

ISSN 1412 - 8810
Vol. VIII, No. 2, 2009

JURNAL TEKNIK



Diterbitkan oleh

Fakultas Teknik

Universitas Jenderal Achmad Yani

JURNAL TEKNIK

Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknologi

ISSN 1412-8810

Penanggung Jawab

H. Urip Subagjo
(Dekan Fakultas Teknik)

Pemimpin Umum

Asep Najmurrokhman

Pemimpin Usaha

Febrianto Adi Nugroho

Pemimpin Redaksi

Cucu Wahyudin

Penyunting Ahli

Prof. Waspodo Martodjo, Ir.
Prof. Dr. Bambang Sutjiatmo
Prof. Dr. R. J. Widodo
Dr. Ing. Ir. Soepono Adi Dwiwanto
Dr. TMA. Ari Samadhi Ir, M.Sc,
Sumargo, Ir., M.Sc., Ph.D
Endang Padminingsih Ir., M.Sc.
Dr. Ir. Oviyan Patra M.Sc.

Penyunting Mitra Bestari

Budi Santoso, Ph.D.
Institut Teknologi Sepuluh November
Dr. Ir. Bambang Widyanto M.Sc.,
Institut Teknologi Bandung

Penyunting Pelaksana

Pawawoi
Martijanti

Tata Usaha & Distribusi

Udin Komaruddin
Danang K.
Unen B

Jurnal Teknik – Diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani
Frekuensi terbit Jurnal Teknik dalam satu volume sebanyak 2 nomor per tahun pada setiap
bulan : April dan November. Penerbitan perdana Volume 1 Nomor 1 pada Mei 2002
Biaya berlangganan : Institusi Rp. 45.000,-/ tahun
 Individual Rp. 40.000,-/tahun
Biaya eceran : Rp. 25.000,-/nomor
No. Rekening Jurnal Teknik FT Unjani : BRI, 1107-01-001355-50-4

Alamat Penyunting dan Tata Usaha : Fakultas Teknik Universitas Jenderal
Achmad Yani Jl. Jend. Gatot Subroto (Samping PT PINDAD) Telp. (022) 7312741
Fax. (022) 7309433, E-mail : cyu517@yahoo.com

ISSN 1412 - 8810
Vol. VIII, No. 2, 2009.

JURNAL TEKNIK

Vol. VIII, No. 2, 2009



Diterbitkan oleh
Fakultas Teknik
Universitas Jenderal Achmad Yani

JURNAL TEKNIK
JURNAL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI

Vol. VIII, No. 2, 2009

DAFTAR ISI

Isolasi Enzim Bromelin dari Buah Nanas dan Aplikasinya pada Pembuatan Kecap Berbahan Baku Keong Mas Oleh : Febrianto Adi Nugroho.....	56 - 65
Perbandingan Sifat <i>Drawability</i> Material Kaleng Kemasan Biscuit dan Cat Tembok Oleh : P. Y. M. Wibowo N. dan Adi Ganda Putra.....	66 - 72
Karakteristik Proses Pelapisan Emas pada Plastik Resin ABS Oleh : Abrianto Akuan.....	73 - 81
Aplikasi Sistem Manufaktur Berbasis Web pada Industri Kecil Logam Pembuat Komponen (Studi Kasus di PT Nusa Integral Bandung) Oleh : Cucu Wahyudin.....	82 - 90
Ekstraksi <i>Virgin Coconut Oil</i> Menggunakan Mikroba <i>Rhizopus Oligosporuz</i> Oleh : Febrianto Adi Nugroho.....	91 - 102
Analisis Variasi Arus pada Pengelasan GMAW terhadap Sifat Mekanik Material SS-50 Oleh : Wiwin Widaningrum.....	103 - 108
The Effect of Chrom Element on Oxidation Behaviour of TiAl-based Alloy Oleh : Pawawoi.....	109 - 112

Isolasi Enzim Bromelin dari Buah Nanas dan Aplikasinya pada Pembuatan Kecap Berbahan Baku Keong Mas

Febrianto Adi Nugroho

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
E-mail : adinugroho2@yahoo.com

Abstrak. Bromelin merupakan enzim proteolitik yang berasal dari buah nanas (*Ananas comosus* dan *Ananas bracteatus*). Sebagai enzim proteolitik, bromelin mampu memecah molekul-molekul protein menjadi bentuk asam amino. Pada penelitian ini enzim bromelin digunakan dalam pembuatan kecap dari keong mas sebagai katalis. Pembuatan kecap dari keong mas tersebut bertujuan untuk memanfaatkan kandungan protein yang terdapat pada keong mas. Diharapkan masyarakat khususnya petani akan mendapatkan manfaat dan nilai tambah dari pengolahan tersebut dengan mengusahakan kecap keong mas sebagai penghasilan sampingan. Variabel yang dipelajari pada penelitian ini adalah perbandingan penggunaan komposisi antara bonggol nanas dengan keong mas pada perbandingan 1 : 1 (A), 1 : 2 (B), dan 1 : 3 (C) serta waktu proses hidrolisa enzimatis terhadap keong mas. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa kecap yang paling disukai adalah kecap yang dibuat dengan perbandingan 1 : 2 dengan lama proses pembuatan 3 hari.

Kata kunci : Bromelin, kecap, keong mas

1 Pendahuluan

Bromelin merupakan enzim proteolitik yang berasal dari buah nanas (*Ananas comosus* dan *Ananas bracteatus*). Sebagai enzim proteolitik, bromelin mampu memecah molekul-molekul protein menjadi asam amino. Karena kemampuannya tersebut, enzim bromelin ini sering digunakan sebagai pelunak daging. Pada penelitian ini enzim bromelin digunakan pada proses produksi kecap berbahan baku keong mas. Diharapkan masyarakat khususnya petani akan mendapatkan manfaat dan nilai tambah dari pengolahan tersebut dengan mengusahakan pembuatan kecap keong mas sebagai penghasilan sampingan.

2 Enzim Bromelin

Enzim bromelin dapat di ekstraksi dari batang nanas yang disebut *stem bromelin* atau dapat pula di ekstraksi dari buah yang disebut *bromelin bras (fruit bromelain)*. Penelitian tentang sifat-sifat enzim ini telah lama dilakukan dan telah diperoleh beberapa data yang menggambarkan sifat fisik dan kimianya. Bromelin batang dapat dipisahkan atas lima komponen proteolitik aktif yang berbeda dalam komposisi asam aminonya, dimana gugus amino ujung adalah *valine* sedangkan bagian ujung dari gugus karboksil adalah *glisine*.

Sifat-sifat fisik enzim bromelin antara lain ditemukan oleh YAMADA (1979) yang menyebutkan bahwa bromelin buah merupakan protein sederhana dengan titik isolistrik pada pH 4,6 dengan degradasi bertahap ditemukan bahwa asam amino ujung dari brome-

lin buah mempunyai susunan sebagai berikut : Alaval-Pro-Gln-Ser-Ile-Asp-Trp-Arg-Asp-Tyr-Gly-Ala. Sedangkan deretan asam amino disekitar bagian aktifnya yaitu : Asn-Pro-Cys-Gly-Ala-Cys, dimana Cys adalah gugus *cystein* aktif. Sedangkan bromelin batang termasuk golongan glikoprotein yaitu mengandung satu bagian oligosakarida pada tiap molekul, yang berikatan secara kovalen dengan rantai polipeptida enzim tersebut.

Enzim bromelin batang ini mempunyai keaktifan terhadap gugus -SH dan gugus ini merupakan tempat aktivitas hidrolisa katalitiknya, adapun deretan asam amino disekitar bagian aktifnya dapat ditunjukkan sebagai berikut, Cys-Gly-Ala-Cys-Trp-Asn-Gly-Asp-Pro-Cys-Gly-Ala-Cys-Trp-Cys menunjukkan bagian aktifnya.

Aktivitas enzim bromelin dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kematangan buah, pH, konsentrasi dan waktu inkubasi. Dengan demikian enzim tersebut mempunyai kisaran pH dan suhu tertentu yang memengaruhi kemampuan katalisisnya sehingga menyebabkan aktivitas enzim menjadi maksimum jika konsentrasi substrat dan enzim konstan (Lehninger, 1993).

Aktivitas enzim bromelin dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kematangan buah, pH, konsentrasi dan waktu inkubasi. Dengan demikian enzim tersebut mempunyai kisaran pH dan suhu tertentu yang memengaruhi kemampuan katalisisnya sehingga menyebabkan aktivitas enzim menjadi maksimum jika konsentrasi substrat dan enzim konstan (Lehninger, 1993). Apabila dilakukan variasi konsentrasi substrat maka dapat diketahui harga konstanta disosiasi enzim dengan substrat atau dikenal dengan KM. Selain itu juga dapat diketahui harga kecepatan maksimum pada konsentrasi substrat tertentu di mana gejala tersebut disebut dengan kinetika penjumlahan. Apabila enzim bekerja pada kondisi optimum tersebut, diharapkan diperoleh produk yang maksimal.

Kematangan buah : Hasil penelitian TOKKONG (1979) menunjukkan bahwa semakin matang buah maka enzim bromelin dalam buah tersebut semakin kurang aktif. Hal ini disebabkan pada waktu pematangan buah terjadi pembentukan senyawa tertentu, dalam hal ini enzim sebagai protein mungkin ikut terpakai dalam senyawa tersebut sehingga sebagian struktur enzim akan rusak, akibatnya keaktifannya pun berkurang. Disamping itu, buah yang masak menunjukkan pH 3,0-3,5, dan pada suasana asam sebagian enzim bromelin terdenaturasi atau mengalami perubahan konformasi struktur, sehingga keaktifannya berkurang.

Pengaruh pH : Aktivitas enzim bromelin optimum pada pH 6,5 dimana enzim mempunyai konformasi yang mantap dan juga mempunyai aktivitas yang maksimum. Apabila pH yang digunakan terlalu tinggi atau terlalu rendah akan terjadi beberapa perubahan yaitu denaturasi protein dengan kecepatan katalisa menurun. Pada pH rendah, enzim yang bermuatan negatif (E⁻) akan terprotonasi dan muatan negatif hilang. Reaksi yang terjadi adalah:



Sedangkan pada pH tinggi, SH⁻ pada enzim bromelin akan terionisasi dan muatan positifnya hilang.



Dengan demikian terlihat konsentrasi efektif E^- dan SH^- lebih rendah, maka kecepatan katalis enzim menurun.

Pengaruh suhu : Suhu optimum untuk enzim bromelin adalah $50^{\circ}C$, di atas dan dibawah optimal, energi kinetik molekul substrat maupun enzim cukup rendah sehingga kemungkinan substrat dan enzim untuk bertemu dan bereaksi kecil dan kecepatan reaksi menjadi rendah. Ditambahkan oleh HARROW dan MAZUR (1971), bahwa suhu optimum suatu enzim sangat dipengaruhi oleh kemurnian enzim tersebut.

Pengaruh konsentrasi dan waktu : Kecepatan katalis enzim meningkat pada konsentrasi yang lebih besar dan waktu yang lebih lama. Hal ini disebabkan adanya konsentrasi substrat untuk tiap mol enzim. Dengan bertambahnya mol enzim maka dengan konsentrasi substrat yang tentu akan menyebabkan kecepatan katalis semakin besar, walaupun hubungan ini bersifat linier. Waktu yang lebih lama akan menyebabkan daya kerja enzim untuk mengkatalis menjadi lebih lama dan tentunya akan menyebabkan hasil yang lebih banyak pula, bergantung dengan konsentrasi substrat yang ada.

3 Kecap

Terdapat tiga cara dalam pembuatan kecap yaitu fermentasi, hidrolisa kimia dan hidrolisa enzimatis, tetapi dapat juga dengan cara kombinasi. Pada pembuatan kecap keong mas ini dipakai cara hidrolisis enzimatis yaitu menggunakan enzim bromelin dari tongkol nanas yang telah diaktifkan. Pembuatan kecap keong mas hampir sama dengan kecap ikan dan biasanya rasa yang dihasilkan asin sehingga perlu penambahan gula untuk mengimbangi rasa asin tersebut.

Pembuatan kecap dengan fermentasi dan hidrolisa enzimatis tidak terlalu beda. Proses fermentasi menggunakan mikroba sebagai penghasil katalis sedangkan hidrolisa enzimatis menggunakan enzim bromelin sebagai katalis. Tetapi ada perbedaan yang sangat mencolok yaitu pada waktu proses dimana cara fermentasi memerlukan waktu 4 – 7 bulan sedangkan cara hidrolisa enzimatis hanya 3 – 5 hari sehingga waktu menjadi lebih efektif. Tetapi kekurangan kecap yang dibuat secara enzimatis aroma yang dihasilkan tidak sekuat kecap yang difermentasi tradisional. Kelemahan lainnya adalah terbentuknya senyawa-senyawa peptida tertentu yang berasa pahit dan bau yang kurang enak. Aroma yang kurang enak tersebut dapat dikurangi dengan menghentikan proses tersebut tepat sebelum terbentuknya senyawa peptida.

Pada pembuatan kecap dari keong sawah dengan cara hidrolisa enzimatis, cepatnya proses pembuatan kecap diakibatkan oleh penambahan nenas sebagai sumber enzim bromelin yang berfungsi menguraikan dan melarutkan protein yang terdapat pada daging keong mas. Selama proses hidrolisis berlangsung terbentuk asam glutamat dan asam butirat, selanjutnya keduanya diidentifikasi sebagai senyawa yang berpengaruh terhadap aroma yang baik pada kecap.

Kecap dari keong mas memiliki protein yang lebih tinggi daripada kecap dari bahan kedelai. Kecap dari keong mas mempunyai protein sebesar 5 persen dari berat basah, se-

dangkan kecap kacang kedelai hanya 2-3 persen dari berat basah. Persyaratan yang ditentukan oleh pemerintah untuk pembuatan kecap masih beragam menurut standar mutu barang No. 25/DSNPM/78, kecap perasa sedang yang diperdagangkan harus mengandung kadar protein kasar 3%, kadar garam 10%, kadar gula 10-20%, memiliki bau dan warna khas kecap, tidak mengandung logam berbahaya dan tidak berjamur.

Sedangkan persyaratan lain menurut standar industri No. 32/S.L/74 adalah :

- - Kadar protein : mutu I minimum 6%, mutu II minimum 2%
- - Logam-logam berbahaya (Hg,Pb,Cu,As): negatif
- - Keadaan (bau, rasa, dll) : normal

Kecap yang bemutu baik adalah kecap yang memenuhi syarat untuk kecap manis dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Syarat untuk kecap manis*

	Kandungan
BJ	Minimum 1,35
pH	4,62
Bau, rasa, dan warna	Normal/biasa
Garam (NaCl)	Maksimum 10%
Gula (jumlah sakarosa)	Minimum 35%
Reaksi terhadap lakmus	Tidak boleh alkalis
Zat pemanis dan warna buatan	Negatif
Bahan-bahan berbahaya	Negatif
Jamur	Negatif

*) Sumber : BALAI PENELITIAN KIMIA BANDUNG (1978)

4 Metode Penelitian

4.1 Bahan-bahan Kimia

Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah : pereaksi biuret, buffer phosphate 0,1 M pH 6,7,8, Amonium Sulfat, kasein 2%, TCA 20%, buffer asetat pH 5, pereaksi follin, L-sistein 0,1 M, NaOH 0,5 M, *Etanol absolute*, HCl.

Penetapan Variabel

Variabel yang diubah nilainya :

1. Penggunaan sumber enzim bromelin dari bonggol nanas (B1) yang terlebih dahulu dilakukan proses isolasi enzimatik (pengaktifan enzim).
2. Proses fraksinasi dengan amonium sulfat 0 – 20%, 20 – 40%, 40 – 60%
3. Perbandingan penggunaan komposisi antara bonggol dengan keong mas pada perbandingan 1 : 1 (A), 1 : 2 (B), dan 1 : 3 (C).
4. Waktu proses hidrolisa enzimatik terhadap keong mas : A1 (3 hari), A2 (4 hari), A3 (5 hari), B1 (3 hari), B2 (4 hari), B3 (5 hari), C1 (3 hari), C2 (4 hari), C3 (5 hari)

Kecap yang bemutu baik adalah kecap yang memenuhi syarat untuk kecap manis dapat dilihat pada tabel 1.

