proses pengujian, yaitu pengujian sampah yang terpilah pada mesin ini. Pengujian dilakukan sampai mendapatkan hasil terbaik. Hasil rancangan mekanik sistem pemilah sampah plastik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Tahap Penelitian



Gambar 3 Hasil rancangan akhir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Spesifikasi Dinamo Motor

Spesifikasi dinamo motor dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi dinamo motor

TYPE	BDCW
OUTPUT	¼ HP
KW	0,18
VOLT	220
HZ	50
POLE	4
AMP	2,5
HEAD	65°C
CLASS	F
RPM	1410

### Spesifikasi Speed Controller

Spesifikasi speed controller dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Speed controller

Kapasitas Arus	12 A
Kapasitas Daya	2000 W
Voltase	170 – 230 V
Spesifikasi Kabel	3 x 0,75 mm
Panjang Kabel	2 m
Fitur	Variable Speed

### Spesifikasi konveyor

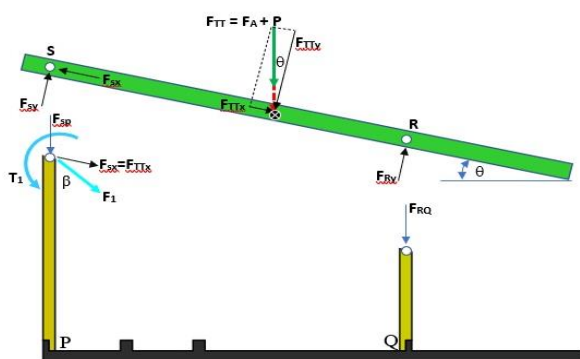
Spesifikasi konveyor dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3 Spesifikasi konveyor**

Nama Komponen	Bahan/Tipe	Ukuran (mm)			
		P	L	T	d
PVC belt	Rubber Serat	2300	230	2	-
Roll	Besi Nella	225	-	-	35
Roll as	Besi Behel	100	-	-	20
Frame	Besi L	1180	3	3	-
Bearing	6202	-	-	-	35

**Perhitungan struktur konveyor**

Struktur konveyor dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4 Struktur konveyor**

Dengan melakukan perhitungan pada persamaan yang dibuat maka hasil gaya yang didapat adalah  $F_{Ry} = 182 \text{ N}$ ,  $F_{Sy} = 128 \text{ N}$ ,  $F_{SP} = 211 \text{ N}$ , dan  $F_{RQ} = 190 \text{ N}$ . Persamaan tersebut ialah :

$$F_{Ry} = \frac{F_{TT} \cdot \cos \theta \cdot a}{a + b} \dots\dots\dots(1)$$

$$F_{sy} = F_{TT} \cdot \cos \theta - \frac{F_{TT} \cdot \cos \theta \cdot a}{(a + b)} \dots\dots\dots(2)$$

$$F_{sp} = \frac{F_{sy}}{\cos \theta} + F1 \cdot \cos \beta + F_{TT} \sin \theta \cdot \sin \theta \dots\dots\dots(3)$$

$$F_{Rq} = \frac{F_{Ry}}{\cos \theta} \dots\dots\dots(4)$$

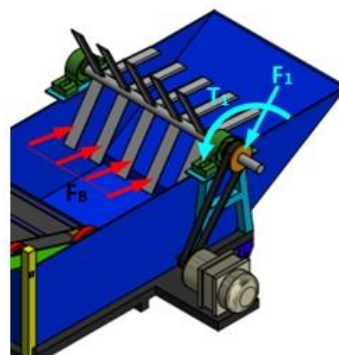
Data variabel dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4 Data variabel**

No	Variable	Satuan	Nilai besaran
1	Jarak S ketitik berat, a	M	0.37
2	Jarak R ke titik berat, b	M	0.26
3	Kemiringan konveyor, $\theta$	Derajat	17
4	Berat sendiri belt konveyor, $F_A$	N	300
5	Gaya terpusat dari beban terdistribusi, P	N	25
6	Gaya total terpusat, $F_{TT}$	N	325
7	Kemiringan gaya transversal, $\beta$	Derajat	45
8	Gaya trasversal, F1	N	70

**Perhitungan struktur Agitator**

Struktur agitator dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5 Struktur agitator**

Maka dengan penimbangan massa sampah dan air diperoleh massa yang didorong oleh blade mendekati 25 kg, apabila dikonversi ke berat menjadi 247 N. Panjang blade sebesar 140 mm, maka torsi yang dihasilkan adalah 34,5 Nm.

Adapun diameter poros blade yang digunakan adalah 20 mm. Dengan menggunakan persamaan tegangan geser pada poros dapat diperoleh tegangan sebesar 21,9 MPa.

### Perhitungan belt konveyor

Berikut ini adalah parameter desain awal untuk menghitung kinerja sistem konveyor ini. Data – data ini ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5 Parameter desain awal**

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1.	Material yang dipindahkan	Plastik	-
2.	Tipe peralatan	Koveyor	-
3.	Putaran motor (n)	1 400	rpm
4.	Diameter pully drive (D)	35	mm
5.	Panjang konveyor (L)	2.3	m
6.	Area penampang material yang dipindahkan (A)	0.05	m <sup>2</sup>
7.	Kepadatan meterial yang dipindahkan ( $\rho$ )	230	kg m <sup>-3</sup>
8.	Perbedaan tinggi konveyor (H)	0.288	m
9.	Massa belt ( $W_b$ )	2.1	kg m <sup>-1</sup>
10.	Faktor drive (m)	1.4	-
11.	Lebar belt (l)	280	mm
12.	Efisiensi motor ( $\eta_m$ )	0.85	-

#### 1. Perhitungan kecepatan

Rotasi drive pulley (n) di variasikan dengan 40 rpm – 60 rpm dikelipatan 5.

- 40 rpm  

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 40}{60 \cdot 1000} = 0,073 \text{ m s}^{-1}$$
- 45 rpm  

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 45}{60 \cdot 1000} = 0,082 \text{ m s}^{-1}$$
- 50 rpm  

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 50}{60 \cdot 1000} = 0,091 \text{ m s}^{-1}$$
- 55 rpm  

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 55}{60 \cdot 1000} = 0,100 \text{ m s}^{-1}$$
- 60 rpm  

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 60}{60 \cdot 1000} = 0,109 \text{ m s}^{-1}$$

#### 2. Perhitungan kapasitas maksimum

- 40 rpm

$$Q_c = \frac{3 \cdot 600}{1 \cdot 000} \cdot 0,05 \cdot 0,073 \cdot 230 = 3,02 \text{ t h}^{-1}$$

- 45 rpm

$$Q_c = \frac{3 \cdot 600}{1 \cdot 000} \cdot 0,05 \cdot 0,082 \cdot 230 = 3,39 \text{ t h}^{-1}$$

- 50 rpm

$$Q_c = \frac{3 \cdot 600}{1 \cdot 000} \cdot 0,05 \cdot 0,091 \cdot 230 = 3,77 \text{ t h}^{-1}$$

- 55 rpm

$$Q_c = \frac{3 \cdot 600}{1 \cdot 000} \cdot 0,05 \cdot 0,100 \cdot 230 = 4,14 \text{ t h}^{-1}$$

- 60 rpm

$$Q_c = \frac{3 \cdot 600}{1 \cdot 000} \cdot 0,05 \cdot 0,109 \cdot 230 = 4,51 \text{ t h}^{-1}$$

#### 3. Perhitungan waktu perjalanan dari beban yang dipindahkan

- 40 rpm

$$t = \frac{2,3}{0,073} = 31,51 \text{ s}$$

- 45 rpm

$$t = \frac{2,3}{0,082} = 28,05 \text{ s}$$

- 50 rpm

$$t = \frac{2,3}{0,091} = 25,27 \text{ s}$$

- 55 rpm

$$t = \frac{2,3}{0,100} = 23 \text{ s (18)}$$

- 60 rpm

$$t = \frac{2,3}{0,109} = 21,1 \text{ s}$$

#### 4. Perhitungan massa material yang dipindahkan

- 40 rpm

$$W_m = \frac{3,02}{0,073} = 41,36 \text{ kg m}^{-1}$$

- 45 rpm

$$W_m = \frac{3,39}{0,082} = 41,34 \text{ kg m}^{-1}$$

- 50 rpm

$$W_m = \frac{3,77}{0,091} = 41,42 \text{ kg m}^{-1}$$

- 55 rpm

$$W_m = \frac{4,14}{0,100} = 41,4 \text{ kg m}^{-1}$$

- 60 rpm

$$W_m = \frac{4,51}{0,109} = 41,37 \text{ kg m}^{-1}$$

#### 5. Perhitungan kekuatan tarik efektif belt konveyor

- 40 rpm

$$F_e = (41,36 \cdot 0,288) + (0,04(2 \cdot 2,1 + 41,36) \cdot 2,3) = 16,10 \text{ N}$$

- 45 rpm



$$F_e = (41,34 \cdot 0,288) + (0,04(2 \cdot 2,1 + 41,34) \cdot 2,3) = 16,09 \text{ N}$$

- 50 rpm

$$F_e = (41,42 \cdot 0,288) + (0,04(2 \cdot 2,1 + 41,42) \cdot 2,3) = 16,12 \text{ N}$$

- 55 rpm

$$F_e = (41,4 \cdot 0,288) + (0,04(2 \cdot 2,1 + 41,4) \cdot 2,3) = 16,12 \text{ N}$$

- 60 rpm

$$F_e = (41,37 \cdot 0,288) + (0,04(2 \cdot 2,1 + 41,37) \cdot 2,3) = 16,10 \text{ N}$$

#### 6. Perhitungan gaya tarik maksimum belt konveyor

- 40 rpm

$$F_{max} = 16,10 \cdot 1,4 = 22,54 \text{ N}$$

- 45 rpm

$$F_{max} = 16,09 \cdot 1,4 = 22,53 \text{ N}$$

- 50 rpm

$$F_{max} = 16,12 \cdot 1,4 = 22,57 \text{ N}$$

- 55 rpm

$$F_{max} = 16,12 \cdot 1,4 = 22,57 \text{ N}$$

- 60 rpm

$$F_{max} = 16,10 \cdot 1,4 = 22,54 \text{ N}$$

#### 7. Perhitungan gaya tarik kerja per satuan lebar sabuk

- 40 rpm

$$F_k = \frac{22,54}{280} = 0,08 \text{ N mm}^{-1}$$

- 45 rpm

$$F_k = \frac{22,53}{280} = 0,08 \text{ N mm}^{-1}$$

- 50 rpm

$$F_k = \frac{22,57}{280} = 0,08 \text{ N mm}^{-1}$$

- 55 rpm

$$F_k = \frac{22,57}{280} = 0,08 \text{ N mm}^{-1}$$

- 60 rpm

$$F_k = \frac{22,54}{280} = 0,08 \text{ N mm}^{-1}$$

#### 8. Perhitungan daya yang dibutuhkan

- 40 rpm

$$P = \frac{16,10 \cdot 0,073}{1000} = 0,0011 \text{ W}$$

- 45 rpm

$$P = \frac{16,09 \cdot 0,082}{1000} = 0,0013 \text{ W}$$

- 50 rpm

$$P = \frac{16,12 \cdot 0,091}{1000} = 0,0014 \text{ W}$$

- 55 rpm

$$P = \frac{16,12 \cdot 0,100}{1000} = 0,0016 \text{ W}$$

- 60 rpm

$$P = \frac{16,10 \cdot 0,109}{1000} = 0,0017 \text{ W}$$

#### 9. Perhitungan daya motor yang dibutuhkan

- 40 rpm

$$P_m = \frac{0,0011}{0,85} = 0,0012 \text{ W}$$

- 45 rpm

$$P_m = \frac{0,0013}{0,85} = 0,0015 \text{ W}$$

- 50 rpm

$$P_m = \frac{0,0014}{0,85} = 0,0016 \text{ W}$$

- 55 rpm

$$P_m = \frac{0,0016}{0,85} = 0,0018 \text{ W}$$

- 60 rpm

$$P_m = \frac{0,0017}{0,85} = 0,002 \text{ W}$$

#### Perhitungan Power Agitator

Besarnya tenaga (P) untuk operasi pengadukan

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$n = 50 \text{ rpm}$$

$$d = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$g = 9,80 \text{ m/s}^2$$

Maka power yang diperlukan

$$P = \frac{997 \cdot 50^3 \cdot 0,02^5}{9,80} = \frac{997 \cdot 125.000 \cdot 3,2e-9}{9,80} = 0,04 \text{ kw}$$

#### KESIMPULAN

Desain yang dibuat dapat dilihat dilampiran, dengan skala 1:1. Adapun proses kerja mesin tersebut harus menggunakan media air sebagai alat yang membantu terciptanya persortiran sampah plastik ini. Belt Conveyor yang digunakan jenis *rubber* serat. Dari hasil perhitungan, dengan memvariasikan output putaran motor, dari putaran 40 rpm sampai putaran 60 rpm. Waktu perjalanan dari 40 rpm adalah 31.51 s, 45 rpm adalah 28.05 s, 50 rpm adalah 25.27 s, 55 rpm adalah 23.00 s, dan 60 rpm adalah 21.10 rpm. Gaya tarik maksimum belt konveyor dari putaran 40 & 60 rpm adalah 22.54 N, putaran 45 rpm adalah 22.53 N, dan putaran 50 & 55 rpm adalah 22.57 N. Gaya tarik yang bekerja per lembar sabuk dari putaran 40 – 60 rpm adalah 0,08  $\text{N mm}^{-1}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. Mintarsih, 3 Oktober 2018. [Online]. Available: [https://www.menlhk.go.id/site/single\\_post/1184](https://www.menlhk.go.id/site/single_post/1184).

- [2] I. N. A, "Kulina : let's Lunch Together," 9 July 2018. [Online]. Available: <https://medium.com/kulina/jenis-jenis-plastik-dan-arti-kode-yang-tertera-3b79d7d8f786>. [Diakses 3 April 2020].
- [3] W. K. Sugandi, A. Yusuf, T. Herwanto dan S. Maulana, "Uji Kinerja Mesin Pencacah Plastik (Studi Kasus Bank Sampah Tasikmalaya (BST) di Desa Cikunir, Kecamatan Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya)," Industrial Research Workshop , 2017.
- [4] M. I. Nurhadi, S. Siregar dan N. Hendrarini, "DESAIN MEKANIK SISTEM PEMILAH SAMPAH," e-Proceeding of Applied Science , vol. 1, p. 2276, 2015.
- [5] D. Almanda, . H. Isyanto dan R. Samsinar , "PERANCANGAN PROTOTYPE PEMILAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK MENGGUNAKAN SOLAR PANEL 100 WP SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN," jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek, pp. 2407 – 1846, 2460 – 8416, 2018.
- [6] D. Cahyadi dan G. F. Azis, "SINTEK," PERANCANGAN BELT CONVEYOR KAPASITAS 30 TON/JAM UNTUK ALAT ANGKUT KERTAS , vol. 1.
- [7] A. Suwandi, M. Sulaiman dan E. Maulana, "PERANCANGAN MESIN EDDY CURRENT SEPARATOR UNTUK PEMILAH SAMPAH LOGAM NON-FERROUS (STUDI KASUS DI KABUPATEN TEGAL)," jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek , 2017.
- [8] P. L.E.Aritonang, B. E.C, S. D. K dan J. Prasetyo, "RANCANG BANGUN ALAT PEMILAH SAMPAH CERDAS OTOMATIS," SNITT, 2017.
- [9] H. Susanto, R. H. Setyobudi, K. Abdullah, S. M. Nur, E. Yandri, A. S. Uyun, O. Anne dan J. Burlakovs, "Development of Moving Equipment for Fishermen's Catches using the Portable Conveyor System".
- [10] S. dan s. , "JATI UNIK," Perhitungan Perencanaan Mesin Pengaduk Middle Waste Asbes Kapasitas 2500 Liter , vol. 2, pp. 74-83, 2019.
- [11] A. Junaidi, R. dan A. Hendri, "MODEL FISIK KINCIR AIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK," Jom FTEKNIK, vol. 1, 2014.
- [12] J. Rahmadi, I. Yusuf dan H. Priyatman, "Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Kincir Air Terapung Di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi," Jurnal ELKHA, vol. 7, 2015.
- [13] W. P.Marsis dan D. Saputro , ANALISIS REAKTOR ALIR TANGKI PENGADUK pada KAPASITAS 20 M3 dengan TEMPERATUR 1520 C .
- [14] A. W. Ibrahim, T. W. Widodo dan T. W. Supardi, "Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC," IJEIS, vol. 6, pp. 93 - 104 , 2016.
- [15] N. Nugroho dan S. Agustina, "ANALISA MOTOR DC (DIRECT CURRENT) SEBAGAI PENGGERAK MOBIL LISTRIK," Mikrotiga, vol. 2, pp. 2355 - 0457 , 2015.
- [16] M. N. Yuski, W. Hadi dan A. Saleh, "Rancang Bangun Jangkar Motor DC," Yuski et al, vol. 2, pp. 98-103 , 2017.

## STUDI KAPASITAS PENDINGINAN SISTIM DIRECT EVAPORATIVE COOLING TERHADAP VARIASI TEMPERATUR AIR MATERIAL PAD

Teddy Prananda Surya<sup>1\*</sup>, Hendra Wijaksana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Doktoral Ilmu Teknik, Univ.Udayana, Bali, Indonesia \*Corresponding author :

[teddyps@gmail.com](mailto:teddyps@gmail.com)

### Abstrak

Penggunaan sistim pendingin berbasis kompresor yang meluas telah memicu peningkatan kerusakan lingkungan dan penggunaan energy bahan bakar fosil yang berlebihan. Sistim pendingin evaporative merupakan salah satu sistim pendingin alternative yang ramah lingkungan dan hemat energi, karena hanya memanfaatkan air dan udara sebagai daya penggerak sistim. Dalam penelitian ini ditunjukan untuk menguji pengaruh variasi temperature air material pad terhadap sistim direct evaporative cooling (DEC) berbasis jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad. Pengujian dilakukan dengan pengaturan putaran fan pada 1440; 1470; dan 1500 rpm dan variasi temperature air pembasah pad pada 10°C dan 15°C dengan waktu pengujian selama 60 menit. Temperature udara masuk dan keluar pad dicatat sebagai TdB2,TwB2 dan TdB3,TwB3 secara berurutan. Dari hasil pengujian ditemukan bahwa kapasitas pendinginan tertinggi dengan material pad jerami pada putaran fan 1500 rpm dan temperature air pembasah 15°C tercapai sebesar 0.42 kW, untuk temperature air 10°C hanya tercapai 0.14 kW. Sedangkan dengan material pad tapis kelapa, kapasitas pendinginan tertinggi dicapai pada putaran fan 1500 rpm dan temperature air pembasah 15°C sebesar 0.56 kW, dan untuk temperature air 10°C didapat kapasitas pendinginan hanya sebesar 0.39 kW. Dari hasil pengujian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa dengan lebih tingginya temperature air pada permukaan material pad, akan mempercepat proses penguapan dan lebih banyak panas yang dapat diserap, sehingga kapasitas pendinginan menjadi lebih besar.

**Kata kunci:** direct evaporative cooling, kapasitas pendinginan, temperature air pembasah pad, jerami, tapis kelapa.

### Abstract

*The extensive usage of compressor-based cooling systems has resulted in significant environmental damage and the consumption of excessive amounts of fossil fuel energy. Because it solely employs water and air as its driving force, the evaporative cooling system is an environmentally benign and energy efficient cooling system. The purpose of this study was to investigate the influence of variations in pad material water temperature on a direct evaporative cooling (DEC) system using rice straw and coconut filter as pad materials. The fan rotation was set at 1440, 1470, and 1500 rpm, and the temperature of the pad wetting water was varied between 10 and 15 degrees Celsius for 60 minutes. TdB2, TwB2 and TdB3, TwB3 are the air inlet and exit temperatures of the pad, respectively. According to the test results, the highest cooling capacity with straw pad material was 0.42 kW at 1500 rpm fan rotation and 15 °C wetting water temperature, while at 10 °C the water temperature was only 0.14 kW. Meanwhile, the highest cooling capacity is attained with coconut filter pad material at 1500 rpm fan rotation and 15 °C wetting water temperature, which is 0.56 kW, while the cooling capacity is only 0.39 kW at 10 oC water temperature. Based on the findings of the tests, it can be assumed that higher water temperatures on the surface of the pad material will speed the evaporation process and allow more heat to be absorbed, resulting in a better cooling capacity.*

**Key words:** direct evaporative cooling, cooling capacity, temperature of pad wetting water, straw, coconut filter.

## PENDAHULUAN

Penggunaan sistim pendingin berbasis kompresor yang memerlukan energy input yang cukup besar untuk bangunan-bangunan gedung. Hampir 60% energy listrik pada bangunan gedung digunakan untuk keperluan penggunaan sistim pendingin. Di sisi lain, dampak lingkungan yang ditimbulkan dengan penggunaan refrigerant sistim pendingin cukup dapat merusak lingkungan dan meningkatkan pemanasan global. Berangkat dari kondisi tersebut diatas, banyak peneliti saat ini mengembangkan sistim pendingin yang berbasis non-kompresor. Sistim pendingin evaporative adalah sistim pendingin yang non-compressor based, yang memanfaatkan hanya udara dan air sebagai energy penggerakannya. Efek pendinginan pada sistim evaporative didapat dengan memanfaatkan panas laten penguapan air, sehingga sistim ini termasuk sistim yang low energy consumption dan juga ramah lingkungan. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian performansi kapasitas pendinginan pada sistim pendingin direct evaporative cooling (DEC) dengan jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad. Beberapa penelitian tentang DEC telah menunjukkan performansi pendinginan yang cukup tinggi dengan penggunaan sedikit energy input. Banyat et.al,(2013) melakukan studi pada dua tipe cooling pad yang terbuat dari curtain fabric dan raw cotton fabric, dengan kecepatan blower 725, 1015, 1450 rpm, ditemukan bahwa curtain fabric memberi efisiensi pendinginan antara 46.3 – 61.3%, sedangkan raw cotton fabric antara 29.7 – 39.2%. [1]. Kemudian penelitian lain oleh Abdullah Malli, et.al, (2011) yang meneliti penggunaan dua tipe baru cellulose paper pad seri 5090 dan 7090, menemukan bahwa efisiensi pendinginan maksimum dicapai oleh pad 5090 pada kecepatan aliran udara 1.8 m/s dan ketebalan pad 150 mm, dan efisiensi minimum terjadi pada pad 7090, ketebalan 75 mm pada kecepatan aliran udara 1.8 m/s [2]. Penelitian lain oleh Cruz et.al.,(2006) yang melakukan studi tentang tiga jenis material pad dengan empat kecepatan aliran udara dan temperature air yang berbeda, ditemukan bahwa efisiensi pendinginan tertinggi sebesar 80% tercapai pada kecepatan aliran udara 3.2 m/s pada temperature air 32-34°C. [3]. Selanjutnya R.K. Kulkarni et.al,(2011) juga meneliti sistim pendingin DEC dengan menggunakan material Aspen dan cellulose sebagai material pad, yang menemukan bahwa material Aspen telah memberikan efisiensi pendinginan sebesar 87.5% yang lebih besar dibandingkan material cellulose yang hanya memberikan efisiensi pendinginan sebesar 77.5%. [4]. Hindoliva (2011)

menemukan palash fiber memberikan efisiensi pendinginan 26.31% lebih besar dari khus dan 13.2% lebih besar dari material aspen, juga ditemukan bahwa palash fiber dan coconut fiber memiliki water resistance capability yang lebih baik. [5]. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut diatas, yang secara umum belum ada yang meneliti secara spesifik pengaruh temperature air material pad terhadap performansi sistim pendingin direct evaporative cooling, dimana hanya variable kecepatan aliran udara dan ketebalan material pad yang digunakan sebagai variable penelitian. Untuk itu peneliti terdorong ingin melakukan penelitian tentang pengaruh temperature air pembasah pada material pad jerami padi dan tapis kelapa terhadap performansi sistim pendingin DEC, karena temperature air pada material pad akan sangat mempengaruhi proses penguapan uap air udara yang melewati pad, sehingga akan memberikan efek pendinginan yang berbeda untuk setiap beda temperature air pembasah pad.

## METODOLOGI PENELITIAN

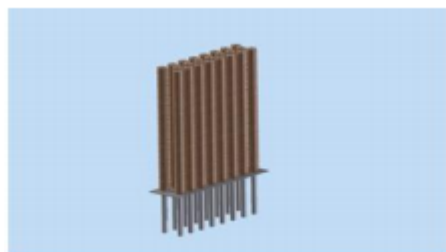
Penelitian dilakukan dengan menetapkan tiga tingkat putaran fan 1440; 1470; dan 1500 rpm, serta temperature air pembasah pad 10°C dan 15°C sebagai variable bebas. Sebagai variable terikat akan ditentukan besarnya kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh masing-masing variasi putaran fan dan temperature air pembasah seperti yang tersebut diatas. Sebagai material pad digunakan jerami padi dan tapis kelapa dengan ketebalan 300 mm yang dililitkan pada masing-masing 23 batang pipa pad dengan panjang pipa masing-masingnya 1000 mm. Pencatatan temperature dilakukan pada temperature udara masuk fan TdB1; TwB1, temperature udara masuk pad TdB2; TwB2, dan temperature udara keluar pad TdB3; TwB3 serta temperature udara keluar lingkungan TdB4; TwB4. Adapun cara kerja sistim pengujian dapat dijelaskan, dimana udara luar akan dihisap oleh fan pada tiga variasi putaran untuk masuk menuju pad yang telah dibasahi dengan air pada variasi temperature 10°C dan 15°C. Kemudian udara yang mengandung panas dan uap air ini akan melewati material pad yang basah, akan terjadi penguapan lapisan air pada material pad, sehingga temperature udara akan mengalami penurunan, sedangkan kandungan uap air udara akan bertambah. Dengan demikian udara produk yang dihasilkan oleh sistim pendingin DEC ini adalah udara dingin tetapi basah, akibat penambahan uap air hasil proses penguapan pada udara. Konstruksi pad jerami padi, tapis kelapa dan skematik pengujian

sistim pendingin pad dapat dilihat pada gambar 1a, 1b, 1c secara berurutan.

