

# JURNAL TEKNIK



Diterbitkan oleh

**Fakultas Teknik**

Universitas Jenderal Achmad Yani

## **JURNAL TEKNIK**

*Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknologi*

**ISSN 1412-8840**

### **Penanggung Jawab**

H. Urip Subagjo  
(Dekan Fakultas Teknik)

### **Pemimpin Umum**

Nurhadi

### **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.  
H. Moch. Memed Ir., Dipl., HE., APU., SDA.

### **Penyunting Mitra Bestari**

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

### **Penyunting Pelaksana**

Pawawoi  
Asep Najmurokhman  
Martijanti

### **Tata Usaha & Distribusi**

Udin Komaruddin  
Danang K.

**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

**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](mailto:Cyu517@yahoo.com) & [asepnajmu@lycos.com](mailto:asepnajmu@lycos.com)

## 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 A<sub>4</sub> (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 Juwita<sup>1</sup> & Mabe Siahaan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Metalurgi

Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>2</sup>LAPAN - Bandung

Panjang maksimum artikel 20 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

## DAFTAR ISI

- 1. Pengaruh Ketebalan Logam Pengisi terhadap Sifat-sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Silver Brazing**  
Kusharjanto 1
- 2. Teknologi Tepat Guna Pembuatan Sabun Cuci Piring untuk Skala Home Industri**  
Hendriyana 16
- 3. Sistem Keamanan pada Teknologi WiMAX**  
Suharlin 24
- 4. Pengaruh Partikel Zeolit terhadap Laju Korosi dalam Lingkungan Asam dan Basa**  
Bambang Hari Prabowo 31
- 5. Analisis Hubungan antara Tipologi Pengusaha Kecil dengan Pola Penggunaan Bantuan Keuangan yang Diterimanya**  
Nurhadi 43
- 6. Pengaruh Perbedaan Arus Pengelasan pada Sambungan Pipa Baja API 5L Gr B**  
Adi Ganda Putra, Pawawoi 53



## Pengaruh ketebalan logam pengisi terhadap sifat-sifat mekanik dan struktur mikro sambungan *silver-brazing*

Kusharjanto

Jurusan Teknik Metalurgi  
Fakultas Teknik-Universitas Jenderal Achmad Yani

**Abstrak.** Penggunaan logam pengisi berbentuk lembaran tipis masih belum banyak diketahui oleh para praktisi di lapangan untuk proses *brazing*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik (kekuatan tarik-geser dan kekerasan) dan perubahan struktur mikro pada sambungan lap-joint dengan memvariasikan ketebalan logam pengisi. Bahan yang digunakan sebagai logam induk adalah stainless steel AISI 304 dan logam pengisi paduan perak.

Proses *brazing* yang menggunakan furnace *brazing* dilakukan pada temperatur 850C. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa semakin tebal logam pengisi terjadi penurunan kekuatan tarik-geser sambungan. Kekuatan tarik-geser terbesar diperoleh pada tebal lapisan  $t_1$  (0,03 mm atau 30 m) = 6,223 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan kekerasan tidak mengalami perubahan yang signifikan, harga kekerasan logam induk berkisar 232,6 HV, antarmuka 161, 8 HV dan logam pengisi 34,5 HV. Terjadi penurunan ketebalan logam pengisi akibat adanya logam pengisi yang keluar dari daerah sambungan saat pencairan. Rata-rata penurunan ketebalan sebesar 11% dari tebal awal. Pemeriksaan struktur mikro dengan mikroskop metalurgi dan SEM-EDS menunjukkan bahwa di logam induk dan di daerah antarmuka sambungan tidak berubah (fasa austenit), sedangkan pada daerah sambungan berfasa dendrit sebagai akibat logam pengisi mencair dan kemudian membeku. Tidak terjadi difusi atom-atom dari unsur-unsur yang terdapat dalam logam pengisi.

**Kata kunci:** *silver-brazing, ketebalan logam pengisi, baja tahan karat austenitik, sifat-sifat mekanik dan struktur mikro.*

### 1 Pendahuluan

*Brazing* menjadi salah satu alternatif proses penyambungan bagi logam-logam yang mempunyai sifat mampu las rendah karena pencairan hanya terjadi pada logam pengisi saja. Logam pengisi berbentuk batang kawat sangatlah dikenal atau umum dipakai oleh para juru las, tetapi mempunyai keterbatasan karena daerah yang tersambung hanya bagian tertentu saja. Agar daerah yang akan disambung dapat seluruhnya tersambungkan, maka bentuk logam pengisi haruslah berbentuk selain batang kawat. Saat ini logam pengisi berbentuk lembaran mulai digunakan karena dapat mengisi seluruh daerah yang akan disambung.

Logam pengisi lembaran mempunyai ketebalan tertentu, sehingga perlu diketahui seberapa tebal lembaran logam pengisi mempunyai sifat-sifat mekanik yang maksimum (kekuatan tarik-geser dan kekerasan), struktur mikro pada daerah sambungan dan perubahan ketebalan setelah proses *brazing*.

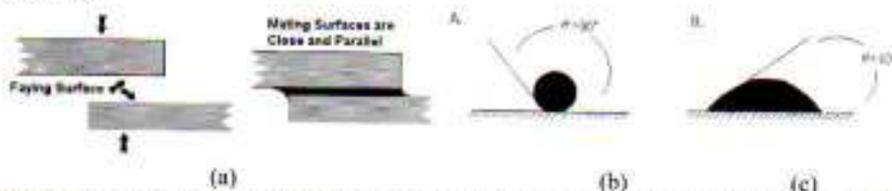
### 2 Brazing

*Brazing*<sup>[1]</sup> adalah suatu proses penyambungan dua atau lebih logam oleh logam pengisi dengan

memanaskan daerah sambungan diatas  $450^{\circ}\text{C}$  (temperatur cair logam pengisi) tanpa mencairkan logam induknya. *Daniel Kay*<sup>(3)</sup> menyatakan bahwa *brazing* adalah proses penyambungan unik yang telah terbukti merupakan metoda yang paling berguna untuk menyambungkan material yang berbeda seperti logam atau keramik.

Seperti halnya pada pengelasan, *brazing* menghasilkan ikatan metalurgi diantar-muka logam induk dan logam pengisi. Ikatannya dipengaruhi oleh beberapa hal<sup>(3)</sup>, 1) celah (*gap*) yang tepat, 2) kebersihan logam induk, 3) fluks, 4) persiapan komponen yang akan disambung, 5) proses *brazing* dan 6) pembersihan setelah disambung.

Selama proses berlangsung jarak celah antara logam induk harus dijaga agar aksi kapiler dapat bekerja dengan baik. Aksi kapiler dari logam pengisi yang mengalir mengisi daerah sambungan/celah dipengaruhi oleh sifat mampu basah (*wettability*) logam pengisi dan fluks. *Wettability* merupakan faktor utama yang menyebabkan adanya tegangan permukaan (*surface tension*) antara logam induk dan logam pengisi (gambar 1).



Gambar 1. (a) daerah permukaan sambungan; sudut *wetting*; (b) *wettability* rendah (c) *wettability* tinggi<sup>(3)</sup>.

Aksi kapiler akan bekerja dengan baik saat permukaan logam bersih dari kotoran, seperti adanya lapisan oli, lemak, karat dan kerak. Adanya oli akan menyebabkan fluks terhalangi. Pada saat pemanasan oli atau lemak akan terbakar dan menghasilkan lapisan film oksida yang mengakibatkan logam pengisi tidak dapat mengalir dengan baik.

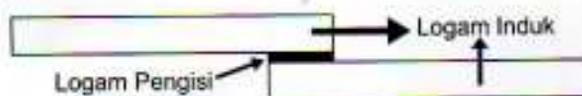
### 3 Silver Brazing

Logam pengisi yang paling banyak digunakan adalah berbentuk batang (*rod* atau kawat). Penggunaan logam pengisi berbentuk kawat mempunyai kelemahan utama, yaitu bahwa logam pengisi hanya dapat mengisi sedikit ke dalam daerah sambungan (lebih banyak berada diluar daerah sambungan) sehingga kekuatan sambungan tidak menyatakan kekuatan seluruh daerah sambungan.

Dengan berkembangnya pembuatan bentuk logam pengisi, bentuk lembaran tipis dengan ketebalan tertentu, kelemahan logam pengisi berbentuk batang/kawat dapat direduksi. Untuk keperluan tertentu dengan luas daerah sambungan yang besar, penggunaan logam pengisi lembaran menjadi alternatif yang paling baik. Dengan aksi kapiler yang sama, logam pengisi dapat mengalir mengisi seluruh daerah sambungan dengan baik, sehingga akan menaikkan kekuatan sambungan.

Pemilihan bentuk logam pengisi sebagai media penyambung ditentukan oleh disain bentuk sambungan. Bentuk sambungan *lap joints* merupakan bentuk sambungan yang paling cocok menggunakan logam pengisi berbentuk lembaran dibandingkan bentuk kawat, seperti terlihat pada gambar 4. Keunggulan sambungan *lap joints* adalah besarnya luas daerah kontak (daerah sambungan) dibandingkan bentuk sambungan lain, seperti *butt joints* dan sambungan dapat dimodifikasi sesuai bentuk komponen.

Lembaran berada diantara sambungan dan akan mengisi seluruh daerah sambungan dengan baik, sedangkan bentuk kawat hanya terfokus pada kedua ujung sambungan sehingga dimungkinkan adanya daerah sambungan yang tidak terisi oleh logam pengisi.



Gambar 2. Bentuk sambungan lap joint.

Terdapat beberapa jenis logam pengisi untuk proses brazing. Untuk logam pengisi brazing, American Welding Society (AWS) mengklasifikasikan berdasarkan unsur paduan utamanya seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi logam pengisi brazing<sup>(3)</sup>.

AWS classification	Product form	Nominal Composition, %										Temperature, °F			
		Ag	Cu	Zn	Cd	Ni	Sn	Fe	Mn	Si	P	Solidus	Liquidus	Brazing	
<b>Silver Alloys</b>															
BAg-1	Strip, Wire, Powder	45	10	16	24	—	—	—	—	—	—	—	1125	1145	1145-1400
BAg-1a	Strip, Wire, Powder	50	15.5	16.5	18	—	—	—	—	—	—	—	1160	1175	1175-1400
BAg-2	Strip, Wire, Powder	35	26	21	18	—	—	—	—	—	—	—	1125	1285	1285-1400
BAg-2a	Strip, Wire, Powder	30	27	23	20	—	—	—	—	—	—	—	1125	1310	1310-1400
BAg-3	Strip, Wire, Powder	50	15.5	15.5	16	3.0	—	—	—	—	—	—	1170	1270	1270-1400
BAg-4	Strip, Wire, Powder	40	30	20	—	2.0	—	—	—	—	—	—	1220	1435	1435-1650
BAg-5	Strip, Wire, Powder	45	30	25	—	—	—	—	—	—	—	—	1225	1370	1370-1650
BAg-6	Strip, Wire, Powder	50	34	10	—	—	—	—	—	—	—	—	1250	1425	1425-1600
BAg-7	Strip, Wire, Powder	58	22	17	—	—	5.0	—	—	—	—	—	1145	1205	1205-1400
BAg-20	Strip, Wire, Powder	38	38	32	—	—	—	—	—	—	—	—	1250	1410	1410-1600
BAg-27	Strip, Wire, Powder	25	35	26.5	13.5	—	—	—	—	—	—	—	1125	1275	1275-1400
BAg-28	Strip, Wire, Powder	40	30	23	—	—	2	—	—	—	—	—	1200	1310	1310-1500
<b>Copper-Zinc Alloys</b>															
RBCuZn-A(x)	Strip, rod, wire, powder	—	50	40	—	—	0.5	—	—	—	—	—	1630	1650	1670-1750
RBCuZn-D(x)	Strip, rod, wire, powder	—	45	41	—	10.0	—	—	0.15	0.25	—	—	1680	1715	1720-1800
RCuZn-8(b)	Rod	—	55	38	—	0.5	0.95	0.7	0.25	0.08	—	—	1550	1620	—
RCuZn-C(b)	Rod	—	58	39	—	—	0.95	0.7	0.25	0.08	—	—	1565	1620	—

(3) Classified for laser welding and brazing. (3) Classified for laser welding  
Source: Adapted from the nomenclature and nomenclature sections of AWS A5.1, AWS A5.3, and other sources.

Pemilihan logam pengisi paduan perak didasarkan pada keunggulan-keunggulan yang dimilikinya, antara lain lapisan tipis logam pengisi menghasilkan kekuatan sambungan yang cukup tinggi, mempunyai *wettability* yang baik untuk baja tahan karat, sedangkan logam pengisi jenis lain tidak dapat membasahi permukaan dengan baik, mempunyai ketahanan korosi yang baik, meningkatkan konduktivitas listrik, mempunyai ketahanan yang baik terhadap getaran, ekspansi dan kontraksi, mudah dilakukan, tidak diperlukan proses lanjut, seperti pemolesan, dapat dilakukan oleh semua jenis proses brazing (*rotary table, conveyor, induction, torch* atau *furnace*) dan untuk produksi massal, penggunaan *silver-brazing* lebih menguntungkan.

#### 4 Percobaan

Proses *brazing*<sup>(6)</sup> yang digunakan pada penelitian ini adalah *furnace brazing* di mana pemanasan dilakukan di dalam tungku pemanas. Tungku pemanas yang digunakan sama seperti halnya untuk proses perlakuan panas di mana panas dihasilkan dari arus listrik yang dialirkan ke elemen pemanas (gambar 3a). Komponen yang akan disambung biasanya telah diklem atau dicekam dengan gaya yang relatif kecil untuk menghindari terjadinya perubahan atau bergesernya daerah sambungan (gambar 3b dan 3c). Dengan penggunaan temperatur kontrol pada tungku pemanas, maka keseragaman temperatur akan tercapai. Apabila tidak diinginkan terjadinya oksidasi selama pemanasan, penggunaan gas pelindung atau keadaan vakum dapat dilakukan.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** (a) tungku yang digunakan untuk proses *furnace brazing*; (b) pandangan atas spesimen yang telah dicekam; (c) pandangan samping spesimen yang telah dicekam.

Setelah proses *brazing* selesai dilakukan, pembersihan komponen harus dilakukan. Fluks yang terbakar biasanya akan menempel pada permukaan luar logam induk (fluks yang terbakar secara kimia bersifat korosif sehingga akan memperlemah daerah sambungan). Pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan asam (20% HCl, 10% HNO<sub>3</sub>, 70% air, dipanaskan pada 65C). Bahan yang digunakan sebagai logam induk adalah baja tahan karat austenitik 304. Diuji dengan *SHIMADZU Spectrometer type GVM 1012 P* dan diperoleh data komposisi kimia seperti ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi baja tahan karat austenitik 304.

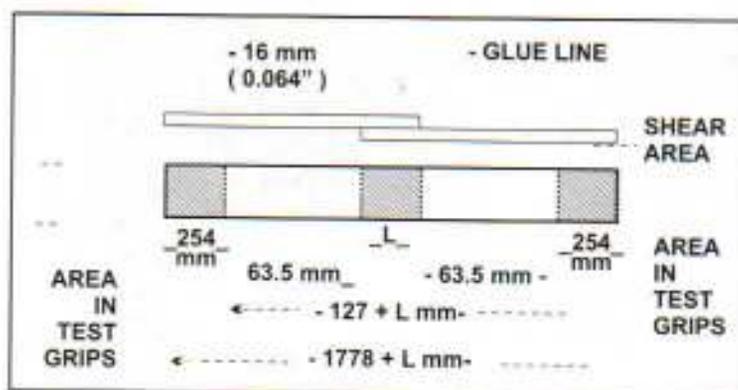
Unsur	Hasil spektrometer (%)	Standar AISI 304 (%)
C	0,04906	0,08 maks.
Mn	1,8594	2,00
Si	0,62207	1,00
Cr	17,267	18,0-20,0
Ni	10,258	8,0-10,5
P	0,03698	0,045
S	0,02399	0,03

- Logam pengisi adalah paduan perak *Platinum 66R* (sesuai dengan AWS A5.8 BAg-7) berbentuk lembaran dengan tebal ( $t$ ) = 0,03 mm (30 m).

**Tabel 3.** Komposisi kimia logam pengisi *Platinum 66R*.

Unsur	Produsen (%)	AWS A5.8 BAg-7 (%)
Ag	55	56
Cu	21	22
Zn	22	17
Sn	2	5

- Tebal pelat = 1,5 mm, ukuran spesimen dibuat sesuai dengan standar ASTM D 1002-72.



Gambar 4. Spesimen uji tarik-geser ASTM D 1002-72<sup>(17)</sup>.

- Ketebalan logam pengisi divariasikan, yaitu 1 kali; 2 kali; 3 kali dan 4 kali dari tebal awal.
- Fluks yang digunakan *Platinum 15 Flux*.
- Proses *brazing* menggunakan tungku *muffle* dengan temperatur operasi = 850C dan waktu penahanan 15 menit.

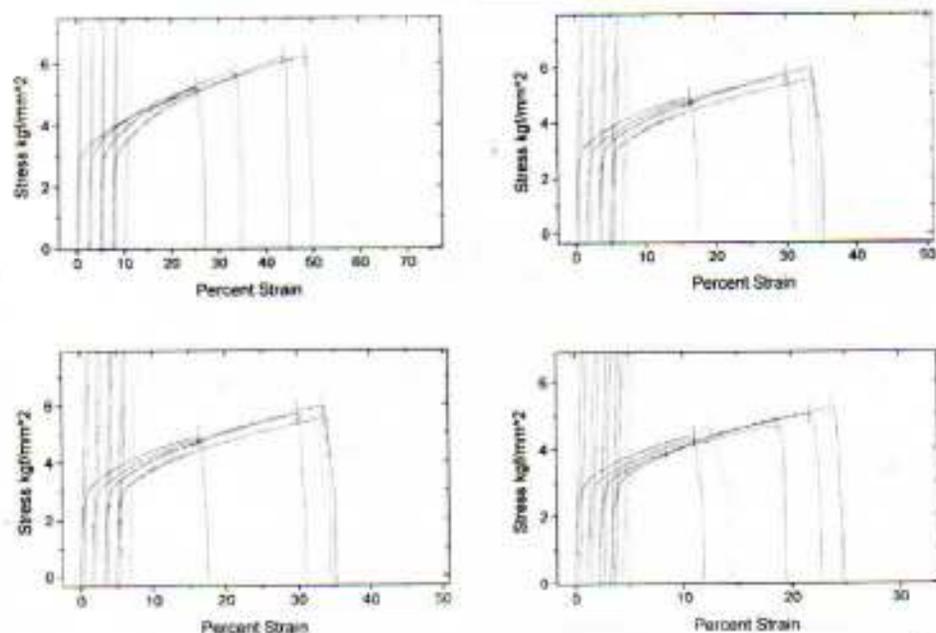


Gambar 5. Spesimen yang telah mengalami proses *brazing* dan siap untuk dikeluarkan dari tungku.

## 5 Hasil pengujian dan Pembahasan

### 5.1 Hasil Pengujian

Untuk mengetahui kekuatan tarik-geser sambungan, maka dilakukan pengujian tarik-geser dengan menggunakan mesin uji tarik *INSTRON type 8501*. Pengujian tarik-geser sesuai ASTM D-1002-72 dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 6 dan 7 serta tabel 4.

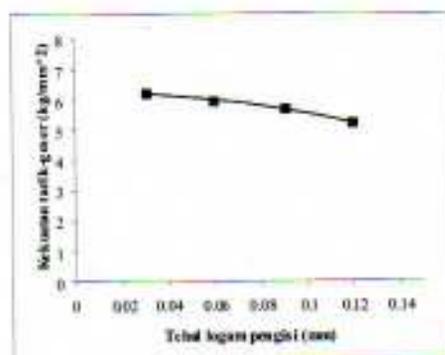


**Gambar 6.** (a) kurva pengujian tarik-geser spesimen A,  $t_s = 0,03$  mm; (b) kurva pengujian tarik-geser spesimen B,  $t_s = 0,06$  mm; (c) kurva pengujian tarik-geser spesimen C,  $t_s = 0,09$  mm; (d) kurva pengujian tarik-geser spesimen D,  $t_s = 0,12$  mm.