4.2 Pembuatan Enzim Bromelin

a. Isolasi Enzim Bromelin

Batang atau bonggol nanas dihaluskan dengan *homogenizer* dan diambil filtratnya kemudian ditambahkan *buffer fosfat* 0,1 M pH 7. Untuk memisahkan bagian-bagian yang tidak larut yang masih ada di dalam filtrat dilakukan pemisahan dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 25 menit pada suhu 25°C, sehingga diperoleh filtrat yang mengandung ekstrak kasar enzim bromelin.

b. Fraksinasi Enzim Bromelin

Proses fraksinasi ini menggunakan *amonium sulfat* dengan kadar sedemikian hingga tercapai kejenuhan 20%, 40%, 60%, 80%. Setiap fraksi enzim yang diendapkan dilarutkan ke dalam larutan *buffer fosfat* 0,1 M pH 7 dan selanjutnya didialisis.

c. Karakterisasi Enzim Bromelin

Proses ini dilakukan dengan melihat fraksi enzim bromelin dengan aktivitas tertinggi yang ditentukan oleh konsentrasi substrat, suhu optimum, dan pH optimum. Kondisi optimum tersebut ditentukan berdasarkan aktivitas maksimum yang dicapai. Penentuan suhu optimum dilakukan dengan variasi suhu pada 45,50,55,60,65,70 °C. Sedangkan penentuan pH optimum dilakukan pada variasi pH 4,5,6,7,8, dan 9.

d. Penentuan K_M dan v_{max}

Proses penentuan nilai K_M dan v_{max} dilakukan berdasarkan variasi konsentrasi substrat dan diperoleh aktivitas enzim yang sebanding dengan kecepatan reaksi enzimatik. Pada berbagai konsentrasi substrat *kasein* yaitu 2,4,6,8,10, dan 12 mg/ml selanjutnya harga K_M dan v_{max} ditentukan dari grafik antara konsentrasi substrat dan kecepatan reaksi ditransformasikan dari persamaan *Michaelis-Menten* yaitu :

$$v = v_{max} \cdot [S] / K_M + [S]$$

ke dalam persamaan *Lineweaver-Burk* yaitu :

$$1/v_0 = K_M / v_{max} \cdot 1/[S] + 1/v_{max}$$

Nilai K_M dan v_{max} akan didapat dengan membuat grafik antara $1/v$ dengan $1/[S]$.

e. Penentuan Kadar Protein

Kadar protein dilakukan dengan metode *Biuret* pada λ 520 nm sebagai standar digunakan larutan *kasein* dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 2,4,6,8,10, dan 12 (mg/ml).

f. Penentuan Aktivitas Enzim

Aktivitas enzim diuji menggunakan metode *Bergmeyer* yang didasarkan kepada kemampuan protease menghidrolisa substrat menjadi tirosin yang dilakukan oleh enzim bromelin. Filtrat yang diperoleh dibaca pada spektrofotometer terhadap blanko masing-masing pada 280 nm. Dalam menentukan nilai aktivitas enzim dibuat kurva standar tirosin dengan konsentrasi sehingga diperoleh garis regresi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi tirosin dapat diketahui jumlah tirosin yang dibebaskan.

kan oleh enzim. Unit aktivitas protase dinyatakan sebagai jumlah enzim yang menyebabkan kenaikan absorbansi pada panjang gelombang 280 nm yang setara dengan sejumlah μg tirosin / ml enzim / menit.

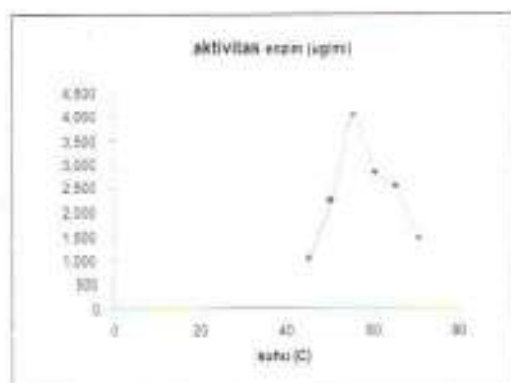
$$\text{Aktivitas Enzim} = \frac{\text{Ug tirosin/menit}}{\text{mol Enzim}}$$

4 Pembuatan Kecap

1. Membersihkan dan mengambil keong mas dari cangkangnya.
2. Merebus keong mas pada suhu 70°C selama 1 jam, setelah itu diamkan sampai suhunya 50°C .
3. Mencampur daging keong mas masing-masing sebanyak 60 gram dengan bonggol atau daging buah nanas dengan perbandingan 1 : 1 (A), 1 : 2 (B) dan 1 : 3 (C) kemudian menghaluskannya.
4. Menambahkan garam sebanyak 20 % dari berat keong mas pada pencampuran tersebut yang bertujuan untuk mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk, kemudian menyimpannya dengan cara diinkubasi pada suhu 50°C selama 3 hari.
5. Menambahkan air dengan perbandingan 1:4 pada campuran yang telah dihan-curkan, kemudian panaskan pada suhu $70 - 80^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit kemudian menyaringnya.
6. Memanaskan filtrat hasil penyaringan tersebut pada suhu $70 - 80^{\circ}\text{C}$, setelah 15 menit tambahkan bumbu-bumbu yang telah disiapkan
8. Memasak campuran tersebut selama 2 jam kemudian dilakukan penyaringan untuk membuang ampas dan cairan hasil penyaringan yang merupakan produk kecap keong mas.
9. Menganalisa produk kecap keong mas (rasa, aroma, kekentalan, warna, kadar protein).

5 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kandungan protein yang terdapat pada keong mas sebagai bahan baku pembuatan kecap dengan menggunakan enzim bromelin. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi dan mempelajari karakterisasi enzim bromelin dari batang nanas. Enzim bromelin dapat diperoleh dari tanaman nanas baik tangkai, kulit, buah, daun dan batangnya (bonggol) dan selama ini beberapa penelitian banyak menggunakan buahnya untuk memperoleh enzim bromelin. Pada penelitian ini enzim bromelin diisolasi dari bonggolnya yang selama ini belum banyak dimanfaatkan. Menurut Hartadi enzim bromelin paling banyak terdapat pada bonggol buah nanas. Ekstrak kasar enzim bromelin yang diperoleh difraksinasi dengan Amonium Sulfat, dengan variasi persen (%) amonium sulfat. Fraksi antara 40–60% menunjukkan aktivitas bromelin dan kadar protein tertinggi, yaitu kadar protein = 2,826 mg/ml dan aktivitasnya adalah = 1,998 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Hal ini menunjukkan bahwa pada variasi ini terdapat ekstrak protein paling banyak dan sebagian besar dari protein tersebut merupakan enzim bromelin yang ditunjukkan dengan nilai aktivitas tertinggi dibandingkan dengan fraksi lainnya.



Gambar 1 Hubungan antara aktivitas enzim terhadap suhu

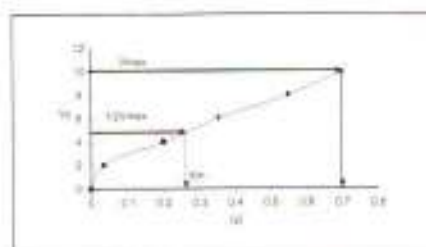
Penggunaan enzim bromelin pada pembuatan kecap keong mas dengan berbagai perlakuan yang berbeda menghasilkan kadar protein yang tertinggi pada perlakuan B1 (2:1) dengan lama hidrolisa 3 hari yaitu 4,6 mg/ml (tabel 2.). Bila dirata-ratakan antara B1, B2, dan B3 kadar protein yang didapat adalah 3,733 mg/ml. Hal ini disebabkan oleh perbandingan antara daging keong dengan enzim, karena protein yang dihidrolisa relatif lebih banyak.

Tabel 2 Kadar protein kecap keong mas

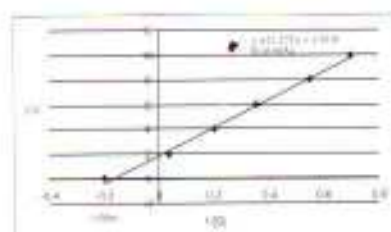
Perlakuan (kode)	pH	Kadar protein (mg/ml)	Kadar protein (rata-rata)
A1	5,65	3	
A2	5,60	2,5	2,967
A3	5,70	3,4	
B1	5,72	4,6	
B2	5,60	3,4	3,733
B3	5,66	3,2	
C1	5,59	2,6	
C2	5,67	2,4	2,667
C3	5,66	3	

Penentuan K_m dan v_{max} dilakukan berdasarkan variasi konsentrasi substrat dan diperoleh aktivitas enzim yang sebanding dengan kecepatan reaksi enzim. Berdasarkan persamaan garis pada Gambar 2. diperoleh harga $K_m = 5$ mg/ml. Nilai K_m tersebut menyatakan tetapan disosiasi kompleks enzim-substrat. Apabila nilai K_m kecil menunjukkan kompleks

enzim tersebut semakin mantap sehingga mempunyai *afinitas* yang tinggi terhadap substrat dan sebaliknya. Harga v_{max} diperoleh 0,5 mg/ml menit, hal ini menunjukkan bahwa setiap mililiter ekstrak kasar bromelin menghasilkan produk setiap menitnya maksimal 0,5 mg.



Gambar 2 Kurva Michaelis-Menten



Gambar 2 Kurva Lineweaver-Burkichaelis

Tabel 3 Uji organoleptik

Perlakuan (kode)	organoleptik				Hasil Rata- rata
	Rasa	Aroma	Warna	Kekentalan	
A1	4,7	4,5	4,4	4,4	4,500
A2	4,5	4,4	4,3	4,6	4,450
A3	4,8	4,6	4,2	4,7	4,575
B1	4,4	4,2	4,3	4,8	4,425
B2	4,3	4,7	4,4	4,9	4,575
B3	4,5	4,5	4,6	4,6	4,550
C1	4,5	4,5	4,2	4,7	4,475
C2	4,6	4,4	4,5	4,6	4,525
C3	4,7	4,6	4,3	4,7	4,575

Keterangan :

1. Paling senang. 4. Cukup senang 7. Cukup tidak senang

- | | | |
|-------------------|-----------------|------------------------|
| 2. Senang sekali. | 5. Biasa | 8. Tidak senang |
| 3. Senang sedikit | 6. Tidak senang | 9. Sangat tidak senang |

Hasil pengujian pH pada kecap keong mas ini paling tinggi pada kode B1 yaitu 5,72 sedangkan pH paling rendah kode C1 yaitu 5,59. Sedangkan pH kecap menurut BALAI PENELITIAN KIMIA BANDUNG (1978) adalah 4,62. Hal ini disebabkan oleh beberapa bumbu-bumbu yang memiliki sifat tidak asam, sehingga sangat mempengaruhi pH kecap keong mas.

6 Kesimpulan

1. Proses isolasi enzim bromelin untuk memperoleh fraksinasi ekstrak kasar dengan amonium sulfat pada fraksi 40 - 60% menghasilkan aktivitas bromelin dan kadar protein paling tinggi, yaitu aktivitas bromelin 1,998 ug/ml dengan kadar protein 2,826 mg/ml.
2. Suhu optimum dicapai pada 55oC dengan nilai aktivitas 4,050 ug/ml.
3. Harga KM yang didapat yaitu 5 mg/ml, sedangkan harga Vmax adalah 0,5 mg/ml menit.
4. Pada uji organoleptik kecap yang paling banyak disukai adalah B1 dengan nilai 4,425. Sedangkan yang kurang disenangi adalah kecap dengan kode A3, B2, dan C3 dengan nilai 4,475.
5. Pada pengujian kadar protein dan pH pada kecap keong mas, kadar protein yang tertinggi terdapat pada kode B1 yaitu 4,6 dan kadar protein rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan B. Sedangkan nilai pH tertinggi terdapat pada kode B1 yaitu 5,7 dan terendah terdapat pada kode C1 yaitu 5,59.

Daftar Pustaka

1. Lehninger, Albert L., 1970, *Biochemistry: The Molecular Basis of Cell Structure and Function*, 1st ed., Worth Publisher, Inc., New York, N. Y. 10011.
2. Mahler H.R. & E.H. Cordes, 1966, *Biological Chemistry*, Harper and Row Publishers, New York.
3. Wirahadikusumah, Muhamad., 1989, *Biokimia: Protein, Enzim, dan Asam Nukleat*. ITB., Bandung.
4. Purnomo, Agus H., 1985., *Penelitian Pembuatan Kecap Ikan Secara Hidrolisa Enzimatis*., Pusat Penelitian dan Pengembangan., Jakarta.
5. Darwis, A Azis dan Sakara E., 1990. *Isolasi, Pemurnian dan karakteristik Enzim*. IPB., Bogor.
6. Lehninger, Albert L. 1993. *Dasar-dasar Biokimia, Alih Bahasa Meggy Thenawijaya*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. Indrawati, T., 1983. *Pembuatan Kecap Keong Sawah dengan Menggunakan Enzim Bromelin*., PN. Balai Pustaka, Jakarta.
8. Poesponegoro, Milono.1977. *Pengaruh Faktor-faktor Tertentu Dalam Proses Pembuatan Kecap Secara Fermentasi*. Lembaga Kimia Nasional. Jakarta.
9. Sastrodiwiryo., 1971. *Isolasi dan Pengujian Aktivitas Enzim*, PAU Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta.

10. Soekarto, T.S., 1985. *Penilaian Organoliptik Untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*, Bharata. Jakarta.
11. Hartimah, Sri dan Wardana Ismail., 1989. *Penelitian Pendahuluan Budidaya Keong Mas*. Balai Penelitian Perikanan Air Tawar, Bogor.
12. Departemen Perindustrian., 1974. *Mutu dan Cara Uji Kecap, Standar Industri Indonesia*. Departemen Perindustrian. Jakarta.

Perbandingan Sifat *Drawability* Material Kaleng Kemasan Biscuit dan Cat Tembok

P. Y. M. Wibowo N. dan Adi Ganda Putra

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
E-mail : wibonda@yahoo.com

Abstrak. Salah satu jenis sampah atau limbah yang banyak ditemukan disekeliling kita adalah kaleng bekas kemasan dari berbagai produk kemasan. Banyak cara yang dapat dilakukan dalam pemanfaatan jenis sampah / limbah tersebut diantaranya adalah membentuk ulang untuk dijadikan suatu produk baru. Sifat *drawability* material merupakan salah satu hal yang penting dalam proses pembentukan logam lembaran. Dengan mengambil sampel kaleng bekas kemasan dari produk biscuit dan cat tembok, dalam studi ini ingin membandingkan sifat *drawability* atas kedua jenis material tersebut dengan cara melakukan beberapa jenis pengujian terhadap sampel. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa pada material kaleng bekas kemasan biscuit memiliki kadar karbon sebesar 0,03826% dan memiliki *r-value* < 1 yaitu sebesar 0,6 serta nilai *LDR* 2 yaitu sebesar 2,3. Sedangkan pada material kaleng bekas kemasan cat tembok memiliki kadar karbon sebesar 0,0318 % dengan nilai *r-value* 1 yaitu sebesar 1,8454 serta *LDR* 2 yaitu sebesar 3,296. Berdasarkan data-data tersebut dapat dikatakan bahwa material kaleng bekas kemasan cat tembok memiliki sifat *drawability* yang lebih baik bila dibandingkan dengan material kaleng bekas kemasan biscuit.

Kata kunci : kaleng bekas, kemasan biscuit / cat tembok, *drawability*, *LDR*

1 Pendahuluan

Dampak dari gaya hidup yang konsuméristis membawa banyak dampak yang salah satunya adalah sampah ataupun limbah yang semakin hari akan bertambah banyak dan menumpuk, baik jenis maupun volumenya. Hal itu membutuhkan penanganan dan pengelolaan yang benar dan tepat agar segala sesuatunya memberikan dampak yang baik pula. Pada dasarnya, sampah ataupun limbah pada satu sisi sangat berpotensi merugikan namun pada sisi lainnya apabila dikelola dan ditangani secara benar dan tepat akan dapat menguntungkan. Banyak saran dan ajakan untuk melakukan hal tersebut, salah satunya adalah *Hidayatullah Adronafis* dalam artikelnya yang berjudul "Sampah dan Pengelolaannya". Saran dan ajakan tersebut mengajak kita untuk selalu berpedoman pada 4R, yaitu mengganti barang yang ramah lingkungan (*replace*), mengurangi sampah (*reduce*), menggunakan sisa sampah yang masih bisa dipakai (*re-use*) dan mendaur ulang sampah (*recycle*). Khususnya *recycle* memang tidak mudah dilakukan, karena selain tidak semua jenis dan bentuk sampah dapat dilakukan proses tersebut juga kadang dibutuhkan teknologi dan penanganan khusus untuk itu.

Kaleng bekas kemasan merupakan salah satu jenis sampah yang sering ditemukan dalam

kehidupan kita sehari-hari. Sampah tersebut terbuat dari lembaran logam yang dibentuk sesuai dengan bentuk kemasan yang diinginkan. Pemanfaatan kembali dengan proses daur ulang sampah kaleng bekas kemasan sudah banyak dilakukan, diantaranya adalah dengan memanfaatkan sebagai pot tanaman maupun meleburkannya kembali untuk dibuat menjadi produk coran. Adapula yang mendaur ulang melalui proses pembentukan logam lembaran menjadi produk lain seperti penyangga obat nyamuk bakar. Ketepatan dalam menentukan pemanfaatan ataupun proses pendaurulangan akan dapat memberikan keuntungan dan nilai tambah yang maksimal. Untuk dapat mencapai suatu ketepatan dalam proses pendaurulangan material kaleng bekas kemasan khususnya dengan menggunakan proses pembentukan logam lembaran (*sheet metal forming*), mengetahui sifat *drawability* material dari jenis-jenis kaleng bekas kemasan menjadi salah satu yang penting. Sifat *drawability* material merupakan perbandingan antara diameter awal material (*blank*) dengan diameter benda hasil proses penarikan dalam (*deep drawing*). Perbandingan ini dikatakan sebagai koefisien pembatas penarikan ($LDR = \text{Limit Drawing Ratio}$), yang dinyatakan sebagai bakalan terbesar (D) yang dapat ditarik dalam, melalui suatu cetakan (d) tanpa sobek. Berdasarkan hal tersebut, dalam studi ini akan dilakukan perbandingan sifat *drawability* atas dua jenis material kaleng bekas kemasan yaitu kaleng bekas kemasan biscuit dan kaleng bekas kemasan cat tembok.