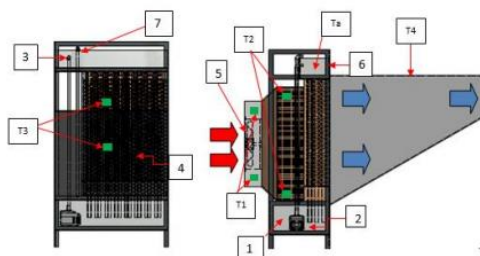
Konstruksi sistim pengujian terdiri dari water tank untuk penampungan air (1), pompa air yang mensirkulasikan air pembasah pad (2), Pipa water distribution yang mengalirkan air dari water tank ke pad (3), Pad dengan material jerami padi danau tapis kelapa (4), Fan yang menghisap udara luar untuk melewati pad (5), Reservoir air pendingin sebagai penampungan air dingin pembasah pad sebelum ditetaskan pada material pad (6), Pipa overload untuk mengalirkan kelebihan air pada reservoir air pendingin (7).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 1 (a) Konstruksi pad jerami padi (b) Konstruksi pad tapis kelapa (c) Skematik diagram pengujian sistim pendingin**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian pada sistim pendingin direct evaporative cooling (DEC) dengan jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad dan temperature air pembasah pad 10°C dan 15°C, didapat data seperti tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1 Data temperature pengujian material pad jerami padi**

		Rpm 1				Rpm 2				Rpm 3			
Temp. Air		1440				1470				1500			
10°C		Waktu (menit)				Waktu (menit)				Waktu (menit)			
		15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
T1	TdB 1	30.5	30.7	30.7	30.8	30.7	30.7	30.4	30.7	31.4	31.2	30.1	30.4
	°C TwB 1	27.4	28.4	29.2	29.7	28.2	28.2	28.4	29	27.9	27.9	27.7	28.3
T2	TdB 2	29.6	29.7	30.6	30.6	30.2	30.4	30.2	30.5	29.9	29.7	29.3	29.7
	°C TwB 2	27.1	27.3	27.9	28.6	27.6	27.7	27.6	28	27.7	27.6	27.3	27.7
T3	TdB 3	29.3	29.5	30.1	29.9	29.9	30	29.9	30.1	29.7	29.6	29.2	29.6
	°C TwB 3	26.7	26.9	27.3	27.3	27.4	27.3	27.3	27.5	27.2	27	26.7	27.1
T4	TdB 4	29.2	29.4	29.9	29.9	29.6	29.5	29.8	29.5	29.5	29.2	29.4	29.4
	°C TwB 4	26.6	26.6	27.1	27.3	27.2	27.2	27.1	27.3	27.2	27.1	26.7	27.2

**Tabel 2 Data temperature pengujian material pad tapis kelapa**

		Rpm 1				Rpm 2				Rpm 3			
Temp. Air		1440				1470				1500			
15°C		Waktu (menit)				Waktu (menit)				Waktu (menit)			
		15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
T1	TdB 1	31.1	31.2	30.9	30.9	30.8	30.9	30.9	30.6	30.7	30.2	30.2	30.5
	°C TwB 1	27.3	27.7	28.4	29	27.2	28.1	28.1	28.7	27.2	27.5	27.9	28.1
T2	TdB 2	30.2	30.5	30.6	30.6	30	30.4	30.4	30.2	30	29.7	30	30.2
	°C TwB 2	27	27.7	28.5	28.7	26.8	27.3	27.3	27.7	27.1	27.1	27.3	27.4
T3	TdB 3	29.6	29.7	29.8	30	29.3	29.9	29.9	29.7	29.2	29	29.4	29.6
	°C TwB 3	26.6	27.3	28.2	28.5	26.2	26.7	26.7	27.2	26.5	26.5	26.6	26.7
T4	TdB 4	29.2	29.7	29.7	29.7	29	29.5	29.5	29.5	29.1	28.9	29.2	29.4
	°C TwB 4	26.1	26.5	26.5	26.8	26	26.3	26.3	26.5	26.3	26.3	26.4	26.5

Dari data temperature pada Tabel 1 dan Tabel 2, dilakukan pengolahan data untuk menghitung besarnya kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh masing-masing material pad dengan variasi temperature air pembasah pad yang berbeda.

Kapasitas pendinginan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$q_s = Q \cdot \rho \cdot C_p (T_{dB,2} - T_{dB,3}) \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

$q_s$  = kapasitas pendinginan (kW)

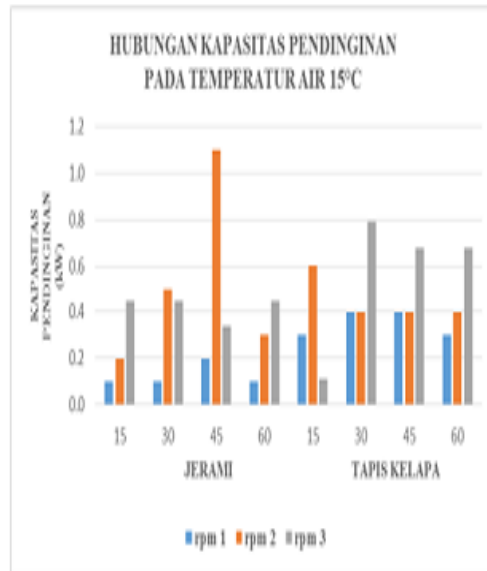
$Q$  = laju aliran volume udara (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = massa jenis udara = 1.2 kg/m<sup>3</sup>

$C_p$  = panas spesifik udara = 1.03 kJ/kg K

Sebagai hasil perhitungannya dapat diperlihatkan pada grafik 2.

Dari Gambar 2a dan 2b, dapat dijelaskan bahwa kapasitas pendinginan tertinggi yang dapat dicapai pada penggunaan material pad jerami padi sebesar 0.42 kW pada putaran 1500 rpm dengan temperature air pembasah pad 15oC, sedangkan untuk temperature air pembasah 10oC hanya dapat mencapai kapasitas pendinginan sebesar 0.14 kW. Demikian pula pada material pad tapis kelapa, kapasitas pendinginan tertinggi sebesar 0.56 kW dapat tercapai pada putaran 1500 rpm dan temperature air pembasah pad 15oC, sedangkan untuk temperature air pembasah 10oC hanya memberikan kapasitas pendinginan sebesar 0.39 kW. Perbedaan kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh dua variasi temperature air pembasah pad tersebut diakibatkan oleh dengan semakin tingginya temperature air pembasah pad akan menghasilkan kapasitas penguapan yang lebih besar dengan lebih cepatnya waktu penguapan lapisan air pada permukaan material pad. Kecepatan waktu penguapan juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh fan, dimana putaran fan tertinggi akan menghasilkan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi dan waktu penguapan akan lebih cepat dan tinggi.



(b)

**Gambar 2 Grafik hubungan kapasitas pendinginan dan temperature air pembasah pad jerami padi dan tapis kelapa pada temperatur 10°C dan 15°C**

**KESIMPULAN**

Dari hasil pembahasan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa temperature permukaan air yang lebih tinggi pada permukaan material pad, dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, akan menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar.

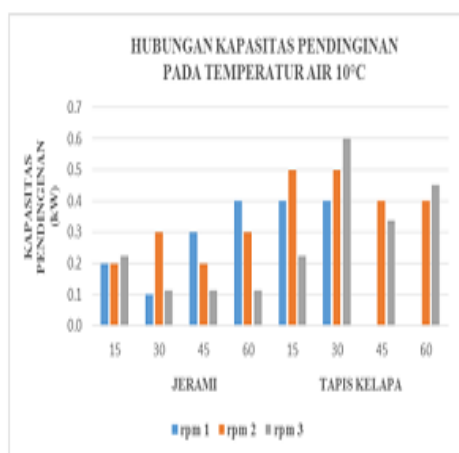
**DAFTAR PUSAKA**

[1] Banyat Niyomvas and Bunjerd Potakarat, Performance study of cooling pads, Advance Material Research 664 (2013) 931-935

[2] Abdullah Malli , Hamid Reza Seyf et.al, Investigating the performance of cellulosic evaporative cooling pads, Energy Conversion and Management 52 (2011)2598-2603

[3] Cruz VF, Perissinotto M, Lucas EM, De Moura DJ, Efficiency evaluation of pad cooling system design with different pad material, (2006)

[4] R.K. Kulkarni, S.P.S. Rajput, Comparative performance of cooling pads of alternative materials, International Journal of Advance



(a)

Engineering Sciences and Technologies,  
10(2011) 239-244.

- [5] J.K. Jain, D.A. Hindoliyab, Experimental  
performance of new evaporative cooling pad

materials, Sustainable Cities and Society 1  
(2011) 252-256.

## RANCANG BANGUN ALAT PENYULING DAUN SERAI MENGGUNAKAN METODE STEAM HYDRODISTILLATION

Didik Sugiyanto<sup>1</sup>, Yefri Chan<sup>2</sup>, Fahmi Aldi<sup>3</sup>, Hernando Christian<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa, Duren Sawit, Kota Jakarta Timur

[didik\\_sugiyanto@ft.unsada.co.id](mailto:didik_sugiyanto@ft.unsada.co.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menguji alat penyulingan daun serai dengan melakukan eksperimen dan pengujian terhadap alat serta hasil pengujian. Parameter yang diamati adalah perpindahan panas pada alat penyulingan daun serai yang dihasilkan oleh alat, hasil penelitian perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per second) dan perpindahan panas secara konveksi alami pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per second) dengan suhu awal air 28°C sampai suhu yang ditentukan 98°C. Lama penyulingan diatas 5 jam akan menurunkan mutu rendemen yang tidak sesuai standard. Pengaruh bagian dari serai wangi yang menghasilkan persen rendemen yang tinggi adalah pada bagian daun sedangkan kualitas citronella oil yang tinggi adalah pada bagian daun. % citronella serai wangi pada daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %.

**Kata kunci:** penyulingan, daun serai, *steam hydrodistillation*

### Abstract

*This study aims to design and test the citronella leaf distillation tool by conducting experiments and testing the tools and test results. The parameters observed were heat transfer in the citronella leaf distillery produced by the tool, the results of the conduction heat transfer research in the distillation tank were 1,032.61 J/s (Joules per second) and heat transfer by natural convection in the distillation tank was 3,761.16 J/s (Joules per second) with an initial water temperature of 28 °C to a specified temperature of 98 °C. The distillation time of more than 5 hours will reduce the quality of the yield which is not up to standard. The effect of the part of lemongrass which produces a high yield percentage is on the leaves, while the high quality of citronella oil is on the leaves. % citronella citronella on fresh leaves was 67.36%, withered leaves were 44.92%.*

**Key words :** *distillation, lemongrass leaves, steam distillation.*

### PENDAHULUAN

Banyaknya kekayaan hayati alam menjadikan semakin berkembang ide-ide untuk meningkatkan nilai jual produk tanaman terutama tanaman penghasil minyak atsiri (*essential oil*). Kajian-kajian jenis tanaman atsiri yang telah umum di pasaran telah banyak dilakukan, namun untuk jenis-jenis tumbuhan yang masih liar masih terbatas. Hal ini perlu dilaksanakan sehingga mendapatkan jenis-jenis tumbuhan baru penghasil minyak atsiri untuk dapat diaplikasikan ke masyarakat. Eksplorasi merupakan salah satu langkah awal dalam kegiatan ini untuk mengkoleksi jenis-jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai penghasil minyak atsiri.[1]

Minyak atsiri atau minyak eteris merupakan minyak yang mudah menguap atau minyak terbang (*essential oil*) dengan komposisi yang berbeda-beda sesuai sumber penghasilnya. Minyak atsiri bukan merupakan senyawa kimia murni, melainkan terdiri dari campuran senyawa yang memiliki sifat fisika kimia berbeda-beda. Minyak serehwangi merupakan salah satu essential oil yang diekspor sebagai bahan pembuatan parfum, obat-obatan, antiseptik dan kosmetik. Permintaan akan minyak serehwangi yang semakin meningkat, diperlukan upaya budidaya serehwangi secara intensif dengan memperhatikan kualitas minyak serehwangi sebagai produk akhir.[2]

Minyak atsiri yang sering juga disebut dengan minyak eteris atau minyak terbang. Proses pembuatan minyak daun nilam dapat dilakukan dengan destilasi air, destilasi uap-air dan destilasi



uap. Untuk menaikkan harga jual minyak atsiri dan mengoptimalkan potensi minyak atsiri, maka perlu dilakukan usaha untuk menaikkan mutunya sehingga sesuai dengan standart mutu (SNI). Salah satu cara adalah memperbaiki teknik destilasi dan memperbaiki kondisi operasi agar proses distilasi dapat menghasilkan minyak atsiri dengan standart mutu yang berlaku.[3]

Minyak atsiri diperoleh dari distilasi uap daun nilam yang digunakan sebagai bahan pewangi dan penahan aroma wangi-wangian bahan pewangi lain sehingga bau wangi tidak cepat hilang dan lebih tahan lama (fiksatif) dalam pembuatan bahan aromaterapi. Minyak atsiri juga sebagai aditif untuk pewangi makanan [4]. Minyak atsiri banyak dikembangkan ke arah produk obat-obatan dikarenakan minyak Produksi minyak atsiri mengandung lebih dari 24 jenis sesquiterpene, yang berpotensi sebagai senyawa anti kanker, anti mikroba, anti inflamatory, antibiotik dan anti mikroba dan anti tumor. [5]

Ada beberapa jenis metode yang bisa dilakukan untuk memisahkan atau mendapatkan minyak nilam, antara lain penyulingan (distilasi), ekstraksi dan lain – lain. Tetapi saat ini yang sering digunakan adalah penyulingan. Dari segi teknik distilasi yang digunakan, dengan menggunakan metode distilasi uap-air (*steam-hydro distillation*) dapat dihasilkan rendemen minyak nilam yang lebih bagus dibandingkan dengan metode konvensional yang menggunakan distilasi air (*water distillation*) [6]. Selain itu, diperlukan juga kondisi operasi dan desain alat yang optimal sehingga didapatkan minyak nilam yang memiliki kualitas yang baik. Namun dengan metode tersebut dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan minyak nilam yang bagus. Oleh karena itu perlu ditemukan metode baru yaitu *microwave distillation* yang dapat mempercepat proses distilasi dengan waktu yang lebih cepat serta ketersediaan *microwave* yang cukup mudah didapatkan di masyarakat [7].

Penyulingan dengan uap mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan air atau uap dan air terutama untuk bahan baku berupa biji, akar dan kayu yang mengandung minyak yang mempunyai titik didih tinggi. Juga pada penyulingan dengan uap, tekanan dalam ketel suling bisa diatur disesuaikan dengan sifat bahan yang aliran disuling, sehingga mutu minyak yang dihasilkan umumnya baik. Beberapa penelitian mengenai penyulingan daun sereh dan biji lada telah dilakukan, terutama dikaitkan dengan perlakuan bahan sebelum disuling dan cara penyulingan untuk mendapatkan rendemen minyak yang optimum. Semakin tinggi tekanan yang digunakan, maka akan semakin besar pula minyak atsiri yang dihasilkan. Berdasarkan masalah tersebut diatas, pada pengujian alat ini dicoba penyulingan daun sereh pada berbagai tingkat tekanan.[8]

Rendemen merupakan perbandingan jumlah (kuantitas) minyak yang dihasilkan dari ekstraksi tanaman aromatik. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka semakin besar minyak atsiri yang dihasilkan. Kualitas minyak yang dihasilkan biasanya berbanding terbalik dengan jumlah rendemen yang dihasilkan. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan maka semakin rendah mutu yang didapatkan.[6] Rendemen minyak dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu: faktor genetik, iklim, metode ekstraksi, ketinggian tanah, kesuburan tanah, umur tanaman, cara penyulingan, lokasi, serta serangan hama penyakit. Rendemen yang dihasilkan pada musim kemarau (0,7%) umumnya lebih tinggi daripada musim penghujan (0,5%). [9]

Perpindahan panas air murni dapat terjadi dalam tiga keadaan yaitu padat, cair dan uap. Keadaan ini dipengaruhi oleh kondisi suhu dan tekanan. Uap adalah bagian cairan yang diuapkan dan terdiri dari gas sejati yang masih mengandung partikel-partikel cairan di dalamnya. Dengan pemanasan, partikel cairan ini akan teruapkan. Uap super panas atau uap panas lanjut (*superheated steam*) mempunyai sifat-sifat seperti suatu gas di bawah suhu kritisnya. Ilmu perpindahan panas adalah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana energi dalam bentuk panas berpindah dari suatu benda ke benda lain yang suhunya lebih rendah. [10]

Perbedaan suhu merupakan syarat terjadinya perpindahan panas. Panas mengalir dari tempat dengan suhu lebih tinggi ke tempat dengan suhu lebih rendah. Hal ini terus berlangsung hingga tidak terdapat lagi perbaedaan suhu diantaranya. [11]

## METODE PENELITIAN

Untuk metode distilasi uap dan air dengan pemanasan kompor prosedurnya adalah sebagai berikut, mula-mula menimbang daun serai wangi sebanyak 4000 gram. Memasukkan daun yang telah ditimbang tersebut pada tanki distilasi dengan penambahan air sebagai pelarut. Kemudian memanaskan air pada tanki untuk digunakan sebagai pembangkit steam, proses pemanasan menggunakan api sedang. Menghitung waktu distilasi mulai tetes pertama keluar dari condensor minyak keluar dari pipa spiral tiap 40 menit. Menampung distilat dalam corong pemisah dan memisahkan minyak dari air, kemudian menampung minyak tersebut pada tabung reaksi. Kemudian mengambil minyak yang bebas dari kandungan air tersebut lalu melakukan analisa terhadap minyak yang dihasilkan.

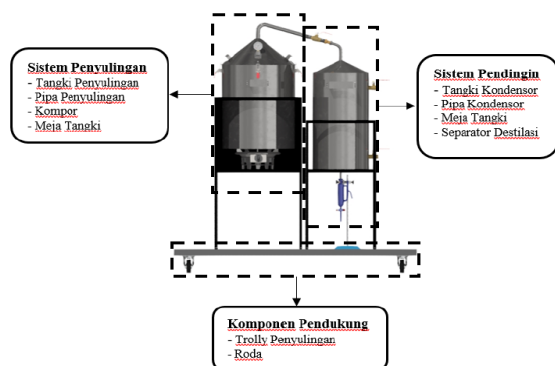
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2020 di Laboratorium Pengujian Program Studi Teknik Mesin Universitas Darma Persada.

Bahan yang digunakan adalah daun serai wangi dengan kondisi bahan (segar dan layu) dengan

ketentuan segar (mulai panen sampai dua jam sesudah panen) dan layu (mulai dua jam sesudah panen sampai empat hari sesudah panen) dan diperoleh dari petani. Air digunakan sebagai media pendingin pada kondensor serta digunakan sebagai pelarut sereh dapur.

Deskripsi Peralatan Penelitian Seperangkat peralatan yang diperlukan untuk pengambilan minyak atsiri serai wangi dengan metode distilasi uap dan air dengan pemanasan kompor adalah sebagai berikut:

- Satu unit alat pengujian yang digunakan sebagai pemanas. dengan dimensi tinggi 550 mm, diameter 450 mm.
- Distiller yang terbuat dari Stainless Steel dengan volume 9000 ml dan sebuah connector yang terbuat dari pipa yang berfungsi untuk menghubungkan distiller dengan kondensor.
- Bak pendingin yang terbuat dari Stainless Steel.
- Watermoor sebagai pintu agar bahan baku dapat masuk kedalam tanki.
- Kondensor yang digunakan adalah kondensor Spiral yang berfungsi mendinginkan uap yang terbentuk menjadi liquid.
- Corong pemisah yang digunakan untuk memisahkan minyak serai wangi dengan air.
- Alat pengukur suhu (thermometer) yang digunakan untuk mengukur suhu pada Tanki.



**Gambar 1** Desain Alat Penyuling Daun Serai

Kondisi Operasi dan Variabel:

- Tekanan : Bar.
- Massa bahan : 4000 gram.
- Kondisi bahan : segar dan layu.
- Bagian bahan : daun.
- Temperatur distilasi : 195°C, 200°C, 205°C.
- Waktu pengamatan : Tiap 40 menit dari distilat pertama keluar sampai 600 menit.

Destilasi daun sereh wangi yang telah dilakuan kemudian dirajang untuk mengurangi sifat kamba, daun sereh yang telah dirajang dimasukkan ke dalam alat penyuling sebanyak 4000 gram, kemudian di isi air sebanyak 9.000 ml. Alat penyuling

dihubungkan dengan kondensor yang dilengkapi dengan sirkulasi air, hidupkan air pet dan disuling sesuai perlakuan.

Destilasi yang dihasilkan ditampung dengan gelas kaca 10 ml, kemudian dipindahkan untuk memisahkan minyak dengan air.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat minyak}}{\text{berat daun sebelum disuling}} \times 100\% \quad (1)$$

Serai wangi pertama kali dipanen pada umur 6 bulan dan selanjutnya dilakukan setiap 3 bulan sekali. Rendemen serai wangi diperoleh dengan cara memanen sampel daun serai wangi pada berbagai perlakuan  $\pm 15$  cm dari permukaan tanah, kemudian daun dikering anginkan (tidak boleh lebih dari 2 hari) dan selanjutnya disuling untuk mendapatkan rendemen. Rendemen minyak dihitung menggunakan rumus berikut (Djoar et al. 2012):

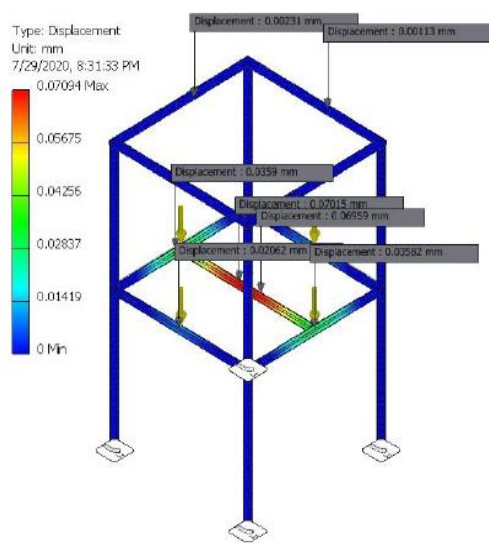
$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat minyak yang diperoleh (kg)}}{\text{Berat daun yang disuling (kg)}} \times 100\% \quad (2)$$

Umumnya minyak atsiri berwujud cairan, yang diperoleh dngan cara menyuling bagian tanaman berupa daun dan batang serai wangi [13]. Dalam industri minyak atsiri dikenal tiga macam metode penyulingan, yaitu:

(1) distilasi air (*water distillation*), (2) distilasi kukus (*steam and water distillation*), dan (3) distilasi uap (*steam distillation*) (Feriyanto 2013; Syauqiyah 2008). Pemanenan serai wangi dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu saat serai wangi berumur 6, 9, dan 12 bulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi stress analysis menggunakan software autodesk inventor, dengan memberikan beban pada rangka dengan asumsi berat maksimum tangki penyulingan adalah  $148 \text{ N} \times 1,25$ . Maka struktur rangka dinyatakan aman karena tidak melampaui batas maksimum displacement yaitu 0,07094 mm. Dari hasil analisa diketahui bahwa besarnya perpindahan yang diterima oleh meja tangki adalah 0,07015 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



**Gambar 2 Simulasi Desain Rangka Alat Penyuling**

Hasil simulasi von mises stress, dengan memberikan beban maksimum menunjukkan bahwa struktur meja tangki penyulingan berada dititik aman karena tidak melewati batas maksimum yaitu 9.416 MPa. Dari hasil analisis diketahui bahwa rangka meja tangki penyulingan mengalami tegangan maksimal terbesar 4.202 MPa. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 1.921 MPa.



**Gambar 3 Foto Alat Hasil Ekperimen**



**Gambar 4 Hasil minyak serai dari alat penyulingan**

Gambar 4 adalah pemisah minyak dengan cara penyulingan uap dengan waktu penyulingan 5 jam kapasitas 4 kg minyak yg dihasilkan dalam penyulingan tersebut 10 ml.

Hasil perhitungan perpindahan panas berdasarkan rumus perpindahan panas secara konduksi, maka diketahui perpindahan panas pada tangki penyulingan adalah sebagai berikut:

Konduktivitas Termal pada Stainless Steel adalah 15,1 W/Mk

Luas Penampang berbentuk tabung

$$A = 2 \times \pi \times r (r+t) \dots\dots\dots (3)$$

$$= 2 \times \pi \times 22,5 (22,5 + 55) = 10.960,7 \text{ cm}^2$$

Perubahan Suhu

$$\Delta T = 98^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C} = 70^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (4)$$

$$= 70^{\circ}\text{C} + 273,15 = 343,15^{\circ}\text{K}$$

Untuk panjang pipa L = 55 cm= 0,55 m

Dari pernyataan diatas maka diketahui Q atau kalor adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{15,1 \times 0,109607 \times 343,15}{0,55} = 1.032,61 \text{ J/s}$$

Sehingga diketahui bahwa hasil perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per sekon).

Berdasarkan rumus perpindahan panas secara konduksi, maka diketahui perpindahan panas pada tangki penyulingan adalah sebagai berikut:

Koefisien konveksi alami pada air adalah 100 W/m<sup>2</sup>K. Luas Penampang berbentuk tabung

$$A = 2 \times \pi \times r (r+t) \dots\dots\dots (6)$$

$$= 2 \times \pi \times 22,5 (22,5 + 55) = 10.960,7 \text{ cm}^2$$

$$= 10.960,7 \text{ cm}^2$$

Perubahan Suhu

$$\Delta T = 98^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C} = 70^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (7)$$

$$= 70^{\circ}\text{C} + 273,15 = 343,15^{\circ}\text{K}$$

Dari pernyataan diatas maka diketahui Q atau kalor adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots(8)$$

$$= 100 \times 0,109607 \times 343,15 = 3.761,16 \text{ J/s}$$

Sehingga diketahui bahwa hasil perhitungan perpindahan panas secara konveksi alami (air) pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per sekon).

**Tabel 1 Hasil Analisa Minyak Serai Wangi**

Parameter	Distilasi Uap dan Air dengan Pemanasan	SNI 06-3953-1995
Warna	Kuning pucat sampai kuning kecoklatan	Kuning pucat sampai kuning kecoklatan
Berat Jenis, 25 °C (gr/ cm <sup>3</sup> )	0,862 – 0,882	0,875- 0,893

Perbandingan Kualitas Minyak Serai Wangi Hasil analisa kualitas minyak serai wangi dengan pengaruh berbagai variabel terhadap standar mutu (SNI) disajikan dalam Tabel 4.1. Pada Tabel 4.1. menunjukkan bahwa sebagian besar parameter yang ada mulai warna, dan densitas menunjukkan angka yang sesuai dari standar mutu (SNI) yang ada.