**Tabel 4.** Data pengujian tarik-geser.

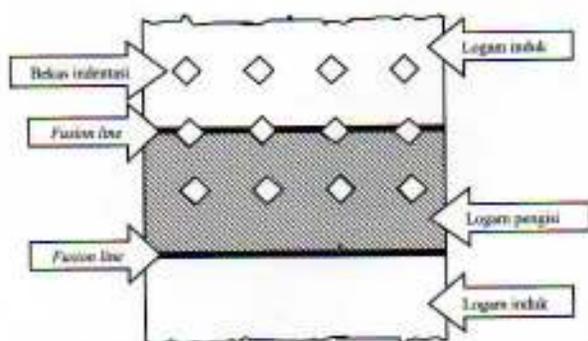
Spesimen	Tegangan geser luluh ( $\tau_v$ ) $\text{kg/mm}^2$	Tegangan geser maksimum ( $\tau_u$ ) $\text{kg/mm}^2$
A-1	2,769	6,223
A-2	2,863	5,704
A-3	2,839	5,231
A-4	2,835	6,190
A-5	3,131	5,817
B-1	2,785	4,879
B-2	2,777	5,951
B-3	2,815	5,673
B-4	2,825	5,553
B-5	3,153	5,845
C-1	2,714	5,477
C-2	2,667	5,075
C-3	2,727	4,627
C-4	2,665	4,388
C-5	3,003	5,704
D-1	2,755	4,387
D-2	2,805	4,986
D-3	2,813	4,657
D-4	2,804	5,211
D-5	3,128	4,610

- Spesimen A ( $t_1$ ) : logam pengisi setebal  $t$  (0,03 mm)  
 Spesimen B ( $t_2$ ) : logam pengisi setebal  $2t$  (0,06 mm)  
 Spesimen C ( $t_3$ ) : logam pengisi setebal  $3t$  (0,09 mm)  
 Spesimen D ( $t_4$ ) : logam pengisi setebal  $4t$  (0,12 mm)



Gambar 7. Kekuatan tarik-geser hasil pengujian tebal logam pengisi.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada daerah logam induk, *fusion line* (batas lebur) dan logam pengisi dengan menggunakan SHIMADZU *Micro-Vickers hardness tester type MT-M001*, dengan beban 200, 50 dan 25 gram. Daerah pengujian ditunjukkan pada gambar 8. Harga-harga kekerasan masing-masing daerah pada tabel 6 diplot dalam suatu grafik seperti ditunjukkan pada gambar 9 dan 10.



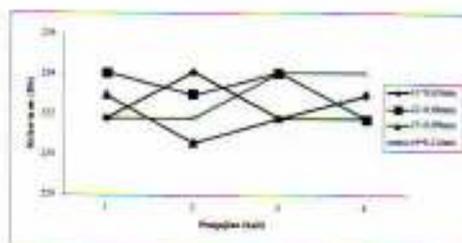
Gambar 8. Lokasi pengujian kekerasan.

Tabel 5. Data pengujian kekerasan logam induk sebelum *brazing*.

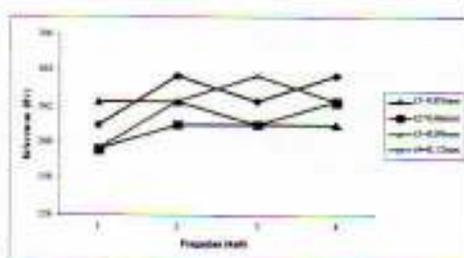
Kekerasan (Hv)			
uji 1	uji 2	uji 3	Rata-rata
218,5	220,6	218,5	219,2

Tabel 6. Data pengujian kekerasan setelah *brazing*.

Kekerasan (Hv)					
Daerah uji	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	Rata-rata
Logam induk	231,8	231,8	256,8	231,8	232,6
	254,2	231,8	220,6	231,8	
	231,8	243,8	231,8	234,1	
	245,1	245,1	231,8	233	
Antarmuka	161	159,6	162,3	159,6	161,8
	163,7	161	162,3	162,3	
	162,3	161	161	163,7	
	163,7	162,3	161	162,3	
Logam pengisi	34,7	33,7	33,7	34,4	34,5
	33,7	34,4	34,2	33,5	
	34,4	35,2	35,2	35,7	
	34,2	35,1	34,4	35,7	

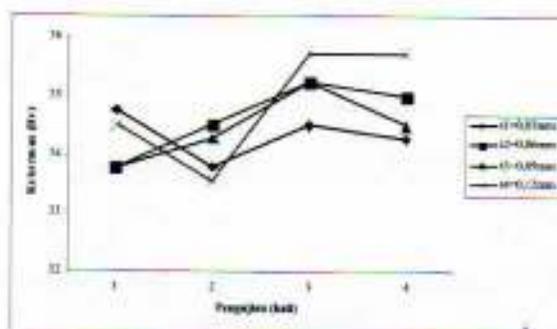


(a)



(b)

Gambar 9. (a) grafik kekerasan logam induk ketebalan logam pengisi; (b) grafik kekerasan antarmuka ketebalan logam pengisi.

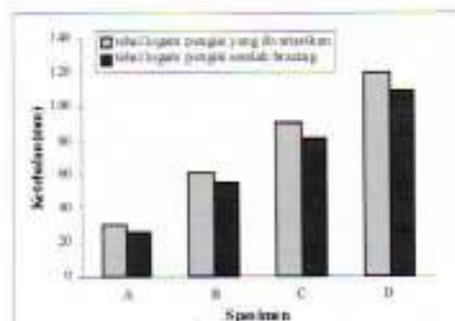


Gambar 10. Grafik kekerasan logam pengisi ketebalan logam pengisi.

Pengukuran tebal logam pengisi dengan bantuan mikrometer pada mesin uji keras SHIMADZU *Micro-Vickers hardness tester type MT-M001* ditunjukkan pada tabel 7 dan diplot dalam bentuk diagram batang seperti ditunjukkan pada gambar 11.

Tabel 7. Data pengukuran tebal logam pengisi

Spesimen	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )		Pengurangan Ketebalan (%)
	Sebelum <i>brazing</i>	Sesudah <i>brazing</i>	
A	30	25,5	15
B	60	54,3	9,5
C	90	80,1	11
D	120	109,7	8,5

Gambar 11. Perbandingan tebal sebelum dan sesudah proses *brazing*.

Pemeriksaan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop metalurgi ditunjukkan pada gambar 12 dan pemeriksaan dengan SEM-EDS ditunjukkan pada gambar 13 dan 14.



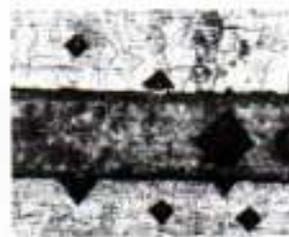
(a)



(b)



(c)

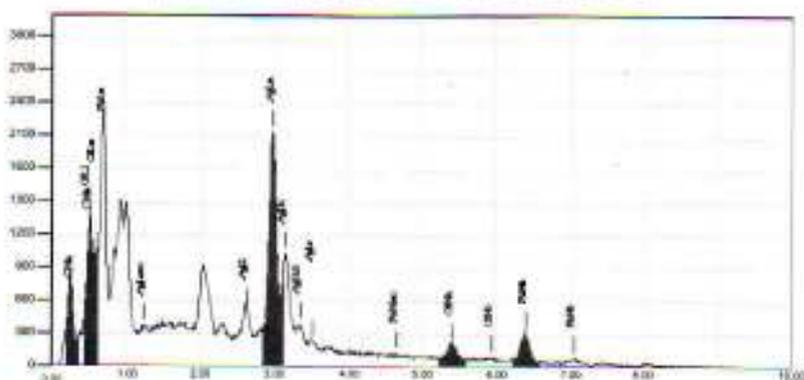


(d)



(e)

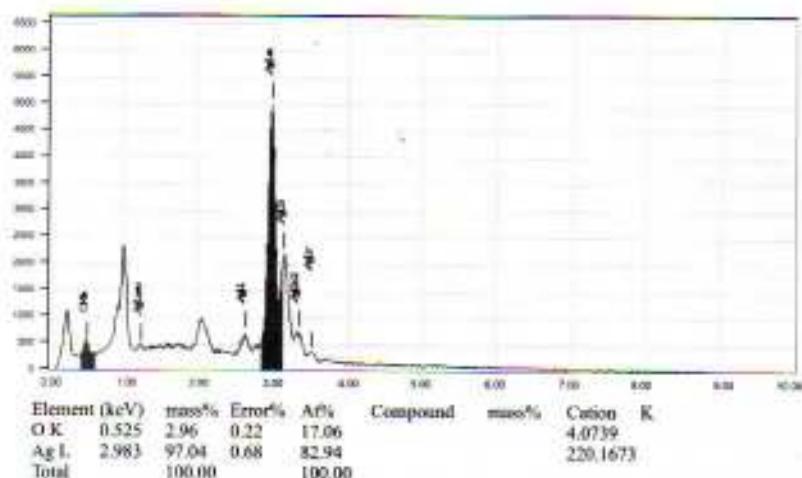
Gambar 12. (a) struktur mikro awal logam induk, 600 X; (b) struktur mikro spesimen A,  $t_1 = 0,03$  mm, 600 X; (c) struktur mikro spesimen B,  $t_2 = 0,06$  mm, 600 X; (d) struktur mikro spesimen C,  $t_3 = 0,09$  mm, 600 X; (e) struktur mikro spesimen D,  $t_4 = 0,12$  mm, 600 X.



Element	(KeV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	0.227	3.77	0.03	16.37				7.4632
O K	0.525	7.61	0.13	24.82				15.7694
Cr K	5.411	6.90	0.92	6.92				20.9676
Fe K	6.398	27.48	1.72	25.66				83.2116
AgL	2.983	54.24	0.50	26.23				137.0498
Total		100.00		100.00				

( a )





(b)

Gambar 13. (a) struktur mikro daerah sambungan (SEM) dan komposisi kimia pada daerah antar muka logam induk dan logam pengisi, 600 X; (b) struktur mikro daerah sambungan (SEM) dan komposisi kimia pada daerah logam pengisi, 600 X.



Gambar 14. Struktur mikro daerah sambungan (SEM), 600 X.

Pada proses brazing di mana logam pengisi berbeda dengan logam induk menyebabkan sifat mekanik sambungan lebih rendah dibandingkan logam induk. Dengan demikian sifat mekanik sambungan mempunyai kecenderungan sama dengan sifat mekanik logam pengisi. Sambungan lap joint yang dilakukan pada penelitian ini memvariasikan ketebalan logam pengisi ( $t_1 = 0,03$ ;  $t_2 = 0,06$ ;  $t_3 = 0,09$ ;  $t_4 = 0,12$  mm). Untuk mengetahui kekuatan sambungan dilakukan pengujian tarik-geser sesuai ASTM D-1002-72. Pada gambar 9 diperlihatkan kurva hasil pengujian tarik-geser sambungan terhadap ketebalan logam pengisi yang divariasikan. Ditunjukkan bahwa semakin tebal logam pengisi, kekuatan tarik-gesernya semakin turun.

Adanya gaya yang diberikan pada spesimen uji tarik-geser, daerah sambungan akan mengalami tegangan-regangan. Logam induk menerima gaya tarik sedangkan logam pengisi menerima gaya geser. Karena daerah sambungan mempunyai luas penampang tertentu yang lebih kecil dibandingkan logam induk, maka gaya-gaya yang bekerja akan terkonsentrasi pada daerah sambungan atau terkonsentrasi pada logam pengisi. Gaya geser yang terjadi pada logam pengisi akan menyebabkan tegangan geser, gaya geser yang diberikan akan menyebabkan regangan geser ( $\gamma = \frac{\delta}{l} = \tan \theta$ ), yaitu adanya perubahan atau pergeseran logam pengisi sebesar  $\delta$  atau tangen  $\theta$ .

Jika perubahan atau pergeseran  $\delta$  logam pengisi dianggap konstan, tetapi tebal logam pengisi berbeda, maka regangan geser akan dipengaruhi oleh tebal tipisnya logam pengisi pada daerah sambungan. Untuk modulus geser ( $G$ ) yang sama, regangan geser akan semakin kecil jika tebal bertambah, sehingga tegangan geser yang bekerja menjadi turun ( $\tau = G \cdot \gamma$ ).

Pada spesimen A,  $t_1 = 0,03$  mm yang merupakan sambungan dengan tebal logam pengisi paling tipis mempunyai kekuatan tarik-geser paling tinggi, yaitu sebesar  $6,223 \text{ kg/mm}^2$  dibandingkan dengan spesimen yang lainnya. Selain itu tegangan permukaan yang terdapat pada kedua permukaan logam induk dan logam pengisi pada spesimen A lebih besar sehingga daya lekat logam pengisi ke logam induk lebih baik. Tegangan permukaan adalah  $dG/dA$ , di mana dengan bertambahnya luas penampang akan menyebabkan tegangan permukaan menjadi rendah dan daya lekat menjadi turun.

Dari pengujian kekerasan seperti diperlihatkan pada gambar 9 dan 10 menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada daerah logam induk, antarmuka dan logam pengisi setelah proses *brazing* dengan variasi ketebalan logam pengisi. Kekerasan logam induk berkisar 232,6 HV, antarmuka 161, 8 HV dan logam pengisi 34,5 HV. Kekerasan antarmuka rendah karena indentasi yang terjadi mengenai sebagian logam induk dan logam pengisi. Dari kurva tersebut dapat diketahui pula bahwa ketebalan logam pengisi tidak berpengaruh terhadap kekerasan sambungan. Dari pengukuran ketebalan logam pengisi setelah proses brazing seperti ditunjukkan pada tabel 7 dan gambar 11, terlihat adanya penurunan ketebalan logam pengisi pada sambungan. Penurunan ketebalan ini terjadi akibat adanya sebagian logam pengisi yang mencair keluar dari daerah sambungan. Analisis struktur mikro dengan menggunakan mikroskop metalurgi pada gambar 12 menunjukkan tidak adanya perubahan struktur mikro yang signifikan sebelum dan sesudah proses *brazing* pada logam induk.

Sebelum dan sesudah proses *brazing* struktur mikro logam induk tetap mempunyai fasa austenit, sedangkan pada daerah sambungan fasanya adalah dendrit. Fasa dendrit terbentuk karena logam pengisi mencair dan membeku dengan cepat.

Diperlihatkan pula bahwa daerah sambungan terisi oleh logam pengisi. Karena logam pengisi mempunyai kekuatan yang lebih rendah, maka patahan terjadi pada logam pengisi, ini diperlihatkan pada daerah sambungan terdapat logam pengisi yang menempel pada kedua permukaan logam induk. Sejumlah porositas juga terdapat pada daerah sambungan, ini terjadi akibat terjebaknya fluks yang terbakar didalam logam pengisi yang mencair. Analisis struktur mikro dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) pada gambar 13 dan 14 menunjukkan bahwa pada bagian atas terlihat jelas batas antara logam induk dengan logam pengisi. Logam induk dengan fasa austenit terlihat butir-butirnya sedangkan logam pengisi dengan struktur dendritnya. Terjadi ikatan yang baik antara logam induk dengan logam pengisi. Pada bagian bawah terlihat garis batas pada antar muka logam pengisi dan logam induk. Ini dimungkinkan adanya fluks yang terbakar terjebak didaerah sambungan dan tidak dapat keluar. Hasil pengujian pada daerah antarmuka dengan menggunakan *energy-dispersive spectroscopy* (EDS) tidak menunjukkan adanya senyawa yang terbentuk pada daerah antar muka sambungan. Dengan demikian tidak terjadi difusi atom-atom dari unsur-unsur yang terdapat dalam logam pengisi.

## 6 Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik-geser sambungan paling tinggi diperoleh pada  $t_p = 0,03$  mm (30 m) sebesar  $6,223$  kg/mm<sup>2</sup>.
2. Semakin tebal logam pengisi, kekuatan tarik-geser akan semakin menurun.
3. Tidak terjadi perubahan kekerasan yang signifikan baik pada logam induk, antarmuka dan logam pengisi. Kekerasan logam induk berkisar 232,6 HV, antarmuka 161, 8 HV dan logam pengisi 34,5 HV.
4. Struktur mikro logam induk tidak berubah tetap mempunyai fasa austenit, sedangkan pada logam pengisi mempunyai fasa dendrit.
5. Terjadi penurunan ketebalan sambungan akibat keluarnya sebagian logam pengisi. Rata-rata pengurangan ketebalan sebesar 11%.
6. Pemeriksaan dengan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan ikatan yang baik antara logam induk dan logam pengisi.
7. Pemeriksaan dengan *energy-dispersive spectroscopy* (EDS) menunjukkan tidak terjadinya difusi unsur-unsur logam pengisi ke dalam logam induk.

## 6.2 Saran

Untuk mengembangkan yang telah diteliti ini, beberapa hal yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Memperbaiki sistem pengecaman spesimen percobaan sehingga kemungkinan kehilangan sebagian logam pengisi dapat dihindarkan.
2. Ukuran luas penampang lembaran logam pengisi yang efektif sehingga tidak ada logam pengisi yang keluar dari daerah sambungan.
3. Melakukan penyambungan dengan metoda brazing lainnya sehingga dapat dibandingkan sifat-sifat mekanik yang dihasilkannya untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang optimum.

## 7 Daftar pustaka

1. Wirjosumarto, H., Okumura, T., *"Teknologi Pengelasan Logam"*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1981.
2. Lucas-Milhaupt, *"What Brazing is all about"*, Lucas-Milhaupt, Inc., <http://www.lucas-milhaupt.com>, Pennsylvania Ave., Cudahy, WI, 2003.
3. Kay, D., *"Preparing Parts For Brazing"*, <http://www.nw3.nai.net/~dankay>, Connecticut, 2003.
4. Lucas-Milhaupt, *"When Do You Think Brazing?"*, Lucas-Milhaupt, Inc., <http://www.lucas-milhaupt.com>, Pennsylvania Ave., Cudahy, WI, 2003.
5. DeGarmo, P., Black, J.T., Kohser, R.A., *"Materials and Processes in Manufacturing"*, Macmillan Publishing Company, New York, 1988.
6. Dawson, R.J.C., *"Fusion Welding and Brazing of Copper and Copper Alloys"*, Newnes-Butterworths, London, 1973.
7. Lucas-Milhaupt, *"6 Basic Steps in Brazing"*, Lucas-Milhaupt, Inc., <http://www.lucas-milhaupt.com>, Pennsylvania Ave., Cudahy, WI, 2003.
8. ASM, *"Metals Handbook, Welding and Brazing"*, Metals Park, Ohio, 1972.
9. AWS, *"Welding Handbook"*, chapter 12, vol. 3, Miami, 1980.
10. Lucas-Milhaupt, *"Pickling Solutions Chart"*, Lucas-Milhaupt Inc., <http://www.lucas-milhaupt.com>, Pennsylvania Ave., Cudahy, WI, 2003.
11. [http://www.biosystems.okstate.edu/Home/harry/3223/110\\_Notes/BrazSol\\_d.pdf](http://www.biosystems.okstate.edu/Home/harry/3223/110_Notes/BrazSol_d.pdf), *"Special Welding Processes"*, 2002.
12. <http://www.mckaymarine.com.au>, *"Soldering, Brazing, Braze Welding, and Wearfacing"*, chapter 6, 2003.
13. <http://www.me.concordia.ca/Notes09-423-6.pdf>, *"Brazing and Soldering"*, 2003.
14. Lancaster, J.F., *"Metallurgy of Welding"*, 3<sup>rd</sup> edition, George Allen & Unwin Ltd., London, 1980.
15. Dieter, G.E., *"Mechanical Metallurgy"*, McGraw-Hill, New York, 1986.
16. ASM, *"Guide to Engineered Materials (GEM) 2001"*, Materials Park, Ohio, 2001.
17. ASTM, *"ASTM D 1002-72 Standard Test Method for Strength*

18. Sangha, S.P.S., Jacobson, D.M., Peacock, A.T., "Development of the Copper-Tin Diffusion-Brazing Process", *Matra Marconi Space, Stevenage, England, 2003.*
19. Peacock, A.T., et al., "Development of Silver-free Bonding Techniques and an Investigation of the Affect of Cadmium in the Brazed Joints made with Silver Based Brazing Alloys", *Proceeding of 19th Symposium Fusion Technology, Lisbon, 1996, pp415-418.*
20. **Materials Resources International**, "Joining of Dissimilar Materials", <http://www.materialsresources.com/index.html>, Lansdale, PA 19446 USA, 2003.
21. **Feldbauer, S.L.**, "Modern Brazing of Stainless Steel", *Welding Research, American Welding Society (AWS), 2004.*
22. **Jeffries, J.**, "Brazing", **National HVAC, Loma Linda, CA. 2005.**
23. Hoaglan, B., "Why Homebrewers Should Learn Silver Brazing", 2001.
24. Key-to-Steel, "Welding Process", <http://www.Key-to-Steel.com>, 2006.
25. Zorc, B., Kosek, L., "A New Approach to Improving the Properties of Brazed Joints", *Welding Research, American Welding Society (AWS), 2000.*
26. Hosking, F.M., Cadden, C.H., Yang, N.Y.C., Glass, S.J., Stephens, J.J., Vianco, P.T., Walker, C.A., "Microstructural and Mechanical Characterization of Actively Brazed Alumina Tensile Specimens", *Welding Research, American Welding Society (AWS), 2000.*
27. Takeshita, K., Terakura, Y., "A Novel Approach for Predicting Tensile Strength of Brazed Joints", *Metallurgical and Materials Transaction A 29A(2), pp 587-592, 1998.*



## Teknologi Tepat Guna Pembuatan Sabun Cuci Piring untuk Skala Home Industri

Hendriyana

Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

**Abstrak.** Kebersihan merupakan salah satu faktor penting bagi kesehatan masyarakat. Untuk menjaga kebersihan badan, pakaian, tempat tinggal serta tempat umum dibutuhkan produk pembersih yang dapat diandalkan. Ibu rumah tangga, rumah sakit, sarana umum lain hingga hotel berbintang lima pasti menjadikan produk yang satu ini sebagai bagian kehidupan sehari-hari untuk mencuci pakaian maupun peralatan rumah tangga.

Untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat tersebut di atas, maka perlu rasanya bagi saya untuk melakukan penelitian formulasi salah satu sabun cuci piring cair, sehingga diharapkan minimalnya pembaca dapat memenuhi kebutuhan pembersihnya dengan cara membuat sendiri dan lebih jauhnya dapat berbisnis sabun cuci piring cair tersebut dengan skala home industri.

Dari penelitian ini didapatkan hasil produk yang belum memenuhi spesifikasi standar, namun paling tidak formula-III hampir mendekati spesifikasi standar. Untuk didapatkan formula yang memenuhi spesifikasi standar harus dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengatur komposisi campuran.

**Kata Kunci :** Sabun cuci piring cair, Skala home industri, Spesifikasi standar.

### 1 PENDAHULUAN

Kebersihan merupakan salah satu faktor penting bagi kesehatan masyarakat. Untuk menjaga kebersihan badan, pakaian, tempat tinggal serta tempat umum dibutuhkan produk pembersih yang dapat diandalkan. Ibu rumah tangga, rumah sakit, sarana umum lain hingga hotel berbintang lima pasti menjadikan produk yang satu ini sebagai bagian kehidupan sehari-hari untuk mencuci pakaian maupun peralatan rumah tangga. Sabun Cuci Piring Cair (SCPC) digunakan masyarakat untuk mencuci perabotan rumah tangga yang kotor, terutama perabotan yang tertempel oleh lemak. Hingga saat ini produk SCPC yang dianggap sudah banyak digunakan di masyarakat adalah "Sunlight", "Mama Lemon", dan lain sebagainya.

Kemampuan deterjen untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel pada kain atau objek lain, mengurangi keberadaan kuman dan bakteri yang menyebabkan infeksi dan meningkatkan umur pemakaian kain, karpet, alat-alat rumah tangga dan peralatan rumah lainnya, sudah tidak diragukan lagi. Oleh karena banyaknya manfaat penggunaan deterjen, sehingga menjadi bagian penting yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat modern. Untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat tersebut di atas, maka perlu rasanya bagi saya untuk melakukan penelitian formulasi salah satu sabun cuci piring cair, sehingga diharapkan minimalnya pembaca dapat memenuhi kebutuhan pembersihnya dengan cara membuat sendiri dan lebih jauhnya dapat berbisnis sabun cuci piring cair tersebut dengan skala home industri.

Penelitian ini dirumuskan dengan mengacu pada formula SCPC yang umum dan kemudian formula umum tersebut dimodifikasi sehingga diharapkan dapat memenuhi spesifikasi produk seperti yang sudah ada di pasaran sekarang. Pada penelitian ini hanya mencakup formulasi produk SCPC yang relatif murah dan kulaitas yang memenuhi spesifikasi.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Kebersihan merupakan salah satu faktor penting bagi kesehatan masyarakat. Untuk menjaga kebersihan badan, pakaian, tempat tinggal serta tempat umum dibutuhkan produk pembersih yang dapat diandalkan. Ibu rumah tangga, rumah sakit, sarana umum lain hingga hotel berbintang lima pasti menjadikan produk yang satu ini sebagai bagian kehidupan sehari-hari untuk mencuci pakaian maupun peralatan rumah tangga.

### 2.1 Pengertian Deterjen dan Manfaatnya

Produk yang disebut deterjen ini merupakan pembersih sintetis yang terbuat dari bahan-bahan turunan minyak bumi. Dibanding dengan produk terdahulu yaitu sabun, deterjen mempunyai keunggulan antara lain mempunyai daya cuci yang lebih baik serta tidak terpengaruh oleh kesadahan air.

Pada umumnya, deterjen mengandung bahan-bahan berikut:

1. *Surfaktan* (surface active agent) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hydrophile (suka air) dan hydrophobe (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan.  
Secara garis besar, terdapat empat kategori surfaktan yaitu:
  - a. Anionik : *Alkyl Benzene Sulfonate*
    - *Linier Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS)
    - *Alpha Olein Sulfonate* (AOS)
  - b. Kationik : *Garam Ammonium*
  - c. Non ionik : *Nonyl phenol polyethoxyle*
  - d. Amfoterik : *Acyl Ethylenediamines*
2. *Bullder* (Permbentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air.
  - a. *Phosphates* : *Sodium Tri Poly Phosphate* (STPP)
  - b. *Acetates* : - *Nitril Tri Acetate* (NTA)
  - c. *Ethylene Diamine Tetra Acetate* (EDTA)
  - d. *Silicates* : *Zeolith*
  - e. *Citrates* : *Citrate acid*
3. *Filler* (pengisi) adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas.  
Contoh : *Sodium sulfate*
4. *Additives* adalah bahan suplemen / tambahan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dst, tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. *Additives* ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi produk.

Contoh : *Enzyme, Borax, Sodium chloride, Carboxy Methyl Cellulose* (CMC).

Awalnya deterjen dikenal sebagai pembersih pakaian, namun kini meluas dalam bentuk produk-produk seperti:

1. *Personal cleaning product*, sebagai produk pembersih diri seperti sampo, sabun cuci tangan, dll.
2. *Laundry*, sebagai pencuci pakaian, merupakan produk deterjen yang paling populer di masyarakat.
3. *Dishwashing product*, sebagai pencuci alat-alat rumah tangga baik untuk penggunaan manual maupun mesin pencuci piring.
4. *Household cleaner*, sebagai pembersih rumah seperti pembersih lantai, pembersih bahan-bahan porselen, plastik, metal, gelas, dll.

Kemampuan deterjen untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel pada kain atau objek lain, mengurangi keberadaan kuman dan bakteri yang menyebabkan infeksi dan meningkatkan umur pemakaian kain, karpet, alat-alat rumah tangga dan peralatan rumah lainnya, sudah tidak diragukan lagi. Oleh karena banyaknya manfaat penggunaan deterjen, sehingga menjadi bagian penting yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat modern.

## 2.2 Bahan Baku

Bahan baku untuk produk SCPC terdiri dari :

### 1. LABS (*Linear Alkyl Benzene Sulfonate*).

Bahan ini merupakan bahan inti yang wajib ada dalam formula cairan pencuci piring. Kalau anda mengetahui DDBS (*Dedocyl Benzene Sulfonate*) yang biasa dipakai pada produk deterjen powder, LABS ini bisa disebut 'kerabat dekatnya', yang sedikit membedakan adalah warna dari LABS yang cenderung lebih muda. Juga struktur kimia LABS lebih sederhana dibanding DDBS. Namun hal itu justru merupakan kelebihan karena LABS ini mudah diurai oleh tanah yang dengan kata lain dikategorikan sebagai bahan yang ramah lingkungan. Bentuk fisik bahan ini adalah cairan berwarna coklat muda, agak lengket serta licin ditangan. Dalam partai eceran bahan ini mudah didapat ditoko kimia. Dalam partai lebih besar dikemas dalam drum 50Kg, sedangkan dalam jumlah besar LABS disuplai dalam truk tangki.

### 2. Kaustik (NaOH).

Bentuk asal soda kaustik adalah lempengan tipis kecil-kecil, biasa disebut *flake*. Dalam proses pembuatan cairan pencuci piring, soda kaustik harus dilarutkan dalam air lebih dahulu. Perbandingan massa antara soda kaustik dengan air adalah 40:60. Contoh: bilamana akan dibuat 100g larutan soda kaustik, maka 40g *flake* soda kaustik dilarutkan dalam 60 ml air. Demikian pula bila ingin membuat larutan soda kaustik 1 kg, maka 400 g *flake* dilarutkan dalam 600 ml air. Dan seterusnya bila membuat sejumlah besar larutan soda kaustik, gunakan perbandingan yang sama. Cara melarutkan soda kaustik adalah *flake* soda kaustik yang dilarutkan ke dalam air, jangan sebaliknya air dituangkan ke soda kaustik. Ini mengingat faktor keselamatan kerja (*safety*) karena soda kaustik merupakan bahan yang cukup 'keras'. Bahwa selama proses pelarutan akan timbul panas tidak perlu kaget, justru itulah yang normal. Panas tersebut dengan sendirinya akan turun. Kemudian

yang perlu diperhatikan juga bahwa tempat atau wadah yang dipakai untuk proses pelarutan dan juga tempat untuk menyimpan larutan soda kaustik yang sudah jadi, jangan terbuat dari logam. Sebaiknya gunakan wadah yang terbuat dari plastik.

### 3. Emal-70

Emal-70 merupakan cairan bening berbentuk pasta. Berfungsi untuk menambah busa serta memberi kesan lembut ditangan dan yang menjadi permasalahan adalah bahwa harga bahan ini cukup mahal.

### 4. Larutan Atinsoft.

Bahan ini tidak dibeli langsung dari supplier, melainkan merupakan bahan yang kita buat sendiri.

### 5. Garam

Garam dalam proses pembuatan cairan pencuci piring termasuk dalam bahan tambahan atau *additive*. Artinya bahan tersebut tidak wajib ada. Pemberian garam dalam proses terutama dimaksudkan untuk menambah kekentalan produk. Namun demikian, keberadaan garam akan sedikit menurunkan kejernihan produk.

### 6. Zat warna (*Pigment*).

Pewarna yang umum dipakai pada produk cairan pencuci piring adalah hijau dan kuning. Meskipun demikian bisa saja kita mengembangkan produk dengan warna yang lebih bervariasi.

### 7. Parfum.

Pewangi yang lazim digunakan adalah jeruk. Mengapa hanya aroma jeruk yang paling banyak disukai konsumen? Hal ini disebabkan oleh fungsi aroma jeruk yang dapat 'mengusir' bau sisa makanan yang melekat pada piring secara dominan. Namun demikian bila anda ingin memakai aroma apel atau strawberry juga tidak masalah. Kesemua bahan di atas dapat diperoleh di toko Kimia dalam partai eceran, hanya saja harganya agak tinggi. Dalam jumlah lebih banyak dapat dicari di Supplier bahan Kimia pada Yellow Pages kategori Industri dan Niaga, I/N.

## 2.3 Kontrol Kualitas

Sistem kontrol terhadap kualitas dalam produksi cairan pencuci piring dapat dibagi menjadi tiga bagian.

### 2.3.1 Pengontrolan kualitas bahan baku.

Pada saat bahan baku datang dari supplier, sebelum dipakai untuk proses produksi, kita wajib melakukan pengontrolan kualitasnya. Hal ini untuk menghindari terkirimnya bahan yang kualitasnya dibawah standar. Apabila bahan dengan kualitasnya kurang baik sampai terkirim, maka akan berimbas pada proses produksi yang akhirnya produk hasil kita menjadi kurang bagus juga.

Untuk bahan baku yang jumlahnya tidak begitu banyak, maka kita dapat melakukan pengecekan terhadap keseluruhan bahan tersebut. Namun bila bahan baku yang datang jumlahnya cukup banyak, maka bisa digunakan metode sampling. Sebagai contoh: pada saat LABS datang berjumlah 10 drum @50Kg. Maka kita bisa mengambil sampel sebanyak 2 drum untuk dicek viskositas, berat jenis serta kenampaan. Jadi 1 sampel mewakili 5 drum. Viskositas dicek dengan Viskosimeter atau Ford cup. Berat jenis adalah perbandingan antara berat bahan dibagi volumenya. Sedangkan tes kenampaan adalah untuk melihat kemungkinan terjadinya kontaminasi LABS oleh material lain. Demikianlah untuk bahan baku lain seperti soda kaustik dan garam perlu dicek terutama dalam hal kenampaan (*appearance*).

### 2.3.2 Pengecekan selama proses (*in process control*).

Proses pembuatan cairan pembersih piring, seperti halnya produk-produk lainnya, tentu memerlukan kontrol kualitas. Meskipun selama proses produksi selalu berpedoman pada *Standard Operating Procedure (SOP)*, namun terjadinya penyimpangan akibat kesalahan manusia (*human error*) tetap dimungkinkan. Untuk itu peranan kontrol kualitas menjadi berarti.

Untuk jelasnya didalam proses pembuatan cairan pencuci piring, terdapat pengecekan sebagai berikut :

#### 1) **Kadar kaustik**

Pada saat pelarutan *flake* soda kaustik dengan air, seberapa benarkah larutan kita buat sesuai keinginan ( 40%)? Maka kita dapat mengeceknya dengan alat sederhana yaitu Baume meter untuk larutan soda kaustik. Caranya adalah menuangkan larutan Kaustik kedalam gelas ukur, kemudian Baume dicelupkan kedalamnya, cek pada skala berapakah permukaan larutan berada. Apabila disekitar angka 40 berarti larutan soda kaustik yang dibuat bisa dikatakan standar.

#### 2) **Viskositas**

Untuk produk cair, pengecekan kekentalan yang benar adalah menggunakan alat yaitu viskometer. Caranya adalah dengan memasukkan pengaduk viskometer kedalam cairan yang diukur. Kemudian kita tinggal melihat pada angka berapakah kekentalan cairan tersebut. Sayangnya harga alat ini cukup mahal. Makanya beberapa orang menggantikannya dengan alat yang lebih sederhana yaitu *Ford Cup*. Prinsip kerja alat ini adalah sangat sederhana. Tutupi lubang *Ford Cup* dengan jari. Kemudian isilah *Ford Cup* dengan cairan yang akan dicek sampai penuh. Setelah itu buka lubang dengan menggeser jari, catat waktu yang diperlukan untuk mengosongkan isi *Ford Cup*. Bandingkan dengan waktu standar. Waktu standar adalah waktu untuk mengosongkan isi *Ford Cup*, dimana yang dipakai adalah cairan yang dianggap baik (mempunyai kekentalan yang diinginkan).

#### 3) **Derajat keasaman (pH)**

*Power Hydrogen* (pH) yang diterjemahkan menjadi derajat keasaman. Angka pH diawali dengan 1 kemudian 2, 3 dan seterusnya sampai dengan 14, yang disebut dengan pH netral adalah 7 artinya cairan tersebut tidak asam, juga tidak basa dan itu adalah air. Dengan pH sekitar 7, maka zat hidup bisa bertahan. Dengan

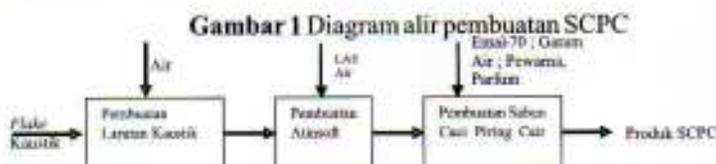
mengingat masalah lingkungan, maka setiap produk cair diusahakan mempunyai pH sekitar 7. Demikian juga dengan cairan pencuci piring mempunyai spesifikasi pH antara 6 sampai 8. Bila produk hasil proses mempunyai pH dibawah 6 atau diatas 8, maka perlu dilakukan *adjustment* (penyesuaian) agar pH nya didalam standar.

#### 4) Kenampaan produk

Tes kenampaan (*appearance*) diperlukan mengingat bisa saja produk hasil mempunyai viskositas dan pH yang standar, namun secara visual tidak standar. Contoh: persoalan warna. Didalam formula memang warna digolongkan sebagai *trace* maksudnya jumlahnya sangat kecil. Kemudian persoalan mengenai intensitasi warna adalah persoalan selera, yang penting disini adalah konsistensi intensitas warna antara produk satu dengan lainnya. Jangan sampai terdapat cairan pembersih piring yang berwarna hijau, tetapi warna hijaunya tidak seragam satu dengan lainnya. Ini bisa dipersepsi konsumen sebagai produk yang kualitasnya tidak stabil. Kembali ke soal kenampaan produk, kadang kala oleh suatu sebab cairan produk yang dibuat seperti mengandung partikel yang tidak larut. Mungkin dari segi fungsi tidaklah berpengaruh, namun bisa dipersepsi orang produk lama atau malah disangka produk palsu.

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

Proses pembuatan SCPC dilakukan dengan cara pencampuran bahan baku yang diperlukan di dalam sebuah tangki pencampur dan dilakukan pengadukan untuk tercapainya keseragaman di dalam campuran.



Adapun formulasi yang akan diset adalah sebagai berikut (lihat tabel 1) :

**Tabel 1** Formulasi produk SCPC

No.	Nama Bahan	Formula I	Formula II	Formula	Formula
1	Atinsoft	0	0	0	66%
2	Emal-70	22%	20%	19%	7%
3	Garam	3%	4%	2%	1%
4	Parfum	2,5 ml	2,5 ml	2,5 ml	2,5 ml
5	Air	75%	76%	79%	26%
6	Pewarna	0,08 gram	0,08 gram	0,08 gram	0,08 gram

#### 4 HASIL PENELITIAN

Hasil percobaan disajikan dalam tabel 2 yang menggambarkan kualitas produk dengan melihat nilai viskositas, densitas, derajat keasaman (pH) dan kenampaan produk. Di mana produk yang dijadikan standar dalam penelitian yaitu sabun cuci piring cair bermerk "sunlight".

**Tabel 2** Analisa kualitas produk

No.	Formula	viskositas (Pa.s)	densitas (kg/m <sup>3</sup> )	pH	kenampaan produk
1	I	0,0151	1.010	8,9	kuning bening
2	II	0,0238	1.070	8,9	kuning bening
3	III	0,0084	1.020	8,7	kuning bening
4	IV	0,0121	990	2.4	kuning keruh

**Tabel 3** Analisa produk standar

No.	Formula	viskositas (Pa.s)	densitas (kg/m <sup>3</sup> )	pH	kenampaan produk
1	Sunlight	0,0027	1.030	7	hijau bening



Gambar 2. Formula-I



Gambar 3. Formula-II



Gambar 4. Formula-III



Gambar 5. Formula-IV

## 5 PEMBAHASAN

Pada percobaan ini masih belum didapatkan formula yang sesuai dengan standar yang telah ada di pasaran (sunlight). Akan tetapi kita dapat melihat pengaruh variabel beberapa bahan terhadap kualitas produk, semakin besar komposisi garam dalam campuran maka viskositas akan semakin besar (formula I, II dan III), hal ini sesuai dengan fungsi garam sebagai bahan penambah kekentalan. Selain itu juga kekentalan produk dipengaruhi oleh komposisi air dalam campuran, semakin kecil komposisi air maka viskositas akan semakin besar.