2 Tahapan Penelitian

Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah material kaleng bekas kemasan biscuit dan bekas kemasan cat tembok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pembuatan spesimen uji dilakukan melalui dua proses, yaitu proses pemotongan (*shearing*) dari kaleng bekas cat tembok dan kemudian dilakukan proses perataan / pelurusan (*straightening*) dari lembaran kaleng yang telah dihasilkan dari proses yang pertama. Proses *shearing* kemudian dilakukan kembali untuk membuat *geometri spesimen* uji seperti yang telah ditentukan.



Gambar 1 Contoh kaleng bekas kemasan biscuit dan cat tembok serta specimen uji

Langkah berikutnya yang dilakukan adalah pengujian material yang meliputi: spektrometri, uji tarik dan uji *deep drawing*. Mesin yang digunakan untuk melakukan pengamatan spektrometri dibuat oleh ARL (*Applies Research Laboratory*) buatan Swiss dengan menggunakan spektrum laser yang ditembakkan ke arah spesimen, sehingga diketahui komposisi unsur yang terkandung di dalam material uji. Untuk uji tarik, mesin uji yang digunakan adalah mesin uji tarik AMSLER dengan kapasitas 50 tonF yang dilengkapi dengan *extensometer*, dan standar uji yang digunakan adalah ASTM A370. Sedangkan uji *deep drawing* dilakukan dengan membentuk spesimen uji menjadi mangkuk (*cup*) dan mesin yang digunakan adalah *Universal Sheet Testing Machine* buatan Tokyo *Testing Machine, Co.* dengan kapasitas maksimum 12 tonF. Dalam pengujian *deep drawing*, material / spesimen berupa plat tipis yang dipotong melingkar (*circular sheet blank*)

berdiameter 90 mm yang akan dibentuk menjadi mangkuk (*cup*). Diameter *punch* dan *dies* pada mesin uji ini adalah 40 mm dan 41,3 mm serta gaya *blank holder* yang digunakan sebesar 200 kgf, 300 kgf dan 400 kgf. Mesin-mesin uji yang dipergunakan dalam studi ini seperti tampak pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Mesin-mesin uji yang digunakan

Data yang digunakan sebagai indikator perbandingan sifat *drawability* dari kedua jenis material tersebut adalah kondisi / hasil pengujian *deep drawing* berdasarkan pengamatan visual atas terjadinya pecah (*fracture*) ataupun kerut (*wrinkle*). Pembahasan atas kondisi / hasil tersebut didasarkan atas data komposisi kimia (khususnya kandungan karbon), *plastic strain ratio* (*r-value*) dan *limit drawing ratio* (*LDR*) dari *r-value* yang telah diketahui. Pada studi ini, untuk mengetahui *r-value* menggunakan persamaan 1, hal tersebut menurut George Dieter bahwa karena pengukuran tebal material sulit dilakukan dengan teliti pada lembaran tipis, maka untuk mengetahui *plastic strain ratio* (*r-value*) dapat digunakan persamaan dengan menggunakan hubungan volume konstan, yaitu:

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{\epsilon_w}{\epsilon_t} \\
 &= \frac{\epsilon_w}{-(\epsilon_w + \epsilon_t)} \\
 &= \frac{\ln(w_0/w)}{-\ln\left(\frac{w_0 L_0}{wL}\right)} = \frac{\ln(w_0/w)}{\ln\left(\frac{wL}{w_0 L_0}\right)}
 \end{aligned}$$

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengujian dan perhitungan yang diperoleh secara garis besar terlihat pada Tabel 1 dan beberapa contoh specimen hasil pengujian seperti terlihat pada Gambar 3. Data spektrometri menunjukkan bahwa jenis unsur yang terkandung pada kedua jenis material tersebut adalah sama namun terdapat perbedaan pada komposisinya. Kadar karbon yang terkandung pada material kaleng bekas kemasan biskuit sebesar 0,03826 % dan pada material kaleng bekas cat tembok sebesar 0,0318 %. Berdasarkan data kandungan kadar karbon tersebut walaupun pada material kaleng bekas kemasan biskuit memiliki nilai kandungan yang lebih besar namun kedua jenis material dapat dikategorikan sebagai baja karbon rendah ($C < 0,3\%$) dan mempunyai sifat mampu untuk dibentuk secara baik. Hal tersebut didasarkan pada pernyataan Tata Surdia, et.al, bahwa lembaran baja tipis yang dapat dibentuk secara baik maksimum mengandung 0,18 % karbon, tetapi karena kadar karbon membuat regangan plastisnya menurun, sehingga sebaiknya kadar karbon diturunkan sampai kira-kira 0,03%. Sedangkan dari hasil pengujian tarik diketahui bah-

wa kekuatan tarik dari kedua jenis material tersebut adalah sebesar $52,95 \text{ kgf/mm}^2$ pada material kaleng bekas kemasan *biscuit* dan pada material kaleng bekas kemasan cat tembok sebesar $36,54 \text{ kgf/mm}^2$. Dengan menggunakan data pengujian tarik dan persamaan 1 di atas, diketahui bahwa *plastic strain ratio* (*r-value*) dari material kaleng bekas kemasan *biscuit* diketahui sebesar 0,6 dan pada material kaleng bekas kemasan cat tembok sebesar 1,8454. Selain itu juga diketahui *limit drawing ratio* (*LDR*) dari kedua jenis material tersebut, yaitu pada material kaleng bekas kemasan *biscuit* sebesar 2,3 dan pada material kaleng bekas kemasan cat tembok sebesar 3,296. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa kekuatan tarik material kaleng bekas kemasan *biscuit* lebih besar dibandingkan dengan material kaleng bekas kemasan cat tembok, sedangkan *r-value* dan *limit drawing ratio* pada material kaleng bekas kemasan cat tembok mempunyai nilai yang lebih besar. Besarnya *r-value* menunjukkan batas regang dan ukuran ketahanan material kaleng bekas cat tembok terhadap penipisan, yang berpengaruh terhadap mampu bentuk khususnya *drawability*. Menurut Tata Surdia et.al, bahwa *drawability* yang baik dari baja adalah bila memiliki nilai $r > 1$. Semakin besar nilai r maka *drawability*-nya semakin baik. Pernyataan senada juga disampaikan oleh Mardjono Siswosuwarno yang menyatakan bahwa nilai r mempunyai pengaruh pada *LDR*. Selain itu Mardjono Siswosuwarno juga menyatakan bahwa material yang memiliki kemampuan *drawing* (*drawability*) baik, maka nilai *LDR*-nya akan berada diatas 2 ($LDR > 2$). Nilai *LDR* adalah batas tarik maksimum material yang mengalami proses *deep drawing*. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa material kaleng bekas cat tembok memiliki *drawability* yang baik karena memiliki nilai $r > 1$ dan nilai $LDR > 2$, sedangkan material kaleng bekas *biscuit* memiliki *drawability* yang kurang baik karena memiliki nilai $r < 1$ dan nilai $LDR > 2$.



Gambar 3 Beberapa spesimen hasil pengujian tarik dan pengujian *deep drawing*

Berdasarkan Gambar 3 dan data hasil pengujian *deep drawing* pada Tabel 2 di atas, terlihat adanya perbedaan kondisi hasil antara kedua jenis material. Pada material kaleng bekas kemasan *biscuit* mengalami pecah (*fracture*) pada semua kondisi penekanan *blank holder*. Ketinggian *cup* yang mampu dihasilkan hanya berkisar 3 mm dengan besar gaya

Tabel 1 Data Hasil Pengujian dan Perhitungan dari Kedua Jenis Material

Hasil / Indikator	Material Kaleng Bekas Biskuit	Kemasan Cat Tembok
Kadar karbon (C)	0,03826 %	0,0318 %
Kuat tarik	52,95 kgf/mm ²	36,54 kgf/mm ²
r-value	0,6	1,8454
LDR	2,3	3,296
Dia. blank (maksimum)	92 mm	132 mm
Ketinggian cup yang dapat dicapai	3 mm	11 mm
Kondisi / hasil pengujian <i>deep drawing</i>	Kerut dan atau pecah	pecah (<i>fracture</i>)

Tabel 2 Data hasil pengujian *deep drawing*

Gaya Blank-Holder (kgf)	Kaleng Bekas Kemasan Cat Tembok			Kaleng Bekas Kemasan Biskuit		
	Tinggi Cup (mm)	Gaya Penekanan (kgf)	Kondisi / Hasil	Tinggi Cup (mm)	Gaya Penekanan (kgf)	Kondisi / Hasil
200	1	12,5		1	25	
	2	200		2	250	
	3	400	Kerut	3	450	Pecah
	4	525	(<i>wrinkle</i>)	-	-	(<i>fracture</i>)
	5	675)	-	-	e)
	6	800		-	-	
	7	850		-	-	
300	1	25		1	12,5	
	2	175		2	150	
	3	387,5		3	425	
	4	500		-	-	
	5	650	Kerut	-	-	Pecah
	6	775	(<i>wrinkle</i>)	-	-	(<i>fracture</i>)
	7	900)	-	-	e)
	8	1012,5		-	-	
	9	1137,5		-	-	
	10	1175		-	-	
400	1	12,5		1	12,5	
	2	100		2	75	
	3	375		3	425	
	4	525		-	-	
	5	675		-	-	
	6	800	Pecah	-	-	Pecah
	7	950	(<i>fracture</i>)	-	-	(<i>fracture</i>)
	8	1100		-	-	e)
	9	1200		-	-	
	10	1312,5		-	-	
	11	1350		-	-	

penekan saat uji *deep drawing* hanya berkisar 425 – 450 kgf. Sementara itu pada material kaleng bekas kemasan cat tembok ketinggian *cup* yang mampu dihasilkan adalah berkisar 11 mm sebelum mengalami pecah (*fracture*) dengan besar gaya *blank holder* sebesar 400 kgf. Sedangkan pada gaya *blank holder* 200 kgf dan 300 kgf, ketinggian *cup* yang mampu dihasilkan berkisar 7 – 10 mm dengan kondisi kerut (*wrinkle*) dan belum mengalami pecah (*fracture*). Besar gaya penekan sampai specimen uji mengalami pecah (*fracture*) mencapai 1350 kgf. Hal tersebut menunjukkan bahwa material kaleng bekas kemasan cat tembok mempunyai sifat *drawability* yang lebih baik bila dibandingkan terhadap material kaleng bekas kemasan biscuit. Faktor kemampuan material terhadap penipisan (*r-value*) yang dimiliki kedua jenis material tersebut mempunyai pengaruh yang lebih dominan.

4 Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil serta pembahasan di atas, kesimpulan yang didapatkan pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Kandungan karbon pada kedua jenis material tersebut *relative* sama yaitu sebesar 0,03826% dan 0,0318%, keduanya dikategorikan sebagai baja karbon rendah ($C < 0,3\%$) serta memenuhi kriteria mampu dibentuk secara baik (C kira-kira 0,03%).
2. Kemampuan material terhadap penipisan (*r-value*) yang dimiliki kedua jenis material tersebut mempunyai pengaruh yang lebih dominan. Berdasarkan kriteria *drawability* yang baik ($r-value > 1$) maka material kaleng bekas kemasan cat tembok memiliki *drawability* yang baik karena *r-value* yang dimiliki sebesar 1,8454. Sedangkan pada material kaleng bekas kemasan biscuit *drawability*-nya kurang baik, karena *r-value* yang dimiliki sebesar 0,6.
3. Nilai *limit drawing ratio* (*LDR*) dari kedua jenis material berdasarkan kriteria *drawability* yang baik ($LDR > 2$) maka keduanya memiliki dapat dikatagorikan memiliki *drawability* yang baik, karena kedua jenis material memiliki *LDR* sebesar 2,3 dan 3,296.
4. Hasil pengujian *deep drawing* menunjukkan bahwa material kaleng bekas kemasan cat tembok memiliki *drawability* yang lebih baik bila dibandingkan dengan material kaleng bekas kemasan biscuit. Hal tersebut terlihat dari kondisi / hasil uji, baik terjadinya pecah (*fracture*) maupun kerut (*wrinkle*) maupun ketinggian *cup* yang mampu dihasilkan serta besar gaya penekanan.

Daftar Pustaka

- 1 Annual Book of ASTM standard, ASTM, vols 03.01, 1987.
- 2 CW. Wegst, *Stahlschulussel* halaman 87, Marbach 1977
- 3 Dieter, George E., *Metalurgi Mekanik*, terjemahan Sriati Djaprie, Edisi ketiga, Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1986.
- 4 Mejrard, M., *Analysis of Deep Drawing*, Mech.Eng.Dept, Concordia University. <http://www.users.encs.concordia.ca/mmedrajmech421lecture10sheetmetalworking.htm>.
- 5 Moerbani, J., *Teori tentang Deep Drawing (Punching Tool 2)*, ATMI – St. Mikael Surakarta, 1990.
- 6 Schuler, Louis, *Metal Forming Handbook*, 4th Revised Edition, The Machinery Publishing Company, Stuttgart, 1966.

- 7 Siegert, K., Wagner, S., *TALAT Lecture 3704, Deep Drawing*, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart.
- 8 Siswosuwarno, Mardjono, *Pembentukan Logam Lembaran : Geometri Proses dan Perkakas*, Jurusan Teknik Mesin - ITB, Bandung.
- 9 Sofyan, D., *Sifat Drawability Lembaran Baja Karbon Rendah, POROS volume 2* Jurusan Teknik Mesin – Fak. Teknik - Universitas Tarumanegara, 1999.
- 10 Tata Surdia, Shinroku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, cetakan ke empat, Pradnya Paramita, Jakarta, 1999.

Karakteristik Proses Pelapisan Emas pada Plastik Resin ABS

Abrianto Akuan

Jurusan Teknik Metalurgi
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membuat lapisan logam pada material dasar plastik yang bersifat non konduktor dengan menggunakan metode lapis listrik (*electroplating*). Dengan proses pelapisan ini diharapkan akan meningkatkan sifat fisik dan bertambah nilai *estetika* dari material plastik.

Lapis listrik adalah suatu proses pengendapan logam (misalnya: Ni, Cu, Zn, Au, dan sebagainya) pada permukaan material lain yang akan dilindungi dengan menggunakan proses elektrolisa. Kesulitan yang terjadi pada pelapisan ini adalah karena plastik bersifat non konduktor sehingga tidak dapat menghantarkan arus listrik. Supaya permukaan plastik dapat mengendapkan logam yang akan dilapiskan, maka harus diupayakan supaya permukaan plastik dapat menghantarkan arus listrik.

Pengendapan lapisan emas secara *electroplating* tergantung pada larutan, rapat arus, dan tempertur yang digunakan. Penelitian ini menggunakan larutan tetap dengan memvariasikan rapat arus, temperatur dan waktu pelapisan. Hasil pelapisan yang baik 2 A/dm² dengan temperatur kamar dalam waktu 60 menit. Hasil pelapisan emas pada plastik mempunyai kilapan yang baik, sehingga sangat baik untuk produk-produk aksesoris, mainan anak dan perabot rumah tangga.

Kata kunci : *Lapis listrik, rapat arus, temperatur, waktu pelapisan, plastik*

1 Pendahuluan

Penggunaan plastik saat ini ada kecenderungan meningkat dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk keperluan industri maupun untuk keperluan rumah tangga. Sehubungan dengan sifat serta kaitannya dengan konservasi logam, maka plastik dapat menggunakan berbagai peralatan yang tadinya menggunakan bahan dasar logam. Hal ini disebabkan karena plastik mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan antara lain, murah, ringan, mudah pengerjaannya dan tahan korosi.

Dalam usaha untuk memperoleh sifat mekanik tertentu misalnya, sifat menghantar listrik, tahan terhadap abrasi, tahan cuaca dan memberikan kesan logam (*metallic appearance*), maka plastik perlu dilapisi dengan logam. Penggunaan plastik yang dilapisi dengan logam banyak terlihat pada industri elektronika, kendaraan bermotor, alat-alat rumah tangga, alat tulis, mainan anak-anak dan sebagainya. Proses pelapisan listrik (*electroplating*) adalah suatu proses pengendapan logam pada permukaan logam atau non logam secara elektrolisa. Endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap material dasarnya.

2 Proses Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada proses *electroplating* emas pada plastik resin ABS serta pengaruhnya terhadap kualitas lapisan yang dihasilkan. Adapun parameternya adalah:

- Waktu proses, t_{10} : 30 detik
 t_{90} : 60 detik
- Temperatur, T_1 : Temperatur kamar
 T_2 : 40°C
 T_3 : 60°C
- Rapat arus, A_{10} : 1,5 A/dm²
 A_0 : 2 A/dm²

ABS resin merupakan hasil polimerisasi antara *monomer Acrylonitrile*, *Butadine* dan *Styrene*. Komposisi minimum masing-masing monomer adalah: 15% *Acrylonitrile*, 6% *Butadine*, 15% *Styrene* dan kandungan komponen monomer atau polimer lain maksimum 100% kemudian ada tambahan aditif. Pembuatan ABS resin biasanya dengan mencampurkan *Acrylonitrile-Styrene* yang mempunyai sifat sangat tahan pada zat kimia, dengan *Butadine-Styrene* yang mempunyai harga impak yang tinggi. Hasil perpaduan sifat ini menyebabkan ABS mempunyai keunggulan dibandingkan dengan jenis plastik lain, sehingga ABS banyak dipergunakan untuk berbagai keperluan.