**Tabel 2 Hasil Analisa Penyulingan Daun Serai Wangi**

No	Variabel	% Citronella
1	Daun Segar	67,36%
2	Daun Layu	44,92%

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu terdapat 3 komponen yang memiliki % area terbesar adalah Citronellal, Citronellol dan Geraniol. Dari semua komponen tersebut yang menjadi standar kualitas minyak serai wangi adalah Citronellal dan % Citronellal untuk daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa untuk variabel daun yang mempunyai kualitas bagus adalah saat kondisi daun segar, hal ini disebabkan karena kadar air yang menutupi permukaan jaringan tidak begitu mempengaruhi dalam proses ekstraksi karena kecilnya ketebalan jaringan sedangkan untuk kondisi daun layu mempunyai kualitas yang rendah karena pada daun ketebalan jaringan sangat kecil sehingga saat terjadi proses pelayuan akan mengurangi lagi ketebalan jaringan dan atsiri banyak yang ikut teruapkan seiring waktu pelayuan. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah penggunaan metode steam and hydro distillation dengan pemanasan Kompor lebih

bagus dari sisi kuantitas (% rendemen lebih banyak) dan sisi kualitas (% Citronella lebih tinggi).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil experiment dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan perpindahan panas dihitung secara konduksi dan konveksi. Perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada tangki penyulingan adalah 1.032,61 J/s (Joule per sekon) dan perhitungan perpindahan panas secara konveksi alami (air) pada tangki penyulingan adalah 3.761,16 J/s (Joule per sekon).
2. Hasil perhitungan rangka pada meja tangki penyulingan adalah 1.984,5 N-cm dan hasil perhitungan rangka pada meja tangki kondensor adalah 4.314 N-cm.
3. Lama penyulingan yang terlalu lama (diatas 5 jam) akan menurunkan mutu rendemen yang dikehendaki. Pengaruh bagian dari serai wangi yang menghasilkan % rendemen yang tinggi adalah pada bagian daun sedangkan kualitas Citronella oil yang tinggi adalah pada bagian daun. % Citronella serai wangi pada daun segar sebesar 67,36 %, daun layu sebesar 44,92 %.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada LP2MK UNSADA yang telah memberikan dukungan atas penelitian yang sudah dilaksanakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

[6] IG. Tirta dan I Pt. Agus Hendra Wi, Eksplorasi Tumbuhan yang Berpotensi Sebagai Penghasil Minyak Atsiri Di Lombok Timur-NTB, Jurnal Biologi Udayana, Maret 2017 Volume 21 No.1, hal: 12-16.

[7] Anna Juliarti1, Nurheni Wijayanto, Irdika Mansur, Trikoesoemaningtyas, Analisis Rendemen Minyak Serehwangi (Cymbopogon nardus L.) yang Ditanam dengan Pola Agroforestri dan Monokultur pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang Batubara, Jurnal Sylva Lestari ISSN (print) 2339-0913 Vol. 8 No. 2, Mei 2020 (181-188)

[8] Novita Setya H, Aprilia Budiarti, dan Mahfud, Proses Pengambilan Minyak Atsiri Dari Daun Nilam Dengan Pemanfaatan Gelombang Mikro (Microwave), JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271

- [9] Donelian, A., Carlson, L. H. C., Lopes, T. J., & Machado, R. A. F. (2009). Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO<sub>2</sub> and by steam distillation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 48(1), 15-20.
- [10] Deguerry, F., Pastore, L., Wu, S., Clark, A., Chappell, J., & Schalk, M. (2006). The diverse sesquiterpene profile of patchouli, *Pogostemon cablin*, is correlated with a limited number of sesquiterpene synthases. *Archives of biochemistry and biophysics*, 454(2), 123-136.
- [11] Isfaroiny, Rahma dan Mitarlis, Peningkatan Kadar Patchouli Alcohol Pada Minyak Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) Dengan Metode Distilasi Vakum, Skripsi Fakultas MIPA UNESA, Surabaya. J. Wang, "Fundamentals of erbium-doped fiber amplifiers arrays (Periodical style—Submitted for publication)," *IEEE J. Quantum Electron.*, didaftarkan untuk dipublikasikan (2005).
- [12] Maryadi, Adhi, Pembuatan Bahan Acuan Minyak Nilam. Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI. Serpong (2007)
- [13] Guenther, Ernest, 1987. *Minyak Atsiri Jilid I*, Penerjemah Ketaren S., Cetakan I, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- [14] Rochim, A. 2009. *Memproduksi 15 Jenis Minyak Atsiri Berkualitas*. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia.
- [15] Sulaswatty, A., Rusli, M. S., Abimanyu, H., and Silvester Tursiloadi. 2019. Menelusuri Jejak Minyak Serai Wangi dari Hulu sampai Hilir. in: *Quo Vadis Minyak Serai Wangi dan Produk Turunannya*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Press, Jakarta 1–12.
- [16] Kamil, S. & Pawito. (1983). *Termodinamika dan Perpindahan Panas*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [17] Bernasconi, G., Gerster, H., Hauser, H., Stauble, H., & Schneiter, E. (1995). *Teknologi Kimia Bagian 2*. Terjemahan Lienda Handoyo. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [18] Sembiring, B., and Manoi, F. 2015. Pengaruh Pelayuan dan Penyulingan terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*). in: *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan Politeknik Negeri Lampung* 447–452.
- [19] Badan Standardisasi Nasional. 1998. *Minyak Nilam*. SNI 06-2385-1998. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Int. Conf. on GEOMATE, 2011, pp. 8-13.

**HARDENING BAJA AISI-4120 DENGAN VARIASI HOLDING TIME**

Agus Dwi Korawan

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

Jl. Kampus Ronggolawe Blok B, No.1, Mentul, Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah

Email: [ad\\_korawan@yahoo.co.id](mailto:ad_korawan@yahoo.co.id)**Abstrak**

*Hardening* pada baja AISI-4120 dilakukan dengan tahapan berupa pemanasan sampai temperatur tertentu, *holding time* pada temperatur konstan sampai beberapa saat, dan pendinginan menggunakan media cair agar terjadi penurunan temperatur secara cepat. Pada penelitian ini variasi yang dilakukan adalah *holding time*, yaitu selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Uji yang dilakukan berupa uji kekerasan dan struktur mikro. Temperatur tungku pemanas adalah 850°C, media pendingin adalah air, pengujian kekerasan menggunakan Vickers, dan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik metalografi dengan perbesaran 1000X. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada benda uji dengan variasi *holding time* 30 menit sebesar 623 HVN. Untuk hasil pengujian mikrostruktur terdapat struktur berupa martensit dan bainit, persentase martensit pada benda uji dengan variasi waktu penahanan 30 menit yaitu 97%. Semakin lama *holding time* maka nilai kekerasan dan persentase mikrostruktur martensit yang terbentuk akan semakin meningkat.

**Kata kunci:** AISI-4120, Hardening, Holding Time, Kekerasan, Struktur mikro.

**Abstract**

Hardening of AISI-4120 steel is carried out in stages in the form of heating to a certain temperature, holding the temperature constant for a few moments, and cooling using liquid media so that the temperature decreases quickly. In this study, the variation carried out was the holding time, namely for 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes. The tests carried out were hardness and microstructure tests. The temperature of the heating furnace was 850°C, the cooling medium was water, hardness testing used Vickers, and microstructure testing using a metallographic optical microscope with a magnification of 1000X. The results showed that the highest hardness value was obtained on the specimen with a holding time variation of 30 minutes at 623 HVN. For the results of microstructure testing, there were structures in the form of martensite and bainite, the percentage of martensite in the test object with a variation of the holding time of 30 minutes, namely 97%. The longer the detention time, the value of hardness and the percentage of martensite microstructure formed will increase.

**Key words:** AISI-4120, Hardening; Holding Time, Hardness, Micro Structure.

**PENDAHULUAN**

Baja merupakan campuran antara besi (Fe), carbon (C), dan campuran lainnya berupa sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), dan mangan (Mn). Persentase carbon antara 0,1 sampai 1,7 yang masih dibagi menjadi 3 klasifikasi, yaitu baja karbon rendah (C kurang dari 0,3%), baja karbon sedang (C antara 0,3% - 0,6 %), dan baja karbon tinggi (C antara 0,6% - 1,7%).

Baja AISI-4120 adalah baja dengan kandungan karbon rendah, dimana kandungan C

sebesar 0,1% - 0,23%. banyak digunakan sebagai bahan dasar permesinan, seperti gandar, poros engkol, roda gigi dan sebagainya. Hal ini karena proses permesinan yang mudah dan mampu dikeraskan dengan perlakuan panas.

Ketika baja sudah menjadi komponen permesinan, dia akan dioperasikan secara terus menerus, dalam rentang waktu pengoperasian tersebut, akan menerima berbagai gaya luar, seperti gaya tarik, gaya tekan, dan gaya gesek. Untuk menghindari hal tersebut maka baja harus mempunyai sifat keras dan tetap ulet. Cara untuk mengubah sifat logam adalah *Heat Treatment*, yaitu

proses yang bertujuan mengubah struktur kristal logam dengan cara dipanaskan pada temperatur rekristalisasi, menahan pada temperatur konstan, selanjutnya didinginkan pada media pendingin. Kekerasan yang mampu dicapai tergantung dari kadar karbon dalam baja sedang kekerasan yang diperoleh tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time* dan laju pendinginan [1].

Holding time pada proses hardening dilakukan dengan cara menahan pada temperatur tertentu untuk memperoleh temperatur yang konstan sehingga struktur austenitnya homogen. Holding time sangat berpengaruh pada saat transformasi, bila hanya sebentar maka transformasi menjadi tidak sempurna dan kekerasan yang dihasilkan rendah, sedangkan apabila terlalu lama maka terjadi transformasi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang bisa menurunkan ketangguhan [2].

Media pendingin pada proses perlakuan panas mempunyai pengaruh yang sangat signifikan, pada umumnya menggunakan air, minyak, udara, dan gair garam. Air memberikan pendinginan cepat, minyak memberikan pendinginan sedang, dan udara memberikan pendinginan lambat [3].

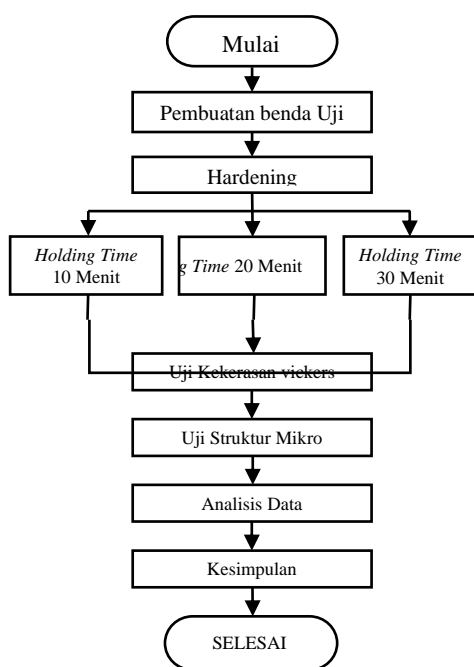
Metode yang digunakan untuk menguji kekerasan spesimen menggunakan penetrator pada umumnya adalah Ball indentation test (Brinell),

Pyramida indentation (Vickers), Cone indentation test (Rockwell), dan Uji kekerasan mikro [4].

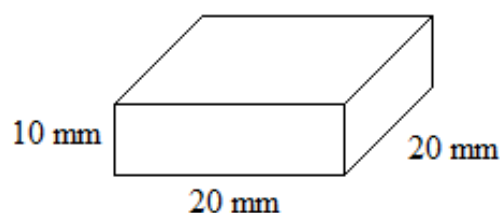
Pengujian kekerasan Vickers menggunakan indenter intan berbentuk piramid, nilai kekerasan diperoleh dengan mengamati hasil penetrasi diagonal melalui suatu mikroskop. Intan piramid ini mempunyai sudut kemiringan 136° antar permukaannya dan menggunakan beban penekanan 5 ~ 100kg selama 20 detik. Untuk melihat nilai kekerasan dilakukan dengan cara mengkonversikan hasil pengamatan ukuran penetrasi diagonal pada tabel konversi [5].

## METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1. Dimensi benda uji seperti pada gambar 2. Sebanyak 10 buah, dimana 1 buah tanpa perlakuan panas dan 9 buah dengan perlakuan hardening, dari 9 buah tersebut dibagi lagi menjadi 3 kelompok, kelompok pertama sebanyak 3 buah dengan holding time 10 menit, kelompok ke dua sebanyak 3 buah dengan holding time 20 menit, dan kelompok ke tiga sebanyak 3 buah dengan holding time 30 menit.



Gambar 1 Diagram alir penelitian



Gambar 2 Dimensi benda uji

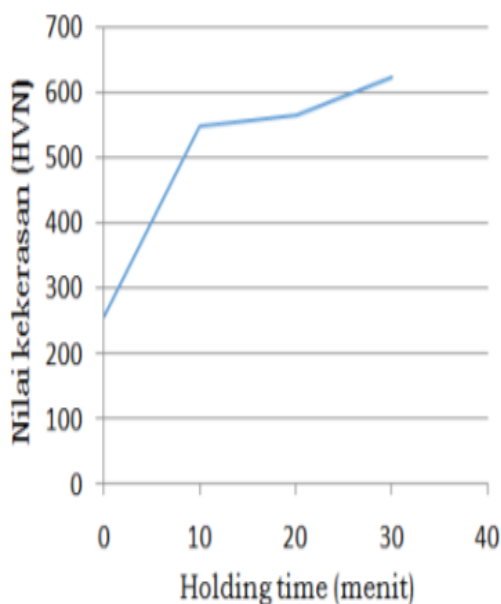
Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji sesuai dengan ukuran dan jumlah yang sudah ditentukan.
2. Memasukkan benda uji ke dalam tungku pemanas.
3. Tungku pemanas diatur dengan temperatur 850°C.
4. Setelah temperatur pemanasan mencapai temperatur 850°C kemudian lakukan *holding time* terhadap benda uji, variasi *holding time* 10 menit terdiri dari 3 benda uji, *holding time* 20 menit terdiri dari 3 benda uji, dan *holding time* 30 menit terdiri dari 3 benda uji.
5. Spesimen didinginkan menggunakan media pendingin air tawar pada suhu ruang (27°C), waktu untuk pendinginan 10 Menit.

6. Langkah selanjutnya yaitu dengan melakukan pengamplasan dengan grid 800, 1000, dan 5000 pada benda uji untuk menghilangkan kerak dan meratakan permukaan.
7. Permukaan benda uji dipoles menggunakan pasta autosol dan langsol.
8. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

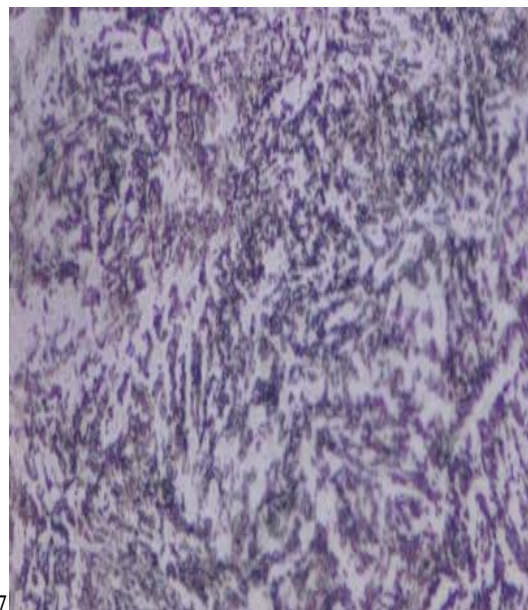
Hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada gambar 3. Kekerasan benda uji tanpa perlakuan panas adalah 259 HVN. Setelah dilakukan proses perlakuan panas *hardening* dengan variasi *holding time*, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *holding time* 30 menit sebesar 623 HVN atau meningkat sebesar 140% terhadap *raw materials*, diikuti *holding time* 20 menit sebesar 566 HVN atau meningkat sebesar 118% terhadap *raw materials*, dan yang terendah dengan *holding time* 10 menit sebesar 548 HVN atau meningkat sebesar 111% terhadap *raw materials*. Hal ini juga menjelaskan bahwa *holding time* menjadi salah satu faktor perubahan nilai kekerasan. Apabila nilai kekerasan suatu benda semakin besar, maka sifat yang dimiliki benda tersebut semakin keras.



**Gambar 3 Hasil pengujian kekerasan**

Pada pengujian struktur mikro, diambil foto dengan perbesaran 1000 kali, kemudian hasil foto dihitung persentase kandungan struktur mikronya dengan cara membuat garis bantu. Area pengamatan

struktur mikro spesimen tanpa perlakuan panas ditunjukkan pada gambar 4.

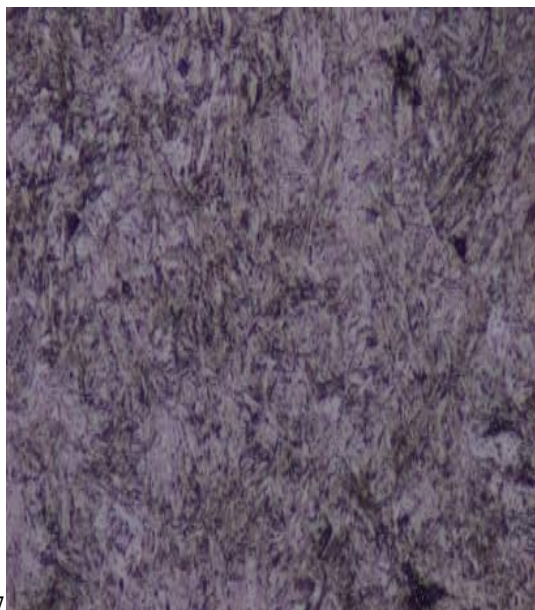


**Gambar 4 Struktur mikro benda uji tanpa perlakuan panas**

Dari hasil pengamatan diperoleh struktur mikro ferrite dengan persentase sebesar 29%, pearlite 31%, dan martensite 40%. Warna terang (putih) adalah ferrite, warna agak coklat adalah pearlite, dan warna hitam pekat adalah martensite.

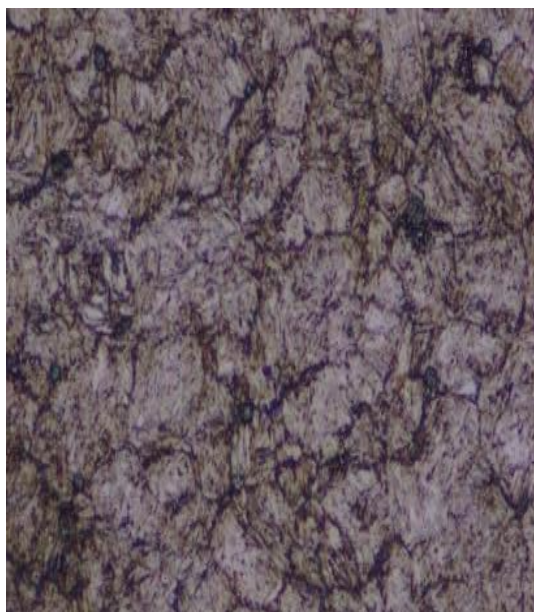
Struktur yang terbentuk pada spesimen uji setelah mendapat perlakuan panas *hardening* dengan *holding time* 10 menit terdapat struktur mikro berupa martensite dan bainite. Setelah diamati dan dihitung persentase kandungan struktur mikronya didapatkan nilai sebesar 78% martensit dan 22% bainite, (gambar 5).





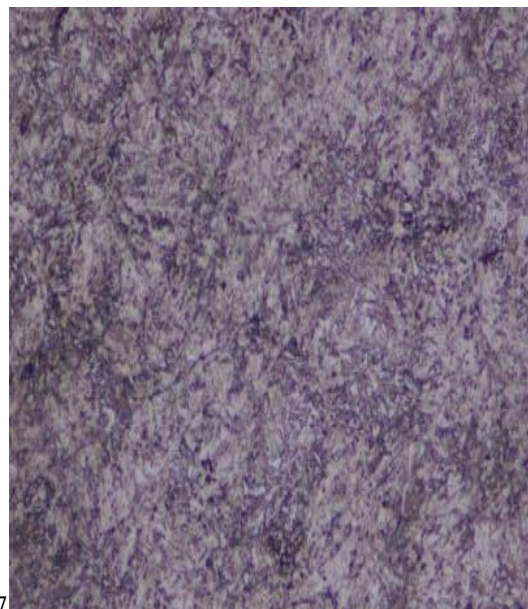
**Gambar 5** Struktur mikro benda uji dengan perlakuan holding time 10 menit

Struktur yang terbentuk pada spesimen uji setelah mendapat perlakuan panas hardening dengan holding time 20 menit terdapat struktur mikro berupa martensite dan bainite. Setelah diamati dan dihitung persentase kandungan struktur mikronya didapatkan nilai sebesar 82% martensite dan 18% bainite, terlihat struktur martensite yang penyebarannya tidak tersusun rapat, dikarenakan pertumbuhan butir baru (garis-garis hitam) pada batas butirnya (gambar 6).



**Gambar 6** Struktur mikro benda uji dengan perlakuan holding time 20 menit

Struktur yang terbentuk pada spesimen uji setelah mendapat perlakuan panas *hardening* dengan *holding time* 30 menit terdapat struktur mikro berupa *martensite* dan *bainite*. Setelah diamati dan dihitung persentase kandungan struktur mikronya didapatkan nilai sebesar 97% *martensite* & (3%) *bainite*. (gambar 7)



**Gambar 7** Struktur mikro benda uji dengan perlakuan holding time 30 menit

## KESIMPULAN

Semakin lama *holding time* yang diberikan, maka nilai kekerasan dan persentase kandungan struktur mikro *martensite* yang terbentuk pada material uji akan semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwanto H., 2011, Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar, Jurnal Ilmiah Momentum, Vol.7. No.1.
- [2] Pramono A., 2011, Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1, 32-38
- [3] Sumpena dan Wardoyo, 2018, Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Dan Tempering Paduan Almgisi-Fe12% Hasil Pengecoran Terhadap Kekerasan, Jurnal Engine Vol. 2 No. 1, 26-32
- [4] Nugraheni N.T., Kusuma K.N., Sari R. Y., Sugiharto A., Janah H. R., Nisa K., Humam A.Z., 2014, Uji Kekerasan Material Dengan Metode

Rockwell, Laboratorium Fisika Material,  
Departemen Fisika, Fakultas Sains Dan  
Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya

[5] Subagiyo, 2017, Analisis Hasil Kekerasan  
Metode Vickers Dengan Variasi Gaya  
Pembebanan Pada Baja, Majapahit Techno, 9-  
14

## ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN KOMBINASI SMAW DAN GTAW TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK SERTA PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA JIS SS400

Semuel Desmon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. HS. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang-Jawa Barat, 41361

1610631150120@student.unsika.ac.id <sup>1</sup>

### Abstrak

Sambungan las merupakan bagian sangat penting dalam sebuah konstruksi material yang didalamnya terdapat parameter-parameter penentu kualitas kekuatan dan ketangguhan material dalam menerima pembebanan tertentu, untuk mendapatkan kualitas maksimal penulis mencoba untuk mengangkat tema pengelasan kombinasi *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dengan klasifikasi variasi arus metode pengelasan SMAW 95 A (arus rendah), 110 A (arus sedang), dan 125 A (arus tinggi), sedang pada metode pengelasan GTAW memakai arus 70 A, pada material pelat baja JIS SS400 dengan tebal 10 mm. Pada pengamatan struktur mikro dilakukan pada 4 titik bagian HAZ SMAW, HAZ GTAW, *weld metal* SMAW, dan *weld metal* GTAW sebagai bagian yang terpengaruh panas terbesar. Hasil uji kekerasan/*hardness* yang memiliki nilai kekerasan tertinggi pada *based metal* adalah pelat 1 dengan nilai 78,5 HRB, pada HAZ SMAW kiri adalah pelat 3 dengan nilai 78,66 HRB, pada HAZ GTAW kiri adalah pelat 3 dengan nilai 77,16 HRB, pada *weld metal* SMAW adalah pelat 1 dengan nilai 82,16 HRB, pada *weld metal* GTAW adalah pelat 1 dengan nilai 83,66 HRB, pada HAZ SMAW kanan adalah pelat 3 dengan nilai 78,33 HRB, dan pada HAZ GTAW kanan adalah pelat 3 dengan nilai 77,83 HRB. Pada uji impak pelat 1 memiliki nilai kekuatan impak sebesar 130,8 J, pelat 2 sebesar 139,3 J, dan pelat 3 sebesar 103 J.

**Kata kunci:** Pengelasan Kombinasi, Variasi Arus, Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Uji Impak

### Abstract

*Welded joints are a very important part in a construction material in which there are parameters that determine the quality of the strength and toughness of the material in accepting certain loads, to get the maximum quality the writer tries to raise the theme of combination welding of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) with the classification of current variations in the welding method SMAW 95 A (low current), 110 A (medium current), and 125 A (high current), while in GTAW welding method uses a current of 70 A, on the JIS SS400 steel plate material with 10 mm thickness. The microstructure observation was carried out at 4 points of HAZ SMAW, HAZ GTAW, weld metal SMAW, and weld metal GTAW as the parts that were heat affected zone. The hardness test results that have the highest hardness value on the based metal is plate 1 with a value of 78.5 HRB, on the left HAZ SMAW is plate 3 with a value of 78.66 HRB, on the left HAZ GTAW is plate 3 with a value of 77.16 HRB, on SMAW weld metal is plate 1 with a value of 82.16 HRB, on GTAW weld metal is plate 1 with a value of 83.66 HRB, on the right HAZ SMAW is plate 3 with a value of 78.33 HRB, and on the right HAZ GTAW is plate 3 with a value of 77.83 HRB. In the impact test plate 1 has an impact strength value of 130.8 J, plate 2 is 139.3 J, and plate 3 is 103 J.*

**Key words :** *Welding Combination, Current Variation, Microstructure, Hardness Test, Impact Test*

**PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi kemaritiman di era ini, memaksa para pelaku industri untuk menemukan suatu formula penting dalam proses penyambungan dua buah baja dengan metode pengelasan. Sambungan las merupakan bagian sangat penting dalam sebuah konstruksi material yang didalamnya terdapat parameter-parameter penentu kualitas kekuatan dan ketangguhan material dalam menerima pembebanan tertentu, untuk mendapatkan kualitas maksimal penulis mencoba untuk mengangkat tema pengelasan kombinasi *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).