Derajat keasaman untuk formula I, II dan III tidak terlalu jauh berbeda, dan keasaman dipengaruhi oleh komposisi emal-70 dalam campuran. Untuk formula IV pH-nya sangat asam karena dipengaruhi oleh atinsoft yang bersifat asam. Sedangkan mengenai kenampaan, untuk formula I, II dan III kelihatan bening seperti produk standar, meskipun pewarna yang digunakan berbeda yaitu kuning. Untuk formula IV produknya kelihatan keruh, hal ini dipengaruhi oleh sifat kenampaan dari atinsoft yang berwarna coklat.

Sebenarnya formula IV adalah formula yang diharapkan dapat memenuhi spesifikasi formula standar, akan tetapi kenyataannya jauh dari harapan. Hal itu disebabkan atinsoft yang dibuat tidak menggunakan LAS (*Linier Alkyl Benzene Sulfonate*) akan tetapi menggunakan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*), karena LAS susah sekali didapatkan/dibeli dalam jumlah yang sedikit (per kg, minimum pembelian per 220 kg). Sedangkan produk standar "sunlight" sudah menggunakan LAS.

## 6 KESIMPULAN

Dari percobaan pembuatan sabun cuci piring cair ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Belum didapatkan formula yang memenuhi spesifikasi standar,
2. Semakin besar komposisi garam dan semakin kecil komposisi air dalam campuran maka viskositas semakin besar,
3. Komposisi emal-70 (SLES) sangat besar pengaruhnya terhadap derajat keasaman formula I, II dan III,
4. Komposisi atinsoft sangat besar pengaruhnya terhadap derajat keasaman formula IV,
5. Tidak digunakannya LAS dalam formulasi dianggap sebagai penyebab menyimpangnya formula IV dari formula standar.

## 7 DAFTAR PUSTAKA

1. Permono, A., Ir., *Teknologi Pembuatan Sabun*;  
E-mail: [apermono\\_id@hotmail.com](mailto:apermono_id@hotmail.com).
2. <http://www.pom-obat.go.id/v2.0/articles.php?id=8>
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_carbonate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_carbonate)
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_lather\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_lather_sulfate)
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_hydroxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_hydroxide)
6. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_chloride](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_chloride)

## Sistem Keamanan pada Teknologi WiMAX

Subarlin

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani  
e-mail : [suharlin\\_sudarmadji@yahoo.com](mailto:suharlin_sudarmadji@yahoo.com)

**ABSTRAK.** Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX / IEEE 802.16) adalah teknologi wireless, yang merupakan perkembangan dari teknologi *Wireless Fidelity* (WiFi) yang saat ini telah banyak digunakan masyarakat. *Wireless fidelity* (WiFi) menggunakan sistem keamanan sebesar 64 bit dan maksimum 128 bit. Sedangkan sistem keamanan yang dipakai pada WiMAX adalah *Advanced Encryption Standard* (AES) yang dapat mengenkripsi data mulai 128 bit, 192 bit dan 256 bit.

Sistem keamanan yang digunakan dalam WiMAX (IEEE 802.16) berupa *authentication*, *authorization* dan *encryption*. Tingkat keamanan yang dihasilkan mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan sistem keamanan yang dihasilkan dalam *Wireless Fidelity* (WiFi). Dengan demikian sistem keamanan pada WiMAX dapat diandalkan oleh para pengguna yang memerlukan tingkat keamanan tinggi dan handal dalam penggunaan internet.

**Kata kunci:** IEEE 802.16, AES

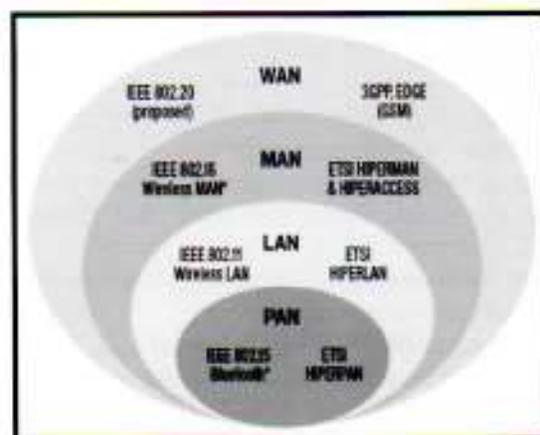
### 1 Pendahuluan

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan standard industri yang bertugas menginterkoneksi berbagai standard teknis yang bersifat global menjadi satu kesatuan. Standard global yang dipakai merupakan standar teknis yang memiliki spesifikasi teknis yang sangat cocok untuk menyediakan koneksi berjenis broadband lewat media wireless atau *Broadband Wireless Access* (BWA). Teknologi WiMAX yang menggunakan standar baru IEEE 802.16 memungkinkan seorang pemakai laptop, komputer, handphone maupun *Personal Digital Assistant* (PDA), dengan *wireless card* bisa koneksi internet dengan tower yang dipasang di pusat akses internet (*hot spot*) di tengah kota metropolitan, dengan syarat masih dalam cakupan area 50 kilometer dan kecepatan transfer data sebesar 70 Mbps

Tidak seperti jaringan kabel koaxial, WLAN mengirimkan data lewat udara bebas, sehingga sangat memungkinkan diakses di luar batas fisik sebuah kelompok jaringan yang mempunyai hak. Banyak pengembang jaringan wireless yang menyatakan bahwa WLAN mempunyai resiko keamanan yang tinggi. Dan tidak ada jaminan keamanan yang diberikan, kecuali melakukan mitigasi resiko keamanan WLAN yang mungkin dapat dilakukan. Secara garis besar terdapat beberapa isu keamanan jaringan wireless serta resiko pengembangannya yang telah dipublikasikan antara lain serangan terhadap kerahasiaan, integritas data serta ketersediaan jaringan. Untuk menjaga keamanan data yang dikirimkan dengan jaringan wireless, maka WiMAX memakai system keamanan *Advanced Encryption Standard* (AES) yang dapat mengenkripsi data mulai dari 128 bit, 192 bit dan 256 bit.

## 2 Teknologi WiMAX

WiMAX dan WiFi dibedakan berdasarkan standard teknik yang bergabung didalamnya. WiFi menggabungkan standar IEEE 802.11 dengan ETSI HiperLAN yang merupakan standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan WiMAX merupakan penggabungan antara standar IEEE 802.11 dengan ETSI HiperMAN. Gambar 1 berikut ini menggambarkan standar-standar yang ada dengan spesifikasi yang mendukung komunikasi sampai tingkat Metropolitan Area Network (MAN) disatukan dengan standar WiMAX.



Gambar 1 Standard-standar MAN dan WiMAX

Standar-standar yang disatukan tersebut merupakan standar teknis yang memiliki spesifikasi yang cocok untuk menyediakan koneksi berjenis broadband lewat media wireless atau Broadband Wireless Access (BWA).

Pada awalnya standard *IEEE 802.16* beroperasi ada frekuensi 10-66 GHz dan memerlukan *tower line of sight*, tetapi pengembangan *IEEE 802.16a* yang disahkan pada bulan Maret 2004, menggunakan frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2-11 GHz, sehingga mudah diatur, dan tidak memerlukan *line-of-sight*. Cakupan area yang dapat dikaver sekitar 50 km dan kecepatan transfer data sebesar 70 Mbps. Pengguna tidak akan kesulitan dalam menggelar berbagai macam kabel, apalagi WiMAX mampu menangani sampai ribuan pengguna sekaligus. Untuk mengembangkan jangkauan dan daya jualnya, maka standar *IEEE 802.16* direvisi menjadi *IEEE 802.16a*. Perubahan yang cukup signifikan pada standar *IEEE 802.16* untuk membentuk varian *IEEE 802.16a*, adalah lebar frekuensi operasinya. Perbedaan ini dimaksudkan untuk mendukung komunikasi dalam kondisi *line of sight (LOS)*, dan *non line of sight (NLOS)*. Dengan adanya sistem NLOS, keterbatasan yang ada pada WiFi dapat dikurangi.

## 2.1 Keamanan pada Jaringan Wireless

Keamanan jaringan diperlukan untuk proteksi data selama data tersebut ditransmisikan dan menjamin data tersebut tetap otentik.

Ada 4 syarat yang dibutuhkan komputer dan keamanan jaringan

- Kerahasiaan, data hanya dapat diakses oleh yang berhak
  - Ketangguhan, hanya yang berhak yang dapat mengubah data. Perubahan meliputi penulisan, pengubahan, perubahan status, penghapusan dan membuat yang baru.
  - Tersedia, data tersedia untuk pihak yang berhak
  - Otentisi, host dapat mengecek data pengguna
1. Ada tiga hal yang dapat membuat jaringan lebih aman, yaitu
    1. Kontrol Akses, adalah membatasi user yang dapat menggunakan jaringan. Beberapa metode autentifikasi antara lain Password Authentication Protocol (PAP), Challenge Handshake Protocol (CHAP) dan Extensible Authentication Protocol (EAP).
    2. Privasi, melakukan penyembunyian informasi dari orang yang tidak berhak, dengan cara dilakukan proses enkripsi.
    3. Autentikasi, adalah proses pemeriksaan peralatan user yang sah, sehingga paket yang dikirim benar-benar berada ditangan yang berhak.

Beberapa resiko keamanan yang mungkin terjadi dalam teknologi wireless antara lain :

- Serangan penyusupan
- *Bypass monitoring* jaringan
- *Jamming* atau *Denial of Service (DoS)*
- Serangan client to client
- *Brute force attacks* pada password-password access point
- Serangan enkripsi
- Miskonfigurasi

## 3 Metode Keamanan pada Teknologi *WirelessMAN*.

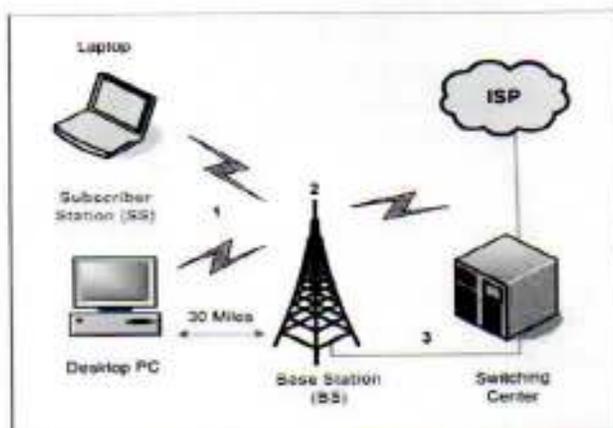
### Prinsip kerja *WirelessMAN*

Teknologi *WirelessMAN* (IEEE 802.16/WiMAX) dapat mengcover area sekitar 50 kilometer, dimana ratusan pelanggan akan mentransmisikan data dengan kecepatan sampai 155 Mbps. Dengan demikian faktor keamanan merupakan aspek yang sangat penting bagi pengguna internet yang menggunakan fasilitas ADSL ataupun teknologi kabel modem maupun yang berlangganan dengan teknologi WiMAX.

Sistem pengamanan data dilakukan pada *physical layer* (PHY) dan *data link layer* (MAC) pada suatu arsitektur jaringan, tepatnya pada *base station* (BS) untuk distribusi ke wilayah sekelilingnya dan *subscriber station* (SS) untuk komunikasi *point to multiple point*. Sedangkan *Base Station* (BS) dihubungkan secara langsung dengan jaringan publik.

Secara umum trafik WirelessMAN, seperti yang digambarkan pada gb.3.1, terdiri dari tiga bagian :

- 1) Pelanggan mengirimkan data dengan kecepatan 2-155 Mbps dari SS ke BS
- 2) BS akan menerima sinyal dari berbagai pelanggan dan mengirimkan pesan melalui udara atau kabel ke switching center melalui protokol IEEE 802.16
- 3) Switching center akan mengirimkan pesan ke Internet Service Provider (ISP) atau Public Switched Telephone Network (PSTN).



**Gambar 2** Trafik yang terjadi pada WiMAX

Pada gambar 2 diatas, laptop atau desktop Personal Computer (PC) berfungsi sebagai SS dan antenna tower beserta perangkatnya berfungsi sebagai BS dan switching center yang mengatur pilihan koneksi ke internet service provider.

Dalam teknologi WiMAX, sebuah base station (BS) akan meng-kover seluruh wilayah kota yang terdiri dari ratusan mungkin lebih ribuan pelanggan (*subscriber*). Semua pelanggan tersebut menggunakan media transmisi yang sama yaitu udara untuk mengirimkan data. Teknologi yang dipakai untuk komunikasi antara *subscriber station* (SS) dengan *base station* (BS) menggunakan teknologi *Time Division Multiple Access* (TDMA).

Ancaman yang umum dihadapi oleh pelanggan berdasarkan teknologi WiMAX adalah :

- Pencurian sinyal atau layanan
- Pencurian data user
- Kloning

Dalam standar IEEE 802.16 digunakan metode keamanan yang berupa *authentication*, *authorization* dan *encryption*.

Untuk menjamin kerahasiaan data para pelanggan, maka pengirim/penerima data dari SS ke BS dienkripsi menggunakan X.509 yang telah disertifikasi oleh RSA. Dalam standar IEEE 802.16 untuk meningkatkan keamanan dipergunakan authentication, authorization dan encryption.

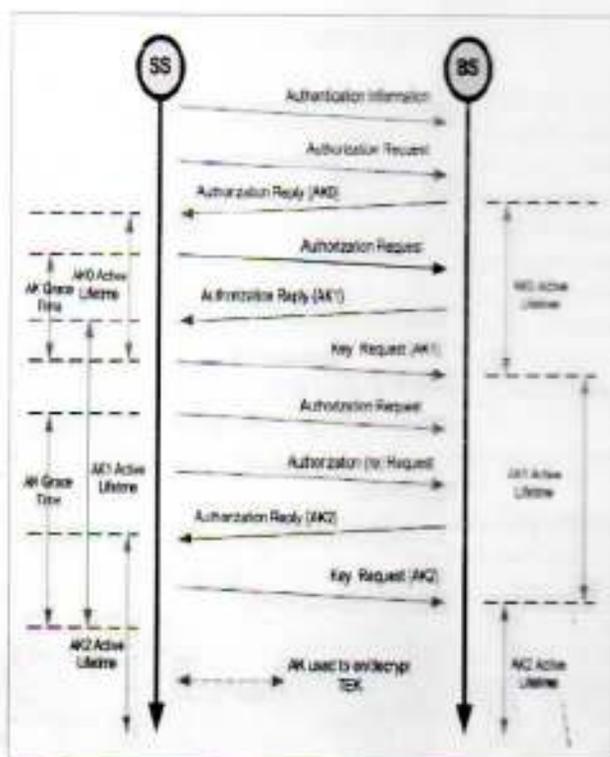
*Authentication* dan *authorization* pada SS digunakan X.509 dengan kunci publik untuk mengidentifikasi informasi, misalnya UserID, SSname dan lain sebagainya. Informasi ini akan terus teridentifikasi selama komunikasi antara SS dan BS masih berlangsung.

*Encryption* yang digunakan dalam standar IEEE 802.16 adalah 56 bit DES pada mode Cyclic Block Chaining (CBC). Kesalahan yang terjadi pada *ciphertext* tidak dipropagasikan ke dalam *plaintext* dengan menerapkan algoritma *multiple encryption*. Sistem pengamanan data dengan enkripsi antara SS dan BS terletak pada Privasi Sublayer. BS memproteksi pengaksesan data dengan enkripsi pada seluruh jaringan.

Dalam privasi sublayer dibedakan menjadi dua protocol, yaitu :

- Protocol Enkapsulasi bertanggung jawab terhadap data yang melewati jaringan Broadband Wireless Access (BWA).
- Protokol Manajemen Kunci Privasi (Privacy Key Management) menyediakan keamanan distribusi antara SS dan BS.

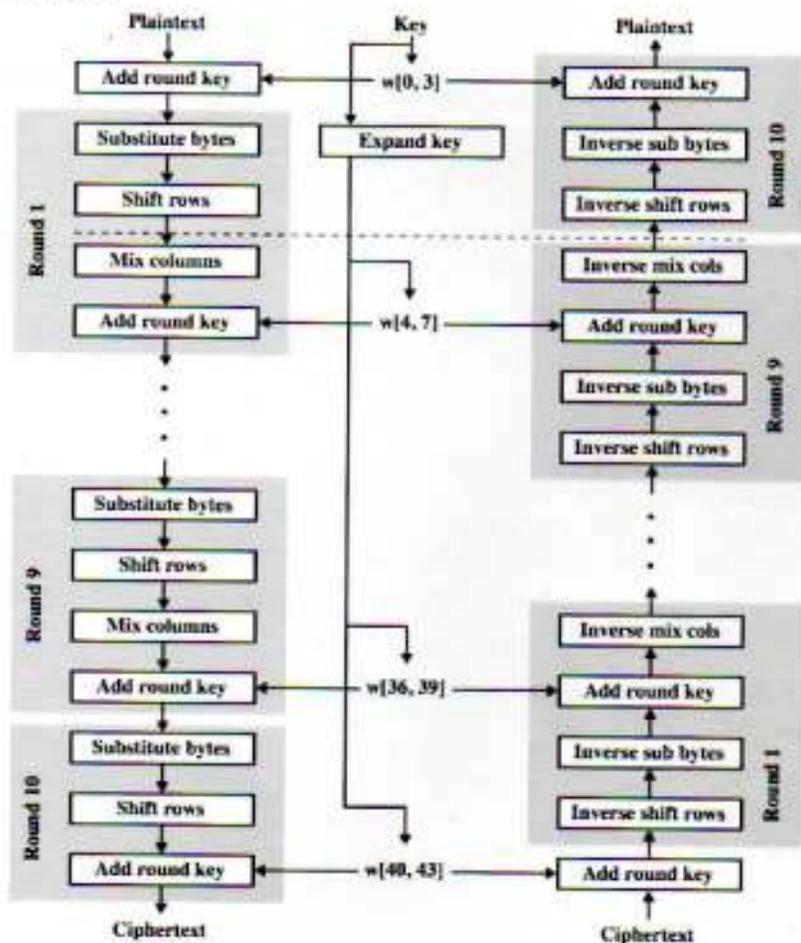
Proses authentication secara lengkap ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Proses autentikasi pada jaringan WiMAX

### Enkripsi dari WiMAX

WiMAX meng-enkripsi data menggunakan Advanced Encryption Standard (AES) dalam model CCM. Jika algoritma enkripsi dikenali dengan deretan kriptografik persamaan SA 0x02, data dalam koneksi yang berasosiasi dengan SA akan menggunakan mode CBC dari algoritma (NIST) Special Publication 800-38c, FIPS-197) Standar Enkripsi Data (DES) US untuk meng-enkripsi alat-alat MAC PDU.



Gambar 4 Struktur AES

#### 4 Analisis Sistem Keamanan pada WiMAX

- Sistem komunikasi yang menggunakan perangkat dengan teknologi IEEE 802.16 (WiMAX) dapat dijamin kemannya apabila :
- *Device authentication*, berkaitan dengan metode untuk menyatakan bahwa informasinya betul-betul asli atau seseorang yang mengakses atau memberikan informasi adalah orang yang dimaksud. Untuk authentication ini digunakan X.509. Digital passports dapat menjamin identifikasi perangkat IEEE 802.16 seperti nirkawat yang digunakan dalam access point.

- Data *confidentiality*, adalah usaha untuk menjaga informasi dari pihak lain yang tidak berhak mengakses. *Confidentiality* biasanya berhubungan dengan data yang diberikan ke pihak lain untuk keperluan tertentu, sedangkan *privacy* lebih kearah data-data yang bersifat privat.
- Data Integritas, adalah jaminan terhadap keutuhan data, dapat dilakukan dengan digital signature atau hash function.

Untuk mencapai tingkat keamanan dan efisiensi yang tinggi, teknologi WiMAX sebaiknya menggunakan :

- 128 bit *Advanced Encryption Standard* (AES) untuk kecepatan dan enkripsi simetrik untuk menjaga *confidentiality*
- HMAC-SHA-1 untuk kecepatan dan keutuhan data.
- 256-bit ECMQV untuk kecepatan dan keamanan data, autentikasi dan transport menggunakan 128-bit AES.

WiMAX mampu melayani pelanggan dalam area yang luas yaitu maksimum 50 km dengan kompatibilitas yang tinggi

Memiliki fitur yang lebih banyak dibandingkan dengan WiFi, dimana standard IEEE 802.16 digabungkan dengan ETSI HiperMAN.