Tabel 1 Sifat mekanik dari beberapa jenis Plastik

Plastic	Tensile strength (kgf/cm ²)*			Impact strength (IZOD) (kgf/mm ²)*			Blow strength (kgf/mm ²)*		
	unpl.	pl.	incr.(%)	unpl.	pl.	incr.(%)	unpl.	pl.	incr.(%)
A (a)	6.67	7.35	10.2	0.018	0.022	21.2	9.80	11.74	19.8
A (b)	5.43	6.30	16.2	0.016	0.021	26.6	8.40	10.15	20.8
B (a)	8.89	9.96	10.7	0.391	0.462	18.1	10.85	12.47	12.7
B (b)	8.40	9.87	17.5	0.505	0.598	18.3	16.10	19.60	21.7
C (a)	6.46	7.37	14.1	0.028	0.035	25.0	8.05	8.93	10.6
D	5.25	6.14	17.0	0.014	0.018	21.4	8.40	9.45	12.5
E	4.55	5.08	11.5	0.013	0.017	18.2	6.65	7.53	13.1
F	6.48	7.09	9.4	0.054	0.065	20.0	5.25	6.30	20.0
G	7.04	7.88	12.0	0.060	0.071	18.2	9.10	10.50	15.4
H	4.74	6.06	27.7	—	—	—	—	—	—
I	5.25	6.37	21.4	0.049	0.060	22.2	10.50	12.08	15.0
J	3.34	4.36	30.4	0.016	0.020	20.0	8.93	10.33	15.7
K	7.18	8.23	14.7	0.299	0.348	16.3	6.48	7.46	15.1
L	4.04	4.17	16.4	0.130	0.160	22.9	4.55	5.44	17.9
M	5.25	6.02	14.7	0.255	0.293	14.9	6.14	7.04	14.6
N	3.12	3.64	16.8	0.299	0.348	16.3	6.48	7.46	15.1

* 1 kgf/mm² = 1422.33 lb/in².
 = 9.80665 N/mm².
 = 0.980665 t bar

4.2 Prosedur Pelapisan

Setiap akhir dari tahapan proses dilakukan pembilasan dengan menggunakan air.

4.2.1 Pencucian Lemak

Bertujuan untuk membersihkan lemak atau minyak yang melakat pada permukaan benda kerja. Pencucian dilakukan dengan merendam benda kerja kedalam larutan yang mempunyai kondisi sebagai berikut :

Larutan	: - $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 25 \text{ g/l}$ - $\text{Na}_3\text{PO}_3 = 25 \text{ g/l}$
Temperatur	: $40 - 50^\circ\text{C}$
Waktu	: 10 - 15 menit
Kondisi	: Agitasi

4.2.2 Pengerjaan etsa

Bertujuan untuk membuat permukaan plastik menjadi porous, yang akan berguna pada penentuan daya lekat (adhesi) lapisan logam pada plastik. Pada dasarnya proses ini adalah mensubstitusikan bahan kimia pada substrat plastik. Untuk plastik ABS bagian yang disubstitusikan adalah partikel-partikel *butadiene*. Partikel-partikel *butadiene* ini akan larut teroksidasi oleh larutan etsa, sehingga akan meninggalkan tempat yang berupa rongga-rongga sub-mikroskopis yang memungkinkan terjadinya ikatan antara plastik dengan logam yang melapisinya. Larutan pada pengerjaan poses ini adalah:

- CrO_3	: 350 gr/l
- H_2SO_4	: 350 gr/l
- Temperatur	: $55 - 66^\circ\text{C}$
- Waktu	: 10 menit

4.2.3 Penetralkan

Bertujuan untuk menetralsir permukaan yang telah mengalami proses etsa, yaitu dengan melakukan perendaman anantara larutan yang mempunyai kondisi berikut:

- HCl	: 50 ml/l
- Temperatur	: T_{ruang}
- Waktu	: 1-2 menit

4.2.4 Pengkatalisan

Merupakan penggabungan proses sensitisasi dengan proses aktivasi, pada pengerjaan proses ini yaitu dengan melakukan perendaman dalam larutan yang mempunyai kondisi sebagai berikut:

Katalis A	: 140 ml/l	- Temperatur	: $55 - 60^\circ\text{C}$
	- $\text{SnCl}_2 + \text{HCl}$	- Waktu	: 10-15 menit
Katalis B	: 140 ml/l	- Rapat Arus	: 3 A/dm ²
	- $\text{PdCl}_2 + \text{HCl}$	- Anoda	: Nikel
Temperatur	: T_{ruang}	- Kondisi	: Agitasi
Waktu	: 1-2 menit		

4.2.5 Accelerating

Bertujuan untuk menghilangkan ion-ion Sn^{4+} yang mengelilingi Palladium. Proses pengerjaan ini adalah dengan cara merendamkan pada larutan yang mempunyai kondisi:

H_2SO_4	: 100 ml/l
Temperatur	: 35°C
Waktu	: 2-3 menit

4.2.6 Elektroless

Pengerjaan ini bertujuan untuk membuat lapisan nikel strike pada permukaan plastik, sehingga mempunyai sifat logam. Proses pengerjaan ini tanpa menggunakan arus listrik yaitu dengan melakukan perendaman pada larutan dengan kondisi sebagai berikut:

NiSO_4	: 15 gr/l
NaH_2PO_4	: 13 gr/l
CH_3COONa	: 14 gr/l
Temperatur	: $80-90^\circ\text{C}$
Waktu	: 3-6 menit

4.2.7 Pelapisan Tembaga

Pelapisan tembaga digunakan sebagai lapisan awal yang berfungsi sebagai penguat ikatan dan juga membuat lapisan emas berwarna kuning. Proses ini akan berhasil bila tahap-tahap sebelumnya hasilnya bagus. Pelapisan ini dilakukan dengan meletakkan benda kerja pada katoda (kutub negatif) dan anoda dalam hal ini tembaga pada kutub positif. Proses pelapisan dan kondisi larutan sebagai berikut:

- Larutan:
 - $\text{Cu}(\text{CN})_2$: 26,5 gr/l
 - NaCN : 34,5 gr/l
 - Na_2CO_3 : 30,0 gr/l
 - $\text{NaK}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)$: 45,0 gr/l
 - Brightener GI-3 : 5 ml/l
 - Brightener GI-4 : 8 ml/l
- Temperatur : $50-60^\circ\text{C}$
- Waktu : 10-15 menit
- Rapat Arus : 3,5 A/dm²
- Anoda : Tembaga
- Kondisi : Tanpa Agitasi

4.2.8 Pelapisan Nikel

Seperti halnya pelapisan tembaga lapisnikel juga dipergunakan untuk lapisan awal sebelum dilakukan lapis emas. Pelapisan dilakukan dengan benda kerja pada katoda (kutub negatif) dan anoda pada kutub positif. Kondisi larutan dan proses pelapisan sebagai berikut:

Larutan:

- NiSO₄ : 250 gr/l
- NaCl : 50 gr/l
- H₃BO₃ : 40,0 gr/l
- Brightener UMT : 5 ml/l
- Brightener Magnum : 2 ml/l

4.2.9 Pelapisan Emas

Pelapisan emas dilakukan setelah benda kerja dilapisi tembaga dan nikel. Pelapisan dilakukan dengan benda kerja pada katoda (kutub negatif) dan anoda pada kutub positif. Kondisi larutan dan proses pelapisan yang terjadi sebagai berikut:

- Larutan:

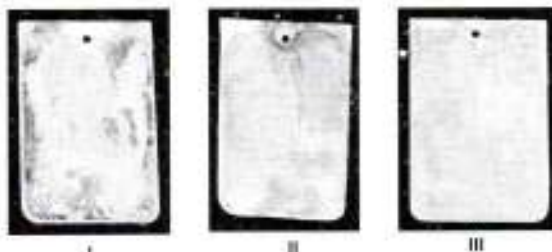
- KAu(CN)₂ : 3 gr/l
- KCN : 7,5 gr/l
- K₃PO₄ : 15 gr/l
- Temperatur : T_{kamar} - 60°C
- Waktu : 30-90 detik
- Anoda : Baja Tahan Karat
- Kondisi : Tanpa Agitasi

5 Data dan Pembahasan

5.1 Pengujian Visual

Hasil pelapisan listrik (*electroplating*) dengan memvariasikan rapat arus, temperatur dan waktu dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil pengamatan visual didapatkan kondisi pelapisan yang baik pada:

- I. Rapat arus : 2 A/dm²
Temperatur : kamar
Waktu : 60 detik
- II. Rapat arus : 2 A/dm²
Temperatur : 40°C
Waktu : 60 detik
- III. Rapat arus : 15 A/dm²
Temperatur : 60°C
Waktu : 30 detik



Gambar 1 Hasil uji korosi ke-3 Kondisi

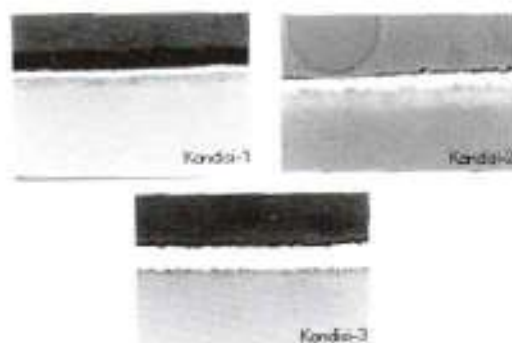
Tabel 2 Hasil Pelapisan Listrik dengan variasi rapat Arus, Waktu dan Temperatur

Kode spesimen	Temperatur (°C)	Waktu (detik)	Rapat Arus (A/dm ²)	Keterangan
1a	Kamar	30	1,5	K
2a				K
3a				B
4a				B
1b			2	K
2b				B
3b				B
4b				B
1c	Kamar	60	1,5	K
2c				B
3c				B
4c				B
1d			2	B
2d				B
3d				B
4d				B
1e	40	30	1,5	B
2e				B
3e				K
4e				B
1f			2	B
2f				B
3f				B
4f				K
1g	40	60	1,5	B
2g				K
3g				K
4g				B
1h			2	B
2h				B
3h				B
4h				B
1i	60	30	1,5	B
2i				B
3i				B
4i				B
1j			2	B
2j				K
3j				B
4j				B
1k	60	60	1,5	B
2k				K
3k				B
4k				K
1l			2	K
2l				B
3l				B
4l				K

Keterangan:

B= Hasil pelapisan sesuai standar (baik)

K= Hasil pelapisan tidak sesuai standar (kurang baik)



Gambar 2 Ketebalan lapisan pada ke-3 kondisi

Dari hasil pengujian korosi semprot kabut garam dapat dilihat bahwa laju korosi kondisi I yaitu pada rapat arus 2 A/dm², temperatur kamar mempunyai ketahanan korosi paling baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

5.2 Pengujian Metalografi

Dari hasil pengujian menggunakan metode metalografi ditunjukkan pada Gambar 2.

5.3 Pengujian Semprot Kabut Garam

Hasil pengujian semprot kabut garam untuk mendapatkan laju korosi dan daya lekat lapisan emas dekoratif dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Semprot Kabut Garam

Spesimen	Berat (gram)		Selisih	Luas (cm ²)	Laju Korosi (mdd)
	Awal	Akhir			
Ia	5,6834	5,6799	0,0035	30,3	0,60
Ib	4,9625	4,9593	0,0032	30,2	0,56
Ic	4,8937	4,8904	0,0033	30,4	0,58
Ila	4,7855	4,7815	0,0040	30,2	0,70
Ilb	4,7428	4,7390	0,0038	30,0	0,67
Ilc	5,3646	5,3604	0,0042	30,5	0,73
IIla	4,9482	4,9434	0,0048	30,2	0,85
IIlb	5,2839	5,2787	0,0052	30,0	0,92
IIlc	4,8647	4,8601	0,0046	30,3	0,80

Keterangan:

- I = Spesimen kondisi I
- II = Spesimen kondisi II
- III = Spesimen kondisi III

5.4 Pembahasan

Ditinjau dari proses pelapisan, proses pelapisan pada bahan dasar plastik tidak jauh berbeda dengan bahan dasar logam. Perbedaannya hanya terdapat pada pengerjaan pendahuluan yaitu pada proses etsa, *accelerating* pada pelapisan elektroless.

Proses etsa merupakan proses yang sangat menentukan daya lekat pada lapisan. Pada proses ini akan terjadi pembentukan permukaan plastik menjadi poros akibat reaksi kimia pada ikatan rangkap, sehingga memungkinkan terjadinya ikatan antara logam dengan plastik.

Bila proses etsa yang dilakukan tidak mendapatkan hasil yang baik, maka lapisan elektroless nikel yang terbentuk tidak rata dan mudah terkelupas. Hal ini dikarenakan proses etsa belum berjalan dengan sempurna, sehingga partikel-partikel *butadiene* belum teroksidasi secara merata dan poros yang terjadipada permukaan plastik belum merata. Akibatnya ikatan yang terjadi antara plastik dengan logam dari larutan elektroless tidak terjadi dengan baik. Kondisi operasi proses elektroless *plating* juga sangat berpengaruh pada mutu hasil lapisan. Bila proses elektroless dibawah kondisi optimum maka lapisan elektroless yang dihasilkan tidak rata, karena reaksi reduksi ion-ion nikel oleh ion-ion hipofosfit tidak sempurna. Dan bila dilakukan diatas optimum, lapisan yang dihasilkan kasar dan suram karena reaksi reduksi yang terjadi terlalu cepat.

Pada proses pelapisan tembaga dan nikel secara lapis listrik (*electroplating*), dilakukan sama seperti proses pelapisan pada bahan dasar logam. Fluhmann mengatakan bahwa penggunaan tembaga sebagai pelapis dasar akan menaikkan kekerasan dan ketangguhan lapisan yang terjadi. Dari hasil uji ketebalan dengan cara metalografi diperoleh ketebalan kondisi II paling baik. Hal ini dipengaruhi oleh:

1. Rapat Arus

Pada rapat arus rendah pertukaran ion-ion yang terjadi sangat lambat sehingga memerlukan waktu yang lama untuk membentuk inti Kristal. Inti-inti yang terbentuk mempunyai kesempatan untuk tumbuh sehingga butiran logam yang terjadi besar.

Peningkatan rapat arus sampai rapat arus kritis, akan meningkatkan laju ion-ion dan menghasilkan butiran logam yang halus. Bila peningkatan rapat arus melewati rapat arus kritis akan terjadi kekososngan ion-ion pada daerah katoda.

2. Temperatur

Kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan konduktivitas larutan yang berarti tahanan larutan mengecil. Bila larutan menurun akan menyebabkan arus naik sehingga laju reaksi pengendapan naik pula.

Kenaikan temperatur akan meningkatkan laju difusi ion-ion sehingga butiran logam yang terjadi halus. Peningkatan rapat arus yang lebih tinggi lagi akan menyebabkan kekososngan ion-ion disekitar katoda.

Hal-hal tersebut diatas juga akan berpengaruh pada laju korosi karena butiran logam yang halus lebih mudah terkorosi. Terlihat pada tabel hasil pengujian korosi, kondisi I mempunyai laju korosi paling rendah.

6 Kesimpulan

Dari pengamatan terhadap hasil pengujian dapat disimpulkan:

1. Pada prinsipnya proses pelapisan secara lapis listrik (*electroplating*) terhadap bahan dasar plastik hampir sama dengan bahan dasar logam, hanya terdapat perbedaan pada proses pengerjaan pendahuluan.

2. Pengerjaan pendahuluan, proses etsa, elektroless dan *accelarating* sangat menentukan daya lekat dan mutu lapisan logam yang dihasilkan.
3. Temperatur, rapat arus dan waktu pelapisan sangat mempengaruhi mutu hasil pelapisan listrik (*electroplating*).
4. Hasil pelapisan terbaik pada: Temperatur kamar
Rapat arus: 2 A/dm^2
Waktu: 60 detik

Daftar Pustaka

1. F.A.Lowenheim, "*Electroplating*", Mc-Graw Hill Book Company, 1978.
2. F.A.lowehein, "*Modern Electroplating*", John Wiley and Son, inc. New York, 1974.
3. Kawasaki Matoo, "*Practical Electroplating*".
4. The Canning handbook, "*Surface treatment Technology*".
5. Ashar A. Salch, "*Teknik Pelapisan Dengan Cara Lapis Listrik*" BBLM, Bandung 1990.
6. G. Muller and D. W. baudrand, "*Plating on plastic*" Robert Draper ltd, redington 1971.
7. Seymour F. Smith, "*The Mechanics of Electroless Nickel Deposition*" Metal Finishing Published, 1979.
8. F.H.reid and W. goldie, "*Gold Plating Technology*" Electrochemical Publication Ltd, Ayr, Scotland, 1974.
9. Takeshi Kamiya, "*Tutorial Polymer Processing II, Plastik Molding Material*", Techno Japan vol 18 - no 11 nov, 1985.
10. A.H. Sanders "*Electroplating*", International Texbook company.

Aplikasi Sistem Manufaktur Berbasis Web pada Industri Kecil Logam Pembuat Komponen (Studi Kasus di PT Nusa Integral Bandung)

Cucu Wahyudin

Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. Pada saat ini cara berkomunikasi industri kecil menengah (IKM) dengan konsumen, umumnya masih bersifat *face to face*, artinya jika konsumen ingin mengetahui informasi perusahaan dan produk yang dihasilkan perusahaan secara lebih lengkap, konsumen harus mengunjungi perusahaan, atau dari pihak perusahaan melakukan pengenalan terhadap konsumen dengan cara presentasi. Hal ini mengakibatkan konsumen mengalami kesulitan memantau pesanan, memerlukan waktu yang lama untuk menentukan suatu keputusan jika konsumen ingin melakukan pemesanan produk kepada IKM.

