

# ANALISIS FATIGUE POROS POMPA VAKUM

*By* Hendri Chandra



# SEMINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMPUNG, 27 -28 AGUSTUS 2007

TEMA :  
PERAN STRATEGIS SAINS DAN TEKNOLOGI  
DALAM UPAYA PENINGKATAN  
DAYA SAING BANGSA.

## PROSIDING



ISBN 978-979-15535-2-0



9 789791 553520



LEMBAGA PENELITIAN - UNIVERSITAS LAMPUNG

Gd. Rektorat Lt. V, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no.1

Gedong Meneng - Bandar Lampung

Telp. (0721) 705173, Fax. 773798

e-mail : [satek2007@unila.ac.id](mailto:satek2007@unila.ac.id), website : <http://lemlit.unila.ac.id/satek>

# <sup>4</sup>**PROSIDING**

**Seminar Nasional Sains dan Teknologi**



**UNIVERSITAS LAMPUNG**  
**BANDAR LAMPUNG**  
**DESEMBER 2007**

**1**  
**PROSIDING**  
**Seminar Nasional Sains dan Teknologi**

Agustus 2007

**Penyunting :**

Dr. John Hendri, M.S.  
Dr. Warsito, D.E.A.  
Dr. Sutopo Hadi  
Dr. Irwan Ginting Suka, M.Sc.  
Dr. Ahmad Zakaria  
Dr. Wamiliana, MSc  
Dr. Eng. Admi Syarif.  
Drs. Bambang Irawan, M. Sc.  
Dr. Bartoven Vivit Nurdin  
Wasinton Simanjuntak, Ph.D.

**Penyunting pelaksana:**

Yasir Wijaya, S.Si.  
Widyastuti, A.Md.

Prosiding Seminar Hasil-Hasil  
Seminar Sains dan Teknologi :  
Agustus 2007 / penyunting,  
John Hendri ... [et al.].—Bandar  
Lampung : Lembaga Penelitian  
Universitas Lampung, 2007.  
xiv +1391 hlm. ; 21 x 29,7 cm

ISBN 978-979-15535-2-0



**2**

Diterbitkan oleh :

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no. 1 Gedungmeneng

Bandarlampung 35145

Telp. (0721) 705173, 701609 ext. 136, 138,

Fax. 773798,

e-mail : [lemlit@unila.ac.id](mailto:lemlit@unila.ac.id)

[www.unila.ac.id](http://www.unila.ac.id)

<b>Kajian Agensia Bioteknologi, Bakteri Asam Laktat, Sebagai Starter Untuk Produksi Tempoyak</b> Neti Yuliana .....	871
<b>Analisis Kebutuhan Energi Industri Agro Dan Kimia</b> Hermawan Thaheer dan Sawarni Hasibuan .....	885
<b>Pengaruh Berbagai <i>Breed</i> Kambing Terhadap Performan Karkas</b> Didik R., Muhtarudin, Idalina H dan A.Dakhlan .....	897
<b>Peningkatan Manfaat Pengolahan Kelapa Melalui Teknik Proses Sederhana Menjadi VCO</b> Tutu Petrus Basuki.....	909
<b>Karakterisasi Tepung Ubi Jalar (<i>Ipomoea Batatas L.</i>) Varietas Shiroyutaka Serta Kajian Potensi Penggunaannya Sebagai Sumber Pangan Karbohidrat Alternatif</b> Beni Hidayat.....	918
<b>Kinerja Manajemen <i>Drop-Fill</i> Dalam Pengurangan Penggunaan Air Tanah Dan Air Limpasan Pada Akuakultur Di Amerika Serikat Bagian Tenggara</b> Sugeng Triyono .....	933
<b>Analisis Fatigue Poros Pompa Vakum</b> Hendri Chandra dan Hasan Basri .....	946
<b>Pengembangan Teknologi Pembuatan Serbuk Instan Sari Buah Sirsak (<i>Anona Muricata Linn.</i>) Secara Sederhana Dari Sukrosa Yang Ditambahkan</b> Agus Triyono.....	954
<b>Respon Beberapa Varietas Kedelai Terhadap Serangan Ulat Perusak Polong (<i>Helicoverpa Armigera</i> Hubner)</b> Amrizal Nazar .....	962
<b>Karakter Agronomi 16 Genotipe Jagung Bersari Bebas</b> Amrizal Nazar .....	967
<b>Dampak Pemberian Makanan Tambahan Dari Bahan Makanan Campuran (BMC) Berbasis Tempe Terhadap Prestasi Belajar Anak Sekolah Dasar</b> Dini Ariani dan M. Angwar .....	976