WiMAX tidak hanya dapat melayani para pengguna dengan antenna tetap saja, tetapi juga dapat melayani perangkat yang mobile.

Daerah spektrum frekuensi teknologi WiMAX termasuk lebar, dengan didukung pengaturan kanal yang fleksibel, maka pengguna masih tetap dapat terhubung dengan BTS selama mereka berada dalam daerah operasi BTS.

WiMAX juga memberikan fasilitas *Quality of Service* (QoS).

## 5 Kesimpulan dan Saran

Dari analisis mengenai sistem keamanan pada WiMAX dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Sistem keamanan WiMAX cukup baik, unik dan hanadal, oleh karena menggunakan advanced encryption standard (AES) 128 bit, 192 bit dan 256 bit. Sedangkan WiFi hanya menggunakan enkripsi later 64 bit.
- Oleh karena teknologi WiMAX mempunyai kelebihan bila dibandingkan dengan WiFi dalam ber internet, maka sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut

## 6 Daftar Pustaka

- [1] Early, Aaron A., 2006, *Wireless Security Handbook*
- [2] Siyamta, *Sistem keamanan pada IEEE 802.16/Worldwide Inter-operability for Microwave Access*
- [3] Stallings William, *Network Security Data and Computer Communications*
- [4] Smith Clint and Meyer John, *3G Wireless with WiMAX and Wi-Fi, Mc Graw Hill, New York, 2005*
- [5] Rittinghouse and Ransoms James, *Wireless Operational Security, 2004*
- [6] Nuaymi, Loutfi; *WiMAX Technology for Broadband Wireless Access, John Wiley & Sons, 2007*



## Pengaruh Partikel Zeolit terhadap Laju Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Asam dan Basa

Bambang Hari Prabowo

Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani  
E-mail: tkunjani@bdg.centrin.net.id

**ABSTRAK.** Korosi merupakan gejala dan proses destruktif yang terjadi pada setiap peralatan yang terbuat dari logam paduan besi maupun non besi. Logam baja yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pada saat mulai diaplikasikan langsung mengalami proses korosi. Korosi merupakan proses alami yang bersinggungan dengan lingkungan dan reaksi elektrokimia. Sehingga proses dan laju korosi pada kenyataannya tidak dapat dihentikan selama bersinggungan dengan lingkungan. Metoda yang selalu dilakukan selama ini adalah mengendalikan korosi dengan cara menghambat laju korosi misalnya dengan coating, proteksi katodik, inhibitor dan lainnya.

Zeolit adalah batuan anorganik atau mineral yang merupakan senyawa alumina silikat terhidrasi, yang mempunyai kemampuan sebagai penjerap, katalis dan penukar kation. Berdasarkan kemampuan ini, kami melakukan percobaan bahwa partikel zeolit mampu sebagai inhibitor penjerap dan melakukan pertukaran kation. komponen utama struktur zeolit adalah  $(SiO_2)^+$  yang membentuk struktur 3 dimensi, sehingga muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit baik yang dipermukaan maupun di dalam pori mampu berperan sebagai penjerap dan penukar kation.

Metoda yang digunakan cukup sederhana yaitu dengan cara perendaman benda kerja (baja karbon) selama 720 jam (30 hari) dalam lingkungan asam dan basa, dengan konsentrasi 4 M dan 2 M. Penambahan partikel zeolit ukuran 0,75 mm sebanyak 20 g/500 ml larutan asam/basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan partikel zeolit dapat menghambat laju korosi baja. Partikel zeolit dalam penelitian ini mampu sebagai inhibitor dengan menghambat laju korosi sebesar 13,70% pada benda kerja non stress(ns), dan 21,24 % yang diberi stress (s) dalam lingkungan  $H_2SO_4$  2M; 11,54% (ns), dan 20,05 % (s) dalam lingkungan  $H_2SO_4$  4M.

**Kata kunci:** Laju korosi; Destruktif; Stress; Penjerap; Benda kerja.

### 1 Pendahuluan

Korosi oleh sebagian orang banyak diartikan sebagai karat, padahal karat sendiri adalah produk dari proses korosi. Korosi dapat dibagi dalam beberapa definisi :

- Kerusakan atau degradasi material (logam) yang disebabkan oleh reaksi dengan lingkungannya (reaksi elektrokimia)
- Kerusakan material bukan diakibatkan oleh aktivitas mekanik
- Ekstraksi metalurgi bolak-balik

Dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai bahan konstruksi yang terbuat dari logam. Dalam penggunaan logam sebagai bahan konstruksi perlu diketahui, seberapa cepatkah suatu logam itu rusak atau tidak berfungsi karena korosi. Maka dari itu dibutuhkan pengendalian korosi agar bahan konstruksi dapat berfungsi maksimal.

Tujuan dari pengendalian korosi ini adalah memperkecil laju korosi seminimal mungkin agar logam dapat digunakan dalam masa normal pakainya. Laju korosi yang kecil akan memperpanjang waktu pemakaian bahan konstruksi dan lebih ekonomis.

Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi diantaranya faktor logam dan faktor lingkungan. Faktor logam (logam non ferrous alloy atau logam ferrous alloy) diantaranya komposisi kimia logam dan tegangan-tegangan yang ada pada logam. Sedangkan faktor lingkungan diantaranya kondisi-kondisi lingkungan yang mencakup konsentrasi, pH, suhu, dan lain-lain. Banyak metoda yang dilakukan untuk menghambat laju korosi, misalnya dengan pemakaian inhibitor, walaupun masih ditemui kendala-kendala diantaranya harga dan efektivitasnya.

Zeolit adalah batuan anorganik / mineral yang merupakan senyawa alumina silikat yang tersusun oleh unit berulang terkecil berupa tetrahedra  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ . Ikatan antar tetrahedra terbentuk dengan unsur utamanya adalah kation alkali dan alkali tanah. Zeolit berdasarkan sifat-sifat kimia dan fisika, memiliki kemampuan seperti penjerap (adsorpsi) misalnya zeolit dapat menjerap gas pembusukan sampah dan gas baku kotoran ternak, katalis dan penukar kation<sup>(4)</sup>. Berdasarkan hal-hal tersebut diatas diharapkan zeolit dapat digunakan sebagai inhibitor. Pada penelitian ini akan dilihat kemampuan atau pengaruh dari partikel zeolit ini terhadap laju korosi logam baja dalam lingkungan asam dan basa.

Rumus empiris dari zeolit alam adalah :  $\text{MnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x(\text{SiO}_2) \cdot y\text{H}_2\text{O}$

Sifat umum zeolit antara lain mempunyai susunan kristal yang agak lunak, berat jenis antara 2 - 2,4. berwarna kehijauan, putih dan coklat. Dalam penelitian ini digunakan baja karbon sebagai spesimen yang akan diteliti. Baja karbon merupakan material logam yang relatif tahan korosi, tergantung dari komposisi logam yang terkandung dalam material tersebut. Perlakuan yang berbeda terhadap material akan mempengaruhi ketahanan korosi.

Pada penelitian ini akan dilakukan perendaman spesimen pada lingkungan kerja untuk mengetahui laju korosi pada baja karbon dengan berbagai lingkungan yang berbeda. Dengan variabel yang divariasikan adalah :

- Lingkungan yang digunakan adalah larutan asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan basa ( $\text{NaOH}$ ) dengan konsentrasi 4 M, 2 M.
- Penambahan partikel zeolit pada lingkungan atau media
- Pemberian stress pada spesimen, dan pengadukan sebagai perbandingan dilakukan perendaman.

Analisis yang akan dilakukan untuk pengukuran laju korosi adalah dengan metoda kehilangan berat per satuan luas dan waktu.

## 2 Korosi

Korosi dapat diartikan sebagai perusakan atau penurunan kualitas dari suatu bahan logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia tetapi juga elektrokimia, yakni antara logam yang bersangkutan terjadi perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang

bermuatan negatif, maka perpindahannya menimbulkan arus listrik, sehingga reaksi ini dipengaruhi oleh potensial listrik. Elektron mengalir dari titik dengan potensial negatif tinggi ke titik dengan potensial negatif rendah<sup>(1)</sup>.

### 2.1 Laju Korosi

Dalam pemakaian logam sebagai bahan konstruksi perlu diketahui berapa cepatkah suatu logam itu rusak atau tidak berfungsi lagi karena korosi, atau berapa besarnya laju korosi dari logam tersebut dalam lingkungan dimana ia berada.

Secara konvensional untuk menentukan laju korosi ialah dengan mengukur kehilangan berat logam dalam selang waktu kontak tertentu pada kondisi lingkungan yang ditetapkan, sehingga dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$mpy = \left( \frac{534.W}{D.A.T} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan umum laju korosi (1):

Keterangan : W : Berat yang hilang (mg)

D : Densitas (gram / cm<sup>3</sup>)

A : Luas penampang (in<sup>2</sup>)

T : waktu (jam)

Mpy = mills penetration per year

### 2.2 Mekanisme Korosi Logam.

Umumnya korosi terjadi dalam lingkungan atmosfer yang memiliki kelembaban tinggi atau pada logam yang diletakkan di tanah. Proses korosi didasarkan pada reaksi elektrokimia yaitu larutnya logam atau adanya perpindahan elektron masuk ke lingkungan dan keluarnya gas H<sub>2</sub> seperti persamaan berikut :

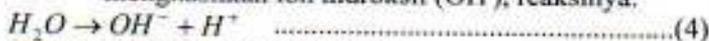
· Pada proses oksidasi elektron mengalir dari daerah anoda ke katoda, ion-ion besi bermuatan positif dan tidak stabil, reaksinya :



· Reaksi reduksi didaerah katodik

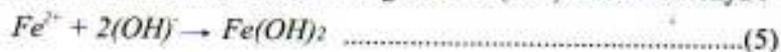


· Terjadi disosiasi / penguraian air dalam larutan elektrolit sehingga menghasilkan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>), reaksinya:



Persamaan reaksi keseluruhannya :

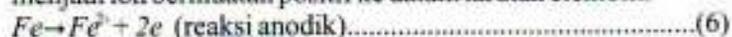
Didalam larutan elektrolit ion besi yang berasal dari proses oksidasi logam besi bereaksi dengan ion hidroksil dari proses penguraian air menjadi fero hidroksida yang tidak larut atau disebut dengan karat (rust).Mekanismenya :



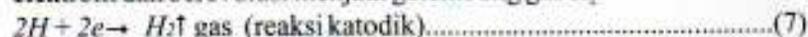
Proses ini terjadi secara berulang-ulang hingga karat bertambah. Hampir semua proses korosi dapat diterangkan dengan mekanisme ini.<sup>(1)</sup>

### 2.3 Reaksi Elektrokimia.

Pada umumnya proses korosi adalah proses elektrokimia, mekanisme dari reaksi ini adalah perpindahan elektron. Elektron mengalir dari potensial listrik yang tinggi (anoda) ke potensial listrik yang rendah (katoda). Perpindahan elektron ini menimbulkan arus listrik karena dipengaruhi oleh perbedaan potensial. Didaerah anoda yang terjadi adalah reaksi oksidasi dimana atom logam kehilangan elektron menjadi ion bermuatan positif ke dalam larutan elektrolit.



Sedangkan didaerah katoda terjadi reaksi reduksi pada  $H^+$  yang berada dilarutan elektrolit dan berevolusi menjadi gelembung gas  $H_2$ .



Didalam larutan elektrolit terjadi disosiasi air yang menghasilkan ion-ion hidroksil.



Apabila terdapat kelebihan asam dalam larutan akan terjadi pembentukan hidroksil lagi yang mengakibatkan percepatan proses korosi.



Proses keseluruhan terjadinya korosi dengan reaksi elektrokimia.



Elektroda besi akan kehilangan berat karena melarutnya ion-ion  $Fe^{2+}$ , elektroda besi yang berkarat dapat dilihat dari kerusakan pada permukaannya.

Berat logam yang bereaksi, sesuai dengan hukum *Faraday*, dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$\text{Berat logam yang bereaksi} = k I t$$

Dimana : I = arus dalam ampere

k = Konstanta =  $3,39 \times 10^{-4} \text{ g/C}$

C = Coulomb (1 C = 1 ampere dalam 1 detik)

t = Waktu dalam detik

### 2.4 Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat yang apabila ditambahkan/ dimasukan dalam jumlah sedikit kedalam suatu lingkungan yang korosif, dapat secara efektif memperlambat atau mengurangi laju korosi. Penggunaan inhibitor dimaksudkan untuk melindungi permukaan logam dari serangan korosi dengan tujuan untuk:

- Memperpanjang usia pemakaian peralatan
- Mencegah kecelakaan karena kerusakan peralatan
- Mencegah kehilangan pertukaran panas
- Mempertahankan bentuk permukaan

Terdapat beberapa jenis inhibitor, yaitu :

- Inhibitor pasif
- Inhibitor katodik
- Inhibitor organik
- inhibitor penyebab pengendapan
- inhibitor berbentuk uap

**1). Inhibitor Pemasif**

Inhibitor pemasif adalah jenis inhibitor yang paling efektif dari seluruh jenis inhibitor lainnya karena dapat melumpuhkan pengkaratan hampir menyeluruh, namun inhibitor ini disebut juga sebagai inhibitor yang berbahaya karena dalam kondisi tertentu justru akan mempercepat pengkaratan.

**2). Inhibitor katodik**

Inhibitor katodik adalah pelambatan pengkaratan dengan mempolarisasi reaksi katodik.

**3). Inhibitor organik**

Senyawa organik banyak yang bersifat menghambat proses pengkaratan yang tidak dapat digolongkan sebagai bersifat katodik atau anodik. Secara umum dapat dikatakan bahwa zat ini mempengaruhi seluruh permukaan logam yang sedang berkarat apabila diberikan dalam konsentrasi secukupnya.

**4). Inhibitor penyebab pengendapan**

Inhibitor penyebab pengendapan adalah sejenis senyawa pembentuk film yang menutupi keseluruhan permukaan logam sehingga secara tidak langsung mengganggu daerah katoda dan anoda sekaligus. Jenis yang paling umum dari inhibitor ini adalah silikat dan fosfat.

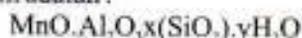
**5). Inhibitor berbentuk uap**

Inhibitor berbentuk uap adalah senyawa yang dialirkan didalam sistem tertutup ke bagian yang berkarat dengan penguapan dari asalnya.

**2.5 Zeolit**

Zeolit berasal dari dua kata Yunani yaitu "zein" yang berarti mendidih dan "lithos" yang artinya batuan. Disebut demikian karena material ini mempunyai sifat mendidih/mengembang apabila dipanaskan.

Rumus empiris dari zeolit alam adalah :



Sifat umum zeolit antara lain mempunyai susunan kristal yang agak lunak, berat jenis antara 2-2,4, berwarna kehijauan, putih dan coklat, dapat digunakan sebagai penukar kation, penyerap dan katalis. Berdasarkan penelitian, kemampuan karbon aktif dan silika gel sebagai bahan penyerap tidak melebihi zeolit alam. Ada beberapa kegunaan dari zeolit :

**1. Zeolit sebagai penyerap**

Proses penyerapan adalah proses ikatan suatu molekul atau unsur pada permukaan unsur lain. Penggunaan zeolit sebagai bahan penyerap karena :

- Zeolit bersifat selektif dan mempunyai kapasitas tukar kation cukup tinggi
- Zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan bentuk struktur kristal zeolit.

## 2. Zeolit sebagai penukar kation

Kation dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dalam suatu larutan. Hal ini disebabkan oleh ion-ion dalam pori-pori zeolit selalu memelihara kenetralan muatan listriknya, selain disebabkan pula oleh ion-ion tersebut yang dapat bergerak bebas.

## 3. Zeolit sebagai katalis

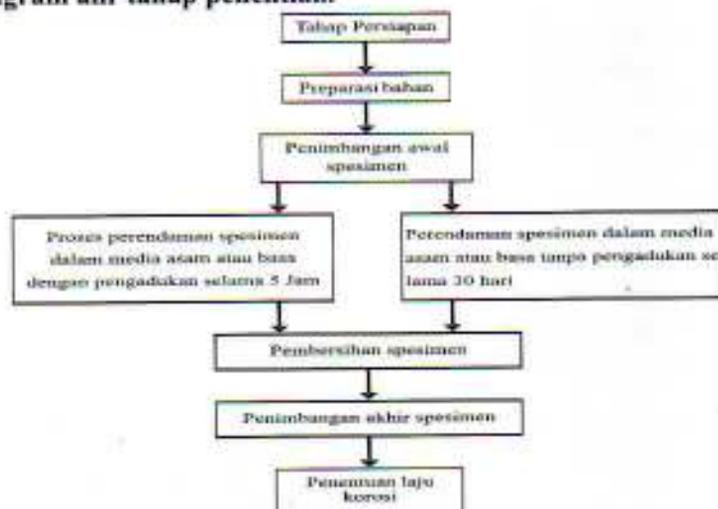
Reaksi katalistik terjadi didalam pori-pori kristal zeolit. Oleh karena itu, sifat zeolit yang sangat penting sebagai katalis adalah ukuran pori-pori dan volume kosong yang besar. sebagai katalis, zeolit mempunyai keistimewaan yaitu lama pemakaian (life time) yang lebih panjang bila dibandingkan dengan bahan katalis lainnya.

Zeolit juga digunakan sebagai katalisator pada proses gasifikasi batu bara, terutama batu bara dengan kadar belerang atau nitrogen tinggi. Zeolit juga dapat menyerap unsur-unsur pengotor yang lain sehingga diperoleh gas batu bara yang bersih. Dalam kegiatan penambangan yang menggunakan bahan peledak, zeolit dapat digunakan untuk menetralsir air yang tercemar amonia yang akan menyebabkan korosi pada peralatan tambang yang terbuat dari logam.

Kemampuan zeolit sebagai penukar kation dapat digunakan dalam bidang pertanian untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, terutama tanah yang banyak mengandung pasir atau kandungan lempungnya sedikit (soapy soil) dan tanah podzolik. Fungsi zeolit disini adalah sebagai bahan pemantap tanah (soil conditioner), pembawa pupuk (fertilizer carrier). dalam bidang perikanan zeolit berfungsi sebagai pengontrol kandungan amonium didalam air yang terdapat dalam tambak atau kolam ikan dan udang. pada umumnya ion ini berasal dari kotoran ikan dan sisa-sisa makanan yang membusuk.

## 3 METODA PENELITIAN

### 3.1 Diagram alir tahap penelitian.



Gambar 1. Diagram alir percobaan

### 3.2 Deskripsi Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan proses perendaman baja karbon pada larutan (medium) serta penambahan zeolit pada larutan (medium) untuk mengetahui pengaruh zeolit tersebut terhadap laju korosi dari baja karbon. Ada beberapa variabel yang berpengaruh terhadap laju korosi, yaitu: media korosi, konsentrasi larutan, dan pH larutan. Pada proses ini diberikan beberapa variasi; penambahan zeolit pada medium, konsentrasi larutan, pemberian stress pada baja karbon, dan pengadukan. Analisa data dilakukan dengan pengukuran laju korosi, yaitu metoda pengukuran berat per satuan luas dan waktu.

Prinsip penelitian ini adalah mengukur kehilangan atau penambahan berat sampel logam (baja karbon) dalam selang waktu kontak tertentu pada kondisi lingkungan yang ditetapkan. maka dari itu digunakan analisis Gravimetri (penimbangan).

Variabel yang ditetapkan nilainya.

- Waktu perendaman dalam larutan.

Variabel yang divariasikan.