Penelitian ini berusaha merancang suatu website bagi IKM, sehingga diharapkan akan memudahkan konsumen untuk memesan produk dengan cepat, memudahkan dalam memantau pesannya serta memudahkan perusahaan untuk mengenalkan produk-produk yang diproduksinya.

Kata kunci : *Indutri kecil menengah, web, konsumen, dan produk*

1 Pendahuluan

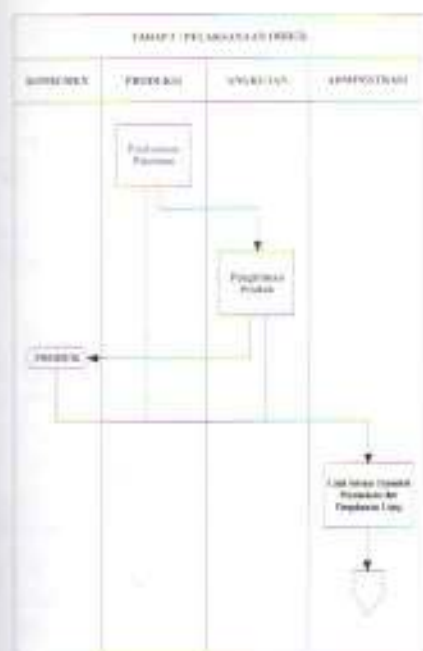
IKM logam pembuat komponen, dalam menjalankan usahanya menggunakan dua strategi yaitu, pertama membuat produk tetap *Customer Goods*, yang kedua membuat produk sesuai dengan pesanan konsumen (Pabrikasi atau *Make to Order*). Aliran proses yang digunakan dalam sistem produksi IKM umumnya *Job Shop*, dimana jalur produksi mengikuti letak mesin yang ditempatkan secara berkelompok menurut jenisnya. Dengan adanya dua strategi, perusahaan perlu mengalami perubahan. Salah satu cara adalah diperlukannya perubahan pada strategi berbisnis dan meningkatkan kemampuan dalam merespon konsumen secara cepat dan efektif. Mulai dari cara mendesain, membuat komponen, merakit, mendistribusikan produk dan merencanakan system produksi, sampai pada cara berkomunikasi dan bermitra dengan perusahaan lain yang dapat menjadi rantai suplai perusahaan.

Pada penelitian ini akan dirancang suatu website perusahaan, sehingga diharapkan dengan adanya website ini akan memudahkan konsumen untuk memesan produk dengan cepat, memudahkan konsumen dalam memantau pesannya serta memudahkan perusahaan untuk mengenalkan produk-produk yang diproduksinya.

2 Rancangan Sistem Operasi Industri Kecil

Karakteristik sistem manufaktur yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

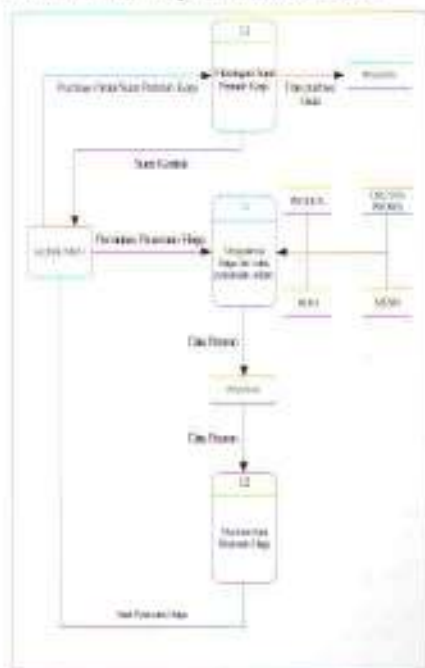
- Perusahaan bertipe *make to order*.
- Perusahaan dalam menjalankan usahanya menggunakan dua strategi yaitu *Customer Goods* dan Pabrikasi atau *Make To Order*.
- Aliran proses yang digunakan dalam sistem produksi IKM adalah *Job Shop*.



Gambar 2 Prosedur tahap 3 pelaksanaan *order* dan tahap 4 Evaluasi usaha



DFD Level 1 untuk Customer Goods



DFD Level 2 untuk bagian Manajemen Produksi

Gambar 3 Data Flow Diagram Level 1 untuk *Customer Goods* dan level 2 untuk Manajemen produksi



Gambar 4 DFD Level 2 untuk bagian Pengendalian Produksi

del matematika yang dikembangkan oleh Mikael P.Groover.

Ada tiga elemen yang berpengaruh terhadap *lead time* manufaktur, yaitu :

1. Waktu proses, merupakan waktu pelaksanaan proses.
2. Waktu *setup*, merupakan waktu *setup* mesin agar beroperasi.
3. Waktu nonoperasi, merupakan waktu yang tidak produktif dalam proses operasi, seperti penyimpanan, pemeriksaan dan menunggu.

Adapun persamaan matematika untuk penentuan estimasi *lead time* tersebut adalah sebagai berikut :

$$MLT_j = \sum_{i=1}^{O_j} (T_{s_{uji}} + Q_j T_{c_{ji}} + T_{n_{oji}})$$

dimana MLT_j = *lead time* manufaktur untuk *part* atau produk j (menit), $T_{n_{oji}}$ = waktu *setup* untuk operasi i (menit), Q_j = jumlah *part* atau produk j dalam *batch* yang diproses (unit), $T_{c_{ji}}$ = waktu siklus operasi untuk operasi i (menit/unit), $T_{s_{uji}}$ = waktu nonoperasi yang berhubungan dengan operasi i (menit), dan i menunjukkan urutan operasi dalam proses.

Untuk menyederhanakan dan menggeneralisir model tersebut, kita asumsikan bahwa semua waktu setup, waktu siklus operasi dan waktu nonoperasi adalah sama untuk noj mesin. Selanjutnya secara sederhana persamaan di atas menjadi:

$$MLT = n_s (T_{su} + QT_s + T_{no})$$

dimana MLT adalah rata-rata *lead time* manufaktur untuk sebuah produk atau *part* (menit).

5 Pembuatan Program Aplikasi

Pada penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan fasilitas paket bahasa pemrograman visual yang berorientasi objek yaitu *Borland Delphi* untuk pembuatan *backoffice*nya sedangkan untuk program aplikasi web digunakan bahasa pemrograman MySQL dan PHP. Dipilihnya *Borland Delphi*, MySQL dan PHP didasari alasan kemudahan dalam penggunaannya, *reabilitas* yang baik serta komabilitas aplikasi yang nantinya dihasilkan dengan berbagai sistem operasi atau sistem basis data lainnya.

Dalam Program Aplikasi ini terdapat kamus data, dimana pembuatan kamus data ini diperlukan agar tidak adanya kesalahpahaman antara analisis sistem dan pengguna sistem dalam penggunaan data.

Kamus data pada Website

No	Arus Data	Kamus Data
1	Sign Up	User Name Password Retype Password E-mail First Name Last Name Date Of Birth Address Post Code City State Country Phone Fax
2	Member Login	User Name Password

Kamus data pada Back office

No	Arus Data	Kamus Data
1	Login	User Name Password
2	File Recevaid	Member Name Job Name Quantity Material File Name Status
3	Worksheet	Member Name Job Name Quantity Material File Name
3a	Analisis	Worksheet Operation Process Operation Size Setup Time Loading & Unloading Time Jig & Fixture Time Operation Time Total Worker Cost Total Time
3b		Length Width Height Material Cost Overhead Cost Other cost

Kamus data pada Back office Lanjutan

No	Arus Data	Kamus Data
		Total Time
		Total Price
		Total Worked
		Quantity
4	Order Queue	Check Bank
		Order Queue
		Finish
4a	Check Bank	Member Name
		Job Name
		Quantity
		Material
		File Name
		Check Bank
		Check Bank
4b	Order Queue	Member Name
		Job Name
		Quantity
		Material
		File Name
		Check Bank
4b	Finish	Member Name
		Job Name
		Quantity
		Material
		File Name
5	User Management	User
		Backoffice
		Member Web
		Add
		Change
5a	User Backoffice	User Name
		Access
5b	Member Web	User Name
		E-Mail

Kamus data pada Back office Lanjutan

No	Arus Data	Kamus Data
		Setup Time
		Loading &
		Unloading
		Time
		Jig & Fixture
		Time
		Operation
		Time
		total worker
		Labour Cost
8	Worker	Job Name
		Salary
		Machine
		Edit
		Delete
8a	Add	Job Name
		Salary
		Machine
		Machine
		Name
9	Machine	Machine
		Name
9a	Add	Name
10	Produc	Product Name
		Material
		File Name
		Status
10a	New	Product Name
		Material
		Load AutoCad
		File
		Load Web
		Image File

6 Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem integrasi yang dibuat ini dimaksudkan untuk melihat kemampuan sistem dalam mengintegrasikan seluruh data yang ada dan mampu memberikan respon terhadap keadaan yang terjadi di lapangan sehingga sistem ini layak untuk dipergunakan.

Untuk menguji validitas model dilakukan dengan pengujian terhadap sebuah kasus nyata yang ada di PT. Nusa Integral. Data yang dipergunakan untuk melakukan pengujian terhadap sistem integrasi yang telah dikembangkan ini adalah sebagai berikut :

-Identitas Konsumen

Adapun identitas konsumen adalah sebagai berikut :

Nama Perusahaan : PT. JAYA SENTRIKON INDONESIA

Nama Konsumen : Bustami Nasution B.Sc.

Alamat : Jl. Padang Sumbar.

-Produk Yang Dipesan

Produk yang dipesan oleh konsumen yaitu sebanyak 5 produk tetapi yang diuji pada pengujian ini hanya 1 produk yaitu pisau bawah saja, adapun nama produk, jumlah produk dan harga produk tersebut sebagai berikut :

Tabel 1 Daftar Pesanan Produk yang Dipesan oleh PT. JAYA SENTRIKON INDONESIA

No	Nama Barang	Satuan	Jml.Pesanan	Harga/unit (Rp)	Jumlah (Rp)
	Blok				
1	Alur 7,2 mm	Unit	6	754,000	4,524,000
2	Pisau Bawang 7,2 mm	Unit	6	198,500	1,191,000
3	Pisau Atas 7,2 mm	Unit	6	350,000	2,100,000
4	Ring Pembawa	Unit	16	2,870,000	45,920,000
5	Bush	Unit	4	2,595,000	10,380,000
	Jumlah Harga				64,115,000

Data diatas merupakan input bagi perusahaan untuk menjalankan sistem operasional, yang selanjutnya dilaksanakan tahapan penanganan order yang telah dijelaskan diatas yaitu dimulai dari respon order, perencanaan order, pelaksanaan order yang diakhiri dengan evaluasi usaha.

6.1 Hasil Pengujian Software

1. Total Biaya

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rancangan perangkat lunak ini didapatkan total biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam membuat 6 produk pisau bawah yaitu sebesar Rp.745.200. Total biaya tersebut sudah ditambah dengan biaya tenaga kerja, biaya perawatan mesin yang digunakan dan biaya listrik serta biaya telepon.

2. Lead Time

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak ini juga diperoleh waktu penyelesaian pesanan untuk menyelesaikan 6 produk pisau bawah yaitu selama 26.62 Jam atau 3 hari jam kerja 8 jam. Ditambah dengan proses pengecekan produk,

maka total waktu pengerjaan dari awal sampai akhir perusahaan memerlukan waktu 4 hari jam kerja. Pesanan produk masuk ke perusahaan tanggal 29 Januari 2005, perusahaan melakukan *analyst* selama sehari dan mencapai kesepakatan antara perusahaan dan konsumen pada tanggal 30 Januari 2005, maka produk pesanan ini akan selesai pada tanggal 3 Pebruari 2005.

3. Evaluasi Usaha

Evaluasi usaha dilakukan dengan menggunakan MYOB *Accounting*, Evaluasi usaha ini dilakukan untuk menghitung keuntungan perusahaan dalam membuat 6 produk pisau bawah. Keuntungan yang diperoleh perusahaan dalam membuat 6 produk pisau bawah yaitu sebesar Rp. 449.850,-. Hasil program ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Description	Income	Year to Date
REVENUE 2005		
PENDAPAT		
Penjualan barang dagangan	8000	8.000,00
Penjualan jasa dan jasa lainnya	0,00	0,00
Penjualan aset	0,00	0,00
Penjualan aset lain	0,00	0,00
PENDAPAT LABA	8000	8.000,00
Biaya Pokok Penjualan		
Biaya Pokok Penjualan	8000	8.000,00
BIBIT POKOK PENJUALAN	0,00	0,00
BIBIT POKOK PENJUALAN	0,00	0,00
Biaya Pokok	8000	8.000,00
BIAYA		
Biaya gaji karyawan	8000	8.000,00
Biaya gaji karyawan	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya gaji	8000	8.000,00
Biaya Pokok	8000	8.000,00
Gesekan Pokok	8000	8.000,00
BENDAWA LAIN LAIN LABA		
Benda Bawah	0,00	0,00
Benda Bawah	0,00	0,00
BENDAWA LAIN LAIN LABA	0,00	0,00
BIAYA LAIN LAIN		
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Biaya Lain Lain	8000	8.000,00
Net Profit	8000	8.000,00

Gambar 5 Bentuk hasil pemrograman

7 Kesimpulan

Dari hasil pengujian web dengan studi kasus dan melihat tujuan dari tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan :

1. Tahapan penanganan order yang meliputi proses pembuatan surat penawaran harga dan surat kontrak menjadi lebih cepat, hanya membutuhkan waktu sekitar 1-2 menit.
2. Estimasi *lead time* menjadi lebih cepat dan akurat.
3. Tahapan perencanaan order yang meliputi perencanaan kebutuhan kapasitas, perencanaan kebutuhan material dan perencanaan produksi menjadi lebih cepat.
4. Tahapan pelaksanaan dan pengendalian order menjadi lebih cepat dan mudah. Dengan adanya *gant chart order* jadi lebih terkendali.

Daftar Pustaka

1. Fogarty, Donald W, Blackstone Jr, John H, Hofmann, Thomas R, *Production & Inventory Management*, South-Western Publishing Co. 1991.
2. Oden, HW., et all, *Handbook of Material Requirement Planning*, Mc Graw Hill Inc, 1993.
3. Groover, MP., *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, Prentice Hall, 1996.
4. Budiman Aris, *Perancangan Sistem Operasional Industri Kecil Make To Order*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1998.
5. Jogiyanto H.M, Akt., MBA, Ph.D., *Analisis & Desain Sistem Informasi : Pendekatan Terstruktur Teori & Praktek Aplikasi Bisnis*, Edisi kedua, Andi Yogyakarta, 2001.
6. Pranata Andi, *Pemograman Borland Delphi 6*, Edisi 4, Andi Yogyakarta, 2002.
7. Hadeli., Is, Toha, *Thesis*, Institut Teknologi bandung, 1999.

Ekstraksi *Virgin Coconut Oil* Menggunakan Mikroba *Rhizopus Oligosporuz*

Febrianto Adi Nugroho

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
E-mail : adinugroho2@yahoo.com

Abstrak. Proses ekstraksi minyak kelapa dapat dilakukan dengan cara menambahkan suatu inokulum (mikroba) ke dalam larutan santan dan diinkubasi pada suhu kamar. Minyak yang dihasilkan berupa minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*) atau disebut juga minyak kelapa ekstrak dingin (*cold expelled coconut oil*). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *virgin coconut oil* dengan bantuan *Rhizopus oligosporus*. Percobaan dilakukan dengan variasi jumlah ragi *Rhizopus oligosporus* dari ragi tempe sebesar 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram, dan 2 gram. Hasil percobaan terbaik yang memenuhi SNI diperoleh pada percobaan (*batch*) III menghasilkan produk minyak 81,80 gram ; turbiditas 3,4 NTU dan indeks bias 1,450. Hasil analisis kimia produk tersebut memiliki kadar air 0,2 % ; kadar kotoran 0,046 % ; kadar asam lemak bebas 0,52 % ; kadar minyak pelican 1,56 % dan bilangan penyabunan 262,968 mg KOH / gr lemak

Kata kunci : *virgin coconut oil*, *rhizopus oligosporus*, mikroba, ekstraksi

1 Pendahuluan

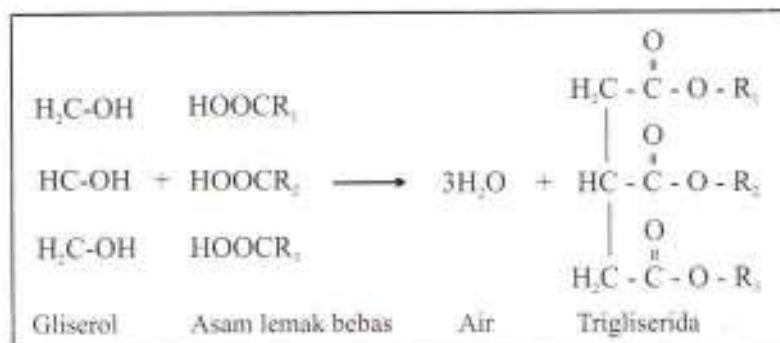
Minyak kelapa dapat dibuat dengan berbagai cara misalnya : cara tradisional kering (*traditional dry method*) yaitu dengan bahan baku kopra yang kemudian ditekan atau diekstraksi sehingga keluar minyaknya, dan cara tradisional basah (*traditional wet method*) yaitu dengan penambahan air terlebih dahulu, membuat santan lalu direbus dan diuapkan airnya di atas api sehingga terbentuk minyak kelapa dan gumpalan protein.