## ANALISIS *FATIGUE* POROS POMPA VAKUM

**Hendri Chandra dan Hasan Basri**

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl Raya Prabumulih Indralaya Ogan Ilir*

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis *fatigue*/kelelahan bahan yang terjadi pada sebuah poros pompa vakum pada suatu pabrik gula. Kegagalan/kerusakan poros tersebut berupa patah menjadi dua bagian yang terjadi pada bagian dimana mur pengikat *impeller* yang mengalami proses pengelasan. Pengelasan yang dilakukan antara poros dan mur dimaksudkan agar *impeller* terpasang lebih kuat. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pemeriksaan visual, pemeriksaan *fraktografi*, pemeriksaan *metallografi* dan pemeriksaan kekerasan. Kesimpulan menunjukkan bahwa kerusakan poros tersebut disebabkan oleh *fatigue*/kelelahan bahan yang dipicu oleh kesalahan operator didalam melakukan proses pengelasan pada mur pengikat ke poros yang mengakibatkan proses pengelasan pada poros akibat terjadinya perubahan fasa getas *martensit* pada permukaan poros. Akibat dari pengelasan tersebut muncul juga cacat las yang menjadi pemicu awal kerusakan sebagai awal dari awal retak. Dengan adanya beban *fatigue* maka terjadilah perambatan retak yang ditunjukkan dengan adanya *beach mark* dan *striasi*.

**Kata kunci** : *Fatigue, Martensit, Cacat Las, Awal Retak, Perambatan Retak, striasi.*

### 1. PENDAHULUAN

Proses pengolahan tebu menjadi gula adalah proses kristalisasi, pada proses ini nira kental dipanaskan secara terus-menerus sampai melewati fase kejenuhan dan akan membentuk kristal gula, pemanasan dilakukan dengan cara pendidihan dengan suhu rendah dalam bejana khusus yang dibuat vakum.

Untuk menjaga agar tekanan di dalam bejana vakum tersebut tetap stabil maka uap air hasil pemanasan nira didalamnya harus dikeluarkan secara terus-menerus dengan menggunakan pompa. Pompa tersebut berfungsi menghisap uap air dari dalam pompa vakum untuk selanjutnya dibuang keluar. Jika pompa mengalami kerusakan maka kerja vakum akan terganggu dan berpengaruh pada produktivitas pabrik.

Salah satu masalah teknik yang ada pada pabrik gula tersebut adalah kerusakan poros pompa penghisap uap vakum. Kerusakan tersebut adalah patahnya poros pompa pada ulir tempat mur pengikat poros dengan *impeller*.



Kegagalan lelah semakin menonjol sejalan dengan perkembangan peralatan teknologi seperti : mobil, pesawat terbang, kompresor, pompa, turbin dan lain-lainnya. Kesemuanya itu mengalami beban berulang dan getaran. Hingga kini sering dinyatakan bahwa kelelahan meliputi paling tidak 90% dari seluruh kegagalan yang disebabkan oleh hal-hal yang bersifat mekanis [1].