- Larutan asam dan basa dalam konsentrasi :
  - 4 M
  - 2 M
- Jenis perlakuan spesimen
- Pengadukan (5 jam)
- Penambahan partikel zeolit

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Luas Basi baja karbon :  $3.106631 \text{ in}^2$

Waktu perendaman Tanpa Pengadukan : 720 jam

Waktu perendaman dengan pengadukan : 5 jam

Densitas Baja Karbon :  $7,2 \text{ gram / cm}^3$

Tabel 1 Laju korosi perendaman selama 30 hari (tanpa pengadukan)

No	Larutan	Perlakuan larutan	Perlakukan benda kerja	mpy
1	$\text{H}_2\text{SO}_4$ 2M (Asam)	Non zeolit	Non stress	2.420
		Non zeolit	Stress	2.818
		Zeolit	Non stress	2.088
		Zeolit	Stress	2.221
2	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (Asam)	Non zeolit	Non stress	1.724
		Non zeolit	Stress	1.990
		Zeolit	Non stress	1.525
		Zeolit	Stress	1.591
3	NaOH (Basa)	Non zeolit	Non stress	0.00
		Non zeolit	Stress	0.00
		Zeolit	Non stress	0.00
		Zeolit	Stress	0.00
4	NaOH (Basa)	Non zeolit	Non stress	0.00
		Non zeolit	Stress	0.00
		Zeolit	Non stress	0.00
		Zeolit	Stress	0.00

Tabel 2 Laju korosi perendaman selama 5 jam dengan pengadukan

No	Larutan	Perlakuan larutan	Perlakuan benda kerja	mpy
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 4M	Non zeolit	Non stress	6.207
		Non zeolit	Stress	8.594
		Zeolit	Non stress	5.729
		Zeolit	Stress	5.252
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2M	Non zeolit	Non stress	2.865
		Non zeolit	Stress	4.297
		Zeolit	Non stress	1.909
		Zeolit	Stress	2.387
3	NaOH 4M	Non zeolit	Non stress	0.00
		Non zeolit	Stress	0.00
		Zeolit	Non stress	0.00
		Zeolit	Stress	0.00
4	NaOH 2M	Non zeolit	Non stress	0.00
		Non zeolit	Stress	0.00
		Zeolit	Non stress	0.00
		Zeolit	Stress	0.00

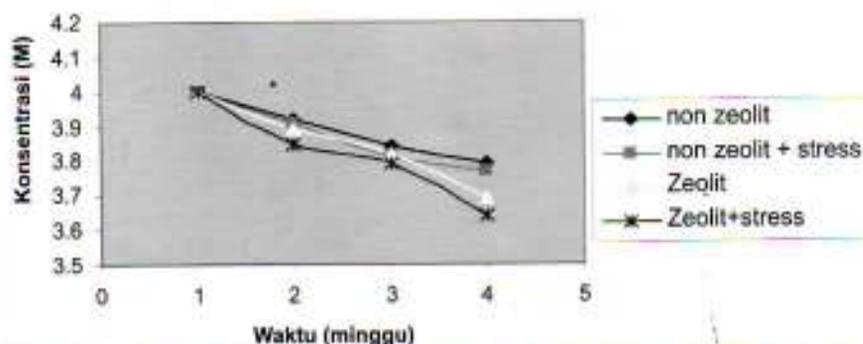
Tabel 3 Perubahan Konsentrasi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 M

No	Variasi Sampel	Variasi larutan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
1	Non stress	non zeolit	4	3.92	3.84	3.79
2	stress	non zeolit	4	3.91	3.81	3.77
3	Non stress	zeolit	4	3.89	3.82	3.69
4	stress	zeolit	4	3.85	3.79	3.64

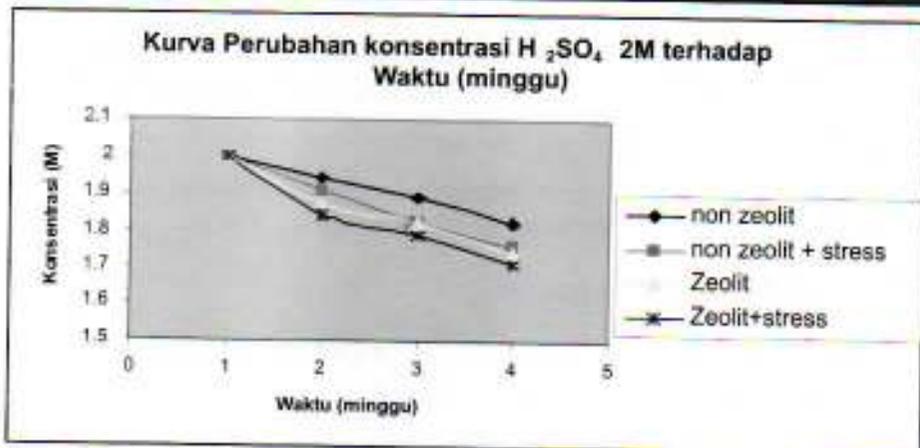
Tabel 4 Perubahan Konsentrasi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M

No	Variasi Sampel	Variasi larutan	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
1	Non stress	non zeolit	2	1.94	1.89	1.82
2	stress	non zeolit	2	1.91	1.82	1.76
3	Non stress	zeolit	2	1.87	1.82	1.74
4	stress	zeolit	2	1.84	1.79	1.71

Kurva Perubahan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4M terhadap Waktu (minggu)



Gambar 2 Kurva perubahan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 M terhadap waktu



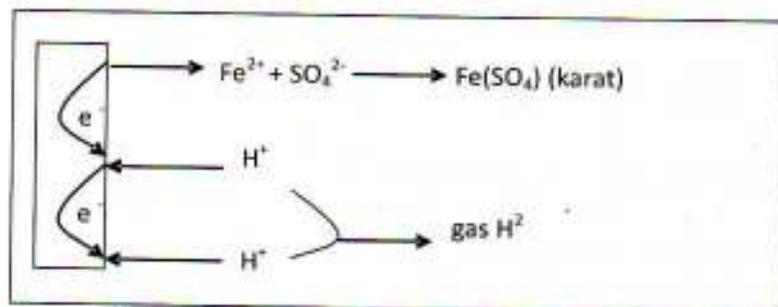
**Gambar 3** Kurva perubahan konsentrasi  $H_2SO_4$  2 M terhadap waktu

## 4.2 Pembahasan

Dari penelitian yang telah kami lakukan, dengan menggunakan beberapa variasi pada sampel, dan larutan. Didapatkan laju korosi pada penggunaan larutan  $H_2SO_4$  4 M menunjukkan hasil pada tabel 5. Laju korosi paling tinggi terjadi pada sampel yang didalam larutan asam tanpa zeolit dan diberi stress. Pengaruh diberikannya stress pada sampel ini adalah merubah bentuk permukaan sampel sehingga permukaan sampel lebih terbuka. Permukaan sampel yang lebih terbuka mengakibatkan sampel logam lebih mudah terkorosi

**Tabel 5** Laju korosi pada larutan  $H_2SO_4$  4 M (tanpa pengadukan)

No	Variasi	Variasi larutan	mpy
1	Non stress	non zeolit	2.420524
2	stress	non zeolit	2.818418
3	Non stress	zeolit	2.088945
4	stress	zeolit	2.221577

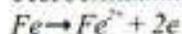


**Gambar 4** Skema terjadinya korosi dalam lingkungan  $H_2SO_4$ .

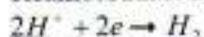
Semakin besar konsentrasi larutan, maka ion hidrogen yang dihasilkan pun semakin banyak, hal ini menyebabkan gerakan elektron dalam logam semakin banyak dan menguraikan Fe menjadi ion  $Fe^{2+}$ , elektron yang terurai dari besi kemudian bereaksi dengan  $H^+$  yang berasal dari asam.

Reaksi korosinya itu sendiri adalah :

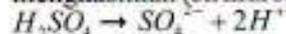
- Pada proses oksidasi elektron mengalir dari daerah anoda ke katoda, ion-ion besi bermuatan positif dan tidak stabil, reaksinya :



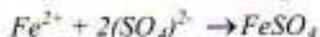
- Reaksi reduksi di daerah katodik



- Terjadi disosiasi / penguraian asam dalam larutan elektrolit sehingga menghasilkan ion hidroksil ( $SO_4^{2-}$ ), reaksinya:

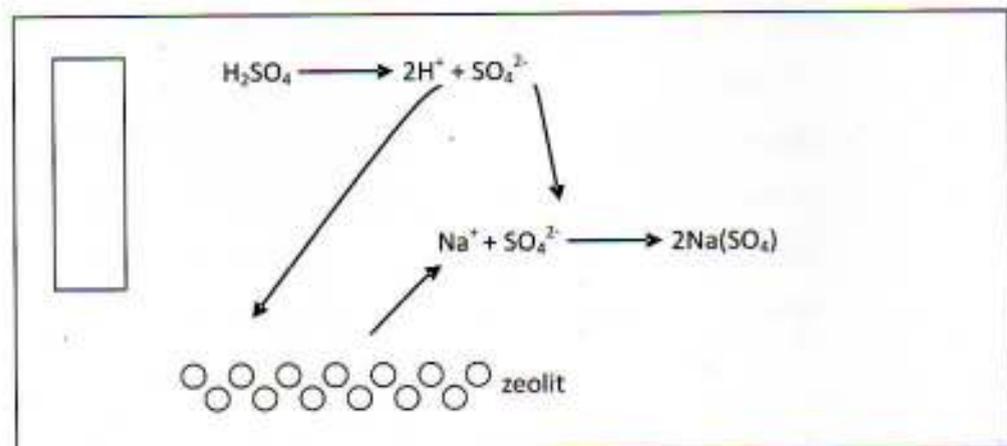


Didalam larutan elektrolit ion besi yang berasal dari proses oksidasi logam besi bereaksi dengan ion hidroksil dari proses penguraian asam sulfat menjadi fero sulfida yang tidak larut atau disebut dengan karat (rust). Mekanismenya :



Proses ini terjadi secara berulang-ulang hingga jumlah/berat karat bertambah.

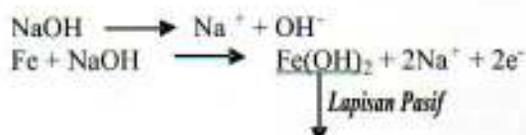
Pada lingkungan lingkungan yang ditambahkan partikel zeolit laju korosi dari logam/baja tadi cenderung lebih lambat, hal ini dikarenakan adanya zeolit ( $NaO \cdot Al_2O_3 \cdot x(SiO_2) \cdot yH_2O$ ) yang bersifat sebagai penukar kation dan anion, yang didalam larutan asam dapat menukar kation Na dengan H.



Gambar 5 Skema pertukaran ion antara zeolit dan larutan  $H_2SO_4$

Ion-ion agresif dari asam sulfat  $H^+$  bertukar "tempat" dengan  $Na^+$  sehingga terbentuk larutan  $2Na(SO_4)$  sebagai larutan kompleks, larutan  $2Na(SO_4)$  inilah yang mengakibatkan turunnya konsentrasi  $H_2SO_4$ , sehingga keagresifan ion  $H^+$  berkurang, hal ini juga berdampak laju korosi cenderung menurun jika dibandingkan dengan larutan tanpa zeolit.

Untuk laju korosi dengan menggunakan media larutan basa, laju korosi tidak mengalami perubahan, ini dibuktikan tidak adanya perubahan berat sampel setelah perendaman, dikarenakan tidak terjadi korosi pada sampel yang direndam dalam media basa (NaOH). penyebabnya ion-ion  $\text{OH}^-$  yang terurai dari larutan basa ternyata dapat menimbulkan lapisan pasif pada dinding logam/sampel yang terendam dalam larutan basa (seperti terbentuk selaput di permukaan logam/sampel). Reaksi pasivasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



**Tabel 6** Berat sampel pada larutan NaOH 4 M tanpa pengadukan.

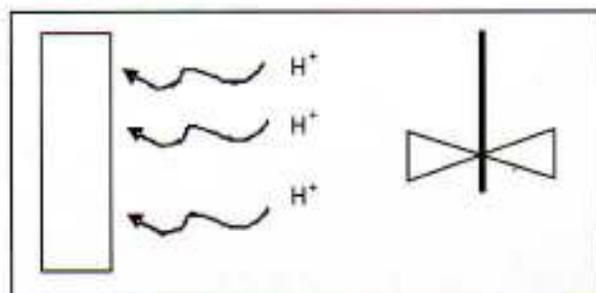
No	Variasi Sampel	Variasi larutan	Berat awal sample (gram)	Berat akhir sample (gram)
1	Non stress	non zeolit	16.93	16.93
2	stress	non zeolit	17.58	17.58
3	Non stress	zeolit	17.26	17.26
4	stress	zeolit	18.52	18.52

Selain itu dari variasi yang dilakukan, yaitu dengan menggunakan pengadukan, ternyata laju korosi logam / sampel lebih besar dibandingkan tidak memakai pengadukan.

**Tabel 7** Laju korosi pada larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4 M (dengan pengadukan)

No	Variasi	Variasi larutan	mpy
1	Non stress	non zeolit	6.207152
2	stress	non zeolit	8.594518
3	Non stress	zeolit	5.729679
4	stress	zeolit	5.252206

Pengadukan menyebabkan ion-ion  $\text{H}^+$  yang terdisosiasi dari larutan terdistribusi dengan merata dan cepat sehingga laju korosi semakin cepat menyerang permukaan logam/sampel.



**Gambar 7** Skema korosi pada sampel yang menggunakan pengadukan

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapat kesimpulan antara lain:

1. Konsentrasi asam sangat berpengaruh terhadap laju korosi.
2. Dalam larutan basa tidak terjadi proses korosi disebabkan oleh terbentuknya lapisan pasif pada permukaan logam / sampel.
3. Pemberian stress dan proses pengadukan pada logam / sampel dapat mempercepat proses korosi.
4. Penambahan zeolit sebanyak 20 gram/500 ml dapat berfungsi sebagai inhibitor.
5. Laju korosi tertinggi sebesar **8.59 mpy** pada sampel yang diberikan stress, menggunakan larutan asam dengan konsentrasi 4 M, dengan pengadukan dan tanpa zeolit. Laju korosi terendah sebesar **1.52 mpy** pada sampel yang tidak diberikan stress, menggunakan larutan asam dengan konsentrasi 2 M, dengan pengadukan dan menggunakan zeolit

### 5.2 Saran

Selama melakukan penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat penulis berikan antara lain :

- a. Pemahaman materi tentang korosi dan hal-hal yang berhubungan dalam penelitian terlebih dahulu harus dipersiapkan.
- b. Sebaiknya dilakukan variasi penelitian yang lebih banyak lagi untuk pengembangan penelitian yang dilakukan sebelumnya.
- c. Diperlukan keseriusan dan keuletan dalam melakukan penelitian

## 6 DAFTAR PUSTAKA

1. Widharto, Sri. *Karat dan Pencegahannya*, Edisi 1; PT.Pradnya Paramita Jakarta.1999.
2. Trethewey, KR.dkk. *KOROSI untuk mahasiswa dan rekayasawan*. PT.Gramedia Pustaka Utama Jakarta.1991.
3. Jones, Denny A.*Principles and Prevention of CORROSION* .Macmillan Publishing Company.New York.1992
4. Arifin, M.dkk. *ZEOLIT*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.1999.

## Analisis Hubungan antara Tipologi Pengusaha Kecil dengan Pola Penggunaan Bantuan Keuangan yang Diterimanya

Nurhadi

Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

**ABSTRAK.** Kemajuan usaha kecil menengah sangat dipengaruhi oleh perilaku dan sikap mental dari para pelaku usaha itu sendiri, diantaranya sikap/perilaku dalam menggunakan dana yang mereka terima. Melalui penelitian ini terungkap, karakteristik pengusaha kecil dapat diklasifikasi menjadi 3 tipologi, yaitu: Pengusaha yang 'sekedar mencari nafkah untuk hidup'; Pengusaha yang 'sekedar ingin hidup lebih baik'; serta Pengusaha yang 'termotivasi untuk maju/sukses dalam hidup'. Sementara itu, perilaku mereka dalam menggunakan dana bantuan yang diterimanya dapat diklasifikasi menjadi 3 (tiga) pola, yang dinamakan sebagai: Pola Pasif, Pola Aktif, serta Pola Ekspansif. Hasil penelitian mengungkapkan, terdapat hubungan yang signifikan antara karakteristik pengusaha, pola penggunaan dana bantuan yang diterimanya, serta kinerja (kemampuan untuk berkembang) dari sistem usaha yang bersangkutan.

**Kata kunci :** *Sikap mental/perilaku pengusaha; Pola penggunaan dana bantuan; Kinerja usaha*

### I PENDAHULUAN

Paling tidak terdapat dua syarat untuk tumbuh dan berkembangnya industri kecil dan menengah (Marbun, 1996). Pertama, perlunya peranan (bantuan) pemerintah (dan/atau pihak lain) secara serius dan terpadu. Kedua, perlunya sikap mental yang profesional, tangguh dan kompetitif dari para pengusaha kecil itu sendiri. Termasuk dalam hal ini adalah sikap dan perilaku mereka dalam menggunakan dana bantuan yang pernah mereka terima.

Pertanyaannya adalah, benarkah penggunaan dana bantuan tersebut telah selaras serta mendukung terwujudnya pengusaha kecil yang memiliki daya saing tinggi, maju, mandiri dan tangguh? Adakah karakteristik tertentu dari diri pengusaha tadi yang berkaitan dengan pola penggunaan dana bantuan tersebut? Karakteristik individu apa saja yang berkaitan dengan pola penggunaan dana bantuan tersebut? Inilah permasalahan-permasalahan yang ingin dikaji dalam penelitian ini.

Objek penelitian ini dibatasi hanya terhadap usaha kecil di bidang manufaktur yang pernah menerima/mendapatkan bantuan keuangan. Pengertian bantuan meliputi: hibah, pinjaman/kredit, penyertaan modal, dan bantuan keuangan dengan sistem bagi hasil.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan gambaran profil perilaku pengusaha industri kecil dalam mempergunakan bantuan keuangan yang mereka terima
2. Mengidentifikasi faktor-faktor karakteristik individu pengusaha yang berpengaruh terhadap perilaku mereka dalam mempergunakan bantuan yang diterimanya.
3. Mengidentifikasi hubungan antara karakteristik individu pengusaha dengan pola penggunaan dana bantuan yang dilakukan oleh para pengusaha tersebut.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### Sikap mental wirausaha

Tidak ada rumusan atau konsep yang baku mengenai kewirausahaan. Namun demikian, dari berbagai referensi yang ada – misalnya yang dikemukakan oleh Mc. Clelland (1960), Stephen C. Harper (1991), Hisrich & Peters (1992), Peter Drucker, dll. – dapat di ikhtisarkan beberapa karakteristik wirausahawan sbb :

- a) Wirausahawan adalah seorang pengambil risiko, tetapi didasarkan pada suatu perhitungan yang matang.
- b) Wirausahawan adalah seorang yang selalu penuh semangat dan senang melakukan aktivitas baru.
- c) Wirausahawan adalah seorang yang bersikap mengambil pertanggung-jawaban individu atas apa yang dilakukannya.
- d) Wirausahawan adalah seorang yang memiliki pengetahuan akan hasil tindakannya

Sementara itu menurut Stephen C. Harper (1991), ada delapan karakteristik yang membedakan seorang wirausahawan dengan bukan wirausahawan, yaitu :

- a. Wirausahawan adalah seorang selalu bersikap mencari peluang
- b. Wirausahawan adalah seorang yang selalu berorientasi ke masa depan
- c. Wirausahawan adalah seorang yang berkomitmen untuk menjadi yang terbaik
- d. Wirausahawan adalah penggerak pasar dan berorientasi pada pelanggan
- e. Wirausahawan selalu bersikap menghargai setiap karyawannya
- f. Wirausahawan bersikap toleran terhadap kebosanan (tidak mudah bosan dalam menghadapi kesulitan).
- g. Wirausahawan adalah seorang yang bersikap realistis
- h. Wirausahawan adalah seorang yang selalu tekun dan tabah

Menurut Hisrich & Peters (1992), beberapa hal yang membedakan antara wirausahawan dengan golongan masyarakat biasa, yaitu bahwa seorang wirausahawan berani mengambil/menghadapi risiko serta :

- a. Memiliki arah kendali kepribadian kedalam  
Wirausahawan biasanya memiliki arah pengendalian diri ke dalam (internal locus of control). Mereka memandang apa yang mereka dapatkan sampai sekarang adalah karena hasil perbuatan mereka sebelumnya. Mereka percaya bahwa nasib mereka ditentukan oleh mereka sendiri. Mereka dapat mengendalikan diri, berhati-hati dalam bertindak dan mengambil keputusan, dan tidak bergantung kepada orang lain, serta tidak mudah terpengaruh orang lain.
- b. Memiliki motif berprestasi yang tinggi  
Wirausahawan adalah mereka yang memiliki motivasi berprestasi yang tinggi, yaitu orang yang cenderung bertingkah laku sbb :
  - Mengambil pertanggung jawaban pribadi atas perbuatan-perbuatannya.
  - Mencari mpan balik atas perbuatan-perbuatannya
  - Memilih tingkat risiko yang sedang (moderat), suka melakukan sesuatu yang ada tantangannya tetapi masih mungkin untuk dilakukan.

- Berusaha melakukan sesuatu dengan cara-cara baru.
- Ingin melakukan sesuatu lebih baik dari orang lain.
- Ingin mencapai atau melebihi ukuran keberhasilan yang ditetapkan sendiri
- Ingin mencapai hal-hal yang khas atau unik dan luar biasa.

Hal-hal lain yang terkait dengan karakteristik wirausahawan, antara lain adalah :

Karakteristik perilaku seseorang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu Tipe A dan Tipe B. Sikap mental wirausaha biasanya lebih banyak dikaitkan dengan karakteristik pribadi Tipe A, yang cirinya antara lain adalah sbb :

- Menyukai persaingan dalam hidup
- Berkeinginan untuk menjadi yang terbaik.
- Mencoba mengerjakan sesuatu lebih cepat dari jadwalnya.
- Merasa bersalah bila membuang-buang waktu percuma.

Wirausahawan biasanya juga tidak memiliki kebutuhan akan rasa aman yang tinggi, yaitu orang yang tidak :

- Mudah cemas jika menghadapi ketidak pastian
- Takut menghadapi risiko
- Lebih menginginkan pekerjaan dengan penghasilan teratur.

#### 1. Motif/ alasan menjadi pengusaha

Suatu tindakan atau perbuatan seringkali dilandasi oleh suatu tujuan atau alasan yang sifatnya lebih riil dan disadari sepenuhnya oleh yang bersangkutan, namun mungkin bertentangan dengan dorongan motivasi yang sebenarnya yang dirasakan di hati. Penyebabnya adalah adanya beberapa dorongan hati yang saling bertentangan, atau ketidaksesuaian antara dorongan hatinya dengan realitas hidup yang dijalaninya. Berkaitan dengan hal tersebut, sebuah penelitian yang dilakukan di Malaysia berhasil mengidentifikasi beberapa motif atau alasan (atau tujuan) seseorang terjun menjadi pengusaha sbb (Clapham, 1991) :

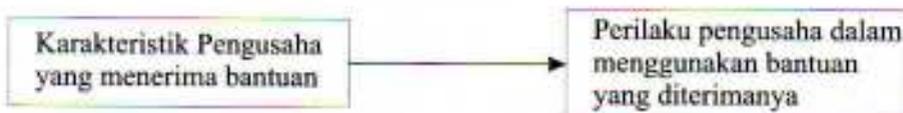
- Ingin lebih bebas, bisa mengatur diri sendiri dalam bekerja.
- Ingin mendapatkan lebih banyak uang, atau ingin kaya.
- Karena meneruskan bisnis keluarga.
- Karena terdorong adanya bantuan pemerintah, dan dia ingin memanfaatkan bantuan tersebut dengan mendirikan usaha (karena dipersyaratkan begitu).
- Ingin mendapatkan lebih banyak tantangan untuk mendapatkan suatu kepuasan tertentu dengan cara menghadapi banyak tantangan yang terdapat di dunia usaha.
- Ingin mendapatkan penghasilan tambahan / sampingan.
- Karena tidak ada pilihan lain (karena kesulitan memperoleh pekerjaan lain).

Disamping alasan di atas, ada juga orang yang menjadi pengusaha karena alasan sosial (ingin menciptakan lapangan kerja) ataupun karena pada dasarnya yang bersangkutan memang menyukai profesi sebagai pengusaha.

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### Model penelitian

Penelitian ini menekankan kajiannya pada hubungan antara karakteristik internal individu pengusaha, dengan perilaku pengusaha tersebut dalam menggunakan bantuan keuangan yang diterimanya. Hubungan antar keduanya tersebut diperkirakan merupakan hubungan yang bersifat asosiatif. Dengan demikian model penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1 Diagram model penelitian

#### Variabel penelitian

Variabel-variabel yang dipergunakan dalam penelitian ini secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu variabel karakteristik individu pengusaha dan variabel penggunaan dana bantuan oleh pengusaha. Variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut :

##### 1. Variabel-variabel karakteristik individu pengusaha :

###### A. Kondisi demografis pengusaha :

1. Umur
2. Tingkat pendidikan
3. Lamanya pengalaman berbisnis

###### B. Sikap mental kewirausahaan pengusaha :

1. Selalu mencari peluang-peluang baru
1. Selalu berorientasi ke masa depan
2. Penggerak pasar, berorientasi pada pelanggan
3. Tekun dan tabah
4. Bekerja penuh semangat
5. Bersikap toleran terhadap rasa bosan
6. Memiliki arah kendali kepribadian kedalam (internal locus of control), yaitu :
  - Percaya bahwa nasib mereka ditentukan oleh mereka sendiri.
  - Berhati-hati dalam bertindak dan membuat keputusan
  - Tidak bergantung kepada orang lain.
  - Tidak mudah terpengaruh orang lain.
7. Memiliki motif prestasi yang tinggi, yaitu :
  - Memiliki komitmen untuk menjadi yang terbaik
  - Bersikap realistis dalam menentukan target
  - Berusaha mencapai melebihi target yang telah ditentukan
  - Memilih risiko yang sedang / moderat dalam melakukan sesuatu..

- Mengambil tanggung jawab pribadi atas perbuatannya
- Berusaha mencari umpan balik tentang perbuatannya.
- Sangat menikmati tugas, dan puas jika dapat menyelesaikannya

11. Golongan orang yang berperilaku Tipe A, yaitu :

- Menyukai persaingan dalam hidup
- Ingin menjadi yang terbaik
- Mencoba mengerjakan sesuatu lebih cepat dari jadwalnya
- Merasa bersalah bila membuang-buang waktu.

12. Tidak mengutamakan kebutuhan akan rasa aman, yaitu :

- Mudah cemas kalau menghadapi ketidak-pastian
- Takut menghadapi risiko
- Lebih menginginkan pekerjaan dengan penghasilan teratur.

C. Motif atau alasan (atau tujuan) menjadi pengusaha

1. Ingin mendapatkan kebebasan
2. Ingin banyak uang / menjadi kaya
3. Ingin (atau disuruh) meneruskan bisnis keluarga
4. Terdorong oleh adanya bantuan
5. Ingin lebih banyak tantangan
6. Ingin mendapatkan penghasilan tambahan
7. Ingin menunjukkan mampu berprestasi melalui kegiatan bisnis
8. Ingin menolong sesama (menciptakan lapangan kerja)
9. Karena memang menyukai pekerjaan sebagai pengusaha
10. Karena tidak ada pilihan lain (tak berhasil mendapat pekerjaan lain)

2. Variabel-variabel penggunaan dana bantuan :

1. Untuk memperkuat modal kerja :
  - Meningkatkan persediaan uang tunai
  - Membiayai pengadaan persediaan bahan
  - Membiayai pengadaan persediaan produk jadi
  - Melunasi hutang-hutang dagang
2. Untuk melakukan pengembangan sumberdaya manusia :
  - Membiayai pelatihan peningkatan kemampuan berbisnis bagi pengusaha
  - Membiayai pelatihan peningkatan keahlian/ketrampilan pekerja
3. Untuk melakukan pengembangan produk :
  - Mengembangkan desain produk
  - Meningkatkan/memperbaiki kualitas produk
  - Mengembangkan produk baru.
4. Untuk melakukan pengembangan di bagian produksi :
  - Memelihara dan memperbaiki mesin-mesin produksi
  - Mengganti mesin yang sudah tua (dengan membeli yang baru)
  - Membeli mesin-mesin baru (sehingga jumlah mesin bertambah)
  - Membeli/membuat alat bantu produksi lainnya.

- Membangun/memperbaiki gedung/ruang kerja bagian produksi
  - Membangun/memperbaiki gudang persediaan barang
5. Untuk pengembangan di bagian administrasi dan manajemen :
- Membeli/memperbaiki peralatan kantor
  - Membangun/memperbaiki gedung/ruang kantor
  - Membeli/memperbaiki kendaraan operasional perusahaan
6. Untuk melakukan pengembangan pasar :
- Melakukan survei pasar / penelitian konsumen
  - Melakukan pencarian daerah/masyarakat pelanggan baru
  - Memberikan kredit pembelian kepada pelanggan
  - Membangun/memperbaiki ruang pameran/tempat penjualan produk.
7. Untuk memenuhi keperluan diluar kegiatan usaha :
- Membangun/memperbaiki rumah tinggal
  - Membeli perabotan rumah tangga
  - Membeli/memperbaiki kendaraan untuk kepentingan rumah tangga
  - Membayar hutang diluar kepentingan kegiatan usaha
  - Membiayai keperluan diluar kegiatan usaha lainnya.

### **Hipotesis penelitian**

Penelitian ini sebenarnya masih bersifat eksploratif, sehingga belum memiliki hipotesis yang bersifat spesifik. Hipotesis yang ada masih bersifat umum, yaitu sbb :

Terdapat hubungan (asosiatif) yang cukup signifikan antara pola penggunaan dana bantuan yang dilakukan para pengusaha, dengan tipologi karakteristik individu pengusaha itu sendiri.

### **Sampel penelitian**

Yang menjadi objek pada penelitian ini adalah perusahaan-perusahaan kecil yang bergerak di bidang industri manufaktur. Adapun yang menjadi sampel adalah para pengusaha yang berasal dari tiga daerah, yaitu Bandung, Garut, dan Sukabumi. Perusahaan responden adalah perusahaan yang telah pernah mendapatkan bantuan keuangan. Pengertian "bantuan" tidak harus berarti "pemberian", tetapi bisa juga berupa pinjaman.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan questioner, yang disebarakan kepada para responden (yang menjadi sampel) yang berjumlah 100 orang pengusaha. Dari jumlah tersebut, questioner yang kembali berjumlah 64 buah, dimana 3 diantaranya dinyatakan tidak sah karena ketidak lengkapan jawaban yang mereka berikan.

### **Metode pengolahan data**

Secara garis besar ada 4 metode pengolahan data yang dipergunakan, yaitu : Analisis Faktor, Analisis Klaster, Analisis Tabulasi Silang, serta Analisis Diskriminan. Analisis Klaster dipakai untuk mengelompokkan para pengusaha berdasarkan

karakteristik individunya, sehingga didapatkan kelompok tipologi pengusaha. Pengelompokan juga dilakukan berdasarkan perilaku pengusaha dalam menggunakan dana bantuan yang diterimanya, sehingga didapatkan kelompok pola penggunaan dana bantuan. Ada tidaknya hubungan (asosiatif) antara pola penggunaan dana bantuan dengan tipologi pengusahanya, dianalisis menggunakan Analisis Tabulasi Silang (Crosstab Analysis). Selanjutnya diidentifikasi perbedaan yang ada dari masing-masing kelompok pengusaha, baik dikelompokkan berdasarkan perilaku penggunaan dana bantuan maupun dikelompokkan berdasarkan karakteristik individu pengusahanya. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode Analisis Diskriminan.

#### 4 HASIL PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, dapat diidentifikasi ada 3 (tiga) tipologi pengusaha menurut karakteristik individunya, yaitu : tipologi pengusaha yang sekedar mencari nafkah untuk hidup (kemudian dinamakan *basic needs motivated entrepreneur*), pengusaha yang sekedar ingin hidup lebih baik (*for better life motivated entrepreneur*), serta pengusaha yang termotivasi untuk maju/sukses dalam hidup (*succes in life motivated entrepreneur*) seperti terlihat pada tabel 1.

Sementara itu, pengelompokan perilaku pengusaha dalam menggunakan dana bantuan yang diterimanya dapat mengidentifikasikan ada 3 (tiga) pola penggunaan dana bantuan, yang kemudian dapat dinamakan sebagai : pola pasif, pola aktif, serta pola ekspansif (lihat tabel 2).

Walaupun ada beberapa perbedaan perilaku pengusaha dalam menggunakan dana bantuan yang diterimanya, namun dalam beberapa hal mereka memiliki perilaku yang sama, antara lain :

- Pembangunan/perbaikan prasarana fisik serta pembiayaan lain diluar kepentingan non bisnis cenderung tidak dilakukan.
- Peningkatan modal kerja dianggap cukup atau bahkan sangat penting
- Pengadaan peralatan kantor tidak dipentingkan atau cenderung tidak dilakukan.
- Mengganti atau memperbaiki mesin produksi yang rusak dianggap cukup penting dilakukan
- Cenderung menganggap tidak penting untuk mengikuti dan/atau mengikutsertakan karyawan dalam suatu pelatihan.

Tabel 1 Perbedaan karakteristik masing-masing tipologi pengusaha

<i>Basic needs motivated entrepreneur</i>	<i>For beter life motivated entrepreneur</i>	<i>Succes in life motivated entrepreneur</i>
Rata-rata berpendidikan SLTP	Rata-rata berpendidikan SLTP sampai SLTA	Rata-rata berpendidikan SLTA
Menjadi pengusaha karena diminta orangtua, ingin dapat bantuan, atau sulit mencari pekerjaan lain	Menjadi pengusaha karena agak dipengaruhi orangtua, ingin dapat bantuan, atau sulit mencari pekerjaan lain.	Menjadi pengusaha bukan karena pengaruh orangtua, adanya bantuan, atau sulit mencari pekerjaan lain.
Sikap mental wirausaha yang dimiliki biasa saja	Sikap mental wirausaha yang dimiliki agak kuat.	Sikap mental wirausaha yang dimiliki cukup kuat.
Arah pengendalian diri kurang berorientasi kedalam	Arah pengendalian diri sedikit berorientasi kedalam	Arah pengendalian diri lebih berorientasi kedalam
Memiliki motif prestasi yang biasa saja	Memiliki motif prestasi yang agak kuat	Memiliki motif prestasi yang cukup kuat
Biasa saja dalam menyikapi persaingan yang terjadi	Bisa sedikit menyukai persaingan yang terjadi	Cukup menyukai persaingan yang terjadi

Tabel 1 Perbedaan karakteristik masing-masing tipologi pengusaha

<i>Pola Pasif</i>	<i>Pola Aktif</i>	<i>Pola Ekspansif</i>
Survei/penelitian pasar dianggap kurang penting	Survei/penelitian pasar tidak dipentingkan ataupun diabaikan	Survei/penelitian pasar agak dipentingkan
Kurang ada usaha untuk menambah jumlah mesin atau bantu produksi	Ada sedikit usaha untuk menambah jumlah mesin atau alat bantu produksi	Ada cukup usaha untuk menambah jumlah mesin atau alat bantu produksi
Ada sedikit usaha untuk melakukan perbaikan atau pengembangan produk	Ada cukup usaha untuk melakukan perbaikan atau pengembangan produk	Ada banyak usaha untuk melakukan perbaikan atau pengembangan produk

Berdasarkan analisis lebih lanjut yang dilakukan, ternyata hanya ada 4 (empat) variabel karakteristik individu pengusaha yang berperan membedakan pola penggunaan dana bantuan yang mereka lakukan. Keempat variabel tersebut adalah :

- Tingkat pendidikan
- Sikap mental kewirausahaan
- Sikap pengendalian diri/kepribadian
- Sikap dalam menghadapi persaingan hidup.

## 5 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan karakteristik internal individunya, para pengusaha kecil dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) tipologi pengusaha, yaitu : pengusaha yang sekedar mencari nafkah untuk hidup (*basic needs motivated entrepreneur*), pengusaha yang sekedar ingin hidup lebih baik (*for beter life motivated entrepreneur*), serta pengusaha yang termotivasi untuk maju/sukses dalam hidup (*success in life motivated entrepreneur*).
2. Perilaku penggunaan dana bantuan yang dilakukan oleh para pengusaha dapat dikelompokkan menjadi 3 pola penggunaan, yaitu : Pola pasif, Pola Aktif, dan Pola Ekspansif.
3. Terdapat hubungan asosiatif yang cukup signifikan antara pola penggunaan dana bantuan yang dilakukan oleh para pengusaha, dengan tipologi dari pengusaha yang bersangkutan.
4. Ada indikasi bahwa pola penggunaan dana bantuan yang dilakukan para pengusaha berpengaruh terhadap kinerja perusahaan, yaitu :
  - a. Pengusaha bertipologi 'sekedar ingin mencari nafkah untuk hidup' cenderung menggunakan dana bantuan yang diterimanya mengikuti pola pasif. Kinerja perusahaan pada kelompok ini relatif kurang berkembang, kecuali hanya sekedar mengalami perbaikan dalam hal penguatan modal kerja dan kelancaran pengadaan bahan baku.
  - b. Pengusaha bertipologi 'sekedar ingin kehidupan yang lebih baik' cenderung menggunakan dana bantuan yang diterimanya mengikuti pola aktif. Kinerja perusahaan pada kelompok ini relatif sedikit bisa berkembang, terutama dalam hal peningkatan modal kerja, kelancaran pengadaan bahan baku, kapasitas produksi, serta omset penjualan.
  - c. Pengusaha bertipologi 'termotivasi untuk maju/sukses dalam hidup' cenderung menggunakan dana bantuan yang diterimanya mengikuti pola ekspansif. Kinerja perusahaan pada kelompok ini relatif bisa berkembang, terutama dalam hal peningkatan modal kerja, kelancaran pengadaan bahan baku, kapasitas produksi, omset penjualan, dan tingkat keuntungan yang dapat diraih.
5. Ada 4 variabel yang terkait dengan terjadinya perbedaan pola penggunaan dana bantuan oleh para pengusaha, yaitu : Tingkat pendidikan, sikap mental wirausaha, sikap pengendalian diri/kepribadian, serta sikap dalam menghadapi persaingan hidup.

## 6 DAFTAR PUSTAKA

1. Chotim, Erna Ermawati dan Juni Thamrin (Ed.). *Diskusi Ahli : Pemberdayaan & Replikasi Aspek Finansial Usaha Kecil di Indonesia*, Yayasan AKATIGA, Bandung, 1997.
2. Clapham, Ronald. *Pengusaha Kecil dan Menengah di Asia Tenggara* Terjemahan Masri Maris. LP3ES, Jakarta, 1991.
3. Hodgetts, Richard M. and Donald F. Kuratko. *Effective Small Business Management, 5<sup>th</sup> ed*, The Dryden Press, Fort Worth, 1995.
4. Marbun, B.N. *Manajemen Usaha Kecil*. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta, 1996.
5. Sjaifudian, Hetifah et al. *Strategi dan Agenda Pengembangan Usaha Kecil*, Yayasan AKATIGA, Bandung, 1995.



## Pengaruh Perbedaan Arus Pengelasan pada Sambungan Pipa Baja API 5L Gr B

Adi Ganda Putra<sup>1</sup>, Pawawoi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Metalurgi

Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

**Abstrak.** Baja karbon merupakan salah satu jenis bahan yang berasal dari jenis logam ferro dimana memiliki pembagian yang salah satunya adalah baja karbon rendah. Baja *API 5 L grade B* salah satu contoh dari sekian banyak jenis baja karbon rendah. Baja ini biasa digunakan sebagai pipa penyalur (*pipe line*) maupun proses pemipaan (*piping process*). Dan pengelasan merupakan proses penyambungan yang dilakukan pada konstruksi pipa tersebut, dimana banyak proses pengelasan yang dapat dipilih guna mendapatkan hasil yang terbaik. Akan tetapi, pada kenyataannya sebaik apapun desain yang dirancang, cacat selalu mengikuti setiap prosesnya. Untuk itu kesalahan jangan sampai terulang kedua kali dimana cacat yang terjadi tidak dapat terdeteksi oleh sebab pengujian yang dilakukan harus sesuai dengan standar yang ada, pada pengujian kali ini standar yang digunakan adalah API 1104 yang sesuai dengan proses pemipaan untuk migas.

Perbedaan arus pengelasan yang digunakan pada sambungan pipa baja dapat mengurangi cacat pada sambungan pipa baja sehingga kegagalan pada sambungan tersebut dapat dihilangkan.