Modifikasi proses ekstraksi minyak kelapa adalah dengan cara fermentasi, yaitu dengan menambahkan inokulum (mikroba) ke dalam larutan santan dan diinkubasi pada suhu kamar. Minyak yang dihasilkan berupa minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*) atau disebut juga minyak kelapa ekstrak dingin (*cold expelled coconut oil*). Pembuatan minyak kelapa dengan cara fermentasi tersebut memiliki beberapa keunggulan diantaranya : hasil minyak kelapa yang lebih banyak dibandingkan dengan cara tradisional basah, efisien dalam penggunaan energi karena pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar sehingga tidak memerlukan panas tinggi, lebih ekonomis dan menghasilkan minyak yang jernih, bersih, tahan lama tanpa menjadi tengik dan lebih harum.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan *virgin coconut oil* secara fermentasi pada berbagai variasi jumlah *Rhizopus oligosporus* ragi tempe padat dalam skala laboratorium. Produk yang dihasilkan dianalisa secara fisika dan kimia untuk melihat kesesuaian dengan Standar Nasional Indonesia.

2 Minyak Kelapa

Minyak kelapa merupakan hasil pengolahan kelapa, baik dari kopra maupun dari kelapa segar. Minyak kelapa dapat berfungsi sebagai sumber kalori bagi tubuh manusia karena dapat memberi energi sekitar 9000 kalori per kilogram minyak. Minyak kelapa merupakan senyawa ester dari *gliserol* dan asam lemak yang disebut *trigleserida*, serta larut dalam pelarut minyak atau lemak. Pembentukan *trigleserida* pada umumnya adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Reaksi pembentukan trigliserida

Kandungan asam lemak jenuh pada minyak kelapa kurang lebih sejumlah 90%. Minyak kelapa mengandung 84% trigliserida dengan 3 molekul asam lemak jenuh, 12% trigliserida dengan 2 asam lemak jenuh, dan 4% trigliserida dengan 1 asam lemak jenuh. Kandungan asam laurat dalam minyak kelapa memiliki persentase yang paling besar (50%), jika dibandingkan dengan asam lainnya.

Tabel 1 Komposisi asam lemak minyak kelapa

Asam lemak	Ramus kimia	Jumlah (%)
Asam lemak jenuh		
Asam kaproat	C ₈ H ₁₆ COOH	0,0 – 0,8
Asam kaprilat	C ₈ H ₁₆ COOH	5,5 – 9,5
Asam kaprat	C ₁₀ H ₂₀ COOH	4,5 – 9,5
Asam laurat	C ₁₂ H ₂₄ COOH	44,0 – 52,0
Asam miristol	C ₁₃ H ₂₆ COOH	13,0 – 19,0
Asam palmitat	C ₁₆ H ₃₂ COOH	7,5 – 10,5
Asam stearat	C ₁₈ H ₃₆ COOH	1,0 – 3,0
Asam arachidat	C ₂₀ H ₄₀ COOH	0,0 – 0,4
Asam lemak tidak jenuh	C ₁₈ H ₃₄ COOH	0,0 – 1,3
Asam palmitoleat	C ₁₇ H ₃₄ COOH	5,0 – 8,0
Asam linoleat	C ₁₈ H ₃₄ COOH	1,5 – 2,5

Syarat mutu minyak kelapa yang dikonsumsi berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) adalah sebagai berikut :

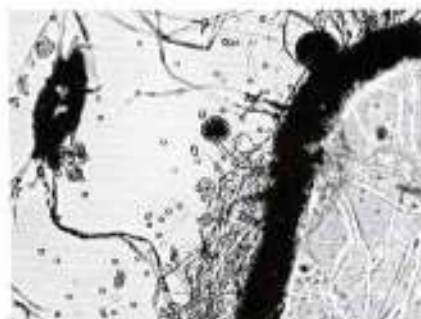
Tabel 2 Mutu Minyak Kelapa Berdasarkan SNI

No.	Syarat Mutu	Satuan	Spesifikasi
1.	Kadar air	%	maks. 0,5
2.	Kadar kotoran	%	maks. 0,05
3.	Bilangan penyabunan	mg KOH/gr minyak	255 – 265
4.	Bilangan iod	gr iod/gr minyak	8 – 10
5.	Bilangan peroksida	mg O ₂ /gr minyak	maks. 5
6.	Asam Lemak Bebas (sebagai Asam Laurat)	%	maks. 5
7.	Warna, bau	-	normal
8.	Kadar minyak pelikan	%	1- 2

Selama penyimpanan minyak kelapa, dapat terjadi kerusakan minyak karena hidrolisis dan oksidasi. Proses hidrolisis terjadi karena adanya kandungan air yang terdapat dalam minyak, sedangkan proses oksidasi terutama dipengaruhi oleh oksigen dari udara, temperatur, cahaya dan ion-ion logam.

3 *Rhizopus Oligosporus*

Rhizopus oligosporus atau lebih dikenal sebagai ragi tempe merupakan salah satu jenis kapang. Kapang biasanya digunakan dalam fermentasi makanan-makanan tradisional dan dalam pematangan keju. Dalam industri, kapang banyak digunakan untuk memproduksi berbagai asam, enzim dan antibiotik.



Gambar 2 *Rhizopus oligosporus*

Kecepatan pertumbuhan dari *Rhizopus oligosporus* sangat tergantung pada: kelembaban (adanya air/uap air), nutrisi yang tersedia, pH yang sesuai, suhu, adanya oksigen, tidak terdapat zat-zat kimia yang menghambat, dan tidak ada mikroba lain yang mengganggu pertumbuhan.

Pada proses fermentasi oleh kapang, enzim yang berperan utama adalah enzim *amilolitik* dan *proteolitik*, masing-masing untuk memecah molekul-molekul pati dan protein yang terdapat di dalam substrat menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Pemecahan pati oleh enzim *amilolitik* penting terutama dalam pembuatan produk-produk yang menggunakan ragi, tape, dan koji sebagai awal proses fermentasinya.

4 Fermentasi

Fermentasi adalah istilah yang berasal dari bahasa Latin, *fervere*, yang berarti bergelembung atau mendidih. Istilah ini digunakan untuk menggambarkan proses kimia dimana terjadi munculnya gelembung-gelembung, karena adanya pembentukan gas yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme didalamnya. Proses fermentasi pertama kali digunakan pada pembuatan minuman anggur (*wine*). Penelitian ilmiah dari proses fermentasi baru dimulai setelah **Louis Pasteur** (1860) mulai meneliti tentang mikroorganisme.

Dalam bioproses pengertian fermentasi adalah terjadinya reaksi enzimatik pada substrat yang disebabkan adanya mikroba di dalam substrat. Produk proses fermentasi dapat berupa biomassa, enzim dari mikroba, metabolit/hasil metabolisme, atau produk biotransformasi/biokonversi. Produk biomassa dapat dibedakan atas dua kategori, yaitu produk biomassa untuk keperluan industri seperti pembuatan ragi roti, dan produk biomassa untuk digunakan sebagai sumber makanan bagi manusia seperti protein sel tunggal. Jenis-jenis fermentasi dapat dibedakan berdasarkan substrat yang digunakan dan berdasarkan posisi mikroba ketika bekerja dalam proses fermentasi.

Berdasarkan substrat/medium yang digunakan :

1. Fermentasi substrat padat,
Substrat yang paling banyak digunakan adalah biji-bijian serealia, kacang-kacangan, sekam gandum, bahan yang mengandung *lignoselulosa*, dan berbagai bahan lain yang berasal dari tanaman dan hewan. Contoh : pembuatan tempe dan pembuatan asam sitrat.
2. Fermentasi substrat cair,
Fermentasi dilakukan dengan menggunakan substrat yang berair (kadar air tinggi). Umumnya fermentasi cair berlangsung secara bawah permukaan dan mikroba yang digunakan terendam di dalam medium fermentasi, oleh karena itu seringkali fermentasi cair dianggap identik dengan fermentasi bawah permukaan. Contoh : pembuatan bir.

Berdasarkan posisi mikroba ketika bekerja dalam proses fermentasi :

1. Fermentasi permukaan (*surface fermentation*),
Mikroba yang digunakan untuk proses fermentasi tumbuh dan beraktivitas hanya pada permukaan substrat. Proses fermentasi permukaan umumnya dilakukan pada substrat yang berbentuk padat, meskipun ada juga yang dilakukan pada substrat cair, dan umumnya dilakukan secara *batch*. Contoh : pembuatan tempe dan pembuatan asam sitrat.
2. Fermentasi bawah permukaan (*submerged fermentation*),
Mikroba hidup dan beraktivitas di medium fermentasi/terendam di dalam medium. Proses fermentasi bawah permukaan dilakukan pada substrat cair, dan

dibagi dalam tiga cara : proses curah (*batch process*), proses *fed-batch* , dan proses sinambung (*continues process*). Contoh : pembuatan bir.

Pemilihan substrat/medium fermentasi biasanya melalui serangkaian pengujian dan penelitian yang spesifik. Substrat harus memiliki berbagai nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba seperti air, sumber karbon dan energi, sumber nitrogen, mineral, vitamin, dan oksigen. Selain itu substrat yang dipilih dapat memberikan perolehan produk yang maksimum dengan produk samping yang minimum, ekonomis, dan kualitas juga kuantitasnya

5 Metode Penelitian

Percobaan dilakukan secara *batch* pada temperatur operasi 37 °C dan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan (*triplo*) yang terdiri dari percobaan (batch) I, II, dan III. Setiap satu kali percobaan terdiri dari 4 variasi untuk ragi tempe padat (0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram; 2 gram). Analisis data dan pembahasan lebih difokuskan pada pengaruh dari variasi jumlah ragi terhadap : jumlah produk, turbiditas, indeks bias, kadar air, kadar kotoran, kadar minyak pelikan, kandungan asam lemak bebas, dan angka penyabunan.

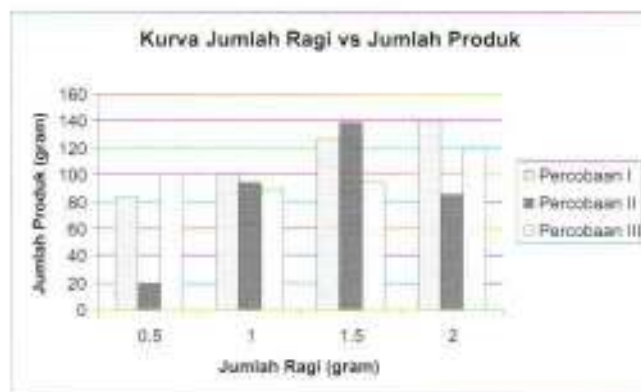
Adapun langkah kerja dari proses pembuatan minyak kelapa murni adalah sebagai berikut :

1. Kelapa yang sudah diparut dicampur dengan air panas sehingga diperoleh santan sebanyak 1 liter.
2. Campur 1 liter santan dengan 0,5 gram *Rhizopus oligosporus* (ragi tempe padat) di dalam *Feed Tank*.
3. Biarkan fermentasi berlangsung selama 72 jam di dalam bioreaktor pada temperatur operasi 37° C.
4. Setelah itu akan terbentuk air, protein dan minyak. Air dibuang sedangkan protein dan minyak dipanaskan selama 15 menit pada temperatur 80° C.
5. Protein dan minyak dipisahkan dengan alat penyaring vakum dengan tekanan operasi 900 mbar dan menggunakan saringan 200 mesh.
6. Kemudian minyak yang diperoleh di centrifuge selama 20 menit dengan kecepatan putaran 2500 rpm sehingga diperoleh minyak yang lebih jernih.
7. Ulangi percobaan no. 1 – 6 untuk variasi jumlah ragi yang berbeda (1 gram; 1,5 gram; 2 gram).
8. Setelah itu produk minyak kelapa di analisa untuk mengetahui kandungannya.

6 Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Jumlah Produk

Jumlah ragi yang digunakan pada percobaan sangat berpengaruh terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Hal tersebut sangat berkaitan dengan proses fermentasi yang berlangsung. Semakin banyak jumlah ragi dalam media fermentasi (santan), semakin banyak pula jaringan-jaringan putih (*mycellium*) yang dihasilkan. *Mycellium* akan membentuk *sporangium* dan spora-sporanya dalam jumlah yang banyak pula, sehingga proses fermentasi berlangsung dengan cepat dan minyak yang dihasilkan akan semakin banyak. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi tempe terhadap jumlah produk ditunjukkan pada Gambar 3. di bawah ini :



Gambar 3 Kurva pengaruh jumlah ragi terhadap jumlah produk

Pada Gambar 3. dapat dilihat pengaruh variasi jumlah ragi terhadap produk yang dihasilkan:

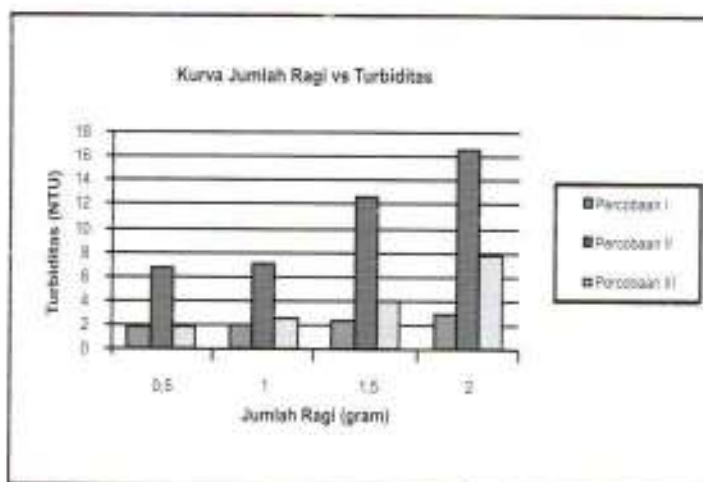
- Pada percobaan (*batch*) I – warna biru - menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, maka semakin banyak pula jumlah produk yang dihasilkan.
- Pada percobaan (*batch*) II - warna merah - menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, maka semakin banyak pula jumlah produk yang dihasilkan. Tetapi terjadi penurunan jumlah produk pada variasi ragi 2 gram.
- Pada percobaan (*batch*) III – warna kuning - menunjukkan menurunnya jumlah produk yang dihasilkan. Tetapi terjadi kenaikan jumlah produk yang dihasilkan pada variasi ragi 2 gram.

Penurunan jumlah produk seperti pada percobaan (*batch*) II dan percobaan (*batch*) III disebabkan oleh:

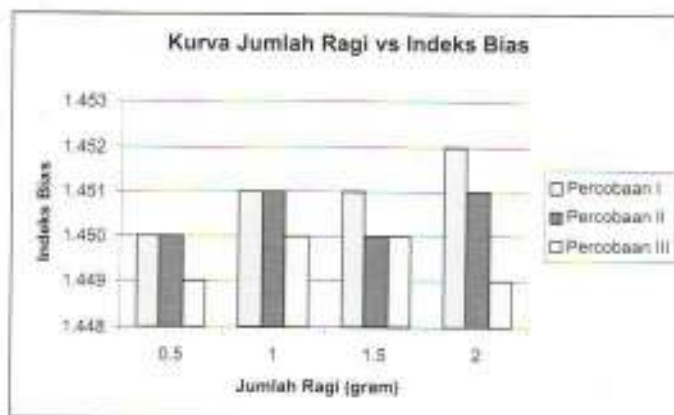
1. Pengaruh dari temperatur operasi yang kurang stabil, kondisi temperatur alat inkubator yang dapat berubah-ubah memungkinkan kondisi pertumbuhan yang kurang optimum bagi ragi tempe.
2. Adanya mikroba lain yang mengganggu pertumbuhan ragi tempe, hal tersebut dapat terlihat dari permukaan dari substrat (santan) akan berubah warna dari kuning terang menjadi berwarna abu-abu.
3. Pada proses pemisahan minyak dengan air dan protein ada kandungan minyak yang ikut terbuang sehingga jumlah minyak yang dihasilkan berkurang.

6.1 Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Turbiditas

Variasi jumlah ragi juga dapat mempengaruhi kualitas dari produk minyak tersebut secara fisik. Hal tersebut sangat berkaitan dengan proses pemisahan dan penyaringan antara minyak dengan pengotor-pengotornya. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi tempe terhadap turbiditas produk ditunjukkan pada Gambar 4. dibawah ini :



Gambar 4 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Turbiditas



Gambar 5 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Indeks Bias

Pada Gambar 4, terlihat, percobaan (*batch*) I, II dan III untuk seluruh variasi ragi (0,5 – 2 gram) menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, semakin tinggi turbiditas produk yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan protein dan kotoran padat/ampas yang terbentuk juga semakin banyak sehingga memperberat beban pemisahan. Guna mengatasi hal tersebut sebaiknya dilakukan proses pemisahan dan penyaringan minyak yang lebih cermat sehingga bahan pengotor dapat terpisahkan dengan baik dari minyak.

Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Indeks Bias

Pengujian indeks bias dapat digunakan untuk mengetahui kemurnian minyak dan nilai indeks bias berhubungan dengan nilai turbiditas. Hal tersebut sangat berkaitan dengan proses pemisahan dan penyaringan antara minyak dengan pengotor-pengotornya. Semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, maka nilai turbiditas semakin tinggi, demikian pula dengan nilai indeks biasnya.