Menurut Michael Schunke (University of Southampton), kegagalan lelah dimulai dengan retak (biasanya terdapat pada permukaan bebas) yang terjadi pada takikan. Kegagalan lelah adalah hal yang sangat membahayakan, karena terjadi tanpa petunjuk awal. Kelelahan mengakibatkan patah yang terlihat rapuh, tanpa deformasi pada patahan tersebut. Pada skala makroskopik, permukaan patahan biasanya dikenal dari bentuk bidang perpatahan, ada bagian halus akibat gesekan yang terjadi sewaktu retak merambat dan daerah kasar, perpatahan ulet terjadi pada waktu penampang tidak dapat menerima beban. Seringkali perkembangan retakan ditandai oleh sejumlah cincin atau "garis pantai" (beach mark), bergerak kedalam dari titik dimana kegagalan mulai terjadi. Karakteristik kelelahan yang lain yaitu bahwa suatu kegagalan biasanya terjadi pada bagian dimana terdapat konsentrasi tegangan seperti sudut yang tajam, takikan, atau pada tempat dimana terdapat konsentrasi tegangan metalurgis, seperti inklusi.

## 2. METODE PENELITIAN

Prosedur pelaksanaan penelitian tugas akhir digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :

### 2.1 Pengumpulan Data

Material poros pompa yang mengalami kegagalan berukuran panjang 115,7 cm dengan diameter 7,8 cm. Poros yang akan diteliti ini merupakan poros pengganti karena poros yang asli sudah rusak jauh sebelum kerusakan terakhir terjadi, karena itu bahan material poros yang mengalami kegagalan ini tidak lagi sesuai dengan material standard yaitu baja AISI 4340. Tidak diketahui dengan jelas spesifikasi material yang digunakan sebagai bahan poros, karena itu sifat fisik dan sifat mekanik material poros juga tidak diketahui dengan pasti. Proses manufaktur poros dibuat dengan cara dibubut. Pada pemasangan mur pengikat poros dengan impeller dilakukan pengelasan.

#### 1. Data Operasi

- Fluida yang dipindahkan adalah air dan uap yang dihisap dari bejana vakum untuk dibuang keluar

- Suhu uap input :  $\pm 3000C$

- Suhu air output :  $\pm 450C$
- Waktu operasional : 24 jam sehari selama enam bulan dalam setahun.

Tabel 1. Spesifikasi motor penggerak pompa

Putaran (rpm)	Daya (kW)	Voltase (V)	Frekuensi (Hz)
1475	75	380	50

## 2. Data material

Tabel 2. Komposisi kimia material poros

Unsur	C	Mn	Cr	Ni	Mo	Si	P	S	Cu
%Berat	0,196	1,44	0,173	0,124	0,035	0,211	0,021	0,022	0,195

Tabel 3. Komposisi kimia baja AISI 4340

Unsur	C	Mn	Cr	Ni	Mo	P	S	Si
% Berat	0,4	0,70	0,80	1,80	0,25	0,035	0,04	0,22

Tabel 4. Sifat Mekanik AISI 4340 ( pada suhu 250C, dianil pada 810 0C)

Kekuatan tarik, $\sigma_u$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan luluh, $\sigma_y$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Regangan, e (%)	Kekerasan (VHN)
75,9	48,14	22,0	228

## 3. Lokasi Kerusakan

Lokasi patahnya poros yaitu pada ulir tempat pemasangan mur pengikat poros dengan impeller seperti ditunjukkan pada Gambar.1.



Gambar 1 Lokasi Terjadinya Patahan

## 4. Kronologis Kerusakan

Poros pompa dipasang pada tanggal 31 Agustus 2006, pompa langsung dioperasikan selama 24 jam setiap hari secara terus-menerus. Patahnya poros pompa terjadi secara tiba-tiba pada saat operasi, ini bisa diketahui dengan melihat bila pompa tidak mengeluarkan output tetapi motor listriknya terus berputar dan terjadi getaran yang kuat di dalam pompa. Indikasi kerusakan pompa juga bisa diketahui yaitu dengan adanya penurunan tekanan yang ditunjukkan pada alat pengukur tekanan pada bejana vakum



karena uap di dalam bejana vakum tersebut tidak dikeluarkan. Pada tanggal 7 Oktober 2006 poros pompa kembali patah.