**Kata kunci :** *Baja API 5L; Pipe line; Piping process; Grain size; Heat affected zone*

### 1 Pendahuluan

Dengan kemajuan yang telah dicapai sampai saat ini teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat modern. Dari perkembangannya yang pesat telah banyak teknologi baru yang ditemukan sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas dengan cara cara yang ada pada waktu ini. Penggunaan teknik pengelasan khususnya dalam konstruksi sangat luas, meliputi konstruksi, perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, saluran pipa, pipa penyalur dan lain sebagainya. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan disebabkan bangunan dan mesin yang dikerjakan dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan, proses pembuatannya lebih sederhana dan biayanya lebih murah.

Pengelasan merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Karena masukan energi panas maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang dapat menyebabkan terjadinya bermacam-macam cacat ataupun diskontinuitas logam yang berasal dari ketidak sesuaian masukan panas tadi.

Sedangkan sampai saat ini jenis logam baja karbon adalah yang terbesar penggunaannya dalam pembuatan barang teknik di industri dengan menggunakan cara dilas. Pada umumnya baja karbon dapat dilas dengan seluruh proses pengelasan baik pengelasan busur listrik, las gas, las tahanan listrik, atau jenis lainnya.

Akan tetapi kualitas yang dihasilkan dari masing-masing proses tidak sama. Karena kualitas berbeda maka setiap proses pengelasan hanya cocok diterapkan untuk tujuan-tujuan tertentu.

API 5 L Grade B merupakan salah satu jenis logam yang tergolong pada baja karbon rendah yang tidak terlalu sulit untuk dilakukan pengelasan, apabila dilakukan pengelasan dengan arus yang besar maka akan mengakibatkan suhu yang tinggi dan itu akan merubah ukuran butir *grain size* terutama pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Ditambah masukan panas yang tidak sesuai maka dapat dipastikan cacat atau diskontinuiti akan terjadi.

## 2 Pelaksanaan Penelitian

### 2.1 Pembuatan Kampuh

Proses pembuatan kampuh dengan menggunakan mesin grinda, dengan tujuan agar struktur tidak berubah, sebab jika menggunakan *flame cutting* akan merubah struktur dari logam tersebut. Lebar celah antara pipa adalah 3.2 mm, dengan tujuan agar proses pengelasan dapat menggunakan teknik weaving karena diameter elektroda yang digunakan adalah 2.4 mm, sehing elektroda dapat masuk ke dalam celah seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Lebar celah pada root pass

### 2.2 Proses Pengelasan (*welding*)

Pada proses pengelasan menggunakan dua jenis pengelasan yaitu Proses SMAW dan GTAW. Proses SMAW dipergunakan untuk filler pass dan kover pass, sedangkan proses GTAW digunakan untuk root pass.

Pengelasan GTAW dilakukan pertama untuk pengelasan bagian root pass, dengan menggunakan arus 100A dan posisi yang digunakan adalah 1G, teknik pengelasan menggunakan weaving dengan tujuan agar proses pengelasannya merata. Untuk gas pelindung yang digunakan adalah argon. Hasil lasan pada root pass bagian dan bagian luar ditunjukkan pada gambar berikut:



(a)



(b)

**Gambar 2** a) Hasil pengelasan GTAW pada bagian root luar ; b) Hasil pengelasan GTAW pada bagian root luar

Pengelasan SMAW dilakukan pada layer kedua (filler metal) yang ditunjukkan pada gambar 3a, setelah proses pengelasan selesai maka terak yang menempel pada lasan harus dibersihkan dahulu sebelum dilanjutkan pengelasan pada layer ke tiga. Proses pembersihan dilakukan jangan sampai ada terak yang tertinggal pada lasan walaupun sedikit karena itu dapat menyebabkan cacat didalam lasan, hasil pengelasan pada layer ke tiga yaitu sebagai *cover pass*. Teknik yang dinakan untuk proses pengelasan pada *cover pass* yaitu sama dengan filler pass menggunakan teknik weaving (gambar 3b)



(a)



(b)

**Gambar 3** a) Hasil pengelasan SMAW pada bagian pass pertama (filler pass); b) Hasil pengelasan SMAW pada bagian pass kedua (*cover pass*)

### 2.3 Pengujian Tarik

Pada specimen I proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 80A.

**Tabel 1** Data hasil uji tarik specimen I

No	Keterangan	IA	IB
1.	Lebar x tebal, mm	28.0 x 7.0	27.4 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	196	191.8
3.	Beban maksimum, kgf	8900	8800
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	45.4 (445)	45.8 (450)

Pada specimen II proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 100A.

**Tabel 2** Data hasil uji tarik specimen II

No	Keterangan	IIA	IIB
1.	Lebar x tebal, mm	27.4 x 7.0	27.8 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	191.8	194.6
3.	Beban maksimum, kgf	9000	9750
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	46.9 (460)	50.1 (491)

Pada specimen III proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 120A.

**Tabel 3** Data hasil uji tarik specimen III

No	Keterangan	IIIA	IIIB
1.	Lebar x tebal, mm	27.9 x 7.2	28.1 x 7.2
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	200.88	202.32
3.	Beban maksimum, kgf	9500	9750
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	47.2 (464)	48.1 (472)

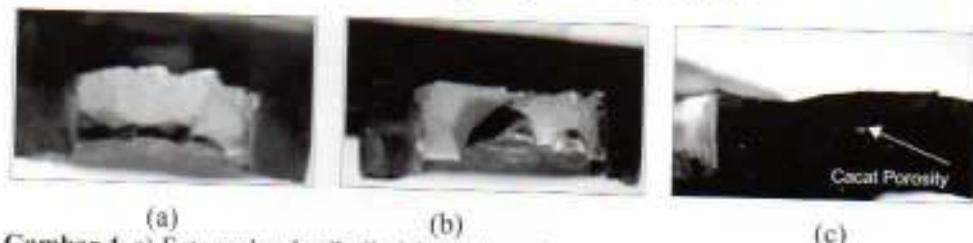
**Tabel 4** hasil uji tarik

Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	✓	-

## 2.4 Pengujian *Nick Break*

Specimen untuk pengujian *nick break* memiliki kampuh (takik) pada daerah sambungan (lasan) dengan tujuan agar pada waktu pengujian bisa patah didaerah sambungan (lasan), sehingga dapat terlihat apakah ada cacat pada daerah sambungan (lasan) atau tidak.

Hasil pengujian *nick break* ditunjukkan pada gambar 4 dan tabel 5.



Gambar 4 a) Foto makro hasil uji *nick break* pada *specimen* I (arus 80A); b) Foto makro hasil uji *nick break* pada *specimen* II (arus 100A); c) Cacat porosity pada daerah weld metal hasil uji *nick break*

Tabel 5 Hasil Uji Nick Break

Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	-	✓

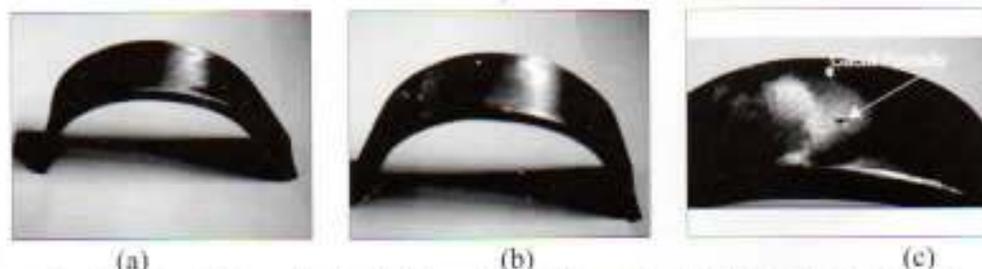
## 2.5 Pengujian Lengkung

Pada uji lengkung specimen dibuat rata antara base metal dengan sambungan (lasan), agar pada saat pengujian dapat melihat apakah ada cacat pada permukaan sambungan (lasan) setelah diuji lengkung dan sejauh mana keuletan dari specimen uji tersebut.

Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 5 dan tabel 6.

## 2.6 Pengujian Metalografi

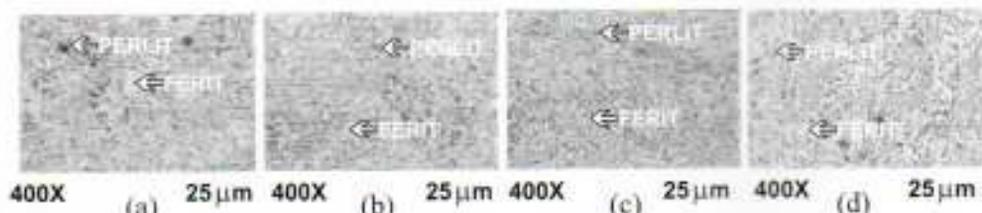
Uji metalografi yang digunakan adalah uji struktur mikro, dengan tujuan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi setelah pengelasan dengan menggunakan variasi arus. pengujian metalografi menggunakan perbesaran 400X dengan etsa Nital 20%, obyektif 20X, okuler 10X, focus kamera 5X, yang dilakukan pada daerah base metal, fusion line, HAZ dan weld metal. Spesimen I untuk gambar 6, specimen II untuk gambar 7 dan specimen III untuk gambar 8.



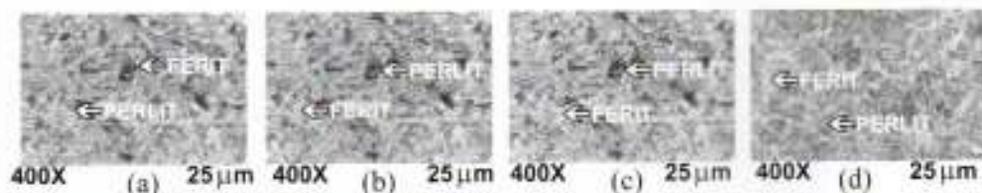
**Gambar 5** a) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* I (80A) pada bagian face bend; b) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* II (100A) pada bagian face bend; c) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* III (120A) pada bagian face bend

**Tabel 6** Hasil uji lengkung

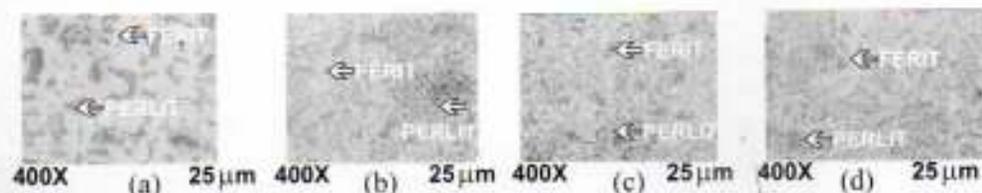
Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	-	✓



**Gambar 6** Struktur mikro *specimen* I pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal



**Gambar 7** Struktur mikro-*specimen* II pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal



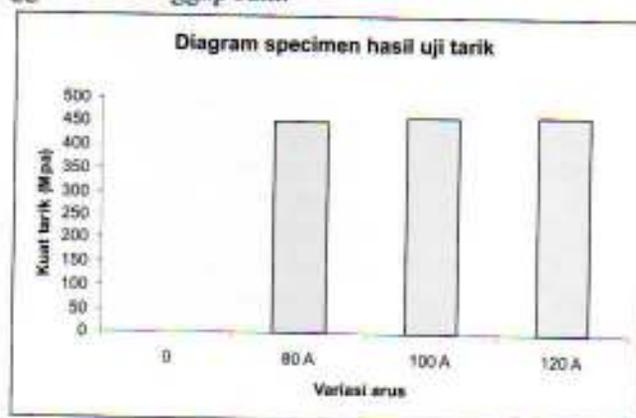
**Gambar 8** Struktur mikro *specimen* III pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal

### 3. Analisa dan Pembahasan

Pada proses pengelasan GTAW pada daerah root pass dengan menggunakan arus 100A tidak menemui kendala, dan hasil dari pengelasannya bisa dikatakan bagus sebab terlihat pada gambar 2 dan 3, hasil lasan pada root dalam dan root luar semuanya rapih, itu menunjukkan bahwan untuk pengelasan pada daerah roo pass dengan menggunakan arus pengelasan sebesar 100A adalah tepat.

Sedangkan pengelasan pada daerah filler pass dan cover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus yang bervariasi yaitu 80A, 100A dan 120. Pada arus 80A da 100A tidak menemui masalah pada saat pengelasan tetapi pada saat arus 120A menemui kesulitan, elektroda cepat mencair dan menyembur terlalu deras sehingga basemetal yang dilas yang tadinya dibuat celah sebesar 3.2 mm menjadi melebar ikut mencair dengan cepat, ini disebabkan oleh arus yang terlalu besar sehingga *heat input* yang dihasilkan menjadi besar yaitu 16892.3 Joule/cm.

Pengelasan pada sambungan pipa dengan variasi arus ternyata tidak berpengaruh pada uji tarik ini terbukti pada saat pengujian uji tarik *specimen* patah didaerah material sehingga lasan dianggap baik.



Gambar 8 Diagram *specimen* hasil uji tarik

Pada gambar 8 menunjukkan kuat tarik pada setiap *specimen* berbeda ini merupakan pengaruh dari variasi arus, kuat tarik pada arus pengelasan 120A lebih besar dibandingkan dengan arus pengelasan 80A. Hal ini disebabkan oleh perbedaan arus yang terlalu besar sehingga pada pengelasan 120 A masukan panasnya lebih besar terhadap material dibandingkan dengan arus 80A, ini berdampak pada pembentukan perlit, pada arus 80A ukuran perlitnya lebih kecil dan jumlahnya lebih banyak terlihat pada gambar 6 a, sedangkan pada arus 120 ukuran perlitnya bertambah besar dan berkurang menjadi sedikit, ferritnya menjadi bertambah lebar terlihat pada gambar 7a, sehingga material tersebut menjadi lebih ulet dan kuat tariknya lebih besar dari arus 80A.

Pada uji *neck break*, *specimen* III menghasilkan cacat yaitu porosity (gas terperangkap) terlihat pada gambar 4c, cacat ini disebabkan oleh HI yang terlalu besar sehingga menyebabkan terjadinya cacat, lebar cacat sebesar 3 mm. Hal ini disebabkan oleh arus yang terlalu besar sehingga masukan panas menjadi besar dan

pada proses pengelasan logam yang telah mencair lalu ikut mencair kembali karena pada proses pengelasannya menggunakan proses weaving. Itu menyebabkan udara terperangkap karena pada layer pertama logam belum dingin (mengeras) sedangkan pada layer kedua logam masih mencair. Sehingga pada uji nick break terdapat cacat berupa porosity atau istilah lain biasa disebut udara terperangkap (gas pocket).

Pada uji lengkung, specimen III dengan proses pengelasan GTAW pada daerah root pas dan arus pengelasan 100A, pada daerah filler pass dan cover pass menggunakan proses SMAW dengan arus pengelasan 120A. Terdapat cacat pada daerah *face bend*, cacat yang diperoleh masih sama seperti pada uji *nick break* yaitu porosity (gas terperangkap). Lebar cacat yang diperoleh adalah 1.5mm. Penyebab cacat pada daerah *face bend* ialah arus yang besar sehingga menyebabkan masukan panas menjadi besar dan akibatnya terjadi cacat porosity.

Fasa yang terbentuk setelah benda kerja mengalami proses pengelasan adalah fasa ferit ( $\alpha$ ) dan perlit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ), di mana fasa ferit menjadi matriksnya. Rata-rata ukuran butir setiap bagian pada benda kerja setelah proses pengelasan ukurannya lebih halus bila dibandingkan dengan sebelum mengalami proses pengelasan.

Laju pendinginan yang lebih lambat akibat jumlah masukan panas yang lebih besar, berdampak pada membesarnya butir dan terbentuknya fasa Perlit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) yang lebih banyak.

Hal ini disebabkan oleh karena butir memiliki cukup waktu untuk membesar bila laju pendinginannya lambat. Dan laju pendinginan yang relatif lambat memberikan waktu untuk karbon berdifusi membentuk sementit.

Pada daerah logam las dengan masukan panas 7569.2 (Joule/cm), 10430.1 (Joule/cm) dan 16892.3 (Joule/cm) terbentuk fasa ferit berbentuk *columb* yang mengarah ke *all weld metal* seperti dapat dilihat pada gambar 5d, gambar 6d, dan gambar 7d. Ini terjadi karena bagian yang pertama membeku adalah dimulai dari *fusion line* dan daerah yang terakhir membeku adalah *weld metal*.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan di atas dapat disimpulkan:

1. Perubahan arus pengelasan berpengaruh pada uji tarik menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda, dari ketiga material material yang dilas semuanya patah didaerah base metal.
2. Sedangkan pengaruh arus pada uji lengkung sangat berpengaruh, apabila arus yang terlalu besar maka akan mengakibatkan cacat berupa porosity dan itu dapat terdeteksi oleh uji lengkung.
3. Untuk uji nick break ternyata sangat berpengaruh sekali pada variasi arus, semakin besar arus maka semakin memungkinkan terjadinya cacat porosity, dan cacat ini biasanya terletak di daerah weld metal, dan itu dapat terdeteksi oleh uji nick break
4. Arus yang diberikan proses pengelasan menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro sehingga di mungkinkan terjadinya perubahan sifat mekanik.

## 4.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu dikembangkan lagi antara lain:

1. Dalam melakukan sambungan pengelasan sebaiknya terlebih dahulu diberikan perlakuan material karena proses tersebut berfungsi sebagai pengawasan dan pengendalian mutu hasil pengelasan guna menjamin bahwa suatu sistem perpipaan dapat berfungsi secara optimal tanpa kendala sekecil mungkin. Karena pengawasan dan pengendalian mutu yang optimal bukan hanya menyelamatkan instalasi/sistem perpipaan, namun juga menghemat biaya perawatan (*maintenance*) dan meningkatkan produktifitas.
2. Laksanakan prosedur pengelasan sebaik mungkin dengan menentukan parameter pengelasan yang terbaik sesuai dengan jenis material dan logam pengisi. Hindari masukan panas yang berlebihan ataupun berkekurangan, serta perhatikan kombinasi setiap parameter las karena akan saling berhubungan dan menentukan dalam masukan panas yang dihasilkan.

## 5. Daftar Pustaka

1. Suratman, Rochim, *Pengelasan Logam*
2. Wiryosumarto, Harsono, Dan Okumura, Toshie., "*Teknologi Pengelasan Logam*", Pradnya Paramita, Jakarta, 1979.
3. *Head Quarters Departement Of The Army, Welding Theory and Application*, 7 Mei, 1993, DOTA, Washington DC, USA.
4. Kosasih, Rancangan WPS dan PQR Sertifikasi Bidang Mekanikal, Kualifikasi Welding Instructor/Supervisor, 30 September, 2000, B4T, Bandung.
5. *Head Quarters Departement Of The Army, Welding Theory and Application*, 7 Mei, 1993, DOTA, Washington DC, USA.
6. *Pengujian Secara Merusak (Destructive Testing), Pendidikan dan Pelatihan Inspektur Las (Welding Inspector) B4T, 59<sup>th</sup>*, 2006
7. Easterling, K. "*Introduction to the Physical Metallurgy of Weld*" , Butterworth, 1983.
8. ASM Metals Handbook Vol 6, "*Welding and Brazing*", 8<sup>th</sup> edition, 1971.
9. "*Non Destructive Examination Non Radiation*", Pendidikan Dan Pelatihan Inspektur Las (*Welding Inspector*), B4T, 2006.
10. Dieter, E George., "*Metalurgi Mekanik*".
11. Tata, Surdi, Dan Shinroku, Saito., "*Pengetahuan Bahan Teknik*".
12. American Petroleum Institute 1104, Edisi 19, September 1999. ASTM Metals Handbook, Sec-1 Volume 01.04, "*Iron and Steel Product*", 2000



## DAFTAR ISI

1. Pengaruh Ketebalan Logam Pengisi terhadap Sifat-sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Silver Brazing  
Kusharjanto 1
2. Teknologi Tepat Guna Pembuatan Sabun Cuci Piring untuk Skala Home Industri  
Hendriyana 16
3. Sistem Keamanan pada Teknologi WIMAX  
Suharli 24
4. Pengaruh Partikel Zeolit terhadap Laju Korosi dalam Lingkungan Asam dan Basa  
Bambang Hari Prabowo 31
5. Analisis Hubungan antara Tipologi Pengusaha Kecil dengan Pola Penggunaan Bantuan Keuangan yang Diterimanya  
Nurhadi 43
6. Pengaruh Perbedaan Arus Pengelasan pada Sambungan Fuga Baja API 5L Gr B  
Adi Ganda Putra, Pawawoi 53