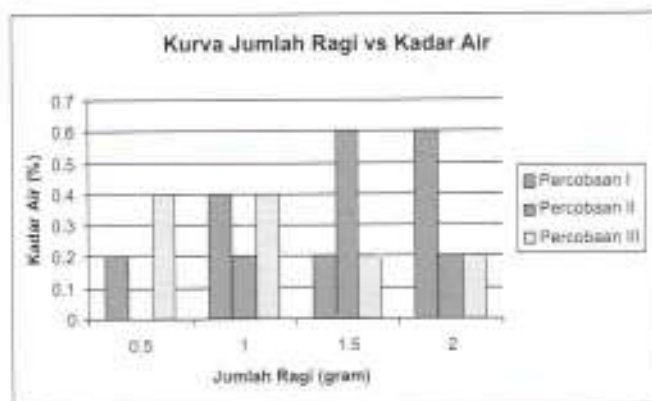
Hubungan antara pengaruh jumlah ragi biakan murni terhadap indeks bias produk ditunjukkan pada Gambar 5.

- Pada percobaan (*batch*) I untuk seluruh variasi jumlah ragi, menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, nilai indeks biasanya semakin tinggi.
- Pada percobaan (*batch*) II dan percobaan (*batch*) III menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan tidak diikuti dengan nilai indeks bias yang semakin tinggi, tetapi terjadi penurunan nilai indeks bias.

Adanya nilai indeks bias yang rendah seperti pada percobaan (*batch*) II dan percobaan (*batch*) III – kemungkinan disebabkan oleh dipanaskannya minyak sebelum pengukuran indeks bias dilakukan. Minyak yang sudah dipanaskan akan terlihat lebih jernih. Minyak dengan pemanasan yang rendah akan terlihat lebih keruh karena minyak masih mengandung emulsi, sehingga akan mempengaruhi nilai indeks biasnya.

6.2 Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Kadar Air

Kadar air adalah jumlah bahan yang menguap pada pemanasan dengan suhu dan waktu tertentu. Pengaruh kadar air dalam minyak adalah jika air terdapat dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan bau tengik pada minyak. Banyaknya kadar air yang terkandung didalam minyak dipengaruhi oleh proses pemisahan dan pemanasan antara minyak dengan air dan proteinnya. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi terhadap kadar air produk ditunjukkan pada Gambar 6. dibawah ini :



Gambar 6 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Kadar Air

Kadar air dalam minyak yang diperbolehkan maksimum 0,5 %. Jika kadar air dalam minyak $\leq 0,5\%$. Dari data percobaan ada beberapa produk dengan kadar air yang berada diluar standar, yaitu : percobaan (*batch*) II – variasi ragi 1,5 gram dan pada percobaan (*batch*) I – variasi ragi 2 gram.

Tingginya kadar air pada dua variasi tersebut dikarenakan pada proses pemisahan antara minyak dengan air dan proteinnya, ada kandungan air yang tidak terbuang sehingga bercampur dengan minyak. Pemanasan dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi air yang terdapat di dalam minyak, akan tetapi pengaruh pemanasan dengan temperatur yang kurang stabil dari kondisi temperatur pemanasan yang dapat berubah-ubah ternyata menyebabkan kadar air tidak berkurang secara signifikan.



Gambar 7 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Kadar Kotoran

Gambar 7. menunjukkan, semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, semakin tinggi kadar kotoran pada produk. Jumlah ragi yang banyak membuat protein dan kotoran padat/ampas yang terbentuk cukup banyak, sehingga pada proses pemisahan dan penyaringan minyak semakin banyak kotoran yang dapat ikut terbawa ke dalam minyak.

Rendahnya kadar kotoran pada produk seperti pada percobaan (*batch*) I, II – variasi ragi 1,5 gram disebabkan oleh :

1. Pada proses pemisahan dan penyaringan minyak, protein dan kotoran padat /ampas terbuang seluruhnya.
2. Pada analisis produk dilakukan pembilasan dengan *petroleum benzene* agar minyak dapat melewati kertas saring dan kotorannya tertahan. Pembilasan yang dilakukan berulang-ulang memungkinkan kotoran ikut larut oleh *petroleum benzene*.

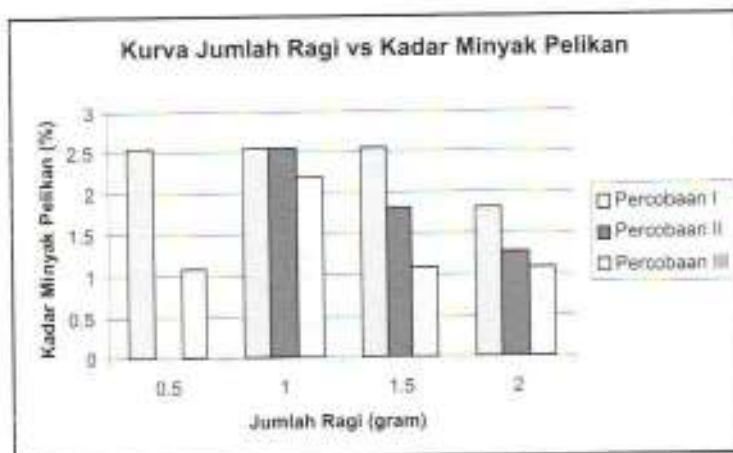
6.3 Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Kadar Minyak Pelikan

Kadar minyak pelikan dapat dihitung dari sisa minyak yang tak tersabun. Kadar minyak pelikan yang tinggi berarti minyak tidak dapat membentuk kelarutan sabun dengan alkali. Semakin banyak kadar minyak pelikan, kualitas dari minyak yang dihasilkan semakin rendah. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi terhadap kadar minyak pelikan ditunjukkan pada Gambar 8, di bawah ini.

Data menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, maka kadar minyak pelikan semakin rendah. Adanya kadar minyak pelikan yang tinggi seperti pada percobaan (*batch*) III – variasi ragi 1 gram - disebabkan oleh adanya kotoran/ampas yang masih terdapat dalam minyak sehingga minyak tidak dapat tersabunkan.

6.4 Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas (*Free Fatty Acids*) adalah turunan trigliserida (asam lemak dan gliserol). Kadar asam lemak bebas menunjukkan hasil dekomposisi trigliserida yang di-



Gambar 8 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Kadar Minyak Pelikan

sebabkan oleh analisis secara kimia dan pengaruh bakteri. Asam lemak bebas terbentuk dari asam-asam lemak yang berukuran besar kemudian diuraikan terlebih dahulu melalui proses hidrolisa dan enzimatis, sehingga asam-asam lemak yang berukuran besar tersebut menjadi kecil dan berbentuk asam lemak bebas. Kadar asam lemak bebas yang terlalu banyak menyebabkan bau tengik pada minyak

Kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa biasanya dihitung sebagai asam laurat (*Lauric acid*), dimana asam laurat tersebut memiliki komposisi yang paling besar dibandingkan dengan asam-asam lemak lainnya. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi terhadap kadar asam lemak bebas ditunjukkan pada gambar 9, di bawah ini :



Gambar 9 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Dari Gambar 9, terlihat pada percobaan (*batch*) I, II, dan III untuk semua variasi jumlah ragi, menunjukkan semakin banyak jumlah ragi yang digunakan, kandungan asam lemak bebasnya semakin tinggi. Kadar asam lemak bebas dalam minyak yang dianjurkan maksimum 5%. Jika kadar asam lemak bebas dalam minyak $\leq 5\%$, maka dapat dikategorikan minyak tersebut baik. Dari data percobaan ada semua produk memiliki kadar asam lemak bebas yang sesuai dengan standar.

6.5 Pengaruh Jumlah Ragi Tempe Terhadap Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan adalah jumlah mg KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak. Bilangan penyabunan berbanding terbalik dengan berat molekul dari asam lemak dan digunakan sebagai nilai pembanding yang mengindikasikan adanya asam lemak didalam minyak. Bilangan penyabunan menjadi suatu ukuran kualitas untuk senyawa asam-asam lemak yang ada pada minyak. Hubungan antara pengaruh jumlah ragi terhadap bilangan penyabunan ditunjukkan pada gambar 10. dibawah ini :



Gambar 10 Kurva Pengaruh Jumlah Ragi Terhadap Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan dari suatu produk minyak dipengaruhi oleh adanya komponen-komponen pengganggu seperti material-material yang tak tersabunkan. Bilangan penyabunan yang dianjurkan 255 – 265 mg KOH/gr lemak. Jika bilangan penyabunan masuk kedalam rentang tersebut, maka dapat dikategorikan minyak tersebut baik.

7 Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Rhizopus Oligosporus* dapat digunakan untuk menghasilkan VCO dengan perolehan dan kualitas yang memadai.
2. Hasil percobaan yang terbaik pada temperatur optimum 37 °C - yang sesuai dengan SNI 01-2902-1992 - adalah percobaan ke - III dengan jumlah minyak yang dihasilkan 81,80 gram dan nilai turbiditas 3,4 NTU. Berdasarkan hasil analisis :
 - Indeks bias : 1,450
 - Kadar air : 0,2 %
 - Kadar kotoran : 0,046 %

- Kadar asam lemak bebas : 0,52 %
- Kadar minyak pelikan : 1,46 %
- Bilangan Penyabunan : 262,968 mgKOH/gr lemak

Daftar Pustaka

1. Arbianto, Purwo. 1976. *Pemecahan Emulsi Minyak Kelapa dengan Cara Fermentasi*. ITB : Bandung.
2. Breuwer, Pieter. 1996. *Assessment of Viability of Microorganisms Employing Fluorescence Techniques*. Landbouwniversiteit : Germany.
3. O'Brien, Richard. 1998. *Fats & Oils Formulating and Processing for Applications*. Technomic Publishing Co. Inc : US.
4. Sastramihardja, Ibrahim. 2000. *Jurnal Praktikum Pembuatan Tempe*. Laboratorium Mikrobiologi - ITB : Bandung.
5. SBP Board of Consultants & Engineers. 1998. *SBP Handbook of Oil Seeds, Oils, Fats, & Derivatives*. SBP Publication Division : New Delhi.
6. Suhardiman, P. 1999. *Bertanam Kelapa Hibrida*. Penebar Swadaya : Jakarta.
7. Woodman, A.G. 1941. *Food Analysis*. Mc Graw - Hill Book Co. Inc. : New York and London.

Analisis Variasi Arus pada Pengelasan GMAW terhadap Sifat Mekanik Material SS-50

Wiwin Widaningrum

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. Pengaruh variasi arus terhadap material SS-50 dengan menggunakan teknik pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik material tersebut. Variasi arus yang digunakan pada proses pengelasan GMAW ini adalah 140 A, 150 A, dan 165 A. Sedangkan parameter yang lainnya konstan (tegangan sebesar 20 V, elektroda yang digunakan jenis ER 70 S-6 dengan diameter 1,2 mm, kecepatan las 0,85 mm/s, dan mempergunakan Ar + CO₂ dengan presentase 82% + 18% sebagai gas pelindungnya). Adapun pengujian yang dilakukan meliputi pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, dan pengujian kekerasan. Dari serangkaian pengujian ini diperoleh hasil bahwa semakin besar arus yang digunakan akan semakin besar Heat Input, Kekerasan, dan gaya tarik yang dimiliki material sehingga kekuatan tariknyapun akan semakin besar pula.

Kata kunci : GMAW, Kekerasan, Kekuatan Tarik, SS-50, Variasi Arus

1 Pendahuluan

GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan salah satu proses pengelasan yang kerap dipakai di industri. GMAW adalah jenis pengelasan busur yang mempergunakan busur listrik diantara elektroda logam pengisi dan logam cairnya. Proses pengelasannya menggunakan gas pelindung yang berasal dari luar (tabung gas) yang bertujuan untuk melindungi logam cair pada daerah lasan dari kontaminasi udara luar.

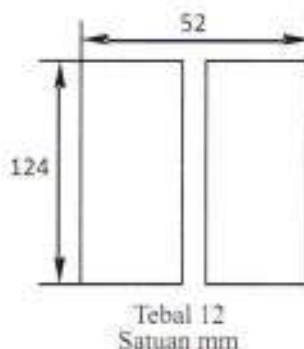
Proses pengerjaan logam yang bertujuan untuk mengubah bentuk seperti pada proses pengelasan dan pembentukannya, pada umumnya akan disertai dengan adanya perubahan struktur mikro dan sifat mekanik pada logam tersebut. Pada umumnya proses pengelasan melibatkan fasa cair. Dengan demikian akan terjadi interaksi antara logam las dan logam induk, khususnya pada saat pemanasan dan pendinginan yang akan berpengaruh pada perubahan struktur mikro dan timbulnya cacat-cacat akibat pengelasan. Seperti pada proses pengelasan lainnya karakteristik loga lasan selalu dipengaruhi oleh parameter proses pengelasan, terutama arus (I).

2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah eksperimental, yaitu melakukan pengelasan dan pengujian langsung pada spesimen untuk memperoleh data-data yang diinginkan untuk dianalisis.

2.1 Material Uji

Material yang digunakan berbentuk pelat yang telah diberi *groove* berukuran *standart* dengan bahan baja SS-50 dengan kekuatan tarik 50-62 kg/mm² sebanyak 3 buah, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1 Dimensi Material uji

2.2 Elektroda

Elektroda yang digunakan adalah ER 70S-6 dengan diameter 1,2 mm. Adapun komposisi kimianya adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Komposisi Kimia Elektroda ER 70S-6

C (%)	Si (%)	Mn (%)
0,09	1,0	1,7

Adapun peralatan las yang digunakan untuk melakukan eksperimen adalah Unit GMAW dengan spesifikasi:

Mesin Las	: VARIO STAR 457-2
No. Seri	: 0792813
Tipe	: Semi Automatic
Polaritas Arus	: DCEP
Filler Metal	: ER70S-6
Diameter Filler	: 1,2 mm
Tegangan Busur	: 12 V
Kecepatan Arus	: Konstan
Arus yang Digunakan	: 140, 150, dan 165 A

Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas campuran antara 82% Argon (Ar) + 18% karbondioksida (CO₂).

3 Analisis Hasil Percobaan

Elektroda yang digunakan adalah ER 70S-6 dengan diameter 1,2 mm. Adapun komposisi kimianya adalah sebagai berikut :

3.1 Komposisi Kimia

Hasil pengujian spektrometri pada logam dasar SS-50 ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengujian dan *standart* yang ada, dapat diketahui bahwa material yang digunakan tergolong ke dalam kategori baja karbon rendah karena kandungan karbonnya kurang dari 0,126%.

Tabel 2 Komposisi Kimia SS-50

Unsur	Standart JIS ⁽¹⁾	Hasil Spektrometri	
		W _i (%)	
C	-		0,126
Si	-		0,086
Mn	-		0,241
P	0,050 Max		0,011
S	0,050 Max		0,009

3.2 Variasi Arus terhadap Heat Input

Berikut adalah data hasil eksperimen pengelasan GMAW dengan menggunakan 3 variasi arus:

Tabel 3 Variasi Arus terhadap Heat Input

Specimen	Arus (A)	Tegangan (V)	Kec. Las (mm/s)	Aliran Gas		Heat Input (J/mm)
				Flow Gas (l/m)	Co ₂ + Ar (%)	
A	140					1317,6
B	150	20	0,85	18-21,1	18 + 82	1411,8
C	165					1552,9

Heat Input diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Heat Input (HI)} = \eta \cdot \frac{V \cdot I}{S} [J/mm] \dots\dots\dots(1)^*$$

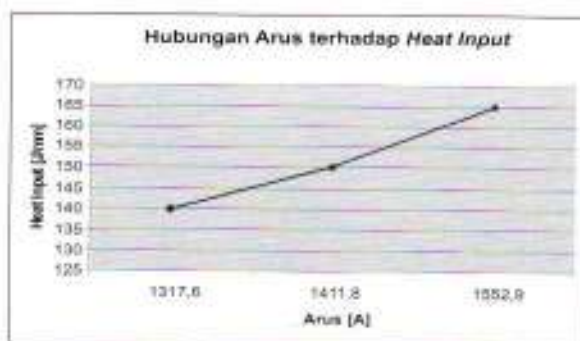
dengan:

$$\eta = \text{Efisiensi Panas} = 0,4 [J]$$

$$V = \text{Tegangan [V]}$$

$$I = \text{Arus [A]}$$

$$S = \text{Kecepatan Pengelasan [mm/s]}$$



Gambar 2 Grafik Hubungan Variasi Arus terhadap Heat Input

Penggunaan arus yang berbeda bertujuan untuk mengetahui bagaimana peningkatan keberhasilan pengelasan pada material yang sama dan untuk mengetahui kualitas dari hasil pengelasan ditinjau dari segi kekuatannya. Grafik yang menggambarkan hubungan antara Variasi Arus terhadap *Heat Input* ditunjukkan pada gambar 2. Dari grafik terlihat bahwa makin tinggi arus yang dikenakan, *Heat Input* yang dibutuhkannya pun menjadi semakin tinggi.

3.3 Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material tersebut, khususnya untuk mengetahui kemampuan material tersebut terhadap tegangan tarik. Adapun specimen uji nya mempergunakan batang uji menurut *standart* ASME IX Sect. IX. Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian tarik.