Pengelasan bukuan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik, karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan sekitarnya [1].

Metode pengelasan kombinasi merupakan sebuah metode pengembangan dalam penyambungan dua material baja untuk mendapatkan suatu sifat tertentu. Pengaplikasian pengelasan metode kombinasi ini dikhususkan untuk penyambungan baja yang membutuhkan tingkat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi pada sambungannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian experimental ini menganalisa efek variasi arus pengelasan kombinasi metode pengelasan SMAW dan GTAW dengan 3 klasifikasi jenis arus yang dipilih untuk merepresentasikan sifat-sifat mekanik yang terdapat pada material tersebut.

**METODE PENELITIAN**

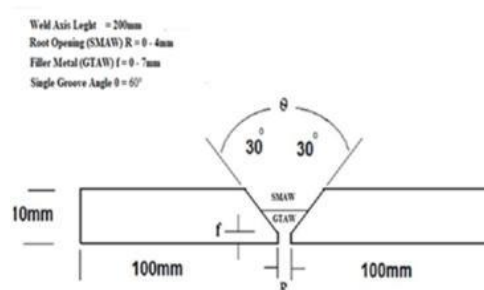
Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1 Diagram Alir Penelitian**

**Skema Pengelasan**

Pengelasan dilakukan pada pelat baja jenis JIS SS400 dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 200 mm dan tebal 10mm. Bagian *root* akan memakai metode pengelasan GTAW sedangkan bagian *filler* menggunakan metode las SMAW dengan penerapan kampuh *single v-groove*.



**Gambar 2 Skema Letak Logam Pengisi**

## Proses dan Parameter Pengelasan

Proses metode pengelasan yang dilakukan pertama kali sebagai logam akar/root pada material baja adalah GTAW. Mensetting mesin las Miller Maxstar XMT 350cc CC GTAW dan tekanan gas pada regulator yang terpasang pada tabung, penyesuaian nozzle dengan tungsten, mengatur elektroda pengisi ER70SG (*Familiarc Filler/Rods TG-S51T*) dan socket massa dan polaritas. Berikut merupakan parameter-parameter pengelasan yang dipakai pada metode GTAW: *welding process GTAW (gas tungsten arc welding)*, *joint design* yang dipakai adalah *butt joint* dengan kampuh *single v-groove*, kode klasifikasi AWS (ER 7038 T1-MH14) dengan diameter elektroda 2,4 mm dan posisi pengelasan (*welding position*) 3G (*vertical position*), jenis polaritas yang dipakai adalah DCEN (*straight polarity*) dengan besar tegangan arus dikisaran angka 11,1 V-12,7 V dan dengan jenis arus AC (*alternating current*), kecepatan pengelasan dikisaran waktu 200 mm/4 menit untuk 2 *layer* pengelasan. Tabel 1 berisi arus pengelasan dengan metode GTAW.

**Tabel 1 Arus pengelasan GTAW**

Layer	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
Root	70A	70A	70A
Filler	100A	100A	100A

Pengelasan dengan metode GTAW terdiri dari 2 *layer* pengelasan yaitu bagian *root* sebagai logam akar dengan besar arus 70 A dan juga *filler* sebagai bagian pengisi pengelasan dengan kuat arus 100 A. Pada metode ini tidak diberlakukan variasi arus karna diharapkan ketangguhan logam pengisi/*filler* mengikuti dengan logam akarnya dengan arus yang stabil.

Setelah pengelasan GTAW selesai, alur pengelasan GTAW tersebut dibersihkan dan diratakan menggunakan gerinda sampai *flux-flux* sisa pengelasan GTAW hilang. Lanjut dengan mensetting arus, polaritas dan kabel massa mesin las POWCON Inverter AC/DC 200P berserta elektroda SMAW

E7018 (*Kobe Steel Familiarc LB-52-18*). Berikut merupakan parameter-parameter metode pengelasan SMAW yang dipakai pada penelitian: *welding process SMAW (shielded metal arc welding)*, dengan diameter elektroda 2,6 mm dan posisi pengelasan (*welding position*) 3G (*vertical position*), polaritas yang diterapkan pada penelitian ini adalah DCEP (*reverse polarity*) dengan besar tegangan arus di kisaran 11,1 V-12,7 V dan dengan jenis arus DC (*direct current*), kecepatan pengelasan dikisaran waktu 200 mm/4 menit untuk 3 *layer* pengelasan. Tabel 2 berisi arus pengelasan metode SMAW.

**Tabel 2 Variasi arus pengelasan SMAW**

Layer	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
Filler 1	95 A	100 A	105 A
Filler 2	110 A	115 A	120 A
Capping	125 A	130 A	135 A

Sedangkan pada metode pengelasan SMAW terdiri dari 3 *layer* pengelasan pada setiap pelat, dimana *layer filler* 1 dan 2 dijadikan logam pengisi dengan estimasi tebal 5 mm dan *capping* sebagai lapisan terluar dengan bentuk sabit beraturan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Pengelasan

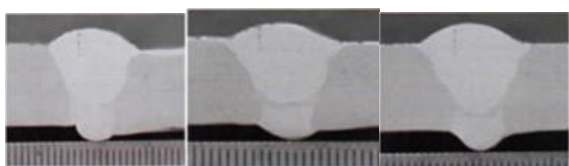
Ketiga pelat baja dibawah ini memakai format pengelasan yang sama dari metode GTAW maupun SMAW, hanya saja kuat arus menjadi parameter utama untuk mencari efisiensi kualitas pengelasan yang terdampak dari besar/kecilnya arus pada mesin las.

Pengamatan struktur makro dilakukan tiga kali dengan lokasi acak pada ketiga pelat baja, bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah spesifik untuk kemudian menentukan daerah pengujian *hardness*, mikrostruktur dan mendeteksi cacat yang terjadi pada bagian dalam sambungan pengelasan, standar yang dipakai pada pengujian ini adalah E 18 – 08 (*Standar Test Method for Macroetching Metal*

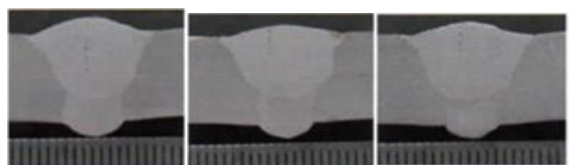
and Alloys). Berikut merupakan lampiran pengujian struktur makro.



**Gambar 3 Hasil Uji Struktur Makro Pelat 1**



**Gambar 4 Hasil Uji Struktur Makro Pelat 2**



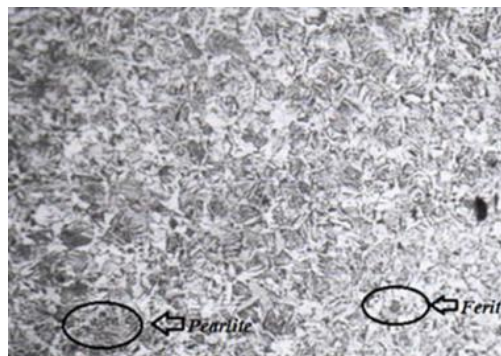
**Gambar 5 Hasil Uji Struktur Mikro Pelat 3**

Dari foto pengujian diatas menggambarkan hasil yang sama dari ketiga pelat dan dapat ditarik kesimpulan bahwasannya hasil pengujian bisa dikatakan sangat baik karena tidak didapati cacat-cacat seperti cacat pembakaran (*fusion*), cacat tembusan (*penetration*), cacat kantong gas (*gas pocket*), cacat undercut (*undercut*) dan cacat retakan (*crack*). *Filler* maupun *root* dalam kondisi sangat baik tepat seperti posisi yang diharapkan pada skema penelitian.

### 1. Analisa Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro sangat diperlukan guna menentukan sifat alami yang dimiliki suatu material setelah diberlakukan treatment tertentu pada material tersebut. Pengetsaan yang dilakukan pada pengujian ini memakai konsentrasi  $\text{HNO}_3$  sebesar 2%. Pengamatan menggunakan *Microscop*

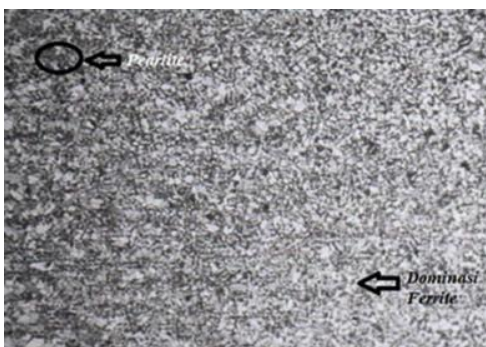
*Metalurgy Olympus BX53M* dengan standart uji E 407 – 07, pembesaran yang digunakan  $50\ \mu\text{m}$  dan  $100\ \mu\text{m}$  setiap spesimen baja. Setiap foto yang tertangkap mikroskop pada titik pengujian akan diolah pada aplikasi *image j* guna mencari persentase komposisi unsur yang terkandung didalamnya.



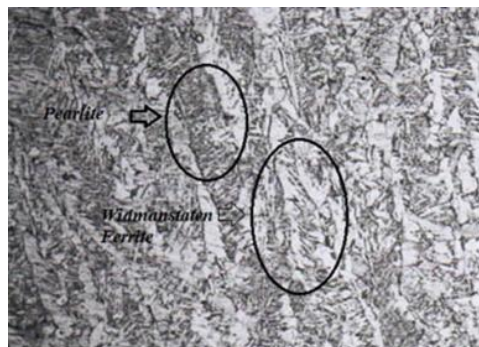
**Gambar 6 Struktur Mikro Based Metal Baja JIS SS400**

Bagian based metal tidak mendapat perlakuan langsung dari proses pengelasan, melainkan lewat rambatan panas yang diterima saat proses pengelasan didaerah sambungan kedua material yang membentuk struktur mikro seperti pada (gambar 6). Fasa yang terbentuk pada baja SS 400 yang terpengaruh panas hasil pengelasan adalah ferrit dan pearlite dengan persentase ferrit yang lebih mendominasi. Keduanya memiliki angka perbandingan fasa pada perbesaran  $50\ \mu\text{m}$  didapati ferrit 58% sedangkan pearlite 42%. Ferrit berwarna putih terang berbentuk butir kristal padat sedangkan pearlite berwarna kehitaman berbentuk pipih.

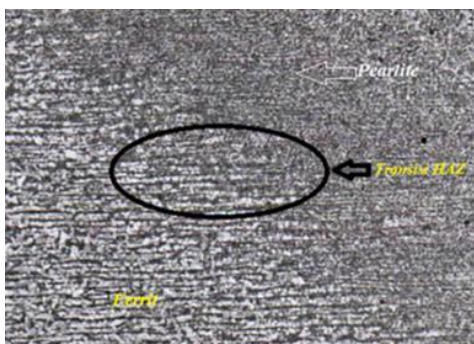
Berikut hasil pengamatan struktur mikro pelat 1 pada gambar 7:



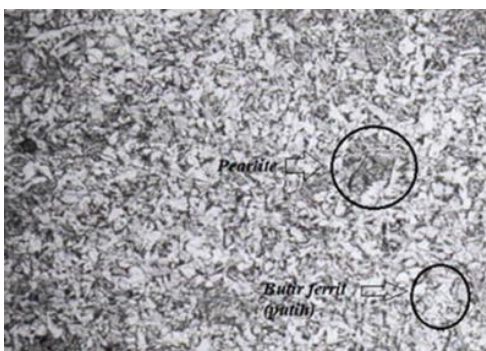
**Gambar 7 Struktur Mikro pada bagian HAZ root/titik SMAW**



**Gambar 10 Struktur Mikro pada bagian Weld Metal SMAW**



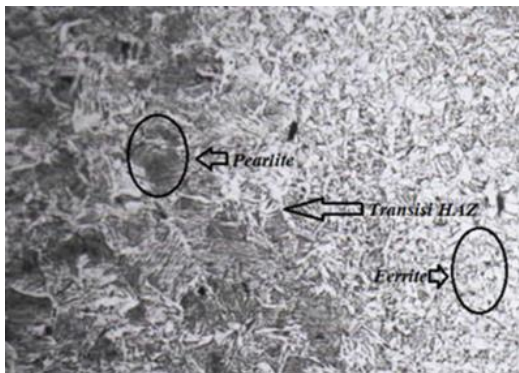
**Gambar 8 Struktur Mikro pada bagian HAZ root/GTAW**



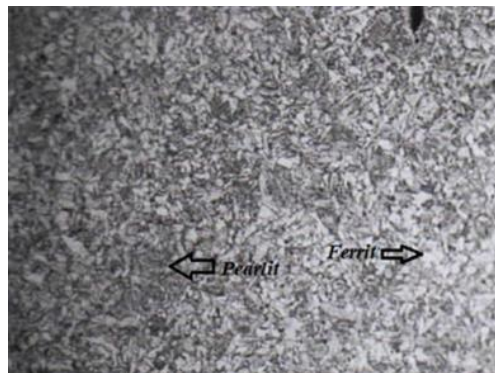
**Gambar 9 Struktur Mikro pada bagian Weld Metal GTAW**

Pada struktur mikro pelat 1 (arus rendah) menunjukkan bahwasannya ada penyimpangan yang terjadi pada *weld metal* SMAW, yaitu pertumbuhan fasa *ferrit widmanstatten* (Gambar 10.) yang signifikan, fenomena ini terjadi karena besarnya masukan panas/*heat input* dan waktu pendinginan yang relative lambat. Ini sangat mungkin terjadi karena tiga parameter *heat input* tidak berkesuaian satu sama lain (arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan). Fenomena ini mengakibatkan penurunan angka keuletan dan ketangguhan pada suatu material menurun seiring dengan pertumbuhan fasa *ferrit widmanstatten*, *bainit* dan juga *martensit* [7]. Namun fenomena berlawanan terjadi pada bagian *weld metal root* yang diisi proses pengelasan GTAW (Gambar 9.), fasa *ferrit* dan *pearlite* tumbuh dengan komposisi wajar pada proses pengelasan. Bagian HAZ menggambarkan transisi komposisi fasa yang sangat terlihat antara kedua bagian yang terpengaruh tersebut (Gambar 7. dan 8.), pertumbuhan fasa *pearlite* sangat mendominasi pada sisi bagian *weld metal*, sedangkan HAZ base metal fasa *ferrit* sangat mendominasi pada strukturnya.

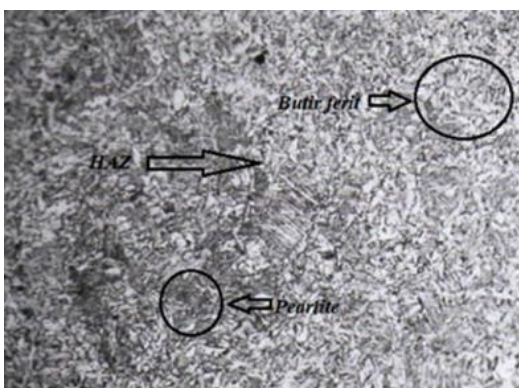
Berikut hasil pengamatan struktur mikro pelat 2 pada gambar 11:



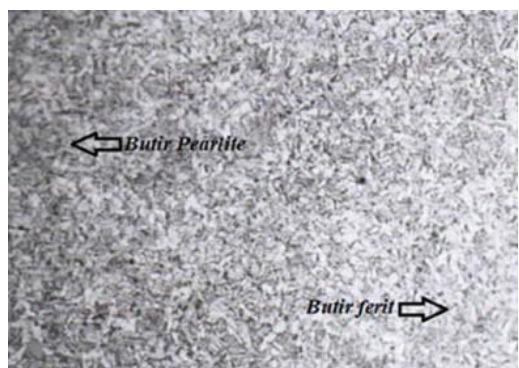
Gambar 11 Struktur Mikro pada bagian HAZ filler/titik SMAW



Gambar 14 Struktur mikro pada bagian weld metal SMAW



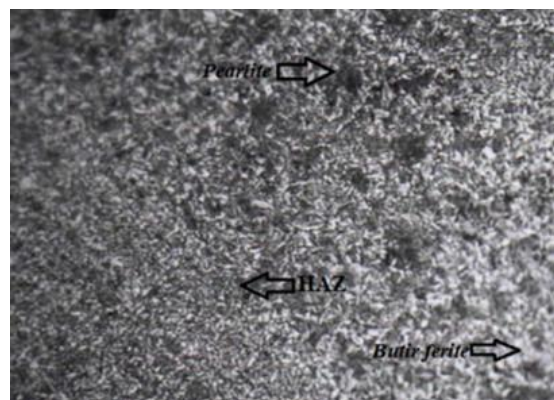
Gambar 12 Struktur Mikro pada bagian HAZ root/GTAW



Gambar 13 Struktur mikro pada bagian weld metal GTAW

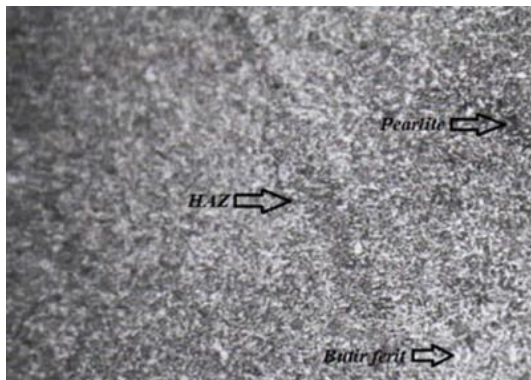
Pada struktur mikro pelat 2 (arus sedang), keseluruhan gambar struktur mikro (*weld metal* GTAW, *weld metal* SMAW, HAZ *filler* dan HAZ root) menunjukkan pertumbuhan *ferrit acicular* yang sangat dominan, fasa ini merupakan bentuk struktur mikro yang mempunyai angka ketangguhan dan keuletan paling tinggi dibanding yang lain [5]. Faktor terbesar terbentuknya fasa *ferrit acicular* adalah inklusi, yang merupakan partikel halus sebagai akibat dari reaksi oksidasi atau reduksi selama proses pengelasan dan tidak ikut larut dalam logam las cair. Pada (Gambar 11. dan 12.) terlihat bagian HAZ menjadi posisi transisi perubahan *based metal* yang didominasi *pearlite* ke arah *weld metal* yang didominasi fasa *ferrit*.

Berikut hasil pengamatan struktur mikro pelat 3 pada gambar 15:

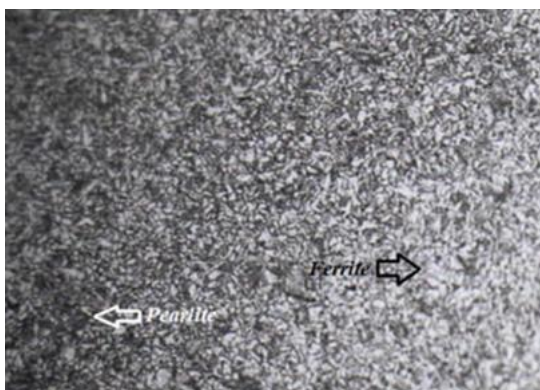




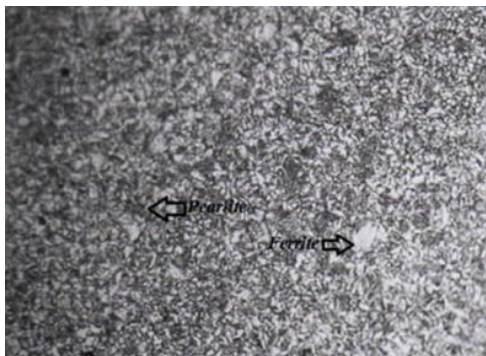
**Gambar 15** Struktur mikro pada bagian *HAZ filler/ titik SMAW*



**Gambar 16** Struktur mikro pada bagian *HAZ root/ GTAW*



**Gambar 17** Struktur mikro pada bagian *weld metal GTAW*



**Gambar 18** Struktur mikro pada bagian *weld metal SMAW*

Pada struktur mikro pelat 3 (arus tinggi) terdapat penyimpangan pada *weld metal* maupun HAZ, penyimpangan tersebut adalah terbentuk struktur *pearlite* yang berlebih pada struktur mikro pelat 3, hal ini terjadi karena pengintian *sementit* pada batas butir-butir *austenite*, sehingga daerah *fusion* kekurangan karbon maksimum yang dapat diterima saat pemisahan inti, pertumbuhan *sementit* ini terjadi menyeluruh pada semua bagian yang diikuti dengan *ferrit*, sehingga struktur dominan yang terbentuk yaitu *pearlite-pearlite* halus karena memakai laju pendinginan yang relative lambat (*normalizing*) yang membuat karbon mempunyai waktu untuk berdifusi secara lebih luas dan lebih lama [1]. *Pearlite* memiliki sifat yang relatif kuat dan keras sedangkan *ferrit* lemah, lunak dan ulet.

Pada pengamatan struktur mikro diatas membuktikan bahwasannya semakin besar kuat arus berbanding lurus dengan terbentuknya fasa *pearlite* [2] pada metode pengelasan kombinasi yang terlampir pada gambar struktur mikro pelat 3, dapat dilihat fasa *pearlite* terbentuk lebih banyak dan menyeluruh dibandingkan dengan pelat yang dilas dengan arus dibawahnya, hal ini disinyalir akibat besarnya masukan panas dari arus yang tinggi membuat reaksi *eutectoid* (pembentukan perlit) semakin berkembang, yang didukung oleh tingkat pendinginan yang relatif rendah (32°/suhu ruangan).

**Tabel 3** Persentase Komposisi Kandungan Fasa

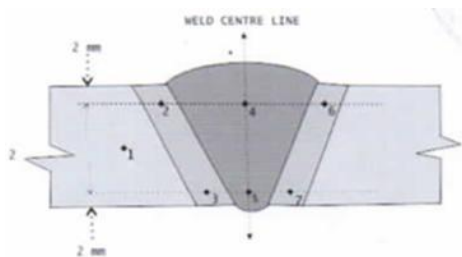
Persen fasa	Plate 1		Plate 2		Plate 3	
	Ferrit	Perlit	Ferrit	Perlit	Ferit	Perlit
<i>Weld Metal SMAW</i>	52,7 %	47,2%	53,5 %	46,4 %	41,3 %	58,7%
<i>Weld Metal GTAW</i>	59,8 %	40,2%	58,3 %	41,6 %	44,1 %	55,8%
<i>HAZ Filler</i>	53,0 %	46,7%	52,0 %	48,0 %	48,1 %	51,8%
<i>HAZ Root</i>	41,6 %	58,3%	51,2 %	48,8 %	43% %	57 %

Dari gambar diatas, tabel (Tabel.3) berikut merupakan komposisi kandungan fasa *ferrite* dan *pearlite* yang didapat dari perangkat aplikasi *image j* yang merupakan sebuah perangkat yang sering digunakan untuk menganalisa partikel menggunakan metode SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan perbesaran tertentu.

**2. Hasil Pengujian Kekerasan/Hardness**

Pengujian dilakukan di laboratorium B4T menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell* dengan spesifikasi indenter B yaitu indenter bola 1/16 inch beban minor 10 kg dan beban mayor 100 kg (*Wilson Hardnes Tester*). Berikut merupakan bagian-bagian titik pembebanan.

- 1 = (Based Metal)
- 2 = (HAZ Filler/SMAW kiri)
- 3 = (HAZ Root/GTAW kiri)
- 4 = (Weld Metal SMAW)
- 5 = (Weld Metal GTAW)
- 6 = (HAZ Filler/SMAW kanan)
- 7 = (HAZ Root/GTAW kanan)

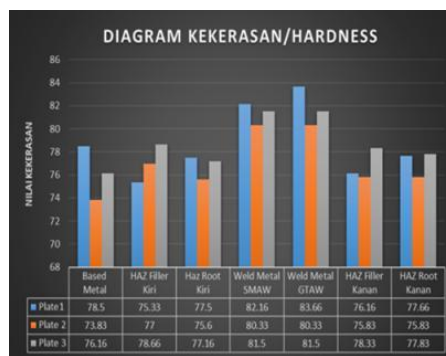


**Gambar 19 Titik Pengujian/Pembebanan**

**Tabel 4 Hasil keseluruhan nilai kekerasan**

Pelat	Nilai Kekerasan Rockwell-B, Satuan HRB						
	Lokasi Uji						
	1	2	3	4	5	6	7
Pelat 1	78,5	75,3	77,5	82,1	83,6	76,1	77,6
Pelat 2	73,8	77	75,6	80,3	80,3	75,8	75,8
Pelat 3	76,1	78,6	77,1	81,5	81,5	78,3	77,8

Dari data keseluruhan pengujian kekerasan/*hardness* yang didapatkan (Tabel 4.) memiliki kesimpulan bahwasannya bagian *based metal* (1) ter-keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler/SMAW* kiri (2) ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root/GTAW* (3) kiri ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *weld metal SMAW* (4) ter-keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *weld metal GTAW* (5) terkeras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler/SMAW* kanan (6) ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root/GTAW* kanan ter-keras dimiliki oleh pelat 3.



**Gambar 20 Diagram Nilai Kekerasan/Hardness**

Ditinjau dari besaran angka kekerasan total yang didapat dari percobaan, terlihat pada *weld metal* pelat 2 dan pelat 3 memiliki nilai kekerasan yang sama antara *filler* dan *root* yang diisi dengan 2 metode pengelasan yang berbeda, itu dikarenakan sifat kekerasan pengelasan SMAW mengikuti nilai kekerasan logam akar/*root* yang menggunakan metode pengelasan GTAW, namun pada baja pelat 1 menunjukkan perbedaan nilai kekerasan yang terdapat pada *weld metal* antara keduanya, ini membuktikan bahwasannya terdapat korelasi secara langsung dari besaran nilai kekuatan material tertentu dengan bentuk struktur mikro yang dimilikinya (Gambar 10.), dimana pada *weld metal* SMAW fasa *ferrit widmastatten* sangat dominan terbentuk sehingga memiliki bentuk struktur mikro yang sangat berbeda dengan bagian *weld metal* GTAW pada pelat tersebut.

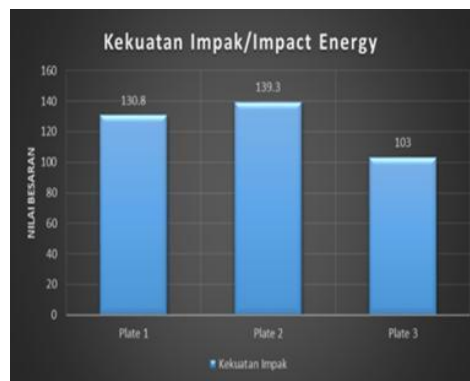
Pada diagram pelat 2 menunjukkan nilai kekerasan terkecil dari antara yang lain, ini menunjukkan bahwasannya pelat 2 memiliki angka ketangguhan terkecil untuk menopang deformasi plastis diantara pelat percobaan yang lain, namun hasil ini belum merupakan hasil akhir dari penentuan performa material terhadap sifat-sifat mekanis yang terkandung dalam suatu material. Pada bagian HAZ filler/root baja pelat 3 yang mempunyai keunggulan nilai kekerasan. *Based metal/raw material* menjadi penting pada penelitian ini, walaupun bagian ini tidak mendapat kontak langsung terhadap panas namun pada praktiknya *base metal* mendapat perlakuan panas dari rambatan panas logam sambungan yang dapat mengubah struktur mikro pada daerah tersebut.

### 3. Hasil Pengujian Impak Charpy

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan uji impak metode impak *charpy* dengan standart ASTM E23-18 (*Standart Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*), suhu yang dipakai adalah suhu standar ruangan 26°C.

Tabel 5 Hasil Pengujian Impak Charpy

Pelat dan Spesimen	Nomor	Energi Impak (Joule)	Energi Impak rata-rata (Joule)
Pelat 1	Spesimen 1	133,37 J	130,75 J
	Spesimen 2	129,45 J	
	Spesimen 3	129,45 J	
Pelat 2	Spesimen 1	136,31 J	139,58
	Spesimen 2	139,25 J	
	Spesimen 3	143,18 J	
Pelat 3	Spesimen 1	129,45 J	102,64 J
	Spesimen 2	66,68 J	
	Spesimen 3	111,8 J	



Gambar 21 Diagram Nilai Ketangguhan Impak

Dari diagram tersebut, dapat terlihat pelat 3 memiliki nilai ketangguhan 103 J yang berarti nilai terendah untuk menerima beban tiba-tiba dan bisa dibayangkan tidak stabil pada 3 bagian *spesimen* baja yang dipilih secara acak dikarenakan hasil yang didapat dari 3 percobaan menunjukkan hasil yang sangat variatif dengan perbedaan angka yang cukup signifikan.

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar tingkat arus yang digunakan berbanding lurus dengan persentase pertumbuhan fasa *pearlite* yang semakin besar dan menyeluruh yang diakibatkan dari rambatan pertumbuhan karbon akibat besaran suhu yang tinggi, hal ini berhubungan secara langsung dengan hasil nilai kekuatan impak yang cenderung dan mengakibatkan material logam menjadi semakin keras dan getas. Arus tinggi juga sangat berguna untuk material-material logam dengan pengaplikasian di dunia industri yang membutuhkan tingkat kekerasan yang cukup tinggi.
2. Nilai ketangguhan impak sangat berpengaruh terhadap kuat arus yang dipakai pada suatu proses pengelasan, penetapan arus harus disesuaikan dengan kebutuhan pengaplikasian

material tersebut, arus sedang (*plate 2*) memiliki nilai kekuatan impak tertinggi (139 J), walaupun pada kenyataannya arus sedang memiliki nilai terendah pada uji kekerasan, ini membuktikan bahwasannya untuk menentukan suatu material sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan tidak cukup hanya dengan 1 metode pengujian saja, perlu dilakukannya pengujian lebih mendalam untuk menentukan sifat pada material logam.

3. Pemilihan standar arus pengelasan harus berkesesuaian dengan performa mesin las yang dipakai karena mesin las yang berumur tua mempengaruhi laju distribusi pada mesin las yang akan berdampak langsung terhadap hasil pengelasan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya secara pribadi mengucapkan terimakasih kepada Ibu Saya yang selalu mendukung disetiap proses penelitian dan juga laboratorium B4T sebagai tempat pengujian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T.(2004).Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT. Pertja.
- [2] Awali, J., Irawan, Y. S., & Choiron, M. A. (2014). Pengaruh kuat arus pengelasan dua layer dengan metode GTAW dan SMAW terhadap kekuatan tarik pada plat ASTM A 36. *Rekayasa Mesin*, 5(2), 107-112.
- [3] Jalil, S. A., Zulkifli, Z., & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15(2), 58-63.
- [4] Mawahib, M. Z., Jokosisworo, S., & Yudo, H. Pengujian Tarik Dan Impak Pada Pengerjaan Pengelasan SMAW Dengan Mesin Genset Menggunakan Diameter Elektroda Yang Berbeda. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 14(1), 26-32.
- [5] Dailami, Hamdani & Jufriadi (2016). Kajian Pengaruh Pengelasan Terhadap Sifat Kekerasan dan Ketangguhan Baja ASSAB VANADIS HQ 705. *Jurnal Ilmiah "MEKANIK"*, 2(1), 39-44.
- [6] Trinova, B. S., Solichin & Prihanto, T. (2015). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur mikro Las SMAW Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin Tahun 23(1)*, 56-64.
- [7] Hery Sonawan dan Rochim Suratman. (2006). *Pengelasan Logam*. Bandung: CV. Alfabeta Bandung.
- [8] *Welding Handbook* (2011). "*Kobelco Welding Handbook Welding Consumables And Processec*". Kobe Steel, LTD welding bussines, Shinigawa, Japan.
- [9] ASME IX. (2010). "*Welding and Brazing Qualifications*". American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.

## PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA CLAD BEND PIPE (API5L) DENGAN PENGELASAN GTAW OVERLAY MENGGUNAKAN UNS N06625 TERHADAP KEKUATAN TARIK MATERIAL

Aulia Fajrin<sup>1</sup>, Muhammad Taufan Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

Batam Centre, Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461

auliafajrin7393@gmail.com<sup>1</sup>

### Abstrak

Perlakuan Panas atau biasa disebut dengan *Heat Treatment*, merupakan suatu proses memanaskan sebuah material (logam) dengan temperatur tertentu dan kemudian didinginkan menggunakan media tertentu (misal: oli, air, dan air garam) dengan kecepatan pendinginan yang ditentukan. Penelitian ini menggunakan proses perlakuan panas *quenching* dan *tempering* pada pipa baja karbon API 5L dengan diameter 16 inci (406.4 mm) dan ketebalan pipa 1.437 inci (36.5 mm) yang mana sebelumnya pipa baja karbon tersebut sudah dilakukan proses *weld overlay* di bagian dalamnya menggunakan logam pengisi UNS N06625 dengan *shielding gas* berupa Argon 99.999% untuk mengurangi laju korosi, serta proses *bending* hingga menjadi *Clad Bend Pipe*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa berpengaruhnya *heat treatment* (*Quenching* dan *Tempering*) untuk menambah nilai dari hasil uji tarik pada *clad bend pipe*.

**Kata kunci:** perlakuan panas, *clad bend pipe*, uji tarik.

### Abstract

*Heat Treatment is a process of heating a material (metal) with a certain temperature and then cooling it using certain media (for example: oil, water, and salt water) with a specified cooling speed. This research used a quenching and tempering heat treatment process on API 5L carbon steel pipe with a diameter of 16 inches (406.4 mm) and a pipe thickness of 1,437 inches (36.5 mm), which previously the carbon steel pipe had an overlay welding process on the inside using UNS N06625 filler metal with protective gas of Argon 99.999% to reduce the corrosion rate along the bending process to become Clad Bend Pipe. The purpose of this study is to find out any effects of heat treatment (Quenching and Tempering) to increase the value of the tensile test results on clad bend pipes.*

**Key words :** *heat treatment, clad bend pipe, tensile test.*

### PENDAHULUAN

Perlakuan panas atau dalam bahasa Inggris disebut *Heat Treatment*, merupakan suatu metode di mana sebuah material (logam) dipanaskan dengan temperatur tertentu dan kemudian didinginkan dengan cara serta kecepatan pendinginan yang sudah ditentukan guna mengubah dan mendapatkan sifat-sifat mekanik serta struktur mikro yang diinginkan [1]. Perlakuan panas yang dilakukan di penelitian kali ini adalah *Quenching* dan *Tempering* dan dilakukan dengan mesin furnace.

*Quenching* bertujuan untuk mengeraskan logam atau bisa disebut *hardening*, yakni menghasilkan struktur mikro martensit pada logam. Proses *quenching* pada *clad bend* akan menyebabkan

material lebih getas karena memiliki nilai kekerasan yang tinggi. Namun *quenching* masih meninggalkan tegangan sisa yang ada pada *clad bend*. *Tempering* dilakukan untuk melepas stress sisa pada *clad bend* pipe dan meningkatkan ductility serta menurunkan sedikit Ultimate Tensile Strength dan Yield strength agar diperoleh *clad bend pipe* dengan toughness yang baik [2].

*Clad Bend* adalah sebuah produk yang dihasilkan oleh perusahaan manufaktur pipa. *Clad Bend* ialah sebutan untuk pipa carbon steel yang (biasanya) bagian dalamnya dilapisi dengan logam pengisi menggunakan metode *weld overlay* (GTAW) dengan tujuan untuk menghambat laju korosi yang terjadi pada bagian dalam pipa carbon steel yang kemudian dibengkokkan (*bending*) dengan menggunakan mesin Hot Induction Bending.

Pembengkokkan pipa lahir dari terbatasnya ukuran radius serta bend degree dari fitting yang sudah ada: 90° dan 45°. Dikarenakan kondisi lapangan yang tidak memungkinkan untuk memakai fitting sebagai sambungan pipa, maka pipe bend digunakan karena ukuran radius serta bend degree yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lapangan. Pada dasarnya proses pembengkokkan dengan mesin Hot induction bend ini sudah otomatis, hanya pada saat marking, penandaan batas juga ditandai dengan penandaan spidol (manual) guna memastikan ketepatan perhitungan. Pembengkokkan pipa ini dilakukan dengan memanaskan pipa menggunakan induction ring yang ukurannya tidak terlalu besar dengan ukuran pipa yang akan di bengkokkan ( $\pm 1$  inci lebih besar dari ukuran pipa) [3].

Sebelum dilakukan heat treatment, pipa clad bend sudah mengalami pemanasan, yakni ketika proses pengelasan overlay dan ketika proses bending, yang mana panas yang diterima secara tidak langsung dapat mengubah sifat-sifat mekanik dan struktur mikro yang ada pada pipa clad bend. Maka untuk mengembalikan atau mengubah sifat-sifat mekanik tersebut, pipa clad bend harus diberikan perlakuan panas.

Uji tarik atau Tensile test merupakan salah satu metode atau cara dasar untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu benda dan melihat sejauh mana reaksi spesimen terhadap kekuatan tarik. Sama seperti namanya, uji tarik dilakukan dengan menarik sebuah spesimen yang dibentuk dengan sedemikian rupa, kemudian diletakkan di grip alat dengan cengkraman yang kuat, setelah itu ditarik dengan alat uji hingga putus [4].

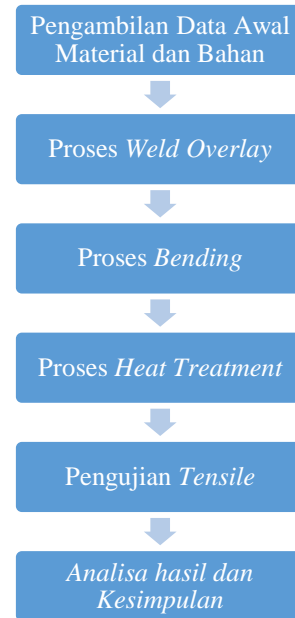
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa berpengaruhnya heat treatment (Quenching dan Tempering) guna nilai kekuatan tarik yang ada sebelumnya pada pipa baja karbon yang telah melalui banyaknya pemanasan mulai dari proses weld overlay sampai proses bending hingga menjadi clad bend pipe. Penelitian ini dilakukan dengan memakai pipa baja karbon API 5L X65 Q PSL 2 serta logam pengisi UNS N06625 dan mengikuti prosedur serta standar yang ada di API 5LD (2018) serta ASME B16.49 (2017).

## METODE PENELITIAN

Setiap pipa baja karbon memiliki sertifikat yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat pipa baja karbon (mill) yang disebut MTC (Mill Test Certificate) yang berisi tentang komposisi kimia pada pipa baja karbon, heat number pipa, dan hasil uji mekanik yang telah dilakukan pada pipa baja karbon.

Pipa yang digunakan pada penelitian ini merupakan pipa baja karbon API 5L GR. X65 Q PSL

2 dengan heat number 994133, diameter luar 16 inci (406.4 mm), dan ketebalan pipa 1.437 inci (36.5 mm). Tabel 1 adalah tabel nilai komposisi kimia dan tabel 2 adalah nilai hasil uji mekanik pipa baja karbon yang dilakukan oleh pabrik (mill).



**Gambar 1 Diagram Alir Penelitian**

**Tabel 1 Nilai-nilai Unsur Kimia yang Terdapat Pada Pipa Baja Karbon**

Unsur kimia	(%)
Carbon (C)	0.08
Silica (Si)	0.26
Mangan (Mn)	1.28
Fosfor (P)	0.01
Sulfur (S)	0.001
Cuprum (Cu)	0.1
Crom (Cr)	0.19
Nikel (Ni)	0.14
Molibdenum (Mo)	0.15
Titanium (Ti)	0.001
Vanadium (V)	0.03
Niobium (Nb)	0.02
Boron (B)	0.0002

**Tabel 2 Nilai Hasil Uji Tarik Pipa Baja Karbon dengan Orientasi Longitudinal (Size 12.72 mm)**

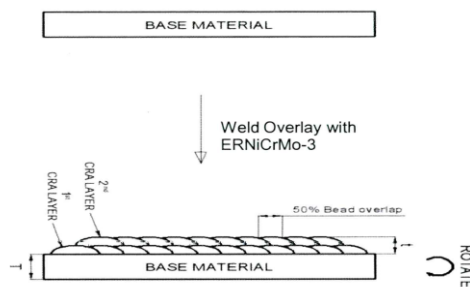
Hasil Uji Tarik	Nilai
<i>Yield Strength</i>	501 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	591 MPa
<i>Elongation</i>	28%

Bagian dalam pipa baja karbon dilas menggunakan metode weld overlay memakai mesin las GTAW otomatis dengan posisi pengelasan 1G dan posisi pipa secara horizontal yang kemudian diputar menggunakan mesin dengan arah berlawanan arah jarum jam. Pengelasan overlay dilakukan hingga ketebalan 3.9 mm. Pada saat pengelasan dilakukan step-back (mundurnya mata tungsten) yang bergerak

sejauh 3.2 mm seperti yang terlihat pada gambar 1. Pengelasan ini menggunakan arus Direct Current Electrode Negative (DCEN), tungsten berukuran 4 mm tipe EWCE-2, dan mesin las dengan tipe FRONIUS TRANSTIG 5000A. Berikut ini adalah parameter berdasarkan Procedure Qualification Record (PQR) yang dipakai.

**Tabel 3 Parameter Pengelasan Berdasarkan PQR**

Weld Pass/ Layer	Process, Current Type, Polarity	Filler Metal			Amps Range (A)	Volts Range (V)	Travel Speed (mm/min)	Preheat and Interpass (°C)	Heat Input (KJ/mm)	
		Classification	Size (mm)	Speed Range					Min	Max
Layer1	GTAW/DC EN	ERNiCrMo-3	1.2	1600	165 - 220	14.9 - 16.2	350	32 & 195	0.42	0.61
Layer 2	GTAW/DC EN	ERNiCrMo-3	1.2	2200	170 - 230	15.6 - 16.2	350	58 & 182	0.45	0.64



**Gambar 2 Daerah Pengelasan**

Untuk logam pengisi pengelesan, menggunakan UNS N06625 dengan merek Raajratna wire 625 (AWS Classification ERNiCrMo-3) dengan ukuran diameter 1.2 mm dan shielding gas Argon 99.999%.

Setelah dilakukan pengelasan pada pipa baja karbon menggunakan parameter PQR di atas, pipa tidak lagi dilakukan pengujian untuk menghemat waktu dan biaya. Jadi hasil pengujian yang akan digunakan untuk perbandingan adalah hasil pengujian MPQT (Manufacturing Procedure Qualification Test) yang sudah dilakukan di awal untuk memenuhi kualifikasi API 5LD. Pipa MPQT yang digunakan pada saat pengetesan memiliki Heat Number dan diameter yang sama, tetapi memiliki wall thickness yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan berdasarkan ASME BPVC sec IX, wall thickness tidak menjadi essential variable untuk melakukan pengelasan pipa.

**Tabel 4 Nilai Hasil Uji Tarik Pipa Baja Karbon MPQT dengan Orientasi Longitudinal (Size 12.51 mm)**

Hasil Uji Tarik	Nilai
Yield Strength	521 MPa
Ultimate Tensile Strength	597 MPa
Elongation	36%

Bending dilakukan dengan ukuran radius 3D (1219.2mm) dan bend degree sebesar 90°. Heat treatment dilakukan sebelum proses bending dengan metode normalizing dan temperatur 1040°C, kemudian di-bending dengan temperatur awal bending 950°C dan heating rate sebesar 920-1000°C. Selama bending, diberikan coolant berupa udara (angin) dengan temperatur 30°C (±15°C) dengan flow pressure 0.25 LPM. Proses bending menggunakan mesin Hot Induction Bending. Cara membengkokkan pipa dengan mesin tersebut adalah bagian tangent (bagian yang tidak terkena proses bending) dari pipa dijepit dengan clamp yang terhubung pada lengan pivot seperti yang terlihat pada gambar 2. Kemudian pipa didorong di bagian belakangnya hingga pipa yang terkena induction akan bengkok mengikuti bentuk lengan pivot yang sudah diatur.



**Gambar 3** Contoh Pipa yang Terpasang pada Clamp

Setelah bending, clad bend pipe langsung diberlakukan heat treatment. Pada proses quenching pertama digunakan parameter pemanasan sebesar 985°C dan ditahan selama 60-70 menit dan yang kedua quenching menggunakan parameter pemanasan sebesar 980°C dan ditahan selama 65 menit. Kemudian selepas proses pemanasan di dalam furnace, dilakukan pendinginan menggunakan media air dengan temperatur 15°C. Setelah proses

quenching, pipa akan dilanjutkan dengan proses tempering, yang pertama dengan pemanasan sebesar 620°C dan holding time selama 80-85 menit dan yang tempering yang kedua dengan pemanasan sebesar 625°C dan holding time selama 82 menit.

Clad bend pipe yang sudah jadi kemudian diambil sebagai sampel untuk dilakukan uji tarik. Uji tarik ini untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dari pipa yang sudah dilakukan weld overlay, bending, dan heat treatment.

**Tabel 5** Nilai Hasil Uji Tarik Clad Bend Pipe Pertama dengan Orientasi Transverse (size 12.54 mm dan 12.63 mm)

Hasil Uji Tarik	Lokasi	
	Tangent-B	FTZ Intrados
<i>Yield Strength</i>	523 MPa	525 Mpa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	623 MPa	623 Mpa
<i>Elongation</i>	30%	27%

**Tabel 6** Nilai Hasil Uji Tarik Clad Bend Pipe Kedua dengan Orientasi Transverse (size 12.51 mm – 12.64 mm)

Jenis Pengujian	Lokasi						
	Tangent-A	STZ Extradados	STZ Intrados	FTZ Extradados	FTZ Intrados	Extradados	Intrados
<i>Yield Strength</i>	552 MPa	576 Mpa	580 MPa	558 Mpa	558MPa	578 Mpa	538 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	651 MPa	657 Mpa	658 MPa	639 Mpa	652 MPa	670 Mpa	662 MPa
<i>Elongation</i>	33%	30%	33%	32%	32%	31%	33%

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengumpulkan data hasil uji tarik dari berbagai pengujian mekanik yang sudah dilakukan, diantaranya adalah: pada saat setelah pipa dibuat (data diambil dari MTC), pada saat pipa setelah cladding (diambil dari MPQT report), dan pada saat clad pipe sudah di-bending dan heat treatment.

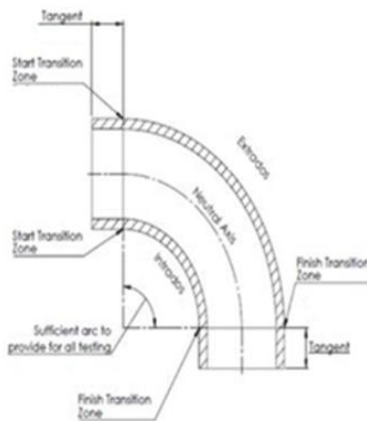
Nilai kekuatan tarik yang didapat dari hasil pengujian setelah pipa dibuat adalah sebesar 591 Mpa setelah itu pipa diberi perlakuan berupa pengelasan weld overlay menggunakan parameter pengelasan yang sudah berdasarkan standar kualifikasi API 5LD. Kemudian hasil nilai kekuatan tarik dari hasil pengujian setelah pipa dibuat (591 Mpa)

dibandingkan dengan hasil pengujian pada pipa MPQT (597 Mpa). Terdapat kenaikan sebesar 6 Mpa dari hasil pada saat setelah pipa dilas dengan metode weld overlay, yang mana kenaikan ini didasari oleh kandungan kimia yang terdapat pada elektroda seperti Mo dan Cr yang mana dapat meningkatkan kekuatan tarik daripada pipa. Selain itu pengelasan yang dilakukan dengan baik dan sesuai kualifikasi API 5LD juga menjadi pengaruh terhadap kenaikan yang terjadi pada pipa setelah diproses cladding.

Pipa kemudian dilakukan bending sekaligus perlakuan panas berupa quenching dan tempering sebanyak dua kali. Pengujian setelah bending dan perlakuan panas ini dilakukan di beberapa titik, pengujian pertama dilakukan di dua titik, yakni; tangent dan FTZ Intrados. Sedangkan pengujian kedua dilakukan di tujuh titik, yakni; tangent, STZ

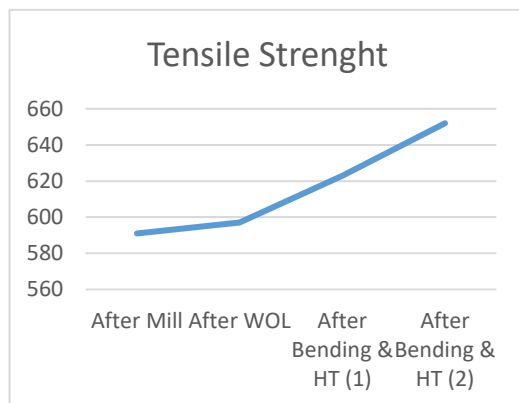


Intrados, STZ Extrados, Intrados, Extrados, FTZ Intrados, dan FTZ Extrados.



**Gambar 4 Bagian Clad Bend Pipe**

Karena lokasi pengujian lebih dari satu, baik pengujian setelah bending dan perlakuan panas pertama dan kedua, setiap hasil di masing-masing lokasi akan dijumlahkan dan diambil rata-ratanya. Pengujian setelah bending dan perlakuan panas pertama memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 623 Mpa dan pengujian kedua memiliki nilai rata-rata sebesar 655.3 Mpa.



**Gambar 5 Kurva Hasil Uji Tarik Clad Bend Pipe**

Terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari kedua pengujian setelah bending dan perlakuan panas. Hal ini disebabkan oleh variasi holding time dan temperatur quenching serta tempering yang digunakan.

## KESIMPULAN

Pipa yang dilas menggunakan metode *weld overlay* akan tetap memiliki kekuatan tarik yang sama atau bahkan lebih baik lagi apabila pengelasan dikerjakan dengan kualifikasi yang sudah sesuai dengan API 5LD.

Pembengkokkan pipa dengan metode *hot induction* yang langsung diberi perlakuan panas berupa *quenching* dan *tempering* ini membuktikan bahwa perlakuan panas dapat menaikkan kualitas pipa terutama pada kekuatan tariknya. Pengaturan temperatur yang tepat juga menjadi variabel penentu untuk mendapatkan kekuatan tarik yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadi, Qomarul. 2010. Pengaruh Perlakuan Panas pada Baja Konstruksi ST37 Terhadap Distorsi, Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro. Universitas Sriwijaya Jl.Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Kec. Indralaya 30662 Ogan Ilir
- [2] ASM International. (1995) ASM Handbook Volume 4 Heat Treating. United States of America
- [3] Muthmann, E dan Grimpe, F. 2006. Fabrication of hot induction from LSAW large diameter pipes manufactured from TMCP plate. Mannesmannröhren Mülheim GmbH, Mülheim/Ruhr, Germany.
- [4] Sastranegara, Azhari. 2009. Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam. President University

## RANCANG BANGUN ALAT UJI TARIK SERAT BERBASIS DIGITAL

Mukhlis M<sup>1</sup>, Lita Asyriati Latif<sup>2</sup>, Muhammad Arsyad Suyuti<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun

<sup>3</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Email: mukhlis@unkhair.ac.id

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat alat uji tarik yang dapat mengetahui beban tarik serat alam yang merupakan parameter untuk menentukan propertis mekanis material. Adapun metode penelitian adalah membuat desain rancangan melalui software Autodesk Fusion 360, pembuatan dan pengadaan komponen-komponen, perakitan dan pengujian alat uji tarik serat. Dalam pengujian serat tunggal spesimen uji dibuat mengacu pada standar ASTM ASTM 3379-02. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu dihasilkan satu unit alat uji tarik serat digital dengan kapasitas beban maksimum 100 N (10 kgf), kapasitas pengecekan 600 mm x 30 mm. Sedangkan pengujian alat uji tarik serat ini pada material serat tunggal kelapa diperoleh gaya tarik (F) antara 16.42 N s.d 29.31 N. Dan dari hasil perhitungan kekuatan tarik ( $\sigma$ ) diperoleh kekuatan tarik serat kelapa sebesar 61.70 N/mm<sup>2</sup> s.d 83.80 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa alat uji tarik yang dibuat dapat beroperasi sesuai harapan untuk mengetahui beban tarik (F) serta tunggal sehingga melalui hasil pengujian alat ini dapat ditentukan kekuatan tarik serat tunggal material.