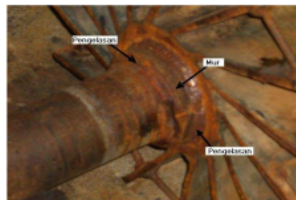
#### 5. Sejarah Kerusakan

Patahnya poros pompa merupakan kejadian yang telah berulang kali terjadi sejak pompa dioperasikan pada tahun 1990, kegagalan poros pompa tersebut terjadi dengan jangka waktu yang tidak tentu.

Umumnya umur operasi poros pada saat kerusakan terjadi yaitu kurang lebih satu bulan. Umur operasi dari poros pompa yang diteliti pada saat mengalami kegagalan adalah 37 hari.

#### 6. Pengelasan

Pengelasan dilakukan oleh para operator pada mur pengikat poros dengan impeller dengan maksud untuk memperkuat ikatan poros dengan impeller tersebut. Pengelasan dilakukan dengan las busur listrik tanpa menggunakan spesifikasi prosedur pengelasan yang jelas.



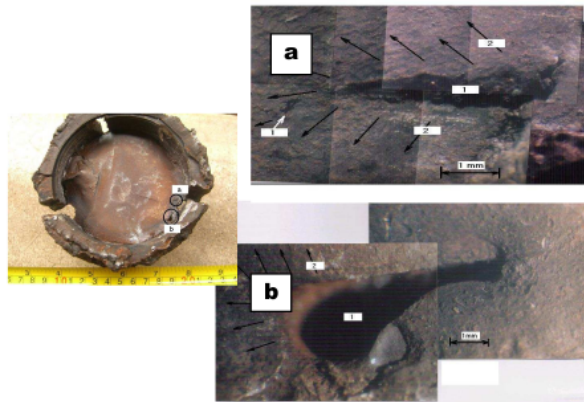
**Gambar. 2** Lokasi Pengelasan

### 2.2 Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan secara visual dilakukan pada permukaan poros yang patah. Dari Gambar 3 dapat terlihat bahwa kegagalan terjadi karena lelah, kegagalan lelah bisa dikenali dari bentuk bidang perpatahan yang terbagi menjadi dua, yaitu bagian permukaan yang halus yaitu daerah patah getas yang terjadi sewaktu retak merambat, dan daerah kasar berupa perpatahan ulet yang terjadi pada bagian akhir patahan.

3  
Akibat proses pengelasan, pada daerah HAZ terjadi cacat-cacat las yaitu retak sehingga pada cacat-cacat tersebut terjadi konsentrasi tegangan yang menjadi awal retakan, sehingga poros mengalami patah lelah yang berawal dari retak tersebut.

### 2.3 Fraktografi



**Gambar 3** Pengamatan dengan mikroskop stereo

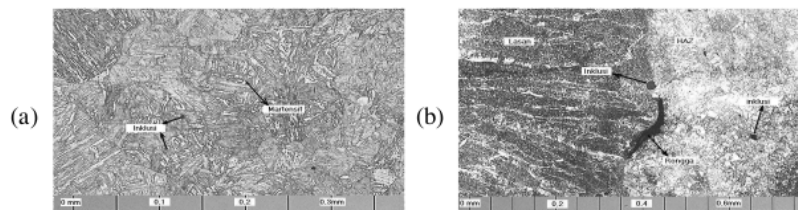
Fraktografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo untuk mengamati bentuk cacat-cacat yang terjadi pada permukaan patahan. Cacat-cacat tersebut dapat dilihat lebih detil dengan mikroskop stereo seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari gambar hasil pengamatan dengan mikroskop stereo kita bisa mengamati cacat-cacat makro pada permukaan patah. Pada gambar 3(a) terlihat adanya retak pada permukaan patahan, retak tersebut menjadi awal terjadinya patahan dapat dilihat dari pola rambatan retak yang berasal dari retak tersebut.