Tabel 4 Kekuatan Tarik (σ_u) Hasil Uji Tarik

Standart JIS ⁽¹⁾	Kekutan Tarik, σ_u (kgf/mm ²) SS-50			
	Sebelum Dilas	Setelah Dilas dengan 3 Variasi Arus		
		140 A	150 A	165 A
50-62	50,7	45,3	48,0	51,7
		46,5	48,7	52,1
σ_u Rata-rata		45,9	48,35	51,9

Berikut adalah grafik hubungan antara Variasi Arus dengan Kekuatan Tarik



Gambar 3 Grafik hubungan antara Variasi Arus dengan Kekuatan Tarik

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa makin tinggi arus yang dikenakan, kekuatannya makin tinggi. Sedangkan pada *specimen* yang menggunakan arus 140 A dan 150 A mengalami penurunan kekuatan tarik. Hal ini disebabkan karena penggunaan arus yang tinggi mengakibatkan meningkatnya *Heat Input*, kedua hal tersebut jugalah yang mengakibatkan logam induk dengan elektroda menyatu dengan baik dan membentuk satu ikatan metalurgi.

3.4 Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan mempergunakan metode *Vickers* pada bagian *Based Metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*), *Weld Metal*, dan bagian *Fusion Line*. Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian kekerasan

Tabel 5 Hasil Pengujian Kekerasan

Daerah Uji	Kekerasan Rata-Rata (VHN)			
	SS-50			
	Sebelum Dilas	Setelah Dilas dengan 3 Variasi Arus		
		140 A	150 A	165 A
<i>Base Metal</i>		138	144	171
<i>HAZ</i>	160	150	168	178
<i>Weld Metal</i>		172	175	182
<i>Fusion Line</i>		155	182	185

Berikut adalah grafik hubungan antara Variasi Arus dengan Kekerasan



Gambar 4 Grafik hubungan antara Variasi Arus dengan Kekerasan

Dari grafik terlihat bahwa specimen dengan arus 140 A mengalami penurunan kekerasan di daerah *Based Metal*, HAZ, dan *Fusion Line*. Sedangkan pada specimen dengan arus 150 A mengalami penurunan kekerasan di daerah *Based Metal*. Dan pada specimen dengan arus 165 A mengalami kenaikan kekerasan di daerah *Based Metal*, HAZ, *Weld Metal*, dan *Fusion Line*. Kenaikan kekerasan yang terjadi di daerah *Weld Metal* diakibatkan adanya unsur karbon (C) yang masuk dari elektroda. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi arus akan mengakibatkan kenaikan kekerasan di daerah *Base Metal*, HAZ, *Weld Metal*, dan *Fusion Line*

4 Kesimpulan

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sbb:

1. Makin tinggi arus yang diberikan akan mengakibatkan makin tingginya kekuatan tar-

rik yang dihasilkan pada specimen uji ($\sigma_{140A} < \sigma_{150A} < \sigma_{165A}$).

2. Makin tinggi arus yang diberikan akan mengakibatkan makin tingginya kekerasan yang dihasilkan pada specimen uji ($VHN^{140A} < VHN^{150A} < VHN^{165A}$).

Daftar Pustaka

1. JIS Hand Book, "Welding", 1983.
2. Wiryosumarto, Harsono, Thosie Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam", Pradnya Paramita, 1991.
3. Diktat Panduan dan Pelatihan Welding Supervisor, "Introduction to Gas Shielded Arc Welding", BAT Bandung.
4. Kenneth Easterling, "Introduction to The Physical Metalurgy of Welding", 1983.



The Effect of Chrom Element on Oxidation Behaviour of TiAl-based Alloy

Pawawoi

Jurusan Teknik Metalurgi
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
E-mail: Pwawoi72@gmail.com

Abstract. TiAl-based alloy have long been considered to be suitable candidates for high temperature structural application especially at below 700°C. Unfortunately, in higher temperature (between 700°C and 900°C), TiAl-based alloy have a poor oxidation resistance. The reason for this is that the alloys generally form rapidly growing titania based surface oxide scales rather than protective alumina layers. Various efforts have been and are being made to overcome these problems. One of alloying elements have been developed is chrom element which hoped could decreased the form of titania and lead to form alumina layers.

Key words : *Oxidation, TiAl-based alloy, high temperature, strength, alumina layer and titania*

1 Introduction

In recent years, intermetallic compound have found considerable interest as potentially suitable construction materials for high temperature aerospace application because of their unique combination of properties such as high temperature strength, low specific weight of about $\rho = 3,8 \text{ g/cm}^3$, good oxidation, burn resistance and high elastic stiffness.^(1,2,3) Examples of the applications of TiAl-based alloy in combustion engines are valves, connecting rod, piston pins, and exhaust gas turbocharger rotors. Blades, guide vanes, and blade disks for jet engines and stationary low and medium-pressure gas turbine are also under development.⁽⁴⁾

However, a major drawback of TiAl-based alloys is their poor oxidation resistance in the envisaged temperature range application 700°C and 900°C, or limited below 800°C, lower than that permissible by their mechanical properties.^(1,4,5) There have been two main approaches, alloy design and surface coating, to enhancing oxidation properties above 800°C.⁽⁶⁾ In this paper, alloy design with chrom addition are considerable to enhance oxidation properties.

2 TiAl-based Alloy and Development

Titanium aluminides have been known to be lightweight structural materials since the early 1970's. The intermetallic phase γ -TiAl possesses a face-centered tetragonal (FCT) L1₂ superlattice structure remaining ordered to the melting point at 1440°C. The FCT unit cell is only slightly distored ($c/a \approx 1,02$) and consists of alternating planes of Ti and Al atoms in the [001] direction (Figure 1a), due to the high Al content, γ -TiAl alloys exhibit a low density of about 3,8 g/cm³ and excellent oxidation resistance up to 700°C. However the restricted ability of single-phase γ -TiAl to accommodate plastic deformation causes insufficient ductility and fracture toughness for structural application.

The Ti-rich aluminide α_2 -Ti₃Al exhibits a superlattice structure of the D0₁₉ type. This complex hexagonal ordered structure is shown in figure 1b. The α_2 -Ti₃Al phase does not show any macroscopic tensile deformation at temperature below 800°C. Hence, industrial applications of single-phase γ -TiAl and α_2 -Ti₃Al alloys have not been taken into account because of their brittleness and poor workability.⁽¹⁾

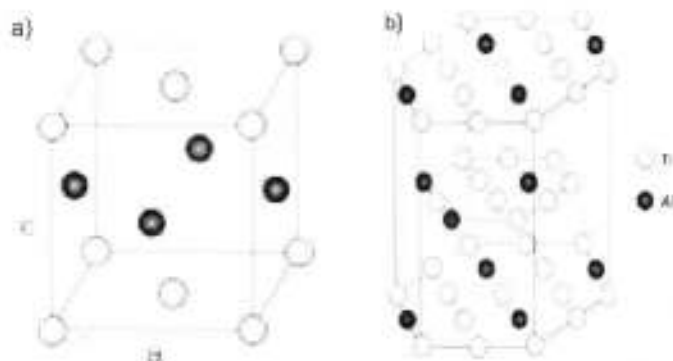


Figure 1. (a) L1, ordered structure of the γ -TiAl phase
(b) D0₁₉, ordered structure of the α_2 -Ti₃Al phase

3 The Addition Cr Element in TiAl-based Alloy

As explanation above, there are two main approaches to enhancing oxidation properties above 800°C. The first is alloy design, which TiAl-based alloy is added by a number of alloying elements and the second is surface coating, which TiAl-based alloy is coated by some Al-Ti-Cr alloy or etc. A number of alloy elements used to enhancing oxidation properties are Cr, Nb, V, Mo, Ta, and B. Some of this alloy elements are still under investigation

The study on the phase diagram in the Al-Ti-Cr ternary system as shown on Figure 2, established that Al-39Ti-5Cr alloy and Al-47Ti-3Cr alloy were located in the γ +TiAlCr two phase region, and the amount of Al content and volume fraction of TiAlCr phase in the Al-39Ti-5Cr alloy were longer than in the Al-47Ti-3Cr alloy.^(4,5)

When TiAlCr alloy (eg. TiAl-5Cr and TiAl-3Cr) exposure at temperature 800°C for 100 hour, as seen in Figure 3, The TiAl-5Cr alloy shows better isothermal oxidation resistance than the TiAl-3Cr alloy.^(4,5)

The XRD analysis confirmed the oxidation layer for TiAl-5Cr alloy and TiAl-3Cr alloy consisted of Al₂O₃ and TiO₂ and rather pure TiO₂, respectively as shown in Figure 4^(4,5)

Perkins et. al.⁽⁶⁾ proposed that TiAl-5Cr alloy was located in the boundary of the stable Al₂O₃ forming region and the mixed Al₂O₃ and TiO₂ forming region, while TiAl-3Cr alloy

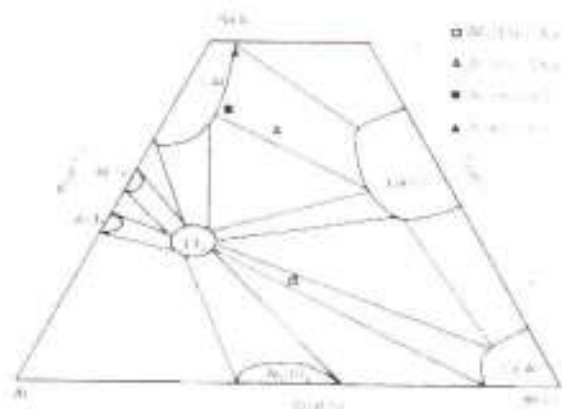


Figure 2 Schematic partial phase diagram in the Al-Ti-Cr alloy system at 1000°C

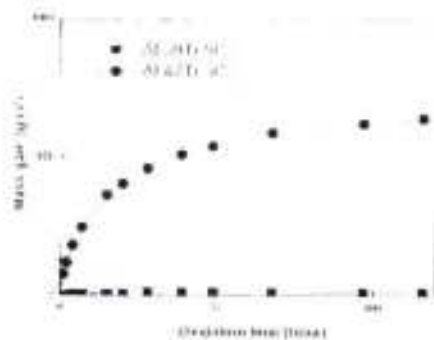


Figure 3 Isothermal oxidation curves of Ti-Al-5Cr and TiAl-3Cr at 1000°C

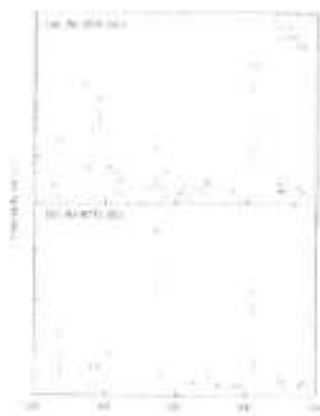


Figure 4 XRD results for surface of (a) Al-39Ti-5Cr and (b) Al-47Ti-3Cr oxidized at 1000°C for 100 h in the air

was located in the region where Al_2O_3/TiO_2 mixture informed in the oxide map for Ti-Al-Cr alloy system.

Brady et al. studied oxidation properties and reaction properties with Al_2O_3 scale for γ single phase alloy in the Ti-Al binary system and $\gamma+TiAlCr$ two-phase alloy in the Al-Ti-Cr ternary system and noted that the $\gamma+TiAlCr$ two phase alloy exhibited better oxidation properties and low reactivity with Al_2O_3 scale as compare to γ single phase alloy⁽⁷⁾. γ single phase which belong to TiAl based alloy not capable to produce or forming a protective Al_2O_3 scale when expose to the air above 800°C. For good oxidation resistance and low reactivity with Al_2O_3 scale, despite the same $\gamma+TiAlCr$ two phase region, a suitable amount of TiAlCr phase and a larger amount of Al than Ti are required.

Therefore, as reported by Brady et al.⁽⁷⁾, TiAl-3Cr alloy was more reactive with Al_2O_3 scale than the TiAl-5Cr alloy and this could prove that TiAl-5Cr alloy is more effective in prohibiting the oxygen diffusion into the substrate.

4 Conclusions

1. TiAl-based alloy have poor oxidation properties when exposed to the air above 800°C because of this alloy not capable of forming a protective Al_2O_3 scale.
2. The addition of Cr element could improve the oxidation resistance of TiAl-based alloy.
3. TiAl-5Cr is more effective in prohibiting the oxygen diffusion into the substrate than TiAl-3Cr.

References

1. A. Gil and H.Hoven, *The Effect of Microstructure on the Oxidation behaviour of TiAl-based Intermetallics*, Corrosion science, 1993, Vol. 34, pp 615-630
2. G. babu and Vijay K., *Microstructure effect on the tensile properties and deformation behaviour of Ti-48Al Gamma Titanium Aluminide*, Metallurgical & Material Transactions, 2003, Vol 34A, No. 10
3. S. Knipp, Cheen, and G. Trammeyer, *Intermetallic TiAl (Cr, Mo, Si) Alloy for Light Weight Engine Parts*, Advanced Materials 199, No. 34 pp.1438-1656
4. J.K. Lee & M.H. Oh, *Long-term Oxidation properties of Ti-Al-Cr Two-phase Alloy as coating materials for TiAl Alloys*, Intermetallics 2002, pp. 347-352
5. Kim S., Paik P, *Matter Sci Tech*, 1998, 14, 822
6. Perkins Ra, Merer GH., Smith F et al. *Proceedings of Industry-University Advanced Materials Conference II*, 1989, p 82
7. Brady MP., Smith, *Acta Matter*: 1997, 45, 2357

JURNAL TEKNIK PETUNJUK UNTUK PENULIS

Umum. Jurnal Teknik menerima artikel yang orisinal dari berbagai penelitian yang berhubungan dengan ilmu teknik metalurg dan material, teknik kimia, teknik mesin, teknik industri, teknik sipil, teknik elektro dan teknologi informasi.

Artikel yang diterima hanya yang belum dipublikasikan. Penggunaan ilustrasi atau table yang telah dipublikasikan, merupakan tanggung jawab penulis untuk perizinan dari penerbit. Artikel dapat dikirimkan kepada redaksi:

**Drs. Danang K.
Fakultas Teknik Bandung
Jl. Gatot Subroto (Samping PT. PINDAD)
Bandung 40280**

Tiga eksemplar artikel tercetak dikirim ke redaksi Jurnal teknik yang diketik pada satu sisi halaman kertas A₄ (21,0 cm x 29,7 cm).

Format penulisan artikel mengikuti aturan sebagai berikut:

Batas kiri = 4 cm, batas atas = 4 cm, dengan batas tinggi pengetikan 19 cm dan batas lebar pengetikan 12,5 cm.

Ukuran huruf untuk judul 14 pt (tebal), ukuran huruf penulis 10 pt (tebal) ukuran huruf untuk alamat institusi 10 pt.

Ukuran huruf untuk abstrak dan kata kunci 10 pt, ukuran huruf untuk sub dan isi/teks 11 pt

Tipe huruf dari Microsoft word = Times New Roman

Judul dan penulis diketik dengan bentuk sebagai berikut:

Analisa Kerusakan pada Turbin *Bucket* yang terbuat dari Material *Nickel Based Alloy MAR-M-246*

Leni Juwita¹ & Mabe Siahaan²

¹Jurusan Teknik Metalurgi
Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani
²LAPAN - Bandung

Panjang maksimum artikel 10 halaman termasuk gambar dan table. Gambar dibuat dalam warna hitam putih dengan kualitas yang bagus.

Abstrak dari tulisan dibuat dalam bentuk bahasa Indonesia. Panjang maksimum dari abstrak adalah 200 kata. Kata kunci (5 – 10 kata) yang mengikuti abstrak ditulis berdasarkan urutan huruf

Daftar Pustaka di tulis dalam artikel mengikuti contoh dibawah ini:

Jurnal

1. Irawan N.M., *Judul tulisan*, Nama Jurnal 2, 10-24(1996)

Buku

2. Irawan, N. M., & Hendra T., *Judul buku*, ed. 3. Penerbit (2000)

Website

3. Nama penulis (jika ada), *Judul tulisan* (jika ada), Organisasi, alamat website, (2 Juni 1999)

Penulis yang artikelnya dimuat mendapat 2 cetak lepas, 1 eksemplar Jurnal Teknik



JURNAL TEKNIK TEKNIK

Vol. VIII, No. 2, November, 2009

DAFTAR ISI

1. Isolasi Enzim Bromelin dari Buah Nanas dan Aplikasinya pada Pembuatan Kecap Berbahan Baku Keong Mas
Oleh : Febrianto Adi Nugroho 56 - 65
2. Perbandingan Sifat *Drawability* Material Kaleng Kemasan Biscuit dan Cat Tembok
Oleh : P. Y. M. Wibowo N, dan Adi Ganda Putra 66 - 72
3. Karakteristik Proses Pelapisan Emas pada Plastik Resin ABS
Oleh : Abrianto Akuan 73 - 81
4. Aplikasi Sistem Manufaktur Berbasis Web pada Industri Kecil Logam Pembuat Komponen (Studi Kasus di PT Nusa Integral Bandung)
Oleh : Cucu Wahyudin 82 - 90
5. Ekstraksi *Virgin Coconut Oil* Menggunakan Mikroba *Rhizopus Oligosporuz*
Oleh : Febrianto Adi Nugroho 91 - 102
6. Analisis Variasi Arus pada Pengelasan GMAW terhadap Sifat Mekanik Material SS-50
Oleh : Wiwin Widaningrum 103 - 108
7. The Effect of Chrom Element on Oxidation Behaviour of TiAl-based Alloy
Oleh : Pawawoi 109 - 112