**Kata kunci:** alat uji tarik, serat tunggal, gaya tarik, kekuatan tarik.

### Abstract

*The goal of this study is to design and build a tensile test equipment that can determine the tensile load of natural fibers, which is a parameter used to determine the mechanical properties of the material. The research technique entails creating designs with Autodesk Fusion 360 software, manufacturing and supplying components, as well as assembling and testing fiber tensile test equipment. The test specimens for single fiber testing are manufactured in accordance with the ASTM 3379-02 standard. This study yielded one piece of digital fiber tensile test equipment with a maximum load capacity of 100 N (10 kgf) and a gripping capacity of 600 mm x 30 mm. The tensile strength (F) of this fiber tensile test apparatus on coconut single fiber material ranges between 16.42 N to 29.31 N. According to the tensile strength calculation ( $\sigma$ ), the tensile strength of coconut fiber ranges from 61.70 N/mm<sup>2</sup> to 83.80 N/mm<sup>2</sup>. According to the findings of this study, the tensile test equipment manufactured can work as expected to identify the tensile load (F) as well as single, so that the test results may be used to measure the tensile strength of a single fiber material.*

**Key words:** tensile test equipment, single fiber, tensile force, tensile strength.

## PENDAHULUAN

Seiring dengan dan perkembangan teknologi bahan, peran serat-serat alam berpotensi kembali dilirik oleh peneliti sebagai bahan penguat komposit (Muslimin, S, G, & Kamil, 2019). Elastis, kuat, melimpah, biaya produksi lebih rendah, dan ramah lingkungan merupakan kelebihan yang dimiliki oleh serat. Adapun beberapa Jenis-jenis serat alam yang telah di teliti kekuatan tarik seperti misalnya; serat sisal, flex, hemp, jute, rami, sabuk kelapa (Arsyad, Wardana, Pratikto, & Surya Irawan, 2015), nanas

(palungan, Rudy, Yudy, & Irawan, 2017), serat sagu (Muslimin, Kamil, Budi, & Wardana, 2019), dan ijuk (Mardin, Wardana, Suprpto, & Kamil, 2016) dan mulai digunakan sebagai bahan penguat untuk komposit (Daulay, 2009)(P. Wanbua, J. Ivens, 2003)(X. Li, L. G. Tabil, 2007)(Klemm, D., Schmauder, H. P., Heinze, 1988).

Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati memiliki peluang untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat komposit. Karena sifat kekuatan serat alam ini bervariasi maka pemanfaatannya akan bervariasi mulai dari bahan penguat komposit untuk penggunaan yang ringan dan tidak terlalu

memerlukan kekuatan tinggi sampai bahan penguat komposit untuk penggunaan yang memerlukan sifat fisik dan mekanis yang tangguh. Untuk menentukan sifat fisik material khususnya kekuatan tarik diperlukan alat bantu pengujian material berupa alat uji tarik. Menurut (Suryo Pramudyo, Rachmansyah, & ., 2014) uji tarik merupakan salah satu metode untuk menguji kekuatan tarik suatu material melalui pemberian beban (F) berlawanan arah secara garis lurus. Uji tarik mempunyai peranan penting dalam mengevaluasi sifat-sifat dasar material dengan tujuan mengukur kekuatan material berdasarkan gaya tarik yang diterima dan luas penampang awal (*tensile testing machine*). Pada saat pengujian spesimen yang diuji terstandarisasi dengan pemberian gaya tarik secara perlahan pada poros tunggal secara *uniaxial*, dengan demikian spesimen uji akan terjadi peregangan sehingga bertambah panjang dan hingga terjadi patahan atau putus. Gaya (F) yang diterima pada mesin uji tarik terhadap spesimen uji merupakan hasil pembacaan dari sensor *load cell* yang terdapat pada force gauge kemudian ditransmisikan pada grip bergerak pada bagian atas alat uji tarik, dengan tujuan untuk mendeteksi dan mengukur beban yang diterima suatu material pada saat proses pengujian. Alat uji tarik serat tunggal umumnya merupakan barang impor dan harga yang sangat mahal. Menurut Dabet, A. D. (2018)., Untuk mengetahui kekuatan tarik serat alam memerlukan alat uji tarik. Umumnya alat uji tarik yang banyak dipergunakan saat ini yaitu alat uji tarik komersil dari luar negeri dan diimport dengan harga sangat mahal. Dan kebanyakan laboratorium pada lembaga pendidikan tinggi maupun lembaga riset teknologi lainnya belum mempunyai alat uji tarik. Sekarang ini sudah terdapat alat uji tarik komersial yang sangat akurat untuk mengukur sifat-sifat mekanik, akan tetapi biaya dan ukurannya kurang praktis dalam pembelajaran di ruang kelas. Selain itu, alat uji komersial terkadang memerlukan perangkat lunak dengan harga yang relatif mahal untuk beroperasi dan perjanjian lisensi perangkat lunaknya sangat terbatas (Pearce, 2012). Oleh karena sudah terdapat beberapa peneliti dibidang material teknik melakukan penelitian untuk pengembangan alat uji tarik seperti alat uji tarik serat tunggal. (Arsyad, Ritto, Rachman, Lestari, & Palembang, 2019) telah membuat alat uji tarik serat sederhana menggunakan air sebagai media untuk mengukur beban tarik. Dimana air terus dialirkan ke penampungan yang menjadi beban tarik serat hingga serat meregang akhirnya putus. Setelah serat putus massa air ditimbang sebagai beban tarik yang menyebabkan serat putus.

Dosen dan mahasiswa teknik mesin yang ada dilingkungan universitas khairun telah melakukan berbagai penelitian yang berkaitan dengan serat, namun masih sering terbatasnya

peralatan laboratorium, sarana dan prasarana kampus khususnya alat uji dalam menentukan sifat mekanis serat dimana selama ini masih mengandalkan fasilitas laboratorium universitas luar kota ternate seperti di UGM, UNHAS, ITS, dan beberapa kampus lainnya. Dengan keterbatasan tersebut dibutuhkan sebuah alat penunjang penelitian yang mampu di desain dan dibuat sendiri yaitu alat uji tarik serat tunggal, maka rencana penelitian saat ini “desain dan pembuatan alat uji tarik serat tunggal “

Dari uraian latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut: Bagaimana cara atau proses pembuatan alat uji tarik serat alam.

1. Bagaimana cara atau proses pembuatan alat uji tarik serat alam.
2. Bagaimana proses kerja alat uji tarik serat alam yang akurat.

Adapun Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan alat uji tarik serat alam.
2. Mengetahui tingkat ketelitian hasil alat uji tarik serat alam.

Sedangkan Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah pembuatan alat uji tarik serat alam ini dimaksudkan agar nantinya bisa digunakan sebagai peralatan praktikum mahasiswa pada laboratorium material untuk menentukan kekuatan tarik serat tunggal pada material serat alam.

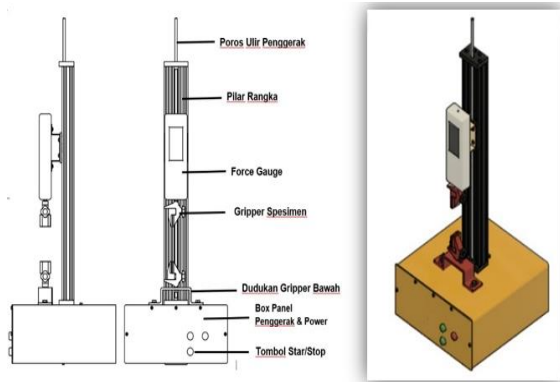
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan di Laboratorium Teknik Mesin UNKHAIR dan bengkel mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan, dimulai dari tahapan perancangan konsep, pembuatan komponen, perakitan, dan tahap uji coba alat (Suyuti et al., 2020). Untuk proses validasi unjuk kerja alat dilakukan uji tarik serat tunggal sabuk kelapa sesuai standar ASTM 3379-02.

### Tahap Perancangan

Dalam tahap perancangan alat uji tarik ini dimula dari mendesain final konsep alat uji tarik, membuat gambar kerja dengan standar ISO dengan menggunakan software autodesk fusion 360. Gambar desain meliputi gambar konsep rancangan secara keseluruhan dan gambar kerja baik komponen standar maupun komponen yang dibuat.

Adapun gambar konsep rancangan dapat dilihat pada pada gambar berikut:



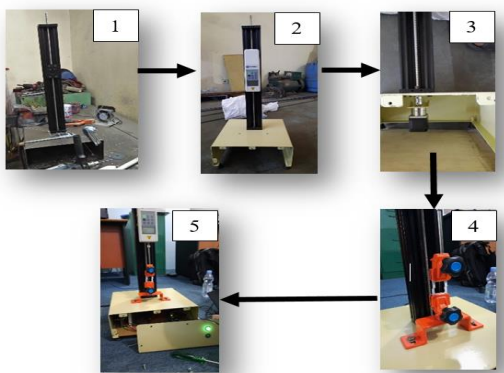
**Gambar 1** Konsep rancangan alat uji tarik serat

### Pembuatan Dan Perakitan

Pada tahapan pembuatan dan perakitan ini terdapat beberapa komponen-komponen tidak standar yang dibuat sesuai rancangan gambar kerja dan untuk komponen standar yang ada dijual dipasaran dibeli. Setelah semua komponen tersedia baik komponen yang dibuat maupun komponen yang dibeli maka alat uji tarik dirakit mulai dari sub assembly sampai alat uji tarik selesai. Secara umum alat uji tarik ini terdiri dari sub assembly rangka pilar, box panel kontrol, sistem pengekaman, sistem control dan force gauge.

Pada gambar 2 dibawah ini merupakan beberapa gambaran secara garis besar proses perakitan alat uji tarik serat. Adapun proses perakitan sub-assembly alat uji tarik terdiri dari:

1. perakitan force gauge ke rangka pilar,
2. perakitan motor stepper penggerak ke rangka pilar dan panel box,
3. perakitan gripper ke panel box dan ulir pada rangka pilar dan
4. perakitan system kelistrikan dan sistem control ke panel.



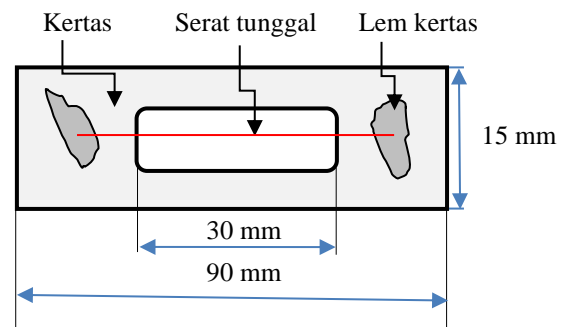
**Gambar 2** Gambar proses perakitan alat uji tarik

### Tahap Pengujian alat uji tarik

Setelah proses perakitan selesai maka tahapan selanjutnya yaitu uji coba alat. Pada tahap uji coba ini dipastikan bahwa semua komponen berfungsi secara normal termasuk dalam sistem pembacaan hasil pengukuran alat uji tarik tersebut. Dalam uji coba ini material yang digunakan adalah serat alami dari serat kelapa dimana spesimen uji tarik serat tunggal mengacu pada standar ASTM 3379-02 dengan bentuk spesimen uji seperti diperlihatkan pada gambar 3. Dalam uji tarik serat kelapa juga terdiri dari beberapa langkah.

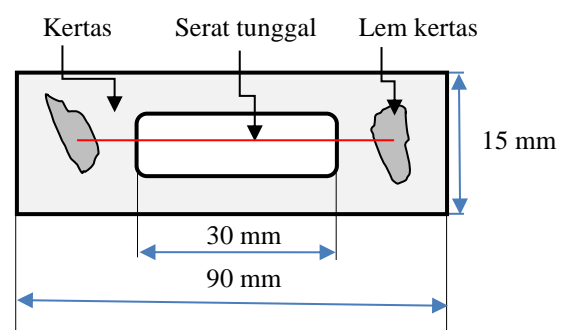
#### 1. Persiapan

Mengekstrak serat sabuk kelapa dari sabuknya. Memotong serat sabuk kelapa sepanjang 110 mm. Mengukur diameter serat sabuk kelapa dengan menggunakan mikroskop digital.



**Gambar 3** Pengukuran diameter serat

Membuat spesimen dengan terlebih dahulu menyiapkan kertas, Setelah itu serat direkatkan pada kertas tersebut dengan menggunakan lem fox. Spesimen tersebut dibuat sesuai standar ASTM 3379-02 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4** Spesimen uji tarik serat alam

## 2. Pelaksanaan pengujian.

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengujian material:

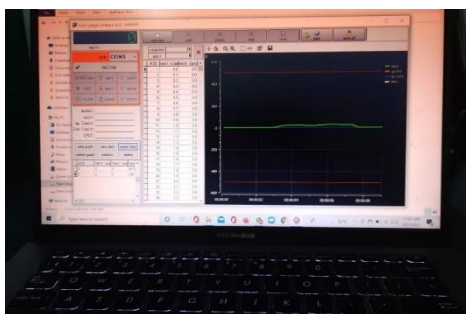
1. Meletakkan alat uji tarik pada kondisi datar dan rata ke empat kakinya,
2. nyalakan power dengan menekan tombol on,
3. pasang dengan mensetting spesimen uji pada gripper pencekam,
4. pastikan spesimen terpasang dengan kencang, gunting bagian tengah karton spesimen uji,
5. tekan tombol uji pada alat uji tarik dan start pada komputer,
6. amati proses pengujian serat hingga putus,
7. simpan data pengujian pada komputer dengan file excel,
8. setelah putus tekan tombol off pada alat uji tarik.

Berikut ini merupakan salah satu proses pelaksanaan uji coba alat uji tarik pada gambar 5.



(a) (b)

**Gambar 5 Proses uji tarik**



**Gambar 6 Gambar pembacaan hasil pengujian pada layar komputer**

Pada gambar 5.a spesimen serat dicekam pada benda kerja dimana kertas telah digunting

sehingga sedang berlangsung proses uji tarik. Pada gambar 5.b. proses uji tarik telah selesai dan serat telah putus. Pada gambar 6. menunjukkan data hasil uji tarik yang tercatat pada layar PC. Data tersebut berupa beban tarik yang siap untuk disimpan pada file dalam bentuk microsoft excel. Dan pada layar PC selain dapat diperoleh beban tarik juga dapat diperoleh grafik uji tarik. Selain itu grafik uji tarik dapat juga dibuat dengan menggunakan data excel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Rancang Bangun

Hasil dari proses perancangan dan pembuatan penelitian mulai dari desain sampai pada tahap akhir proses perakitan dan uji coba selesai yaitu prototype alat uji tarik serat. seperti ditunjukkan pada gambar 5 dibawah ini.

Adapun spesifikasi alat uji tarik digital :

1. Dimensi : 300 x 300 x 900 mm
2. Kapasitas motor stepper : 100 N
3. Mikroprosesor : Arduino Uno
4. Force gauge tarik : 500 N
5. Kapasitas pencekaman : 600 x 30 mm

Berdasarkan spesifikasi alat uji tarik tersebut diketahui:

1. Motor stepper berfungsi sebagai pemutar poros ulir agar pencekam dapat bergerak secara horizontal untuk proses untuk penyettingan dan proses penarikan specimen.
2. Mikroprosesor arduino uno merupakan board mikrokontroler berbasis datasheet (ATmega328). Mempunyai 14 pin input dari output digital, 6 pin input dapat digunakan menjadi output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, jack power, koneksi USB, tombol reset dan ICSP header.
3. Force gauge tarik berfungsi sebagai pengukur beban tarik (F) material yang diuji dengan satuan N atau Kgf.
4. Pencekam (gripper) berfungsi mencekam benda kerja atau specimen.

Sedangkan untuk pembacaan hasil pengujian tarik selain terbaca pada force gauge juga dapat terbaca pada komputer dengan mengkoneksikan menggunakan kabel konektor, dimana pada komputer terlebih dahulu diinstal software bawaan force gauge.



Gambar 7 Alat uji tarik berbasis digital

2. Hasil Pengujian Serat Alam

Dalam penelitian ini material serat yang digunakan yaitu serat kelapa yang diekstrak dari sabuk kelapa. Sebelum pengujian dilakukan pengukuran diameter serat (D) untuk mengetahui luas penampang serat lalu dilakukan pengujian tarik serat tunggal dengan menggunakan alat uji tarik serat bertujuan untuk mengukur gaya tarik (F) dalam satuan N atau Kgf. Sedangkan perhitungan sifat mekanis kekuatan tarik dalam satuan (N/mm<sup>2</sup>) diperoleh dengan menghitung secara teoritis menggunakan data-data hasil pengukuran diameter serat sebelum ditarik dalam satuan mm dan gaya tarik yang terbaca pada force gauge tarik dalam satuan N atau Kgf. Adapun rumus perhitungan luas penampang (A) dan kekuatan tarik (σ) yang digunakan dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

σ = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

D = Diameter serat sabut kelapa (mm)

Adapun hasil pengujian serat kelapa diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Serat Kelapa

No	Parameter Pengujian			Sifat Mekanis
	Diameter mm	Force N	Luas Penampang mm	Kuat Tarik N/mm <sup>2</sup>
1	0.63	22.41	0.31	<b>71.93</b>

No	Parameter Pengujian			Sifat Mekanis
	Diameter mm	Force N	Luas Penampang mm	Kuat Tarik N/mm <sup>2</sup>
2	0.61	22.51	0.29	<b>77.06</b>
3	0.52	16.42	0.21	<b>77.36</b>
4	0.70	27.02	0.38	<b>70.25</b>
5	0.51	17.11	0.20	<b>83.80</b>
6	0.72	29.31	0.41	<b>72.02</b>
7	0.73	25.81	0.42	<b>61.70</b>
8	0.60	25.56	0.28	<b>90.45</b>
9	0.71	24.93	0.40	<b>63.00</b>
10	0.66	21.22	0.34	<b>62.06</b>
<b>Rata-rata tegangan tarik</b>				<b>72.96</b>

Dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 di atas diperoleh nilai kekuatan tarik sebagaimana pada Tabel 1 di atas. Untuk mengetahui bahwa alat uji tarik yang dibuat ini bisa digunakan atau memenuhi standar, maka dilakukan serangkaian uji tarik serat tunggal sabuk kelapa. Berdasarkan hasil uji tarik maka diperoleh kekuatan tarik 61.70 N/mm<sup>2</sup> s.d 83.80 N/mm<sup>2</sup>. Dengan kekuatan tarik rata-rata serat sabut kelapa berdasarkan hasil uji alat yang dibuat diperoleh 72.96 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa alat uji tarik yang dibuat dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik serat alam. Sedangkan tingkat akurasi pembacaan force gauge telah dikalibrasi dengan bandul anak timbangan berat 500 gram dengan pembacaan pada gaya tarik sebesar 500 gram. Demikian demikian pembacaan force gauge mempunyai selisi 0 gram, hal ini menunjukkan bahwa pembacaan force gauge masih akurat.

KESIMPULAN

Berdasarkan dengan uraian yang dikemukakan sebelumnya maka disimpulkan bahwa alat uji tarik serat alam yang dibuat dapat digunakan menguji gaya tarik (F) material untuk menentukan kekuatan tarik serat alam. Spesifikasi alat uji tarik yang dihasilkan memiliki kapasitas beban maksimum 100 N (10 kgf) dan kapasitas pengekaman spesimen maksimum 600 mm x 300 mm. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa alat uji tarik serat tersebut mempunyai tingkat akurasi yang baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pimpinan Universitas Khairun atas pendanaan Program Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi Tingkat Fakultas Tahun 2021.

Semoga hasil penelitian ini dapat memenuhi tujuan yang diharapkan dan dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, khususnya bagi lembaga riset dan perguruan tinggi yang banyak melakukan penelitian dibidang material serat alam dan komposit. Akhirnya kepada Allah-lah kami serahkan semuanya, semoga segala aktivitas kita selalu mendapat berkah dan bernilai kebaikan disisi-Nya. Aamiin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad, M., Ritto, J., Rachman, A., Lestari, D. R. A., & Palembang, E. (2019). Rancang Bangun Alat Uji Tarik Serat Alam. *Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin*, 17(1), 65. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v17i1.1594>
- [2] Arsyad, M., Wardana, I. N. G., Pratikto, & Irawan, Y. S. (2015). The morphology of coconut fiber surface under chemical treatment. *Revista Materia*, 20(1), 169–177. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0017>
- [3] Daulay, L. R. (2009). *Adhesi Penguat Serbuk Pulp Tandan Kosong Sawit Teresterifikasi Dengan Matrik Komposit Polietilena*. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- [4] Klemm, D., Schmauder, H. P., Heinze, T. (1988). Nanocellulose innovative Polymers in Research and Application. *J. of Advance of Polymer Science*, 205, 275–287.
- [5] Mardin, H., Wardana, I. N. G., Suprpto, W., & Kamil, K. (2016). *Effect of Sugar Palm Fiber Surface on Interfacial Bonding with Natural Sago Matrix*. 2016.
- [6] Muslimin, M., Kamil, K., Setya Budi, S. A., & Wardana, I. N. G. (2019). Effect of liquid smoke on surface morphology and tensile strength of Sago Fiber. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13(4), 6165–6177. <https://doi.org/10.15282/jmes.13.4.2019.27.0483>
- [7] P. Wanbua, J. Ivens, and I. V. (2003). Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? composites science and Tecnology. *Composites Science and Tecnology*, 63(9), 1259–1264.
- [8] palungan, M. bondaris, Rudy, S., Yudy, S., & Irawan, A. P. (2017). The Effect Of Fumigation Treatment Towards Agave Cantala Roxb Fibre Strength And Morfology. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12(5), 1399–1414.
- [9] Pearce, J. M. (2012). Building research equipment with free, open-source hardware. *Science*, 337(6100), 1303–1304. <https://doi.org/10.1126/science.1228183>
- [10] Suryo Pramudyo, A., Rachmansyah, A., & . S. (2014). Visualisasi Hasil Mesin Uji Tarik Gotech GT-7010-D2E dalam Bentuk Grafik Secara Real Time. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 3(1), 80. <https://doi.org/10.25077/jnte.v3n1.58.2014>
- [11] Suyuti, M. A., Nur, R., & Iswar, M. (2020). RANCANG BANGUN PRESS TOOL UNTUK ALAT BENDING PELAT TIPE DIE-V AIR BENDING Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Ujung Pandang Jalan Perintis Kemerdekaan Km . 10 Tamalanrea Makassar 90245 Sulawesi Selatan , Indonesia 39 Suyuti , Muhammad Arsyad ., dkk ; *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 39–45.
- [12] X. Li, L. G. Tabil, and S. P. (2007). Chemical treatment of natural fiber for use in natural fibre-reinforce composite: a review. *Journal of Polymer and the Environment*, 15(1), 25–33.

## RESPON DINAMIS TENSION LEG PLATFORM (TLP): STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN PONTON TELAPAK LINGKARAN DENGAN PONTON TELAPAK BUJUR SANGKAR

Jamiatul Akmal<sup>1\*</sup>, Novri Tanti<sup>1</sup>, Asnawi Lubis<sup>1</sup>, dan Dwi Fajri Kemala Intan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brodjonegoro No.1 Gedong Meneng, Bandar Lampung

<sup>\*</sup>Email corresponding Author : [jamiatul.akmal@eng.unila.ac.id](mailto:jamiatul.akmal@eng.unila.ac.id)

### Abstrak

Tension Leg Platform (TLP) adalah anjungan lepas pantai yang biasanya digunakan untuk kegiatan eksplorasi migas di laut dalam. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah guncangan TLP sebagai respon terhadap gelombang laut. Pada kondisi tertentu, terutama di laut dalam samudra, guncangan ini dapat mengakibatkan berbagai gangguan, bahkan berpotensi merusak struktur. Pada artikel ini diusulkan penggunaan ponton bertelapak silinder untuk mendapatkan respon dinamis yang lebih stabil, yang selanjutnya dilakukan kaji perbandingan dengan ponton bertelapak bujur sangkar yang biasa dipakai selama ini. Respon dinamik kedua model direkam dengan sensor *ultrasonic* dan *video tracker*. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk non dimensional, yang biasa dikenal sebagai *Response Amplitude Operator* (RAO), yaitu rasio antara displacement TLP terhadap panjang gelombang. Dari penelitian ini didapatkan bahwa TLP dengan menggunakan ponton bertelapak silinder memiliki respon dinamik yang relative stabil jika dibandingkan dengan TLP berponton telapak bujur sangkar.

**Kata kunci** : TLP, Respon dinamis, Ponton, Telapak bujur sangkar, Telapak lingkaran

### Abstract

*Tension Leg Platform (TLP) is an offshore platform that is usually used for oil and gas exploration activities in the deep sea. One of the problems is the extra shaking of the TLP in response to extreme ocean waves. Under certain conditions, especially in the deep seas of the ocean, these shocks can cause various disturbances, and even have the potential to damage structures. In this article, it is proposed to use a cylindrical pontoon to obtain a more stable dynamic response, which will then be compared with a pontoon with a square section which is commonly used so far. The dynamic response of both models was recorded by ultrasonic sensor and video tracker. The measurement results are displayed in a non-dimensional form, which is commonly known as the Response Amplitude Operator (RAO), which is the ratio between the displacement of the TLP to the wavelength. From this research, it was found that TLP with cylindrical pontoon section has a relatively stable response when compared to TLP with square pontoon section.*

**Key words** : TLP, Dynamic response, Pontoon, Square section, Circle section

### PENDAHULUAN

Tension Leg Platform (TLP) adalah salah satu jenis *compliant structure* yang ditambatkan ke dasar lautan. TLP biasanya dipakai untuk eksplorasi migas di laut dalam. Struktur TLP memiliki ciri-ciri bagian *deck* mengapung sedangkan bagian ponton tenggelam di dalam air laut. Komponen utama dari struktur TLP terdiri dari *deck*, ponton, *mooring system*, dan pondasi. Gaya apung yang melebihi berat struktur TLP dan tambatan *mooring system* akan

mempertahankan TLP secara vertikal tetap stabil dan mengendalikan gerakan *heave*. Gambar 1 memperlihatkan contoh bangunan Tension Leg Platform (TLP).





**Gambar 1** Contoh Tension Leg Platform  
[https://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight\\_id=305](https://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=305) , 28 Maret 2022

Karakteristik dari TLP adalah respon keseluruhan struktur TLP yang ikut bergerak bersama gelombang atau sifatnya tidak menahan gelombang [1]. Salah satu persoalan yang terjadi pada TLP adalah respon dinamik (guncangan) yang diakibatkan oleh gelombang laut. Guncangan ini pada taraf tertentu berpotensi merusak struktur dan peralatan pengeboran minyak [2]. Bentuk kerusakan terutama terjadi akibat kelelahan (*fatigue*), baik pada komponen struktur utama maupun struktur sekunder dan tersier [3].

Di laut dalam terkadang munculnya gelombang ekstrim, misalnya di Laut Cina Selatan yang disebut sebagai gelombang internal [4]. Gelombang internal adalah gelombang apung yang disebabkan oleh variasi kepadatan, merambat di antarmuka antara lapisan air hangat dan lapisan air dingin di bawahnya. Ini dapat merambat dalam beberapa cara, termasuk gelombang reguler pendek, gelombang cnoidal dan soliter, serta gelombang pasang surut internal [5].

Akhir-akhir ini, fenomena gelombang ekstrim banyak mendapat perhatian karena berpotensi membahayakan struktur. Sebagai contoh, dalam periode tahun 2004-2005, gelombang ekstrim di Teluk Meksiko menghancurkan 126 struktur lepas pantai dan parah merusak 183 struktur lainnya [6]. Berbagai penelitipun telah berusaha memahami hubungan antara gelombang dan respon dinamik pada sebuah struktur. Rudman and Cleary (2013) telah melakukan simulasi dan analisis gelombang ekstrim dan pengaruhnya terhadap sudut dan tegangan tali [7].

Interaksi antara gelombang ekstrim dan TLP mengakibatkan dinamika yang kompleks, berdampak pada gaya apung, tegangan tali dan gerakan rotasi. Chandrasekaran (2013) juga melakukan analisis dinamik TLP dibawah gelombang ekstrim [8]. Terlihat dari studi analitik bahwa respons dinamis TLP sensitif terhadap gelombang semacam itu pada derajat kebebasan tinggi dan frekuensi

operasi yang lebih dekat dengan frekuensi gelombang.

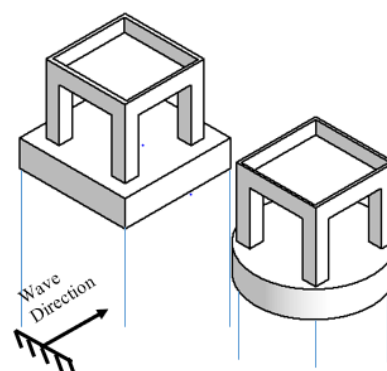
Beberapa peneliti lain juga telah melakukan kajian untuk tujuan berinovasi dalam mendapatkan rancangan TLP yang lebih stabil. Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi respon dinamis diantaranya bentuk telapak ponton [1], [9], konfigurasi mooring system [10], dan ada pula yang mengusulkan menambahkan massa ponton tambahan sebagai peredam dinamik [11]. Pada artikel kami terdahulu, telah diusulkan pula rancangan TLP 2 DOF yang bekerja seperti *system* peredam dinamik untuk meredam guncangan pada *deck* [12].

Pada artikel ini diusulkan rancangan alternatif dengan menggunakan ponton bertelapak lingkaran. Sebagai hipotesa, rancangan ini dapat meminimalkan gaya gangguan gelombang jika dibandingkan dengan ponton bertelapak segi empat yang biasa digunakan. Selain itu, penggunaan ponton bertelapak lingkaran tidak terpengaruh oleh sudut datang gelombang, yang dengan demikian dapat mereduksi gerakan rotasional (*yaw*).

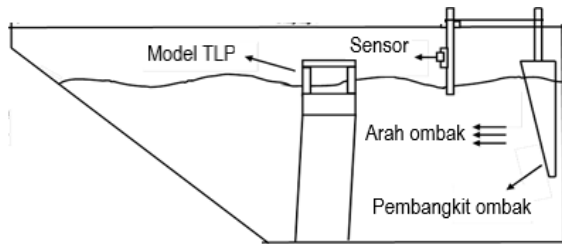
## METODE PENELITIAN

### Model dan Asumsi

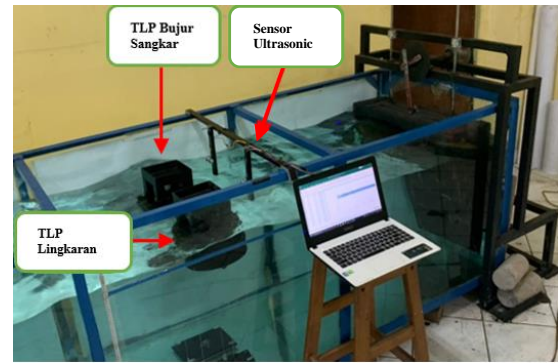
Model TLP, kordinat dan arah geraknya dapat dilihat pada Gambar 2. Pada penelitian ini arah gerak yang ditinjau hanyalah gerak searah ombak (*surge*) dan gerak torsional (*yaw*). Pada penelitian ini dianalisa dua jenis model TLP; (1) TLP dengan ponton bertelapak bujur sangkar dan (2) TLP dengan ponton bertelapak lingkaran. Kedua model diuji pada sebuah media pengombang, yang merupakan modifikasi dari pengujian kami terdahulu [12], sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3. Spesifikasi media pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 2** Model dan arah kordinat. (kiri) TLP berponton telapak bujur sangkar dan (kanan) TLP berponton telapak lingkaran.



Gambar 3 Media pengujian [12]



Gambar 4 Setting pengujian

Tabel 2 Spesifikasi media pengujian

Deskripsi	simbol	satuan	nilai
Tinggi ombak	H	m	0,030
Amplitude ombak	a	m	0,015
Periode ombak	T	s	0,575
Panjang ombak	$\lambda$	m	0,620
Kedalaman air	d	m	0,600
Frekuensi ombak	$\omega$	rad/s	10,922
Bilangan ombak	k		10,129

Solusi analitik untuk persamaan gerak  
 Nilai frekuensi ombak dan bilangan ombak dapat dilihat pada Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3,14}{0,575} = 10,9217 \frac{rad}{s} \dots\dots\dots (1)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2 \times 3,14}{0,62} = 10,129 \dots\dots\dots (2)$$

Gaya ombak terhadap ponton adalah sebagaimana yang diperlihatkan pada Persamaan (3), yang dikenal sebagai Persamaan Morison [13]. Di sini,  $u$  dan  $\dot{u}$ , masing-masing dapat dilihat pada Pers. (4) dan Pers. (5).

$$F = \rho C_I A \dot{u} + \frac{1}{2} \rho C_D D u |u| \dots\dots\dots (3)$$

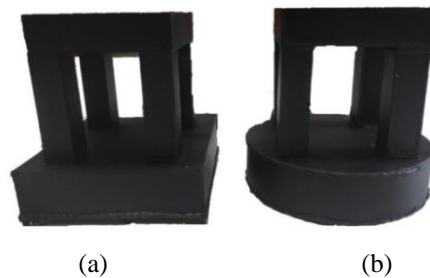
$$u = \frac{\pi 0,6 m}{0,575 s} \times \frac{\cosh(k \times 0,6)}{\sinh(k \times 0,6)} \times \cos \omega \dots\dots\dots (4)$$

$$\dot{u} = \frac{2 \pi^2 0,6 m}{0,575^2 s^2} \times \frac{\cosh(k \times 0,6)}{\sinh(k \times 0,6)} \times \sin(-\omega) \dots\dots (5)$$

**Eksperimental**

Proses pengambilan data secara eksperimen dilakukan dengan pengujian langsung terhadap kedua model, dengan setting pengujian sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4. Gambar 5 memperlihatkan model TLP yang spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2. Pengambilan data dilakukan dengan dua metode yaitu menggunakan sensor *ultrasonic* dan menggunakan *video tracker*.

Sensor Ultrasonic HC-SR04 adalah modul yang dapat mengukur jarak dengan rentang dari mulai 2 cm sampai dengan 400 cm (4 meter). Pada bagiannya terdapat ultrasonik transmitter, receiver, dan control circuit. Sensor ultrasonic membaca jarak spesimen pada sensor tiap detiknya dan mengirimkan datanya ke dalam aplikasi Arduino. Adapun metode video tracker adalah proses membaca titik objek yang bergerak dari waktu ke waktu yang diambil dengan camera video.



Gambar 5 (a) TLP dengan ponton bertelapak bujur sangkar (b) TLP dengan ponton bertelapak lingkaran

Tabel 3 Spesifikasi TLP

Deskripsi	Satuan	NILAI	
		Ponton bujur sangkar	Ponton lingkaran
Radius Kolom	(mm)	80	80
Tinggi Total TLP	(mm)	220	220
Berat Total TLP	(N)	9,66	9,66
Dimensi Ponton	Luar (mm)	220	225
Total ketegangan tendon	(N)	11,84	11,84
Panjang tendon	(mm)	450	450
Frekuensi Alami	rad/s	1,65	1,65

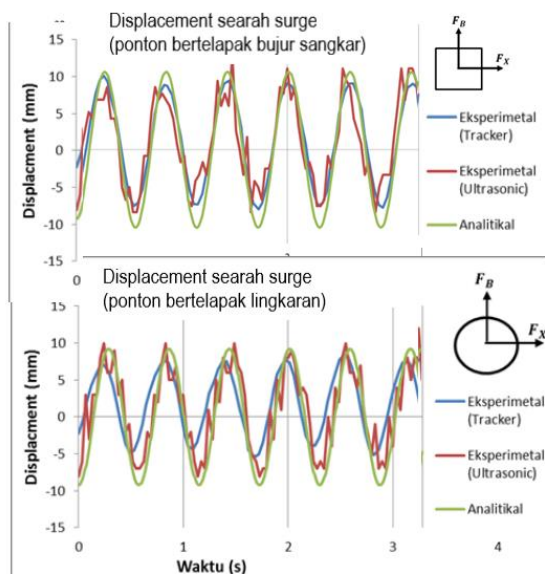
Deskripsi	Satuan	NILAI	
		Ponton bujur sangkar	Ponton lingkaran
Kekakuan Tendon	setiap (N/m)	99,01	99,01

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan bacaan alat ukur.

Gerakan searah *surge* ditampilkan pada Gambar 6, sekaligus memperlihatkan perbandingan hasil pengukuran (baik dengan sensor *ultrasonic* maupun *video tracker*), yang relatif sama jika dibandingkan dengan teoritik. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa hasil pengukuran pada penelitian ini sudah akurat.

Grafik gerakan (*displacement*) secara teoritik memenuhi persamaan sinusoidal, sebagaimana yang ditunjukkan pada Persamaan (4). Berbeda halnya dengan hasil pengukuran dimana grafiknya tidak mulus karena adanya *noise* pada sinyal alat ukur.

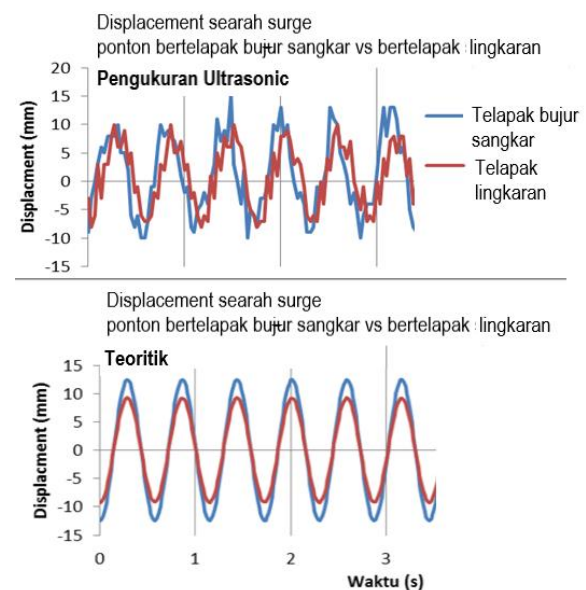


**Gambar 6** Perbandingan bacaan alat ukur untuk *displacement* ada arah gelombang (*surge*). Ponton telapak bujur sangkar (atas) dan ponton bertelapak lingkaran (bawah).

Gerakan searah gelombang (*surge*)

Gambar 7 memperlihatkan perbandingan *displacement* TLP berponton telapak bujur sangkar vs TLP berponton telapak lingkaran. Dari hasil pengukuran secara *ultrasonic*, *displacement* TLP

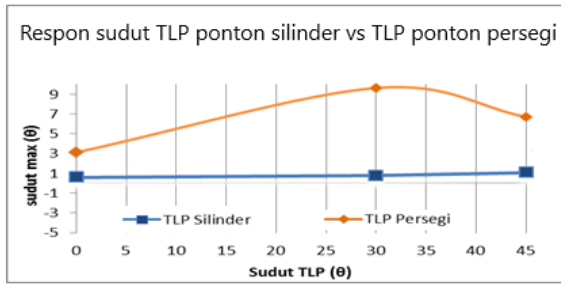
berponton telapak bujur sangkar relatif lebih besar jika dibandingkan dengan *displacement* TLP berponton telapak lingkaran. Perbedaan ini sudah sesuai dengan teorinya bahwa pada ponton penampang bujur sangkar terjadi gaya hidrodinamik yang lebih besar, salah satu faktornya adalah koefisien drag ( $C_D$ ) yang besar sebagaimana yang terlihat pada Persamaan (3). Hasil ini juga sudah sesuai dengan hipotesa awal bahwa bentuk ponton bertelapak lingkaran memiliki sifat aerodinamis yang relatif lebih baik.



**Gambar 7** *Displacement* TLP berponton telapak bujur sangkar Vs TLP berponton telapak lingkaran

Gerakan rotasional (*yaw*)

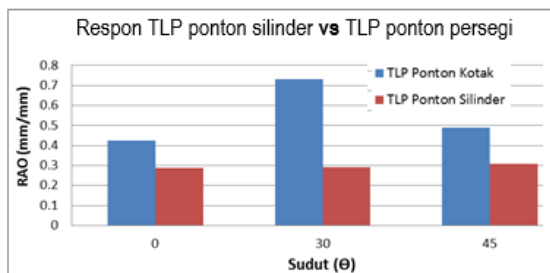
Pada gambar 8 ditampilkan perbandingan gerakan rotasional antara TLP berponton penampang lingkaran (silinder) vs TLP berponton penampang bujur sangkar (persegi). Untuk TLP dengan ponton berpenampang bujur sangkar gerakan sudutnya dipengaruhi oleh sudut datang gelombang. Gerakan sudut menjadi maksimum pada sudut gelombang datang sekitar  $30^{\circ}$ – $35^{\circ}$ . Berbeda halnya, TLP berponton penampang lingkaran relatif tidak dipengaruhi oleh arah gelombang datang. Hal ini sesuai dengan hipotesa awal dan dapat disimpulkan bahwa TLP berponton penampang lingkaran lebih stabil dalam merespon gelombang dalam berbagai arah.



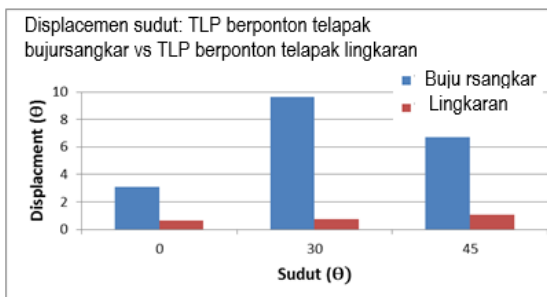
**Gambar 8 Grafik Perbandingan Besar Perpindahan Sudut Pada TLP Kotak dengan TLP Silinder**

### Response Amplitude Operator (RAO)

Perbandingan respon kedua model TLP ditampilkan dalam bentuk non dimensional, yang dikenal dengan istilah *Response Amplitude Operator* (RAO). Gambar 9 memperlihatkan perbandingan RAO dalam arah gelombang (*surge*), sedangkan gambar 10 memperlihatkan perbandingan RAO dalam arah rotasional (*yaw*). Dari kedua gambar dapat disimpulkan bahwa TLP dengan ponton berpenampang lingkaran relatif lebih stabil, baik dalam arah *surge* maupun dalam arah *yaw*.



**Gambar 9 RAO TLP berponton telapak bujur sangkar (kotak) vs TLP berponton telapak lingkaran (Silinder) dalam arah gelombang (Surge)**



**Gambar 10 RAO TLP berponton telapak bujur sangkar (kotak) vs TLP berponton telapak lingkaran (Silinder) dalam arah gerakan rotasional (yaw)**

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa TLP dengan ponton bertelapak lingkaran relatif lebih stabil dalam merespon gangguan gelombang. Keunggulan maksimal terjadi pada gerakan rotasional, dimana TLP dengan ponton bertelapak lingkaran tidak terpengaruh oleh sudut datang gelombang.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Lampung, atas pendanaan penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan BLU 2019.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cendrawani, E.B., Djatmiko dan Sutomo J., 2012, Studi Komparasi Perilaku Dinamik Tension Leg Platform Kolom Tunggal Bertelapak Kaki Bintang Tiga dan Bintang Empat dengan Pendekatan Pembebanan Berdasar Teori Morison dan Difraksi. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, hal. G155-G160.
- [2] Djatmiko, E.B., Murdjito dan Sad'yah, M.H.D., 2012, Analisis Fatigue Top Side Support Structure Silindris Seastar Tension Leg Platform (TLP) Akibat Beban Lingkungan North Sea. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, hal.G207-G211
- [3] Sa'dyah, M. D., Murdjito and Eko B. Djatmiko, (2012) , Analisis Fatigue Top Side Support Structure Silindris Seastar Tension Leg Platform (TLP) Akibat Beban Lingkungan North Sea, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271 pp G207-G212
- [4] M. Rudman and P. W. Cleary, "Rogue wave impact on a tension leg platform: The effect of wave incidence angle and mooring line tension," Ocean Eng., vol. 61, pp. 123–138, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.oceaneng.2013.01.006.
- [5] M. Lou, C. Yu, and P. Chen, "Dynamic response of a riser under excitation of internal waves," J. Ocean Univ. China, vol. 14, no. 6, pp. 982–988, Dec. 2015, doi: 10.1007/s11802-015-2701-2.
- [6] N. Abdussamie, Y. Drobyshevski, R. Ojeda, G. Thomas, and W. Amin, "Experimental investigation of wave-in-deck impact events on a TLP model," Ocean Eng., vol. 142, pp. 541–562, 2017.
- [7] M. Rudman and P. W. Cleary, "Rogue wave impact on a tension leg platform: The effect of wave incidence angle and mooring line tension,"

- Ocean Eng., vol. 61, pp. 123–138, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.oceaneng.2013.01.006.
- [8] S. Chandrasekaran and K. Yuvraj, “Dynamic analysis of a tension leg platform under extreme waves,” *J. Nav. Archit. Mar. Eng.*, vol. 10, no. 1, pp. 59–68, Jun. 2013, doi: 10.3329/jname.v10i1.14518.
- [9] S. Chandrasekaran and A. K. Jain, “Triangular configuration tension leg platform behaviour under random sea wave loads,” *Ocean Eng.*, vol. 29, no. 15, pp. 1895–1928, 2002.
- [10] D. Qiao, B. Li, and J. Ou, “Use of different mooring models on global response analysis of an innovative deep draft platform,” *J. Ocean Univ. China*, vol. 13, no. 2, pp. 215–222, 2014.
- [11] S. Chandrasekaran, D. Kumar, and R. Ramanathan, “Dynamic response of tension leg platform with tuned mass dampers,” *J. Nav. Archit. Mar. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 149–156, 2013.
- [12] J. Akmal, A. Lubis, N. Tanti, N. Nuryanto, and A. W. Murti, “The TLP 2-DOF as an Alternative Model for Extreme Wave Application,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol. Kelaut.*, vol. 18, no. 2, pp. 80–87, 2021.
- [13] V. Sundar, *Ocean Wave Mechanics: Applications in Marine Structures*. John Wiley & Sons, 2017.

## MODIFIKASI MESIN PENGUPAS KULIT BAWANG PUTIH DENGAN VARIASI TABUNG PENGUPAS

Boby Putra Perdana<sup>1</sup>, Saparin<sup>2</sup>, Eka Sari Wijianti<sup>3</sup>, Yudi Setiawan<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung Merawang  
Kabupaten Bangka

Email: [saparinpdca@gmail.com](mailto:saparinpdca@gmail.com)

### ABSTRAK

Proses pengupasan kulit bawang putih dapat dilakukan dengan cara manual atau menggunakan mesin. Pada mesin pengupas kulit bawang putih terdahulu menggunakan motor listrik 0,5 hp, dimensi 750 mm x 500 mm x 750 mm, menggunakan pulley dan belt untuk mereduksi putaran menjadi 100 rpm. Hasil penelitian terdahulu diperoleh kapasitas produksi mesin 2,06 kg/jam dan efisiensi produksi mesin 86%. Kekurangan mesin terdahulu antara lain: dimensi tabung pengupas yang kecil hanya efektif untuk 1000 gram, sering terjadi slip pada pulley, kecepatan putaran pada poros pengupas tidak dapat diubah-ubah. Modifikasi dilakukan pada bagian-bagian mesin antara lain: memperbesar dimensi tabung pengupas, memvariasikan tabung pengupas, menggunakan *gearbox* untuk mentransmisi putaran, menggunakan daya 0,25 hp, dan menambah *dimmer* sebagai pengontrol putaran. Mesin yang dimodifikasi berdimensi 970 mm x 500 mm x 800 mm dan kecepatan putaran tabung pengupas 120 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kapasitas produksi mesin untuk tipe tabung pengupas tanpa pengaduk 2,88 kg/jam dengan efisiensi produksi mesin adalah 58,6%. Kapasitas produksi mesin untuk tipe tabung dengan karet pengaduk adalah 1,2198 kg/jam, efisiensi produksi mesinnya adalah 47%.

**Kata kunci :** bawang, mesin, pengupas, modifikasi, transmisi

### ABSTRACT

*The process of peeling garlic skin can be done manually or using a machine. In the previous garlic peeler machine using a 0.5 hp electric motor, dimensions of 750 mm x 500 mm x 750 mm, using a pulley and belt to reduce rotation to 100 rpm. The results of previous studies obtained a machine production capacity of 2.06 kg/hour and a machine production efficiency of 86%. Disadvantages of previous machines include: the dimensions of the peeler tube are small, only effective for 1000 grams, slips occur frequently on the pulley, the rotational speed of the peeler shaft cannot be changed. Modifications were made to the engine parts, including: increasing the dimensions of the stripper tube, varying the stripper tube, using a gearbox to transmit rotation, using 0.25 hp of power, and adding a dimmer to control the rotation. The modified engine has dimensions of 970 mm x 500 mm x 800 mm and the peeler tube rotation speed is 120 rpm. The results showed that the machine's production capacity for the peeler tube type without agitator was 2.88 kg/hour with the machine's production efficiency of 58.6%. The machine's production capacity for tube type with rubber stirrer is 1.2198 kg/hour, the machine's production efficiency is 47%.*

**Keywords:** onion, machine, peeler, modification, transmission

### PENDAHULUAN

Bawang putih disebut juga *Garlic*, memiliki nama latin *Allium sativum* Linn. Kandungan kimia yang terdapat dalam bawang putih antara lain air, kalori, kalsium, saltivine, sulfur, protein, lemak, karbohidrat, fosfor, besi, vitamin A, B, C, kalium,

selenium, scordinin. Bawang putih juga merupakan komoditi hortikultura atau sayur rempah. Bawang putih merupakan salah satu bumbu dapur yang bermanfaat sebagai obat perangsang (prespiran) untuk menyembuhkan sembelit dan pelancar air seni [1].

Selain untuk pengobatan bawang putih juga banyak digunakan sebagai penambah cita rasa

masakan, dan hampir jarang ditemukan masakan tanpa bawang putih sebagai penambah cita rasa, dan untuk sekarang ini banyak industri kuliner atau usaha rumah makan maupun restoran ataupun acara besar seperti acara adat, pesta pernikahan dan acara besar lainnya yang membutuhkan cukup banyak bawang putih untuk menambah cita rasa masakannya, dan untuk sekarang ini di pasar juga banyak ditemukan para pedagang bawang putih yang menjual bawang dalam keadaan bawang sudah terkelupas dari kulitnya untuk memuaskan konsumen. Dalam menambah cita rasa masakan tersebut juga harus dilalui satu tahapan yaitu mengupas kulit bawang putih dengan jumlah yang cukup banyak, pada umumnya menggunakan tenaga manual untuk mengupas kulit bawang putih sangatlah tidak efektif karena membutuhkan waktu yang cukup lama dan juga memiliki resiko yang cukup besar untuk mengalami kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pelaku usaha. Waktu yang diperlukan untuk mengupas kulit bawang putih sebanyak 1/2 kg dengan cara manual membutuhkan waktu selama 14 menit 47 detik. data ini didapat dari hasil wawancara dari ibu Ris yang merupakan salah satu karyawan industri makanan yang bertugas sebagai juru masak di industri makanan tersebut.

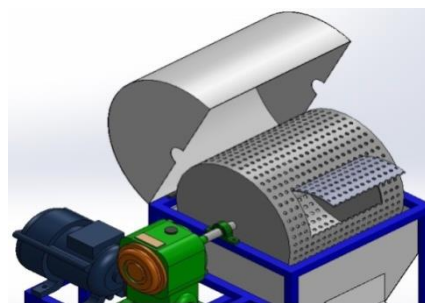
Pada penelitian terdahulu tentang rancang bangun mesin pengupas kulit bawang putih dengan dimensi 500 mm x 750 mm x 750 mm menggunakan motor listrik 1/2 hp sebagai penggerak utama dan menggunakan beberapa *pulley and belt* untuk mentransmisikan putaran menjadi 100 rpm. Berdasarkan hasil uji dari mesin tersebut, mesin yang berkapasitas 1 kg pengujian ini mampu mengupas kulit bawang putih sebanyak 850 gram dalam waktu 25 menit [2]. Mesin pengupas kulit bawang putih ini mempunyai beberapa kekurangan yaitu dibagian rancang bangun yang begitu rumit, sering terjadi slip pada pulley, rpm yang tidak bisa diatur dan dimensi tabung pengupasan terlalu kecil sehingga hanya efektif mengupas 1 kg bawang putih saja. Oleh karena itu muncul ide untuk memodifikasi pada mesin dengan mengubah atau memodifikasi desain rancangan, menggunakan *gearbox* untuk mentransmisikan putaran, memperbesar dimensi tabung pengupas dan juga memvariasikan bentuk tabung pengupas dengan tujuan bisa mendapatkan hasil kupasan yang maksimal dari mesin sebelumnya dan juga mengganti mesin penggerak utama menjadi 1/4 hp, penulis juga akan menambahkan *dimmer* sebagai pengontrol putaran dengan tujuan mendapatkan putaran yang cocok dengan dimensi dan bentuk tabung pengupas. Setelah dilakukannya modifikasi pada mesin ini diharapkan menjadi mesin yang lebih sederhana dengan kapasitas yang lebih besar dari mesin sebelumnya.