### 2.4 Pemeriksaan Metallografi

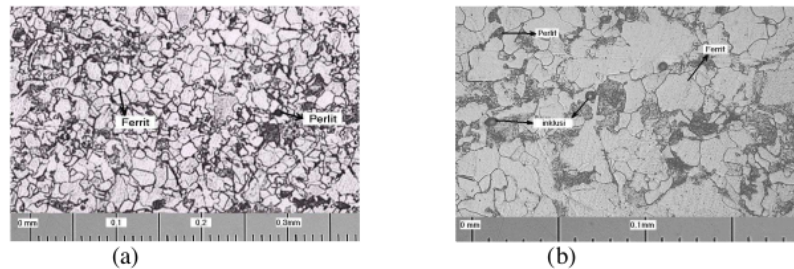
Pemeriksaan metallografi dilakukan pada bagian poros yang rusak dan bagian poros yang tidak rusak. Hal itu dilakukan untuk melihat apakah ada perubahan-perubahan struktur mikro yang terjadi pada material poros. Hal ini sangat penting karena perubahan struktur mikro dapat menyebabkan perubahan sifat mekanik dari suatu material.

#### Pemeriksaan Metallografi pada Bagian Poros yang Rusak



**Gambar.4** Struktur mikro bagian poros yang rusak pembesaran 300x (a), Struktur mikro pada daerah lasan (150x) (b)

### Pemeriksaan Metallografi pada Bagian Poros yang Tidak Rusak



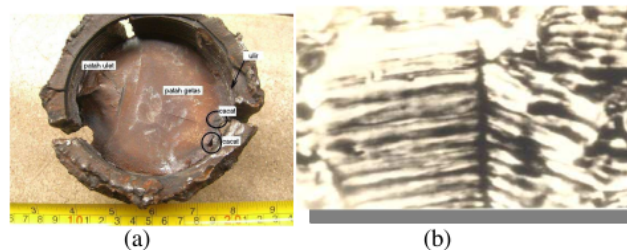
**Gambar.5** Struktur mikro bagian poros yang tidak rusak pembesaran 300x (a), dan pembesaran 600x (b)

Pada Gambar 9a,b di atas ditunjukkan bahwa struktur mikro bagian poros yang rusak pada daerah HAZ mengandung banyak martensit. Martensit tersebut terbentuk akibat pemanasan karena proses pengelasan dan pendinginan cepat pada material, menyebabkan daerah HAZ menjadi getas. Struktur mikro pada bagian poros yang rusak berbeda jauh dengan struktur mikro pada bagian poros yang tidak rusak dimana pada bagian yang tidak rusak terdapat ferrit dan ferlit, tidak terdapat martensit karena bagian ini tidak terpengaruh pemanasan karena proses pengelasan.

Terdapat inklusi pada struktur mikro material yang rusak, cacat ini kemungkinan terjadi akibat proses pengelasan. Inklusi juga terdapat pada bagian material hal ini menunjukkan bahwa material poros yang mengalami kegagalan berkualitas rendah karena banyak terdapat cacat-cacat pada material.

Pada daerah pengelasan selain terdapat inklusi juga terlihat adanya rongga antara logam lasan dengan logam induk, hal ini menunjukkan bahwa prosedur pengelasan yang kurang baik. Pada rongga dan inklusi tersebut juga bisa terjadi konsentrasi tegangan yang bisa menyebabkan retak.

### 2.4 Pemeriksaan Scanning Electron Mikroskop



**Gambar.6** Fraktografi (a). Scanning electron mikroskop (b)



### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Kegagalan poros pompa terjadi secara tiba-tiba pada saat operasi, ini bisa diketahui dengan melihat bila pompa tidak mengeluarkan output tetapi motor listriknya terus berputar dan terjadi getaran yang kuat di dalam pompa. Indikasi kerusakan pompa juga bisa diketahui yaitu dengan adanya penurunan tekanan yang ditunjukkan pada alat pengukur tekanan pada bejana vakum karena uap di dalam bejana vakum tersebut tidak dikeluarkan.