## METODE PENELITIAN

### Metode Mirip Reverse Engineering

Konsep *Reverse Engineering* di industri pada dasarnya adalah menganalisa suatu produk atau alat yang sudah ada sebelumnya sebagai dasar untuk merancang produk baru yang sejenis dengan meminimalisir kekurangan dan meningkatkan kualitas produk para kompetitornya. Pada metode mirip *Reverse Engineering* ini ada beberapa tahapan saja yang dilakukan dari sekian banyak tahap-tahapan yang ada pada metode *Reverse Engineering* berikut tahap-tahapan yang dilakukan pada metode mirip *Reverse Engineering*.

### Desain Alat Penelitian



Gambar 1 Desain Mesin

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kegiatan Benchmarking

Untuk tahapan ini penulis membandingkan mesin yang sudah dilakukan modifikasi dengan mesin sebelumnya baik dalam hal rancangan, daya motor yang digunakan, sistem transmisi, dimensi tabung pengupasan, dan juga variasi tabung pengupasan, untuk mengetahui perubahan apa saja yang akan dilakukan pada modifikasi mesin bisa dilihat pada Tabel 1 berikut.

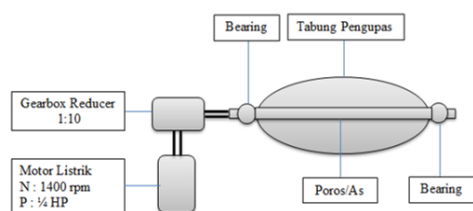
Tabel 1 Perubahan terhadap mesin

Komponen Mesin	Mesin Haqqi (2017)	Mesin hasil dimodifikasi
Dimensi Mesin	500 mm x 750 mm x 750 mm	500 mm x 970 mm x 800 mm
Motor listrik	375 watt	180 watt
Transmisi	<i>Pulley and Belt</i>	<i>Gearbox reducer 1:10</i>

Komponen Mesin	Mesin Haqqi (2017)	Mesin hasil dimodifikasi
Dimensi tabung pengupas	Panjang 300 mm & lebar 600 mm	Panjang 700 mm & lebar 600 mm
Kecepatan putaran	100 rpm	120 rpm

## 2. Melakukan Desain Modifikasi

Setelah selesai dilakukannya beberapa tahapan yang diatas kemudian tahap selanjutnya melakukan desain modifikasi mesin pengupas kulit bawang putih yang baru menggunakan *softwaresolidworks*.



Gambar 2 Mekanisme mesin modifikasi

## 3. Dua Variasi Tabung Pengupas

Tabung pengupas adalah tempat terjadinya proses pengupasan kulit bawang putih dengan cara berputar, tabung ini terbuat dari bahan *stainless steel* sehingga tidak terjadi kontaminasi dengan bawang sehingga menyebabkan ketidak sterilan terhadap bawang putih, berikut dua variasi tabung pengupas yang digunakan dalam penelitian ini.

### Tabung Pengupas Tanpa Poros Pengaduk

Pada tipe tabung pengupas ini tidak menggunakan komponen pembantu pengupasan seperti karet, poros, plat ataupun komponen lainnya, tipe tabung pengupas ini hanya memanfaatkan gesekan antara bawang putih dengan dinding tabung pengupas yang berlubang.



Gambar 3 Tabung pengupas tanpa poros pengaduk

Berikut proses pembuatan tabung pengupas tanpa poros pengaduk:

1. Menyiapkan plat *stainless steel* yang sebelumnya sudah dilubangi dengan diameter 10 mm dengan tinggi 700 mm dan lebar 600 mm.
2. Selanjutnya plat dilakukan pengerolan sehingga berbentuk tabung yang kemudian dihubungkan dengan menggunakan las dengan elektroda khusus untuk bahan *stainless steel*.

### Tabung Pengupas Tipe Karet Pengaduk

Pada tabung tipe karet pengupas tabung ditambahkan beberapa karet dengan panjang 19,5 mm, diameter badan 17 mm dan diameter kepala 32 mm dengan tujuan meningkatkan efektivitas proses pengupasan, karet ini diposisikan menjorok kebagian dalam tabung pengupas sehingga disaat proses pengupasan terjadi benturan antara karet dengan bawang putih.



Gambar 4. Tabung tipe karet pengaduk



Gambar 5. Karet pengaduk

Berikut proses pembuatan tabung dengan tipe karet pengaduk:

1. Lubangi beberapa bagian luar tabung pengupas dengan diameter 25 mm dengan jarak antara lubang satu dengan lainnya 15 mm.
2. Kemudian karet dimasukkan dengan cara bagian badan menjorok kebagian dalam tabung pengupas.



**Tahapan pengujian dengan bahan uji**

Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dipersiapkan bahan uji. Bawang putih dalam keadaan kering yang sudah terpisah dari bonggolnya. Tahap selanjutnya melakukan pengujian dengan menggunakan mesin yang sudah dirancang bangun, adapun langkah-langkah untuk melakukan proses pengujian ialah sebagai berikut:

1. Siapkan 3 sampel bawang dengan berat masing-masing sampel 1000 gram bawang putih.
2. Bawang dalam keadaan terpisah dari bonggolnya dan dijemur selama ±10 menit sebelum dimasukan ke dalam tabung pengupas.
3. Langkah selanjutnya bawang yang sudah dijemur dimasukan kedalam tabung pengupas.
4. Siapkan *stopwatch* untuk mengetahui berapa lama waktu yang sudah ditetapkan untuk proses pengupasan bawang.
5. Tekan tombol *ON* pada *dimmer* untuk memulai pengupasan dan tekan *OFF* jika proses pengupasan sudah mencapai waktu yang ditetapkan yaitu 25 menit. (sebelum dilakukannya pengujian menggunakan bawang, mesin sebelumnya sudah diatur putarannya menggunakan *dimmer* yaitu 120 rpm)
6. Bawang dikeluarkan dengan cara manual dari tabung pengupasan
7. Selanjutnya, lakukan pengambilan data pada bawang dengan cara menimbang bawang, data bawang yang diambil ialah bawang yang terkupas sempurna, bawang terkupas sebagian dan bawang tidak terkupas.
8. Selanjutnya lakukan langkah-langkah yang sama untuk pengujian sampel berikutnya.

**Data Hasil Pengujian Dengan Bahan Uji**

Hasil pengujian didapatkan setelah dilakukannya pengujian, pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel satu kali pengujian itu menggunakan berat bawang 1000 gram dalam waktu 25 menit, pengujian ini dilakukan dengan putaran tetap yaitu 120 rpm. Variasi tabung pengupas yang digunakan ada dua antara lain: tabung tanpa poros pengupas dan tabung menggunakan karet pengupas. Adapun hasil dari penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut.

**Tabel 2 Hasil pengujian tipe tabung tanpa poros pengupas**

Sampel	Terkelupas sempurna (gram)	Terkelupas Sebagian (gram)	Tidak terkelupas (gram)
1	230	420	320
2	190	370	410
3	260	430	290

Sampel	Terkelupas sempurna (gram)	Terkelupas Sebagian (gram)	Tidak terkelupas (gram)
Rata-rata	226,66	406,66	340



**Gambar 4 Hasil pengupasan bawang putih**

Kapasitas produksi mesin untuk tipe tabung tanpa poros pengupas adalah 23,46 gram/menit atau 2,88 kg/jam, dengan efisiensi produksi mesin adalah 58,6%.

Kendala terjadi diwaktu proses dimana bawang sudah banyak yang terkelupas dan bawang mulai mengikuti arah putaran tabung pengupas (terjadinya gaya sentrifugal), hal ini terjadi karena tabung pengupasan yang terlalu panjang dan bawang terbagi sepanjang tabung pengupasan sehingga tidak terjadi benturan ataupun gesekan, dan kondisi bawang yang sudah mulai berair sehingga melekat pada bagian dalam tabung pengupas, diwaktu proses pengupasan menuju 25 menit ada beberapa bawang saja yang tetap bergesekan dengan tabung pengupas.

Solusi: pada tipe tabung ini disesuaikan massa bawang yang akan diuji dengan diameter tabung pengupas, dan lakukan penjemuran lebih dari 10 menit sebelum pengujian, semakin kering bawang yang akan dikupas semakin bagus hasil pengupasan.

**Tabel 3 Hasil pengujian tipe tabung dengan karet pengaduk**

Sampel	Terkelupas sempurna (gram)	Terkelupas Sebagian (gram)	Tidak terkelupas (gram)
1	420	310	220
2	480	210	270
3	510	200	210
Rata-rata	470	240	233,33

Kapasitas produksi mesin untuk tipe tabung dengan karet pengaduk adalah 1,2198 kg/jam, dengan efisiensi produksi mesin adalah 47%.

Pada tipe tabung karet pengadukkendala yang ditemukan sama dengan tipe tabung poros pengaduk, akan tetapi bawang yang menempel tidak sebanyak tipe tabung poros pengaduk.

Solusi: Posisikan karet pengaduk dengan menyesuaikan arah putaran tabung pengupas sehingga disaat proses pengupasan berlangsung tidak ada bawang yang menempel dibagian karet.

### Membandingkan dan Menganalisa Peforma Mesin

**Tabel 4 Perbandingan hasil pengupasan**

	Mesin Haqqi (2017)	Mesin hasil dimodifikasi
<b>Kapasitas produksi mesin</b>	2541 gram/jam	2880 gram/jam
<b>Efisiensi produksi mesin</b>	86%	47-58,6%

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukam dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil modifikasi mesin pengupas kulit bawang putih dengan sistem *rotary* memiliki dimensi 970 mm x 500 mm x 800 mm dengan dua variasi tabung pengupas yang berdimensi 700 mm x 600 mm. Mesin ini menggunakan motor listrik berdaya  $\frac{1}{4}$  hp dengan sistem transmisi menggunakan *gearbox reducer* 1:10 dengan putaran akhir 120 rpm pada tabung pengupas, tabung pengupas kulit bawang yang telah dilakukan modifikasi mampu menampung 3000 gram bawang yang akan dikupas dalam satu kali proses pengupasan.
2. Kapasitas produksi mesin pengupas kulit bawang putih yang telah dilakukan modifikasi mampu mengupas sebanyak 2880 gram/jam pada tipe tabung tanpa poros pengaduk dan mampu mengupas sebanyak 1219,8 gram/jam pada tabung tipe karet pengaduk.
3. Efisiensi produksi mesin pengupas kulit bawang putih antara lain: untuk tipe tabung tanpa poros pengaduk adalah 58,6% dan untuk tipe tabung pengupas dengan karet pengaduk adalah 47%
4. Kondisi daging bawang setelah dilakukannya proses pengupasan adalah tidak terjadi kerusakan

seperti terkelupasnya bagian daging bawang, hal ini dikarenakan gesekan yang terjadi antara tabung pengupas maupun jenis komponen-komponen pembantu pengupasan bawang tidak berbentuk runcing ataupun berbentuk tajam sehingga diwaktu proses pengupasan tidak terjadi kerusakan akibat benturan ataupun gesekan antara bawang putih dengan tabung pengupas maupun dengan komponen-komponen pembantu yaitu karet pengupas.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Purwaningsih. 2005. *Bawang Putih*. Ganeca exact.
- [2] Haqqi, Amrul. 2017, *Rancang Bangun Mesin Pengupas Kulit Bawang Putih Sistem Rotary*.Skripsi.Bangka.Universitas Bangka Belitung.
- [3] Alfons, Gracia 2015, *Rancang Bangun Mesin Pamarut Portble Menggunakan Motor Listrik Ac Dengan Variasi Rpm*.Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Ekosistem 3.
- [4] Faradiba, Shevrina. 2014. *Efektivitas Bawang Putih (Allium Sativum) Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Epidermidis*.Jakarta.Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah.
- [5] Nur Moulia, Mona. 2018, *Anti Mikroba Ekstrak Bawang Putih*.Bogor.Institut Pertanian Bogor.
- [6] Indra, Kus. 2019. *Modifikasi Mesin Penggiris Bawang Menggunakan Motor Listrik Dengan Daya 200 Watt*.Skripsi.Bangka.Universitas Bangka Belitung.
- [7] Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cetakan 12. PT Pradya Paramita. Jakarta.
- [8] Izza, Dewi. 2020. *Elemen Mesin Modul 1. Perencanaan Poros* <https://www.slideshare.net/mobile/dewiizza/modul-1-46226785>.
- [9] Maizar, Nurul.2019. *Rancang Bangun Mesin Parut Kelapa Untuk Pakan Ternak Ayam Sistem Mata Pisau Horizontal*.Skripsi.Bangka.Universitas Bangka Belitung.
- [10] Wibowo, 2006. *Memahami Reverse Engineering Melalui Pembongkara Produk Di Program S-1 Teknik Mesin*.

#### Petunjuk Umum

Panjang maksimal sebuah jurnal ilmiah adalah 6 - 8 halaman dengan penulisan spasi tunggal, *justify*, huruf Times New Roman ukuran 10 point *regular* dan format penulisan kolom *double*. Artikel ilmiah menggunakan kertas ukuran A4 (210 x 297 mm) dengan penulisan batas tepi kiri, atas, kanan, dan bawah, secara berurutan masing-masing adalah 3 cm, 2.5 cm, 2.5 cm, dan 2.5 cm. Batas kepala dan kaki area tulisan (*header* dan *footer*) adalah 1.5 cm dan 1.3 cm. Permulaan alinea ditulis menjorok ke dalam 1 cm. Semua istilah asing dicetak miring (*italic form*).

#### Petunjuk Penulisan

Petunjuk penulisan antara lain sebagai berikut:

##### 1. Judul Jurnal Ilmiah

Memberi gambaran penelitian yang telah dilakukan. Berisi maksimal 15 kata. Times New Roman 11, spasi 1, spacing after 6 pt dan ditebalkan (*Bold*).

##### 2. Nama penulis

- Nama penulis tanpa menggunakan gelar, ditulis di bawah judul. Jarak antara judul dan nama penulis diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, *Bold*.
- Nama program studi dan fakultas (nama lembaga) ditulis di bawah nama penulis. Jarak antara nama penulis dan lembaga diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, spacing after 6 pt.
- Email penulis pertama ditulis di bawah nama lembaga. Email ditulis dengan ukuran huruf Times New Roman 10 pt dan dicetak miring (*italics*). Jarak antara nama lembaga dan email spacing after 6 pt., dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt.

##### 3. Abstrak

Abstrak hanya satu paragraf maksimum 250 kata, memuat uraian singkat mengenai masalah dan tujuan penelitian, metode yang digunakan, dan hasil penelitian. Tekanan penulisan abstrak terutama pada hasil penelitian. Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Kata kunci perlu dicantumkan untuk menggambarkan ranah masalah yang diteliti dan istilah-istilah pokok yang mendasari pelaksanaan penelitian. Kata-kata kunci dapat berupa kata tunggal atau gabungan kata. Jumlah kata kunci 3-5 kata. Kata kunci ini diperlukan untuk komputerisasi. Pencarian judul penelitian dan abstraknya dipermudah dengan kata-kata kunci tersebut. Pengetikan abstrak dilakukan dengan spasi tunggal, huruf Times New Roman 10, spacing before 12 pt, after 2 pt.

##### 4. Pendahuluan

Pendahuluan memuat latar belakang penelitian secara ringkas dan padat, dan tujuan. Dukungan teori tidak perlu dimasukkan pada bagian ini, tetapi penelitian sejenis yang dilakukan dapat dinyatakan. Pengetikan menggunakan huruf Times New Roman 10, spasi 1, spacing before 12 pt, after 2 pt.

##### 5. Metode penelitian

Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian itu dilakukan. Materi pokok bagian ini adalah : (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen; (4) dan teknik analisis data. Untuk penelitian menggunakan alat dan bahan, perlu dituliskan spesifikasi alat dan bahannya. Spesifikasi alat menggambarkan kecanggihan alat yang digunakan sedangkan spesifikasi bahan menggambarkan bahan yang digunakan.

Untuk penelitian kualitatif seperti penelitian tindakan kelas, etnografi, fenomenologi, studi kasus dan lain-lain, perlu ditambahkan kehadiran peneliti, subjek penelitian, informan yang ikut membantu beserta cara-cara menggali data-data penelitian, lokasi dan lama penelitian serta uraian mengenai pengecekan keabsahan hasil penelitian.

##### 6. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengaitkan studi empiris atau teori interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak bisa mencapai 50% atau lebih.

##### 7. Penutup

Bagian ini memuat kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran dapat dibuat dalam sub bagian terpisah. Kesimpulan menjawab tujuan, bukan mengulang teori, berarti menyatakan hasil penelitian secara ringkas. Saran merupakan penelitian lanjutan yang dirasa masih diperlukan untuk penyempurnaan hasil penelitian supaya berdaya guna. Penelitian tentunya tidak selalu berdaya guna bagi masyarakat dalam satu kali penelitian, tapi merupakan rangkaian penelitian yang berkelanjutan.

##### 8. Daftar Pustaka

Bagian ini hanya memuat referensi yang benar-benar dirujuk. Dengan demikian, referensi yang dimasukkan pada bagian ini akan ditemukan tertulis pada bagian-bagian sebelumnya. Sistematika penulisannya adalah mengikuti format Mendeley

#### **9. Penulisan persamaan**

Penulisan persamaan dalam *font* Times New Roman atau *font* Symbol menggunakan ukuran 11 point dengan menuliskan Nomor Persamaan yang diletakkan di dalam kurung pada akhir margin kanan yaitu (1), (2) dan seterusnya. Nomor persamaan harus berurutan. Penulisan persamaan diberi jarak satu spasi pada sebelum dan sesudah penulisannya.

#### **10. Penyajian Gambar dan Tabel**

Nama Tabel ditulis di atas tabel pada sisi kiri dan bernomor urut dengan huruf tebal (*bold*). Antara Nama Tabel dan tabel tidak ada spasi. Tabel dibuat rata tengah, hanya terdiri dari tiga garis horisontal dengan ketentuan satu garis di atas tulisan kepala tabel dan satu garis yang mengapitnya, serta satu garis lagi berada pada bagian paling bawah dari isi tabel. Antara tabel dengan teks dibawahnya diberi jarak satu spasi, demikian juga sebelumnya.

Gambar dibuat rata tengah dengan Nomor Urut dan Nama Gambar diletakkan di bawah gambar. Jarak gambar dengan Nama Gambar adalah satu spasi, demikian juga dengan jarak antara Nama gambar dengan teks dibawahnya. Penulisan Nama Gambar dengan huruf tebal dan rata tengah. Jika Tabel atau Gambar diambil dari sumber lain atau bukan hasil penelitian penulis, harus dicantumkan sumber kutipannya.

Template Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung

**JUDUL (Style JUDUL :Times New Roman, 11 pt, Bold, huruf kapital, Maks 15 Kata, Line Spacing Single, Spacing After 6 point )**

<Style normal : font 10 point, Line Spacing Single>

Nama penulis <sup>1</sup>, nama penulis<sup>2</sup> (Style Penulis :11 pt, Bold, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

<sup>1</sup> Program Studi, Fakultas, Universitas (Style Keterangan :11 pt, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

Alamat Universitas

<sup>2</sup> Program Studi, Fakultas, Universitas

Alamat Universitas

Email penulis <sup>1</sup>

<Style normal>

**Abstrak (Style Absrak: 10 pt, Bold)**

<Style normal>

Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia, terdiri dari satu paragraf, memuat tujuan, metode penelitian yang digunakan dan hasil (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

**Kata kunci** : maksimum lima kata kunci. aaaa, bbbb, cccc, dddd, eeee. (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

***Abstract (10 pt, Bold) (Style Absrak: 10 pt, Bold, Italic)***

<Style normal>

Abstrak ditulis dalam Bahasa Inggris, satu paragraf, memuat tujuan, metode penelitian yang digunakan dan hasil. (Style Isi Abstrak :10 pt, Italic, Line Spacing Single)

<Style normal>

**Key words** : maksimum lima kata kunci. aaaa, bbbb, cccc, dddd, eeee. (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

**PENDAHULUAN (SEMUA JUDUL BAB MENGGUNAKAN (STYLE JUDUL BAB: 10 PT, BOLD, LINE SPACING SINGLE, SPACING BEFORE 24 POINT, SPACING AFTER 12 POINT))**

Pendahuluan memuat latar belakang penelitian secara ringkas dan padat, dan tujuan. Dukungan teori tidak perlu dimasukkan pada bagian ini, tetapi penelitian sejenis yang sudah dilakukan dapat dinyatakan. (Isi jurnal menggunakan (Style Isi Jurnal: 10 pt, Line Spacing Single)

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan prosedur dan teknik penelitian. Antara satu penelitian dengan penelitian yang lain, prosedur dan tekniknya akan berbeda. Kalau tidak berbeda, berarti penelitian itu hanya mengulang penelitian yang sudah ada sebelumnya. Tapi bukan berarti harus berbeda semuanya. Untuk penelitian sosial misalnya, populasi

penelitian mungkin saja sama, tapi teknik samplingnya berbeda, teknik pengumpulan datanya berbeda, analisis datanya berbeda, dan lain.lain. Mohon diuraikan dengan jelas, bukan hanya mengopi dari penelitian lain. Kalau mau disertakan penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam kategori penelitian yang mana, mohon diperhatikan dengan baik, jangan asal mengopi. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengkaitkan studi empiris atau teori untuk interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak, bisa mencapai 50% atau lebih. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

Jika menggunakan tabel, maka penulisannya seperti pada tabel 1.

**Tabel 1 Nama Tabel (Style Captiom: 10 pt, Bold, Line Spacing Single, Aligment center, Spacing Before 6 point, Spacing after 6 point)**

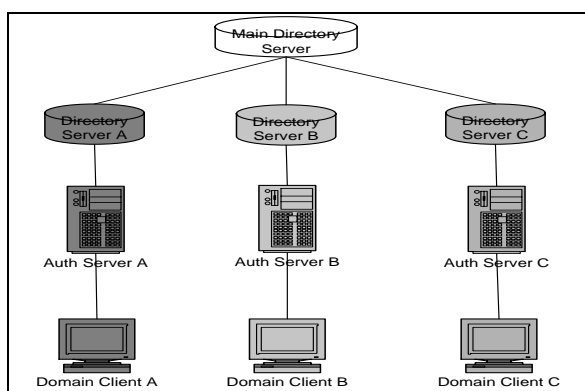
| Kolom 1 | Kolom 2 | Kolom 3 | Kolom 4 |
|---------|---------|---------|---------|
|         |         |         |         |
|         |         |         |         |
|         |         |         |         |

Sumber : xxxxxxxx

<Style normal>

Jika menggunakan gambar, maka penggambarannya dibuat sebagai berikut:

<Style normal>



(Style Posisi Gambar: Line Spacing Single, Aligment center, Spacing Before 12 point)

**Gambar 1 Nama Gambar (Style Caption: 10 pt, Bold, Aligment center, Line Spacing Single, Spacing Before 6 point, Spacing after 6 point)**

Rumus menggunakan (style Rumus: 10 pt, Indentation left 0,63, Line Spacing Single, Spacing after 6 point, Tab stops 7,5 cm Right leader) dengan bentuk sebagai berikut:

$$Y=ax+bx \dots\dots\dots(1)$$

**Citation And Reference List**

Penunjukan sitasi dengan menggunakan tanda kurung [1]. Tanda baca kalimat mengikuti tanda kurung [2]. Berbagai referensi [2], [3] masing-masing diberi nomor dengan kurung terpisah [1] - [3]. Saat mengutip bagian dalam buku, tolong berikan nomor halaman yang relevan. Dalam kalimat, merujuk hanya ke nomor referensi, seperti pada [3]. Jangan gunakan "Ref. [3]" atau "referensi [3]" kecuali pada awal kalimat: "Hossain [3] menunjukkan ..."

Cobalah untuk menghindari catatan kaki. Berikan semua nama penulis; jangan gunakan "et al." Gunakan spasi setelah inisial penulis. Makalah telah dikirimkan untuk publikasi atau yang belum diterima atau dipublikasikan tidak perlu dikutip. Makalah yang telah diterima untuk publikasi, tetapi belum ditentukan untuk masalah ini harus terdaftar sebagai "Dalam pers" [5]. Referensi adalah lekukan gantung 5mm.

**KESIMPULAN**

Berisikan kesimpulan hasil dari pembahasan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih diperkenankan bagi penulis dengan memberikan ucapan terima kasih kepada lembaga yang membiayai penelitian tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Moghal A. A. B., Dafalla M. A., Elkady T. Y., and Al-Shamrani M.A., Lime Leachability Studies on Stabilized Expansive Semi-Arid Soil. International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 18, 2015, pp.1467-1471.
- [2] Awal A.S.M.A, Hosseini H. and Hossain M.Z., Strength, Modulus of Elasticity and Shrinkage Behaviour of Concrete Containing Waste Carpet Fiber, International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 17, 2015, pp. 1441-1446.
- [3] Hossain M.Z., For Chapter in a Book, Soil Mechics, 4th ed. Vol. 2, Sakai, Ed. Sankeisha Publisher's Name, Year, pp. 11-60.
- [4] Author H., A Book New York Publisher, Year, pp.1-200.
- [5] Annnn B., Unpublished Work but Accepted, Vol., Issue, Year.
- [6] Kimura S., Journal Paper Title, J. of Computer Science, Vol. 1, Issue 2, 1987, pp. 23-49.
- [7] Islam M.R., Conference proceedings, in Proc. 2nd Int. Conf. on GEOMATE, 2011, pp. 8-13.
- [8] Hossain M.Z. and Awal A.S.M.A., Experimental Validation of a Theoretical Model for Flexural Modulus of Elasticity of Thin Cement Composite, Const. Build. Mat., Vol.25, No.3, 2011, pp.1460-1465.



**MACHINE** Jurnal Teknik Mesin

**Alamat Redaksi :**

Gedung Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik  
Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung  
Balujuk, Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka Belitung  
Laman : [journal.ubb.ac.id/index.php/mesin](http://journal.ubb.ac.id/index.php/mesin)  
e-Mail : [mesinubb@yahoo.com](mailto:mesinubb@yahoo.com)