Karena kejadian yang sama sudah sering terjadi, tindakan yang dilakukan adalah mengganti poros yang patah dengan poros yang baru. Poros yang baru dibuat dari material yang berbeda dari material poros yang asli. Proses manufaktur poros dikerjakan dengan cara pembubutan. Pada poros terdapat ulir yang merupakan tempat pemasangan mur yang berfungsi untuk memperkuat pemasangan poros dengan impeller. Pembubutan tersebut membuat garis alir pada ulir terputus-putus menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan sehingga bagian ulir menjadi daerah yang paling lemah.

Pada pemasangan mur pengikat poros dengan impeller dilakukan pengelasan. Pengelasan tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah yang terpengaruh pengelasan (HAZ). Pada daerah HAZ banyak mengandung martensit yang terjadi akibat pemanasan dari api las dan pendinginan cepat secara konduksi oleh logam induk sehingga kekerasan pada daerah HAZ menjadi meningkat tetapi bersifat getas. Selain itu, pengelasan juga mengakibatkan terjadinya cacat-cacat las seperti retak dan inklusi. Pada operasionalnya putaran poros yang tinggi menyebabkan material poros mengalami kelelahan yang bisa menyebabkan patah, kelelahan ini semakin cepat terjadi pada daerah ulir karena bersifat getas akibat pengaruh pengelasan dan terdapat konsentrasi tegangan pada ulir dan cacat akibat pengelasan yang menjadi awal retak.

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pelaksanaan penelitian tentang penyebab kegagalan yang terjadi pada poros pompa yang diawali dengan survey lapangan, pengumpulan data, pemeriksaan visual, fraktografi, metallografi dan pemeriksaan kekerasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan

Kegagalan yang terjadi pada material poros adalah patah lelah (fatigue fracture). Hal ini bisa dilihat dari permukaan patahan yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu daerah patah lelah yang terjadi pada waktu retakan merambat dan daerah patah ulet yang terjadi pada akhir patahan. Ciri adanya patah lelah ditunjukkan dengan adanya beachmark dan striasi pada permukaan patah.



Penyebab utama terjadinya kegagalan poros adalah karena dilakukannya proses pengelasan pada saat pemasangan mur pada daerah sekitar ulir, menyebabkan ulir menjadi daerah HAZ yang mengandung martensit sehingga ulir menjadi getas dan terdapat cacat-cacat akibat pengelasan yang menjadi awal retakan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- George E. Dieter, Sriati Djaprie, Edisi Ketiga, Erlangga 1993, "Metalurgi Mekanik Jilid 1".
- Harsono Wiryo Sumarto, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1991 "Teknologi Pengelasan Logam".
- Charlie R. Brooks, McGraw-Hill International Book Company, New York, 1993. "Metallurgical Failure Analysis",
- Jess J. Comer, Ph.D, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1990. "Fundamentals of Metal Fatigue Analysis".

Diterbitkan oleh :

## **LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro no. 1 Gedungmeneng

Bandarlampung 35145

Telp. (0721) 705173, 701609 ext. 136, 138,

Fax. 773798,

e-mail : [lemlit@unila.ac.id](mailto:lemlit@unila.ac.id)

[www.unila.ac.id](http://www.unila.ac.id)

ISBN 978-979-15535-2-0



9 789791 553520

# ANALISIS FATIGUE POROS POMPA VAKUM

---

## ORIGINALITY REPORT

---

6%

SIMILARITY INDEX

---

### PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="http://eprints.undip.ac.id">eprints.undip.ac.id</a> Internet	54 words — 2%
2	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet	35 words — 2%
3	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet	31 words — 1%
4	<a href="http://digilib.uin-suka.ac.id">digilib.uin-suka.ac.id</a> Internet	10 words — < 1%
5	<a href="http://ejurnal.binawakya.or.id">ejurnal.binawakya.or.id</a> Internet	8 words — < 1%

---

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF