



ISSN 1412 - 8810

VOLUME 3 NOMOR 1 2004

JURNAL TEKNIK



MEDIA PEGEMBANGAN ILMU DAN APLIKASI TEKNIK

Emul M, Muh. Arie S.

**Menentukan Setting Faktor Optimal yang
Mempengaruhi Kualitas pada
Pembuatan Minyak Nilam
di Koperasi Nilam Wangi**

Lucky Tulus Pribadi

**Studi Hubungan Volume, Kecepatan dan
Kerapatan pada Ruas Jalan Gatot Subroto,
Kota Cimahi**

A. Gunawan, Pawawoi, Eli Y., Iman, Fera & Dini

**Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap
Sifat Mekanik dan Struktur Mikro
Paduan Zirkonium-Alumunium (Al-Zr)**

Adi Ganda Putra, Pawawoi & Muh. Lutfi

**Penelitian Pengaruh Arus Listrik Pada
Penyambungan AISI 1010 dan 304
dengan Teknik Spot Welding**

Jahny Sasmita

Kekuasaan dan Perilaku Organisasional

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
BANDUNG - CIMAHI**



VOLUME 3 NOMOR 1 2004

JURNAL TEKNIK



MEDIA PEGEMBANGAN ILMU DAN APLIKASI TEKNIK

- | | |
|--|-------------------|
| <p>Emul M, Muh. Arie S.
 Menentukan Setting Faktor Optimal yang Mempengaruhi Kualitas pada Pembuatan Minyak Nilam di Koperasi Nilam Wangi</p> | <p>224</p> |
| <p>Lucky Tulus Pribadi
 Studi Hubungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan pada Ruas Jalan Gatot Subroto , Kota Cimahi</p> | <p>233</p> |
| <p>A. Gunawan, Pawawoi, Eli Y., Iman, Fera & Dini
 Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Zirkonium-Alumunium (Al-Zr)</p> | <p>240</p> |
| <p>Adi Ganda Putra, Pawawoi & Muh. Lutfi
 Penelitian Pengaruh Arus Listrik Pada Penyambungan AISI 1010 dan 304 dengan Teknik Spot Welding</p> | <p>245</p> |
| <p>Jahny Sasmita
 Kekuasaan dan Perilaku Organisasional</p> | <p>256</p> |

**FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
 BANDUNG - CIMAH**



ISSN 1412 8810

Volume 3 No. 1 Mei 2004

JURNAL TEKNIK

Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknologi

Pengantar Redaksi

Pengantar Redaksi
Pembaca yang budiman,

Jurnal Teknik kali ini memuat 4 karya tulis hasil penelitian. Tulisan pertama diwakili **Jurusan Teknik Industri** dengan judul "Menentukan Setting Faktor Optimal yang Mempengaruhi Kualitas pada Pembuatan Minyak Nilam di Koperasi Nilam Wangi", **Jurusan Teknik Sipil** "Studi Hubungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan pada Ruas Jalan Gatot Subroto, Kota Cimahi", **Jurusan Teknik Metalurgi**, "Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Zirkonium-alumunium (Al-Zr)", **Jurusan Teknik Mesin**, "Penelitian Pengaruh Arus Listrik Pada Penyambungan Aisi 1010 Dan 304 Dengan Teknik *Spot Welding*".

Semoga apa yang kami sajikan kali ini dapat memenuhi harapan pembaca dan peminat ilmu serta aplikasi teknologi.

Penanggung Jawab:

Wasito (Dekan FT-UNJANI)

Pemimpin Umum:

Jahny Sast. (PD-I)

Pemimpin Usaha:

Ronni Ibnu Sabil (PD-II)

Pemimpin Redaksi:

Febrianto (PD-III)

Editor/Redaktur Pelaksana:

Moro Sujatmiko (Ketua)

Pawawoi (Sekretaris)

Ni Ketut HD

Antono Damayanto

War'an

Gatot Trilaksono

Tata Usaha

Heri Azhari

Suwardi

Alamat Redaksi:

Jl. Gatot Subroto PO BOX 807

Telp. (022)7312741

Fax. (022)7309433

Bandung

E-mail : moro@koran.com

Diterbitkan oleh Fakultas Teknik
Universitas Jenderal Achmad Yani

Mei 2004

Menentukan Setting Faktor Optimal yang Mempengaruhi Kualitas pada Pembuatan Minyak Nilam di Koperasi Nilam Wangi

(Studi Kasus pada Pabrik Penyulingan Minyak Nilam "KONIWA")

Emul Mulyana,* dan Mohammad Arie Subekti**

Koperasi Nilam Wangi adalah koperasi produksi yang bergerak di bidang Industri penyulingan minyak nilam (*patchouli oil*), belum mampu meningkatkan kualitas minyak nilam yang laku di pasaran internasional. Sebagai suatu perusahaan yang dituntut untuk mempertahankan dan selalu mengembangkan kualitas produk yang laku di pasaran International. KOPNIWA dihadapkan pada bagaimana meningkatkan kualitas minyak nilam agar diperoleh keuntungan optimal.

Pengendalian kualitas yang akan diterapkan adalah metode Taguchi yang dikembangkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949, yang merupakan pengendalian kualitas yang preventif (*Offline*) yaitu mengoptimasi desain produk dan proses untuk mendukung pengendalian kualitas yang reaktif pada proses produksi yang sedang berjalan (*on-line QC*)

Dari perancangan eksperimen dengan metode Taguchi didapat bahwa kadar patchouly alcohol akan optimum jika bahan baku, mesin dan metode pada kondisi : kadar air bahan baku 15%, tekanan ketel uap fase I 2 atm, tekanan ketel uap fase II 3 atm dan waktu proses 3,50 jam. Dengan prosentase peningkatan pencapaian rata-rata sebesar 9,88%, presentase pengurangan variasi sebesar 89,52%, presentase pengurangan rata-rata kerugian per unit sebesar 17,69% dan presentase peningkatan keuntungan sebesar 29,58%.

Kata kunci : *Patchouly Alcohol, Robust Design, Quality Characteristic dan Loss function*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai potensi tanaman penghasil minyak atsiri terbesar di dunia. Kurangnya pengetahuan dan pengembangan dalam penggunaan eknoogi industri penyulingan menyebabkan Indonesia kalah bersaing di pasaran dunia dengan produsen lain yang memberi jaminan terhadap jumlah produksi dengan mutu yang stabil.

Dengan proses produksi dan system pengendalian kualitas yang dilakukan KOPNIWA, hasil produksi minyak nilam yang sesuai standar internasional masih rendah. Hasil produksi minyak nilam KOPNIWA pada 4 bulan terakhir ini yaitu bulan januari 560 kg, bulan pebruari 540 kg, bulan maret 590 kg dan bulan april 600 kg. Yang memenuhi standar untuk bulan januari, pebruari, maret, april berturut-turut adalah 29,29% atau 164 kg, 27,22 % atau 147 kg, 25,25% atau 149 kg dan 26,00%

156 kg.

Seringnya ditemukan kualitas minyak nilam dibawah standar dalam proses produksi, maka perlu dilakukan pengendalian kualitas yang mampu meningkatkan kualitas, baik itu peningkatan kualitas produk maupun proses, sehingga dapat memenuhi standar.

Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana mengevaluasi dan menganalisis factor-faktor yang potensial berpengaruh pada kualitas minyak nilam dalam proses produksi dengan menggunakan metode Taguchi, sehingga diharapkan pihak KOPNIWA dapat melakukan tindakan pencegahan pada saat produksi untuk meminimasi atau menghilangkan minyak nilam di bawah kualitas standar.

Tujuan menentukan komposisi factor-faktor yang berpengaruh pada kualitas kadar patchouly alcohol minyak nilam dari level terbaik (optimum), dan membandingkan kondisi awal dan kondisi setelah dilakukan

percobaan dengan metode perancangan Taguchi dengan analisis secara ekonomi menggunakan loss function, dan analisis keuntungan.

Batas Penelitian

1. Penelitian hanya dilakukan pada proses penyulingan minyak nilam dengan mesin penyulingan dengan uap (*steam destilation machine*) menggunakan tenaga listrik.
2. Penelitian dilakukan terhadap karakteristik kualitas minyak yang paling kritis (sifat kimia) dalam hal ini kadar patchouli alcohol, beserta factor-faktor yang mempengaruhinya.
3. Analisis keuntungan hanya dibatasi pada biaya produksi untuk factor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas kritis, karena biaya lain diasumsikan sama untuk setting factor yang berbeda.
4. penelitian hanya dilakukan untuk satu jenis bahan baku saja yaitu daun nilam jenis Aceh (*Pogosemon cablin B*)
5. Cara pengemasan atau cara penyimpanan minyak nilam tidak dibahas dalam penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Minyak Nilam

Minyak nilam (*patchouli alcohol*) adalah salah satu dari beberapa jenis minyak atsiri (*essential oil*). Minyak nilam didapat dengan cara mengolah daun nilam menjadi produk minyak nilam dengan teknologi penyulingan (*distillation*).

Minyak nilam mempunyai sifat-sifat sdukar tercuci, sukar menguap dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya, dapat larut dalam alcohol dan dapat dicampur dengan minyak esteris lainnya. Kandungan yang terdapat di dalam minyak nilam meliputi patchouli alcohol, patchouli camphor, eugenol, benzaldehyde, cinnamic aldehyde dan cadinene.

Penyulingan (*distillation*) adalah proses pemisahan komponen-komponen campuran dari dua atau lebih cairan, berdasarkan perbedaan tekanan uap masing-masing komponen tersebut. Pada umumnya alat-alat utama yang digunakan dalam penyulingan minyak atsiri terdiri atas ketel, alat pendingin, dan alat pemisah.

Penyulingan dengan uap memerlukan dua buah ketel yaitu ketel uap dan ketel penyulingan. Prinsip kerja dari penyulingan dengan uap adalah sebagai berikut: ketel uap yang berisi air dipanaskan dengan

menggunakan bahan solar atau dengan tenaga listrik, lalu uapnya dialirkan keketel penyulingan yang berisi bahan baku. Partikel-partikel minyak dalam bahan baku terbawa bersama-sama uap dan dialirkan kealat pendingin. Didalam alat pendingin itulah terjadi proses pengembunan, sehingga uap air yang bercampur minyak akan mengembun dan mencair kembali. Selanjutnya dialirkan kealat pemisah yang akan memisahkan minyak dari air.

Robust Design

Metodologi rekayasa mutu tujuannya berorientasi pada pencapaian perancangan produk dan proses menjadi tangguh (*robust*) mengeluarkan biaya rendah dan efisiensi sumber daya atau material. pencapaian produk dan proses yang tangguh dapat dilakukan dengan menggunakan metode *robust design* dalam merancang proses atau produk. Metode *robust design* merupakan bagian dari metodologi rekayasa mutu. *Cost-effective roust design* yang diperkenalkan oleh Taguchi (Taguchi 1980), Phadke (1989), Kacker (1985), Nair dan Shoemaker (1992) merupakan salah satu pendekatan untuk mereduksi variasi dan meningkatkan kualitas produk dan proses.

Metode Taguchi

Dalam metode Taguchi ada tiga tahap untuk mengoptimasi desain produk atau proses produksi yaitu (bagchi,[1993],h.8), (ross,[1988],h.68), (Taguchi,[1986],h.75):

1. System design

Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam/teknik, perubahan baru atau kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.

2. Parameter design

Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau *prototype* matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistic. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi setting parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan variasi dari target.

3. Tolerance design

Penemuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian kepada masyarakat akibat penyimpangan spesifikasi produk dari target. Dengan demikian toleransi dari suatu produk akan menjadikan produk tersebut semakin berkualitas dan kerugian masyarakat semakin kecil.

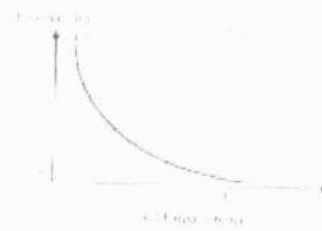
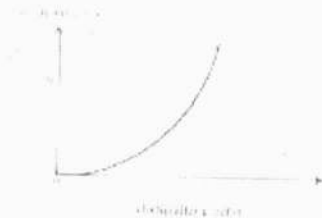
Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah (Peace,[1993],h.3):

1. Loss function

Komponen kunci dari konsep atau filosofi Taguchi adalah reduksi keragaman (*reduction of variability*). Tujuannya adalah mereduksi keragaman disekitar nilai target. Perhitungan kerugian (*loss*) dimulai dari penyimpangannya dari nilai target dan berpola secara kuadrat. Hal ini berbeda dengan perhitungan kerugian secara tradisional dimana biasanya baru dimulai dihitung bila melanggar batas spesifikasi yang ditentukan dan berpola konstan (Montgomery,[1997],h.415).

Loss function digunakan dalam mengukur performansi karakteristik kualitas dalam pencapaian nilai target, yaitu seberapa besar adanya variasi disekitar nilai target. Karena karakteristik kualitas terdiri dari tiga kategori maka *loss function* juga terdiri dari tiga kategori (Ross,[1988]h.17-19). *Loss function* (fungsi kehilangan mutu) mengidentifikasi semua biaya yang berhubungan dengan rendahnya mutu dan menunjukkan bagaimana biaya-biaya tersebut meningkat seiring semakin jauhnya produk dari apa yang diinginkan konsumen. Biaya-biaya tersebut mencakup bukan hanya ketidakpuasan konsumen tetapi juga biaya-biaya garansi dan layanan, biaya pemeriksaan internal, perbaikan dan sisa material; serta biaya-biaya secara tepat dapat dideskripsikan sebagai biaya-biaya yang ditanggung masyarakat. Semua kerugian masyarakat yang disebabkan oleh keburukan kinerja dimasukkan kedalam *loss function*. Semakin kecil kerugian, produk akan semakin diminati. Semakin jauh produk itu dari nilai target, semakin besar kerugiannya (Render, heizer,[1997],h.103-104). Nilai target merupakan filsafat mengenai peningkatan mutu yang berkelanjutan untuk memproduksi produk yang benar-

benar sesuai target. Pada gambar 1.(Phadke,[1989],h.22)



Gambar 1. Loss function

Perumusan untuk *loss function* adalah sebagai berikut (Ross,[1988],h.19):

Label	Rumus Loss Function
Karakteristik kualitas	Loss for an individual part (L)
Average loss per unit in a distribution	
Larger is better	$L = k \left(\frac{1}{y} - \frac{1}{m} \right)^2$
Smaller is better	$L = k \left(\frac{1}{y} - \frac{1}{m} \right)^2$
Neither is the best	$L = k (y - m)^2$
Smaller is better	$L = k \left(\frac{y^2}{1} - \frac{m^2}{1} \right)^2$

dimana

- L = kerugian
- y = hasil pengukuran
- k = konstanta kerugian
- m = target
- S = variansi distribusi
- σ = rata-rata distribusi

2. Orthogonal array

Percobaan Taguchi melibatkan penggunaan Orthogonal array (OA). OA merupakan salah satu bagian barangkali hanya eparuh, seperempat atau seperdelapan dari percobaan factorial penuh. Orthogonal array digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan.

Bentuk-bentuk OA dari Taguchi bukanlah hal yang sama sekali baru. Montgomery (1997) menjelaskan bahwa L8 itu sama dengan rancangan factorial sebagian 2^{7-4}_{III} , L9 adalah sama dengan rancangan factorial sebagian 3^{4-2}_{III} , L12 adalah sama dengan rancangan Plackett-Burman, L16 adalah sama dengan rancangan factorial sebagian 2^{15-11}_{III} , dan seterusnya.

Orthogonal array 9metode Taguchi) telah menyediakan berbagai matriks OA untuk pengujian factor-faktor dengan dua dan tiga level dengan kemungkinan pengembangan untuk pegujian multiple level.(Ross,[1988],h.70)

3. Robustness

Konsep *robustness* atau desain kokoh adalah meminimasi sensitivitas system terhadap sumber-sumber variasi. Desain kokoh telah menambahkan dimensi baru pada desain eksperimen kalsik antara lain dengan mereduksi secara ekonomis variasi produk dalam lingkungan konsumen dan menjamin keputusan ntuk menrapkan kondisi optimum dalam eksperimen dakan berhasil dalam system manufaktur dan masyarakat. Prinsip dasar dari *robutness* atau kekokohan adalah usaha untuk mereduksi keerugian dengan memperhatikan hubungan fungsional antara factor yang dapat dikendalikan dan factor yang tidak dapat dikendalikan, sehingga karakteristik kualitas menjadi tidak sensitive terhadap factor yang tidak dapat dikendalikan.

Signal to Noise Ratio

Montgomery menyarankan agar selain data hasil percobaan dianalisis rata-rata (*standard analysis*), juga dilakukan analisis terhadap keragaman berdasarkan rumusan yang dikenal dengan signal to noise ratio (Montgomery,[1997],h.426). Analisis terhadap S/N ini dapat dilakukan pengulangan dalam percobaan seperti dapat dilihat gambar 2 yang bersumber dari Ranjit (1991).

Ratio S/N digunakan untuk memilih factor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data (paling sedikit dua untuk satu trial) ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul(Ross,[1988]h.172).

Penggunaan ratio S/N tergantung pada tipe karakteristik kualitas yang diamati. Taguchi

melakukan optimasi karateristik produk baik nilai maupun variasinya dengan cara mentransformasikan ke dalam signal to noise (S/N).



Gambar 2 Diagram Alir Analisis

Adapun rumus S/N yang juga merupakan suatu rumusan yang diturunkan dari rumus *loss function* adalah sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log (\text{MSD})$$

Perhitungan nilai untuk MSD (*mean square deviation*) untuk tipe *smaller is better*, *nominal is the best* dan *larger is better* adalah:

- Untuk *smaller is better* adalah sebagai berikut

$$\text{MSD} = \frac{\sum_{i=1}^r y_i^2}{r}$$

- Untuk *nominal is the best* adalah sebagai berikut

$$\text{MSD} = \frac{\sum_{i=1}^r (y_i^2 - m^2)}{r}$$

- Untuk *larger is better* adalah sebagai berikut

$$\text{MSD} = \frac{\sum_{i=1}^r \frac{1}{y_i^2}}{r}$$

dimana

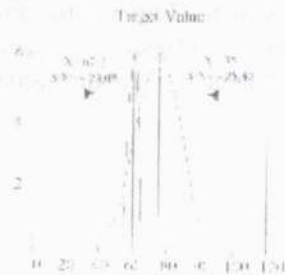
y_i = hasil percobaan

r = jumlah pengujian dalam setiap trial

m = nilai target

Berikut ini perbedaan mendasar antara analisis yang berdasarkan rata-rata dengan analisis yang berdasarkan S/N. Gambar 3 sumber Ranjit (1991) memperlihatkan dua bentuk distribusi dari suatu karakteristik kualitas. Bila hanya berdasarkan analisis rata-rata maka tentunya kita akan memilih suatu setting yang menghasikan distribusi B karena rata-ratanya yang tepat sama dengan nilai target. Tetapi bila kita analisis berdasarkan S/N ternyata distribusi A memiliki S/N yang lebih besar yang berarti keragaman disekitar nilai target lebih kecil dibandingkan B.

KONDISI AWAL Loss function 1



Gambar 3. Perbandingan Antara Dua Distribusi

Dengan prosedur perancangan eksperimen dengan metode Taguchi, dari hasil percobaan I dan hasil percobaan dengan metode Taguchi harus ditentukan *loss function* (fungsi kerugian), untuk mengukur performansi dalam pencapaian target, yaitu seberapa besar adanya penyimpangan dari target. Penyimpangan tersebut merupakan kerusakan yang memerlukan perbaikan. Kadar *patchouli alcohol* minyak merupakan karakteristik kualitas yang termasuk *larger is better*, artinya dengan kadar *patchouli alcohol* minyak yang semakin besar adalah semakin baik dalam hal ini adalah lebih besar atau sama dengan 22,8%. Pada umumnya minyak nilam yang digunakan untuk bahan baku industri tersebut mempunyai kandungan *patchouli alcohol* sebesar 93,8% dengan yield 25,1%.

Loss function disini dihitung untuk mengidentifikasi biaya pemurnian atau perbaikan yang berhubungan dengan rendahnya kandungan *patchouli alcohol* dan menunjukkan bagaimana biaya pemurnian tersebut semakin jauh dari apa yang diinginkan oleh industri pengguna (konsumen). *Loss function* untuk masing-masing part adalah sebagai berikut: (lihat table 2.)

Untuk kerugian rata-rata per part dalam distribusi adalah sebagai berikut:

$$= \text{Rp } 57.182.400 \left[\frac{1}{(22,88)^2} \left(\frac{3(1,209)^2}{(22,88)^2} \right) \right]$$

$$= \text{Rp } 109.988.955,-$$

Analisis Keuntungan I

Dari data kondisi awal diketahui besar penjualan yang didasarkan pada harga jual produk sesuai dengan kualitasnya. Dengan mengetahui biaya produksi dan hasil penjualan, maka didapat jumlah keuntungan kotor yang diperoleh KOPNIWA bila memproduksi dengan setting factor awal (setting pabrik) adalah sebesar Rp. 983.716,-

Tabel 2. Kerugian Masing-Masing Unit Hasil Percobaan I

No. Unit	Kerugian (Rp)
1	110.971.298
2	101.864.198
3	90.764.274
4	112.952.889
5	113.963.648
6	111.955.517
7	104.431.295
8	114.988.038
9	110.000.000
10	111.955.517
11	130.909.091
12	92.228.190
13	18.145.455
14	100.950.498
15	124.803.807
16	118.145.455
17	110.971.298
18	113.963.648
19	93.727.811
20	110.971.298

Percobaan Metode Taguchi



Gambar 4. Sistim Perencanaan Metode Taguchi

PERCOBAAN TAGUCHI

Langkah-langkah eksperimen dengan metode Taguchi (Ross,[1988],h.25):

1. Penentuan variable tak bebas (karateristik kualitas kritis)
Variabel tak bebas adalah variable yang perubahannya tergantung variable lainnya. Pada percobaan Taguchi variable tak bebas dibagi menjadi tiga kategori, karateristik kualitas yang dapat diukur (*measurement characteristic*), karateristik kualitas yang tidak dapat diukur (*attribute characteristic*) dan *dynamic characteristic*. Kadar *patchouli alcohol* minyak merupakan karateristik kualitas yang termasuk pada *larger is better*, artinya dengan kadar *patchouli alcohol* minyak yang semakin besar dalam hal ini adalah lebih besar atau sama dengan dari 22,8%
2. Identifikasi factor-faktor yang berpengaruh. Hanya faktor-faktor yang dipercaya paling berpengaruh pada performasi karateristik kualitas yang akan diteliti.
3. Memisahkan faktor yang dapat dikendalikan dan faktor yang tidak dapat dikendalikan.
Faktor-faktor yang dianggap paling berpengaruh dan akan diteliti adalah faktor yang dapat dikendalikan yaitu kadar air bahan baku (daun nilam), tekanan ketel uap fase I, tekanan ketel uap fase II, aliran air pendingin dan waktu penyulingan. Serta satu faktor yang tidak dapat dikendalikan yaitu operator.
4. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor.
Penentuan bahwa setiap faktor yang diamati hanya mempunyai dua level dilakukan dengan pertimbangan :
 - a. Dua level yang mewakili kondisi tinggi dan kondisi rendah.
 - b. Pertimbangan ekonomis, maksudnya adalah dengan penambahan level yang lebih banyak akan mengakibatkan bertambahnya jumlah pengamatan, dengan

demikian waktu dan biaya yang dibutuhkan akan lebih besar.

- Nilai level faktor ditetapkan berdasarkan ahli teknik dibagian proses penyulingan di KOPNIWA, dan hasil penelitian serta pendapat pakar teknologi.
5. Mengidentifikasi kemungkinan adanya interaksi antar faktor.
 6. Perhitungan derajat kebebasan (*degrees of freedom*)
DOF perlu dihitung untuk menentukan jumlah eksperimen yang harus dilakukan.
 7. Pemilihan *orthogonal array* (OA).
Pemilihan *orthogonal array* disesuaikan dengan nilai DOF
 8. Penugasan tiap faktor dan interaksi pada *orthogonal array*.
Penugasan tiap faktor dan interaksi pada OA memperhatikan table triangular dan grafik linier. Jika ada interaksi, maka penugasan tiap faktor dapat dilakukan secara acak .
 9. Persiapan dan pelaksanaan eksperimen.
Sebelum dilaksanakan percobaan, perlu ditentukan jumlah replikasi dan randomisasi.
 10. Perhitungan *Sum of square* untuk ANOVA.
perhitungan *Sum of square* bertujuan untuk menentukan faktor dan interaksi antar faktor apa saja yang berpengaruh terhadap proses ANOVA S/N (*signal of noise*) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variansi/rata-rata suatu karateristik kualitas.
 11. Perhitungan efek faktor utama.
Perhitungan efek faktor utama digunakan untuk menentukan level terbaik dari masing-masing faktor, dan melihat urutan faktor yang paling berpengaruh terhadap karateristik kualitas yang telah ditetapkan.
 12. Interpretasi hasil eksperimen
Interaksi (prediksi) yang dilakukan adalah terhadap presentase kontribusi dan selang kepercayaan.

Tabel 3. Setting Faktor Untuk Percobaan Taguchi

Kontrol	Faktor		Awal	Level		Satuan
	Nama			I	II	
A	Kadar air bahan baku (daun nilam)		57	15	53	%
B	Tekanan ketel uap fase I		1	1	2	atm
C	Tekanan ketel uap fase II		2,5	2,5	1	atm
D	Aliran air pendingin		20	20	30	liter/menit
E	Waktu penyulingan		3,25	3,25	3,50	jam

Tabel 1: Pembagian Faktor dan Level Operasi

Faktor	Metode Rata-rata	Metode S-N Ratio	Dipilih
A. Kadar air bahan baku (dalam gram)	Level 1	Level 1	Level 1
B. Tekanan ketel uap fase I	Level 2	Level 2	Level 2
C. Tekanan setel uap fase II	Level 2	Level 2	Level 2
D. Aliran air pendingin			
E. Waktu penyulingan	Level 1	Level 2	Level 2

1. Presentase kontribusi

Merupakan penilaian porsi masing-masing faktor dan/atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variansi.

- Persentase kontribusi error adalah sebesar 4.06% lebih kecil dari 15% yang berarti tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan selama percobaan dilakukan atau pengukuran error tidak berlebihan.
- Persentase kontribusi untuk faktor/interaksi yang terbesar adalah kadar air bahan baku (faktor A) yaitu sebesar 22,74%. Artinya faktor kadar air bahan baku yang paling besar pengaruhnya terhadap variasi hasil percobaan.
- Persentase kontribusi untuk faktor/interaksi yang terkecil adalah faktor waktu penyulingan (faktor E) yaitu sebesar 7,03%. Artinya faktor lamanya waktu penyulingan adalah faktor paling kecil pengaruhnya terhadap variasi hasil percobaan diantara faktor/interaksi yang signifikan.

2. Selang kepercayaan Faktor untuk Kondisi Perlakuan Saat Percobaan. Selang kepercayaan sebesar 95% untuk faktor yang mempengaruhi secara signifikan.

□ Faktor A

$$24,14788 \leq \mu_{A1} \leq 24,22088$$

$$23,12913 \leq \mu_{A2} \leq 23,20213$$

□ Faktor B

$$23,16975 \leq \mu_{B1} \leq 23,24275$$

$$24,10725 \leq \mu_{B2} \leq 24,18025$$

□ Faktor C

$$23,98850 \leq \mu_{C1} \leq 24,06150$$

$$23,98850 \leq \mu_{C2} \leq 24,06150$$

□ Faktor E

$$23,36038 \leq \mu_{E1} \leq 23,43338$$

$$23,91663 \leq \mu_{E2} \leq 23,98963$$

Dari semua selang kepercayaan sebesar 95% untuk faktor yang berpengaruh secara signifikan diatas, bahwa antara selang faktor pada level 1 dan level 2 untuk masing-masing faktor kadar air bahan baku (faktor A), faktor tekanan ketel uap fase I (faktor B), faktor tekanan ketel uap fase II (faktor C) dan faktor waktu penyulingan (faktor E) tidak terjadi overlap. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada rata-rata kualitas kadar *patchouli alcohol* yang dihasilkan pada level 1 dan level 2.

13. Pelaksanaan percobaan konfirmasi

Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk menverifikasikan :

- Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.
- Setting faktor yang optimum hasil analisis hasil percobaan performansi yang diharapkan.

KONDISI SETELAH EKSPERIMEN METODE TAGUCHI

Loss Function II

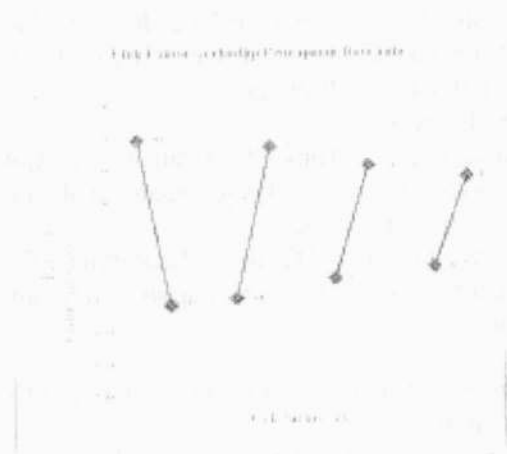
Loss function II dihitung dengan cara yang sama dengan Loss function I berdasarkan hasil percobaan konfirmasi.

1. Pengaruh faktor dan ineraksi faktor terhadap pencapaian rata-rata karateristik kualitas.

Besar pengaruhnya terhadap rata-rata karateristik kualitas kadar *patchouli alcohol* adalah sebagai berikut :

Tabel 4: Pengaruh Faktor Terhadap Pencapaian Rata-Rata Kualitas Kadar *Patchouli Alcohol*

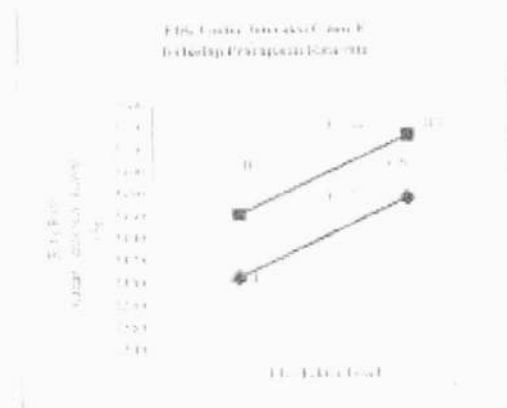
Faktor	Level	
	1	2
A	24,15438	23,16564
B	23,20625	24,14175
C	23,02500	24,02500
E	23,39688	23,95113



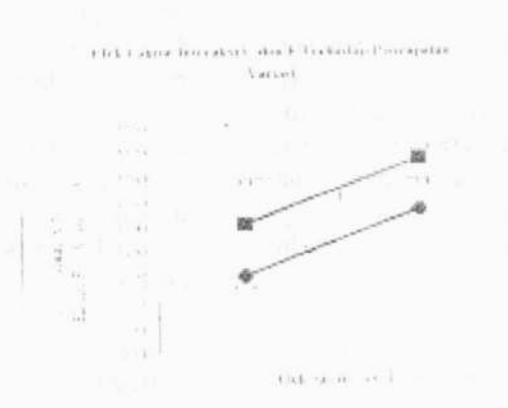
Gambar 5. Efek Faktor Terhadap Pencapaian Rata-rata



Gambar 7. Efek Faktor Terhadap Pencapaian Variasi



Gambar 6. Efek Faktor Interaksi Terhadap Pencapaian Rata-rata



Gambar 8. Efek Faktor Interaksi Terhadap Pencapaian Variasi

2. Pengaruh faktor dan interaksi faktor terhadap pencapaian variasi karakteristik kualitas.

Besar pengaruhnya terhadap variasi karakteristik kualitas kadar *patchouli alcohol* adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Pengaruh Faktor Terhadap Pencapaian Variasi Kualitas Kadar *Patchouly Alcohol*

Faktor	Level	
	1	2
A	27,6327	37,3921
B	27,2852	27,6398
C	27,3284	27,8935
D	27,3568	27,5633

Dari hasil perhitungan pengaruh faktor dan interaksi terhadap pencapaian rata-rata dan variasi karakteristik kualitas yang telah dilakukan, pemilihan faktor dan level terbaik (optimum) untuk karakteristik kadar *patchouli alcohol* dapat dilihat pada table 6.

Dengan rata-rata kerugian perunit dalam distribusi sebesar Rp. 90.530.104,-

Tabel 7. Kerugian Masing-Masing Unit Hasil Percobaan Konfirmasi

No. Unit	Kerugian (Rp)
1	88.632.897
2	90.764.274
3	92.973.465
4	88.632.897
5	92.973.465
6	94.491.374
7	90.045.351
8	92.228.190
9	87.253.418
10	86.578.024
11	90.045.351
12	92.228.190
13	94.491.374
14	90.045.351
15	92.973.465
16	89.334.937
17	92.228.190
18	89.334.937
19	90.045.351
20	88.241.810

Analisis Keuntungan II

Setelah proses percobaan konfirmasi, dilakukan analisis keuntungan II, keuntungan kotor yang diperoleh pabrik per harinya bila berproduksi dengan setting yang digunakan dalam percobaan konfirmasi (percobaan III) adalah sebesar Rp. 1.274.689,-

Kesimpulan

Dari perancangan eksperimen (percobaan) dengan metode Taguchi didapat bahwa kadar *patchouli alcohol* pada pembuatan minyak nilam akan optimum jika bahan baku, mesin dan metode pada kondisi : kadar air bahan baku (daun nilam) 15%, tekanan uap pada fase I 2 atm, tekanan uap pada fase II 3 atm dan waktu proses 3,50 jam. Dengan presentase peningkatan pencapaian 9,88%, presentase pengurangan perbedaan pencapaian rata-rata terhadap target sebesar 3,22%, presentase pengurangan variansi sebesar 89,52%, presentase pengurangan total kerugian masing-masing unit yang diakibatkan oleh penyimpangan produk dari target sebesar 17,65%, presentase pengurangan rata-rata kerugian per unit dalam distribusi karakteristik kualitas sebesar 17,69% dan presentase peningkatan keuntungan kotor sebesar 29,58%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bagchi, Tapan P., "Taguchi methods Explained : Practical Steps to Robust Design", New Dehli, Prentice Hall of India Private Limited, 1993
 2. Feigenbaum, A. V., "Total Quality control," New York, McGraw Hill book company, 1983
 3. Ismail, Munawar, Burhan, Umar, "Koperasi Produksi," Universitas terbuka, Karunika Jakarta
 4. Peace, Glen Stuart, "Taguchi methods," Massachusetts, Addison-Wesley PC., 1993
 5. Phadke, Madhav S., "Quality Engineering Using Robust Design," Prentice Hall International, 1989
 6. Pudji, Astuti, Rahmi, Maulidya, dan Rahmi, Indriani, "Penggunaan Metode Taguchi Dalam Menentukan Setting Optyimal Pada Mesin Cotton Carding untuk Peningkatan Kualitas Benang TC₃₄₋₄₅ di PT ARGO PANTES," Jurusan Teknik Industri, Universitas Trisakti, 2001
 7. Rusli, Sofyan, "Diversifikasi Ragam dan Peningkatan Mutu Minyak Astiri," Balai Penelitian Rempah dan Obat, BALITRO, 2002
 8. Sulaswaty, Anny, "Pengolahan Lanjut Minyak Astiri dan Penggunaannya dalam Negeri," LIPI, 2002
 9. Ross, Phillip J., "Taguchi Techniques for quality Engineering, Singapore, McGraw Hill, 1988
- * Staff Pengajar Jurusan TI-UNJANI Bandung
** Mahasiswa Jurusan TI-UNJANI Bandung

STUDI HUBUNGAN VOLUME, KECEPATAN DAN KERAPATAN PADA RUAS JALAN GATOT SUBROTO, KOTA CIMAHI

Oleh : Lucky Tulus Pribadi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

Arus lalu lintas merupakan interaksi yang unik antara pengemudi, kendaraan, dan jalan. Tidak ada arus lalu lintas yang sama bahkan pada keadaan yang serupa. Sehingga arus pada suatu ruas jalan tertentu selalu bervariasi. Walaupun demikian diperlukan parameter yang dapat menunjukkan kondisi ruas jalan, atau yang akan dipakai untuk desain. Parameter tersebut antara lain adalah volume, kecepatan dan kerapatan.

Hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan sering digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan arus lalu lintas pada suatu jalan raya. Untuk itu perlu dilakukan suatu studi mengenai ketiga parameter ini sehingga hasil studi dapat memberikan gambaran yang saling terkait antara ketiga parameter tersebut. Hasil analisis dari studi berupa model matematis yang dikembangkan berdasarkan hubungan dasar volume sama dengan kecepatan kali kerapatan atau dalam bentuk persamaan $V = D \cdot U_s$.

Terdapat banyak model dalam menyatakan hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan. Tiga diantaranya adalah model Greenshields, Greenberg dan Underwood. Greenshields mendasarkan modelnya pada asumsi hubungan kecepatan dan kerapatan merupakan hubungan linier. Greenberg beranggapan arus lalu lintas dapat dianalogikan sebagai arus fluida. Hubungan kecepatan dan kerapatan pada model Greenberg dengan demikian merupakan hubungan logaritmik. Pada model Underwood, model yang disusun berdasarkan teorinya dari hasil penelitian kecepatan dan kerapatan dimana kedua parameter ini memiliki hubungan eksponensial.

Studi hubungan volume, kecepatan dan kerapatan mengambil lokasi penelitian di ruas jalan lurus jalan Gatot Subroto Cimahi. Pada ruas ini dilakukan survai volume dan kecepatan kendaraan secara langsung sementara data kerapatan didapat dari hasil membagi nilai volume dengan kecepatan yang dihasilkan. Survai volume menggunakan metode *tally counting manual* sementara untuk kecepatan digunakan pengukuran dengan alat bantu *stop watch*.

Kata kunci : lalu lintas, karakteristik lalu lintas, model hubungan, regresi linier

1. Pendahuluan

Lalu lintas atau traffic dapat diartikan sebagai pergerakan. Pergerakan ini dapat berupa pergerakan manusia, hewan, kendaraan ataupun muatan barang. Lalu lintas dapat diukur besarnya sebagai jumlah pergerakan antara 2 titik ataupun point. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam pergerakan ini adalah adanya dominasi pergerakan kendaraan bermotor dalam terciptanya kondisi lalu lintas yang ada. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa

mempelajari masalah lalu lintas, terutama kualitas dan kuantitasnya, harus dilakukan melalui analisa terhadap pergerakan yang dilakukan oleh kendaraan bermotor.

Kendaraan bermotor merupakan bagian penting dalam mempengaruhi karakteristik lalu lintas. Kebanyakan teknik analisa lalu lintas mengarahkan perhatiannya pada pergerakan kendaraan bermotor dimana sifatnya yang heterogen membuat perkiraan tentang arus lalu lintas menjadi sesuatu yang kompleks. Untuk lebih memudahkan dalam

penanganan arus lalu lintas yang heterogen ini, yang berarti efek terhadap karakteristik operasionalpun berbeda, dikenalkan konsep "Satuan Lalu Lintas" atau "*Unit of Traffic*" yang disebut Satuan Mobil Penumpang (smp). Pada konsep ini kendaraan-kendaraan yang bukan kendaraan penumpang diekivalenkan dengan suatu faktor ekuivalen yang disebut ekuivalensi mobil penumpang atau emp (MKJI, 1997).

Studi terhadap pergerakan kendaraan bermotor menghasilkan karakteristik lalu lintas pada suatu jalan dimana 3 faktor utamanya adalah volume (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*). Ketiga faktor ini secara teoritis memiliki hubungan yang mendasar yang pada aplikasinya dapat digunakan sebagai dasar dalam penerapan manajemen lalu lintas (Traffic Management) yang paling sesuai dengan kondisi jalan tersebut.

TUJUAN STUDI

Tujuan dari studi ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Mempelajari karakteristik lalu lintas melalui besaran-besaran volume, kecepatan dan kerapatan pada daerah studi.
2. Menganalisa dan menggambarkan hubungan ketiga parameter utama karakteristik lalu lintas dengan menggunakan model-model pendekatan seperti Greenshiels, Greenberg, Underwood dan Northwestern.
3. Menentukan besarnya kapasitas jalan pada daerah studi berdasarkan model yang terbentuk.

RUANG LINGKUP

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada ruas jalan arteri Jl. Raya Cimahi dimana pada ruas ini dilakukan survey lapangan pengukuran volume, kecepatan dan kerapatan jalan. Lokasi survey diambil pada pertengahan jalan antara 2 buah simpang. Ruas jalan pada lokasi survey umumnya lurus dengan lebar jalan yang seragam.

Lalu lintas berjalan 2 arah dengan kondisi lancar.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode pengumpulan data melalui survey lapangan yang kemudian dianalisa dengan menggunakan analisa regresi sederhana. Survey lapangan meliputi survey volume menggunakan metode *tally counting* secara manual dan dilakukan selama 8 jam pada hari dan jam sibuk dan kecepatan dengan metode pengukuran kecepatan sesaat (*spot speed*) pada panjang seksi 50 meter menggunakan peralatan *stop watch*. Hasil survey volume dan kecepatan digunakan untuk mendapatkan data kerapatan lalu lintas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Lalu Lintas

Volume (V) adalah jumlah kendaraan yang lewat pada suatu titik di jalan raya yang telah diamati dalam suatu jangka waktu tertentu. Volume dapat dinyatakan secara tahunan, harian atau satuan waktu yang lain.

Kecepatan adalah salah satu faktor yang terpenting bagi pengendara dalam hal pemilihan rute atau moda transportasi. Nilai dan fasilitas transportasi didasarkan pada kenyamanan dan faktor ekonomi yang semuanya secara langsung berhubungan dengan kecepatan.

Kecepatan dapat dibagi atas beberapa jenis antara lain :

1. *Average Running Speed* atau *space-mean-speed* adalah kecepatan rata-rata yang dihasilkan pada suatu ruas jalan pada saat kendaraan tersebut bergerak dibawah kondisi lalu lintas yang ada
2. *Average Travel Speed* adalah kecepatan rata-rata yang dihasilkan pada suatu kendaraan untuk melewati suatu ruas dengan panjang tertentu.
3. *Time Mean Speed* adalah kecepatan rata-rata kendaraan saat melewati titik tertentu di jalan raya.

Kerapatan

Kerapatan adalah jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan per kilometer.

FAKTOR KONVERSI KENDARAAN

Volume lalu lintas menjadi lebih praktis jika dinyatakan dalam jenis kendaraan standar, yaitu mobil penumpang dalam satuan mobil penumpang (smp). Untuk mendapatkan volume dalam smp, maka perlu faktor ekivalen atau emp (ekivalen mobil penumpang) yang mengkonversi berbagai macam kendaraan menjadi mobil penumpang.

Besarnya faktor ekivalen yang digunakan pada studi ini mengacu pada besaran yang dikeluarkan oleh MKJI (1997) sebagai berikut :

Tabel 1. Faktor konvrsi kendaraan versi MKJI (1997)

Jenis kendaraan	emp
Kendaraan Ringan	1,0
Kendaraan Berat	1,3
Sepeda Motor	0,4

HUBUNGAN ANTARA VOLUME, KECEPATAN DAN KERAPATAN

Persamaan dasar yang menyatakan hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan dinyatakan sebagai berikut:

$$V = D \cdot U_s \dots\dots\dots (1)$$

dimana

V = Volume lalu lintas (kendaraan/jam)

U_s = Kecepatan rata-rata (km/jam)

D = Kerapatan (kendaraan/km)

Secara grafis hubungan dasar antara volume, kecepatan dan kerapatan ditunjukkan pada gambar 1.

MODEL – MODEL HUBUNGAN ANTARA VOLUME, KECEPATAN DAN KERAPATAN

a. Model Greenshields

Model Greenshields didasarkan pada hasil

studi Greenshields pada jalur jalan luar kota Ohio AS pada tahun 1934 dimana kondisi arus lalu lintas yang ada memenuhi pesyaratan penelitian karena tidak adanya gangguan serta adanya kondisi pergerakan bebas kendaraan (*steady state condition*). Greenshields mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kerapatan bersifat linier. Model Greenshields dalam bentuk persamaan dinyatakan sebagai

$$U_s = U_f - (U_f/D_j) \cdot D \dots\dots\dots (2)$$

dimana

U_s = kecepatan rata-rata

D = kerapatan rata-rata

U_f = kecepatan arus bebas (*free-flow speed*)

D_j = kerapatan pada saat macet (*jam density*)

Hubungan antara volume dan kerapatan didapat dengan merubah persamaan (1) menjadi bentuk

$$U_s = V/D$$

kemudian disubstitusikan ke persamaan (2) yang menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$V = U_f \cdot D - (U_f/D_j) D^2 \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan ini merupakan persamaan parabola V = f(D)

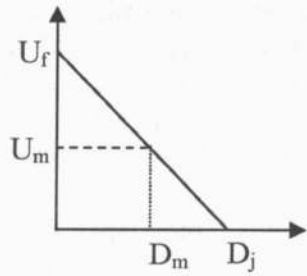
Bila D = V/U yang didapat dari persamaan (1) disubstitusikan ke persamaan (2), maka didapat hubungan volume dan kecepatan sebagai berikut :

$$V = D_j \cdot U_s - (D_j/U_f) U_s^2 \dots\dots (4)$$

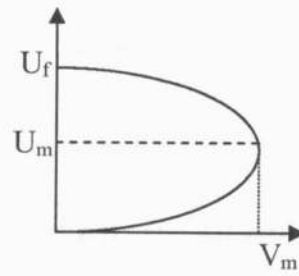
Persamaan ini merupakan juga fungsi parabola V = f(U_s). Jadi dapat disimpulkan bahwa jika terdapat hubungan linier antara kecepatan dan kerapatan, maka hubungan antara volume dengan kecepatan maupun volume dengan kerapatan akan merupakan fungsi prabolik.

b. Model Greenberg

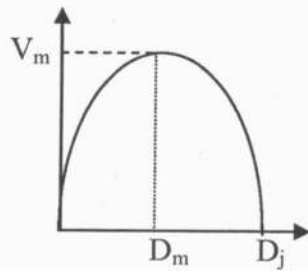
Model Greenberg dibuat dengan mengasumsikan arus lalu lintas memiliki kesamaan dengan arus fluida melalui studi yang dilakukan pada terowongan Lincoln tahun 1959 serta melakukan analisis hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas gerakan benda cair.



a. Kecepatan vs Kerapatan



b. Kecepatan vs Volume



c. Volume vs Kerapatan

Gambar 1. Hubungan dasar Volume (V), Kecepatan (Us) dan Kerapatan (D)

Greenberg mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan sebagai bentuk logaritmik berikut:

$$U_s = U_m \ln (D_j/D) \dots \dots \dots (5)$$

dimana

U_s = kecepatan rata-rata

D = kerapatan rata-rata

U_m = kecepatan pada saat volume maksimum

D_j = kerapatan pada saat macet (*jam density*)

Nilai U_m dan D_j merupakan nilai-nilai konstanta dari variable D dan U_s . Untuk mendapatkan nilai U_m dan D_j dari hubungan logaritmik kecepatan dan kerapatan, persamaan (5) terlebih dahulu dijadikan persamaan linier dengan bentuk sebagai berikut:

$$U_s = U_m \ln (D_j) - U_m \ln (D) \dots \dots \dots (6)$$

Hubungan antara volume dan kerapatan pada model Greenberg dihasilkan dengan substitusi bentuk $U_s = V/D$ pada persamaan (1) kedalam persamaan (5) sehingga dihasilkan persamaan:

$$V = U_m \cdot D \cdot \ln (D_j/D) \dots \dots \dots (7)$$

Sedangkan untuk hubungan antara volume dan kecepatan, substitusi bentuk $D = V/U_s$ kedalam persamaan (5) akan menghasilkan hubungan sebagai berikut:

$$V = U_s \cdot D_j \cdot \exp (-U_s/U_m) \dots \dots \dots (8)$$

c. Model Underwood

Model Underwood didasarkan pada hipotesis bahwa hubungan kecepatan dan kerapatan merupakan hubungan exponential dengan bentuk sebagai berikut:

$$U_s = U_f \cdot \exp (-D/D_m) \dots \dots \dots (9)$$

dimana

U_s = kecepatan rata-rata

D = kerapatan rata-rata

U_f = kecepatan arus bebas (*free-flow speed*)

D_m = kerapatan pada saat volume maksimum

Analisis untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta U_f dan D_m , dilakukan dengan mengubah persamaan (9) dalam bentuk persamaan linier berikut:

$$\ln U_s = \ln U_f - (D/D_m) \dots \dots \dots (10)$$

Untuk hubungan volume dan kerapatan, persamaan (1) disubstitusikan pada persamaan (9) sehingga dihasilkan bentuk persamaan:

$$V = D \cdot U_f \cdot \exp (-D/D_m) \dots \dots \dots (11)$$

Cara substitusi yang sama juga akan menghasilkan bentuk hubungan antara volume dan kecepatan sebagai berikut:

$$V = U_s \cdot D_m \cdot \ln (U_f/U_s) \dots \dots \dots (12)$$

Dari uraian diatas dapat dinyatakan bahwa

hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan untuk berbagai model telah diuraikan dalam bentuk persamaan linier. Selanjutnya besarnya nilai konstanta dan variabel pada persamaan - persamaan diatas dapat melalui analisis regresi data yang dikumpulkan.

3. PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

Ringkasan pengumpulan data untuk mencari hubungan karakteristik lalu lintas ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 2. Ringkasan data volume, kecepatan dan kerapatan

No	V (VOLUME) smp/jam	Us (KECEPATAN) km/jam	D (KERAPATAN) smp/km
1	1.490	31,4	47,4
2	2.076	31,1	66,8
3	1.630	29,0	56,2
4	1.800	27,8	64,7
5	1.713	28,8	59,5
6	1.846	26,4	69,9
7	1.893	25,6	74,0
8	1.998	24,1	82,9

a. Model Underwood

$$U_s = 44,590 \cdot \exp\left(-\frac{D}{139,225}\right) \quad r^2 = 0,724$$

$$V = 44,590 \cdot D \cdot \exp\left(-\frac{D}{139,225}\right)$$

$$V = 139,225 \cdot U_s \cdot \ln\left(\frac{44,590}{U_s}\right)$$

Walaupun nilai koefisien determinasinya r^2 ketiga model tidak jauh berbeda, namun model Underwood memiliki nilai yang tertinggi.

Secara grafis hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan digambarkan

3.1 Analisis Data

Analisis data yang dikumpulkan dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer. Hasil dari analisis data menghasilkan hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan untuk ketiga model sebagai berikut :

b. Model Greenshields

$$U_s = 40,890 - 0,197D \quad r^2 = 0,709$$

$$V = 40,890D - 0,197D^2$$

$$V = 207,156 - 5,066U_s^2$$

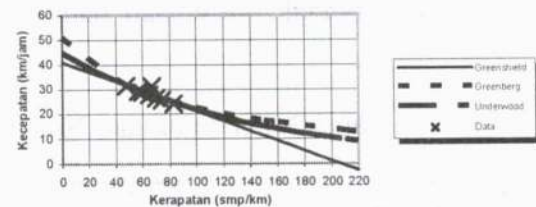
c. Model Greenberg

$$U_s = 12,313 \cdot \ln\left(\frac{626,647}{D}\right) \quad r^2 = 0,684$$

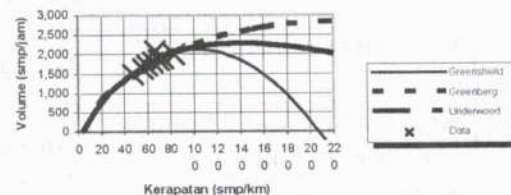
$$V = 12,313 \cdot D \cdot \ln\left(\frac{626,647}{D}\right)$$

$$V = 626,647 \cdot U_s \cdot \exp\left(-\frac{U_s}{12,313}\right)$$

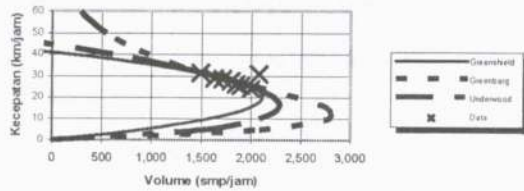
melalui Gambar 2, 3 dan 4 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kecepatan - Kerapatan



Gambar 3. Hubungan Volume - Kerapatan



Gambar 4. Hubungan Kecepatan - Volume

Dari ketiga gambar diatas dapat dilihat bahwa data yang dikumpulkan dari lapangan belum cukup mewakili semua keadaan yang mungkin ditemui dalam suatu arus lalu lintas yang lengkap. Data yang dikumpulkan tidak menggambarkan untuk kondisi lalu lintas padat walaupun sehari-hari kondisi lalu lintas pada lokasi survai tergolong lalu lintas tinggi.

Tabel 3 dibawah ini menunjukkan hasil-hasil perhitungan analisis regresi antara variabel kecepatan dan kerapatan serta besaran yang dihasilkan dari regresi ini.

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa nilai volume maksimum pada model Greenshields dan Uderwood memilki kemiripan namun cukup jauh berbeda dengan model Greenberg. Dalam hal kecepatan arus bebaspun model Greenshields dan Underwood ternyata menghasilkan nilai tidak jauh berbeda sementara model Greenberg mengestimasi rendah kecepatan pada saat

volume maksimum. Dari segi kerapatan, ketiga model menghasilkan nilai yang berbeda satu dengan lainnya. Dengan demikian pada kasus ini secara umum dapat dikatakan model Greenberg memberikan hasil yang jauh berbeda dibandingkan hasil yang diberikan oleh kedua model lainnya.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

- Volume kendaraan ruas jalan di lokasi studi memiliki nilai maksimum sekitar 2.200 smp/jam. Hal ini sedikit diatas perkiraan mengingat banyaknya faktor reduksi kapasitas jalan seperti kendaraan lambat, hambatan samping dsb.
- Dari hasil perhitungan besarnya kecepatan arus bebas adalah sekitar 40 – 45 km/jam sementara kerapatannya adalah sekitar 104 – 140 smp/km. Jika mengacu pada hasil ini, kondisi lalu lintas dilokasi penelitian dapat dikatakan berjalan dengan normal atau bahkan dapat dikatakan lancar.
- Dari hasil analisis untuk ketiga karakteristik arus lalu lintas dapat dikatakan bahwa data lapangan yang dikumpulkan belum memberikan gambaran yang cukup lengkap.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Parameter Karakteristik Arus Lalu Lintas

Parameter	Satuan	Model		
		Greenshields	Greenberg	Underwood
Volume maksimum, V_m	smp/jam	2.117,6	2.838,5	2.283,8
Kecepatan arus bebas, U_f	km/jam	40,8	∞	44,6
Kecepatan saat volume maksimum, U_m	km/jam	20,4	12,3	16,43
Kerapatan saat macet, D_j	smp/jam	207,2	626,6	∞
Kerapatan saat volume maksimum, D_m	smp/jam	104	231	139,2

Hal ini kemungkinan besar adalah akibat teknik pengumpulan data yang dilakukan tidak menggunakan periode yang pendek. Pengumpulan data dilakukan dengan interval 1 jam (60 menit) sementara fluktuasi kendaraan terjadi cukup cepat pada saat jam sibuk.

- d. Dari ketiga model yang diteliti (Greenshields, Greenberg dan Underwood), terlihat secara statistik model Underwood memberikan hasil regresi yang lebih baik dengan koefisien determinasi (r^2) = 0,724. Model Greenshields menghasilkan nilai r^2 = 0,709 sementara pada model Greenberg nilai koefisien r^2 = 0,684 yang merupakan nilai korelasi yang terendah.
- e. Secara umum, model Greenshields dan Underwood memberikan hasil yang mirip sementara model Greenberg memberikan hasil yang cukup berbeda dibandingkan kedua model lainnya.
- f. Dari sebaran data terlihat bahwa tidak terdapat satupun data untuk tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Nilai yang didapat semata-mata hanya berdasarkan extrapolasi persamaan yang dihasilkan dan tidak dapat diukur ketepatan hasil analisis regresinya.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen PU, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen PU, Dirjen Bina Marga, 1997.
2. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, *Sistem Transportasi*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Penerbit Guna Darma, 1997.
3. Homburger W S, and James H W, *Fundamental of Traffic Engineering*, 10TH Edition, Institute of Transportation Studies University, Bekley, California 1981.
4. Institute of Traffic Engineers, *Traffic Engineering Handbook*, Institute of Traffic Engineers, 4TH Ed., Prentice Hall, New Jersey .
5. Salter R J, *Traffic Engineering, Worked Examples and Problems*, The Macmillan Press LTD, London and Basingstoke, 1989.
6. Salter, R J, *Highway Traffic Analysis and Design*, 2ND Edition, The Macmillan Press LTD, London, 1989.
7. Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual 1994*, Transportation Research Board, Washington D.C., 1994.
8. Wells G R, *Traffic Engineering an Introduction*, Griffin London, 1970
9. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, AASHTO, 1984.
10. Wohl, Martin Wohl and Martin, Brian V., *Traffic Sytem Analisis, for Engineers and Planeers* Mc. Graw Hill, 1967.

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ZIRKONIUM-ALUMINIUM (Al-Zr).

Oleh : Achmad Gunawan*, Pawawoi*, Eli Y**, Iman**, Fera** & Dini**
Jurusan Teknik Metalurgi

Paduan zirkonium banyak digunakan pada reaktor nuklir karena keunggulan dan sifat mekaniknya serta tahan korosi dalam air pada temperatur tinggi. Salah satu usaha untuk lebih meningkatkan sifat mekanik paduan zirkonium adalah dengan melakukan proses perlakuan panas β -quenching. Dalam penelitian ini telah dilakukan proses perlakuan panas pada logam paduan zirkonium hasil peleburan dengan menggunakan tungku pelelehan busur tunggal (*Single Arc Melting Furnace*).

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan paduan zirkonium (Zr-Al) sampai temperatur pemanasan 900 °C dengan waktu penahanan 60 menit, kemudian di celup cepat (quenching) dengan menggunakan media air.

Hasil analisis dengan menggunakan mikroskop optik menunjukkan bahwa ingot hasil peleburan mempunyai struktur *dendrit* dan *parallel plate* dengan Struktur mikro hasil perlakuan panas adalah dendrit.

Untuk mengetahui nilai kekerasan paduan Zr-Al dilakukan uji kekerasan mikro vickers. Harga kekerasan hasil perlakuan panas untuk semua paduan berkisar antara 799,33 Hv sampai 890 Hv.

PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi saat ini, penggunaan tenaga nuklir sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia, misalnya untuk Pembangkit Tenaga Listrik. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk kelongsong elemen bahan nuklir, khususnya reaktor daya adalah paduan zirkonium. Hal ini disebabkan karena zirkonium memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, yaitu titik cair yang tinggi, daya serap thermal kecil, kekuatan mekanik pada temperatur tinggi, serta ketahanan korosi yang baik.^(1,2)

Pada dasarnya terdapat dua cara untuk meningkatkan unjuk kerja kelongsong elemen bakar nuklir, yaitu yang pertama dengan cara perlakuan panas (Heatreatment) dan yang kedua dengan memodifikasi paduan zirkonium. Memodifikasi paduan zirkonium dapat dilakukan dengan cara merubah komposisi unsur pepadunya dan atau mengembangkan paduan zirkonium baru.^(1,3)

Dalam penelitian ini dilakukan proses perlakuan panas, yaitu serangkaian proses pemanasan dan pendinginan terhadap material dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik tertentu dalam batas kemampuannya.

Proses perlakuan panas yang dilakukan dalam penelitian ini adalah perlakuan panas sampai pada temperatur 900 °C, kemudian ditahan selama 60 menit setelah itu dicelup cepat (quenching) ke dalam media pendingin air.

Untuk memudahkan analisa dan pembahasan, maka penelitian yang dilakukan ini terbatas pada :

1. Proses perlakuan panas pada temperatur 900 °C.
2. Media pendingin yang dipakai adalah air dengan temperatur kamar.
3. Pengujian mekanik yang dilakukan terbatas pada uji kekerasan.

METODE PENELITIAN

Material awal yang digunakan untuk membuat paduan adalah :

1. Zirkonium dalam bentuk sponge dengan kemurnian 99%
2. Aluminium dalam bentuk sheet dengan kemurnian 99,99%

Alat yang digunakan untuk percobaan

1. Mesin las arc DCI
 Tipe : Analog 300 A Cy 50
 Merk : Miller
 Buatan : Miller electric manufacturing co. Appleton, Luisconsin, USA.
2. Tabung gelas silica
 Diameter luar : 51,5 mm
 Diameter dalam : 47,5 mm
3. Pompa kolam
 Kapasitas : 10l/menit

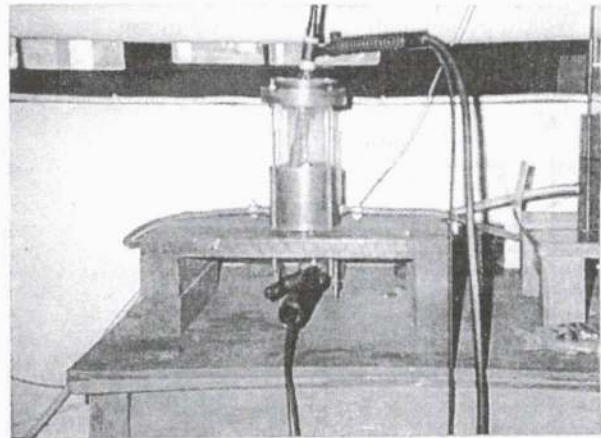
Proses Pembuatan Paduan Zirkonium

Dalam penelitian ini, semua material yang digunakan ditimbang dengan berat total masing-masing komposisi paduan 15 gram untuk membuat 4 komposisi paduan yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Bahan yang Digunakan untuk Percobaan

No	Paduan	Berat %		Berat (gram)	
		Zr	Al	Zr	Al
1	Zr-Al	90	10	13,5	1,5
2	Zr-Al	80	20	12	3

Gambar 1 merupakan tungku pelelehan busur tunggal (*single arc melting furnace*) LM-1 buatan Laboratorium Metalurgi PPTN-BATAN. Tungku ini digunakan dalam peleburan sponge zirkonium untuk membuat ingot kancing (*button*) zirkonium paduan. Unit peleburan terdiri atas satu tanur, satu tabung argon, satu pompa kolam berkapasitas 10l/menit dengan alat bantu saklar pijak dan perpipaan ledeng. DCEP digunakan dengan cara terminal negatif dihubungkan ke badan tanur yang didinginkan oleh air, dan terminal positif dihubungkan dengan elektroda tungsten. Ingot hasil peleburan dengan tungku pelelehan busur tunggal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tungku Pelelehan Busur Tunggal (*Single Arc Melting Furnace*)

Tabel 1. Parameter Proses Peleburan

Kapasitas crucible	15 gram
Diameter elektoda	1,6 mm
Bahan elektroda	W-ThO ₂ 2%
Sudut elektroda	25°
Atmosfir	Gas argon
Laju alir gas argon	10l/menit
Arus pengelasan	100 ampere
Waktu peleburan	10-15 detik
Tegangan	10 volt
Tekana keluaran gas argon	1,2 kg/cm ²

Proses Perlakuan Panas

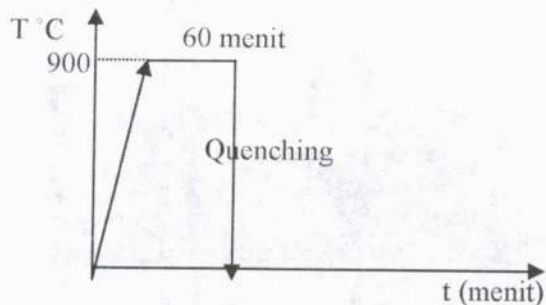
Proses perlakuan panas adalah serangkaian pemanasan dan pendinginan logam dengan temperatur, waktu dan media tertentu. Dilakukan dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan dalam batas-batas kemampuan logam.

Proses perlakuan panas terdiri dari bermacam-macam proses dengan cara yang berbeda-beda. Seperti yang dilakukan dalam penelitian ini adalah proses quenching.

Proses quenching dilakukan dengan tujuan terjadinya penguatan atau pengerasan logam melalui transformasi fasa β ke α . Parameter proses yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Temperatur Pemanasan : 900 °C

- Waktu penahanan : 60 menit
- Media quenching : Air



Gambar 2. Proses Perlakuan Panas Quenching

DATA DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan pada spesimen hasil coran dan proses perlakuan panas pada temperatur 900 °C, maka diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

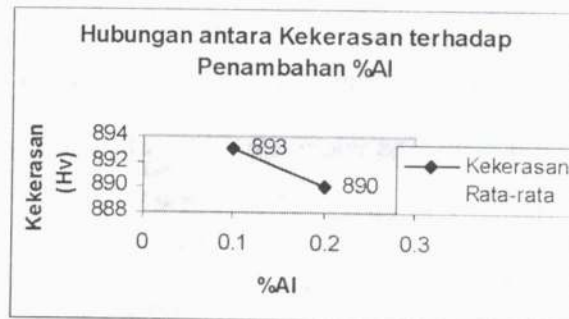
Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan Paduan Zr-10%Al

Urutan Proses	Kekerasan (Hv)			
	1	2	3	Rata-rata
Hasil Coran	966	823	890	893
Heat Treatment	890	890	966	915.33

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan paduan Zr-20%Al

Urutan Proses	Kekerasan (Hv)			
	1	2	3	Rata-rata
Hasil Coran	890	890	890	890
Heat Treatment	890	890	890	890

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dibuat grafik hubungan kekerasan terhadap penambahan % Aluminium (Al) pada spesimen hasil coran (as-cast) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



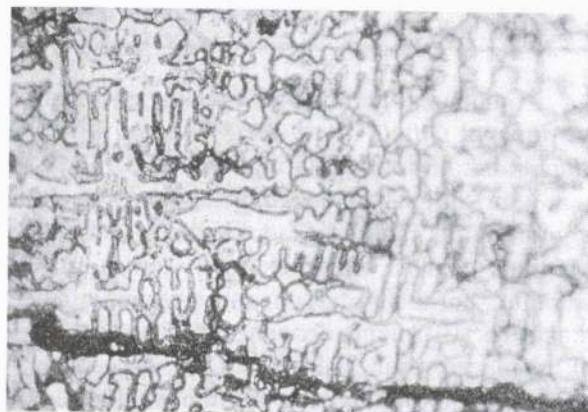
Gambar 3. Hubungan antara Kekerasan terhadap Penambahan % Al pada Paduan Zr-Al Kondisi Coran (as-cast)

Struktur Mikro

Hasil pemeriksaan struktur mikro dapat di lihat pada Gambar 4 sampai Gambar 5 di bawah ini.



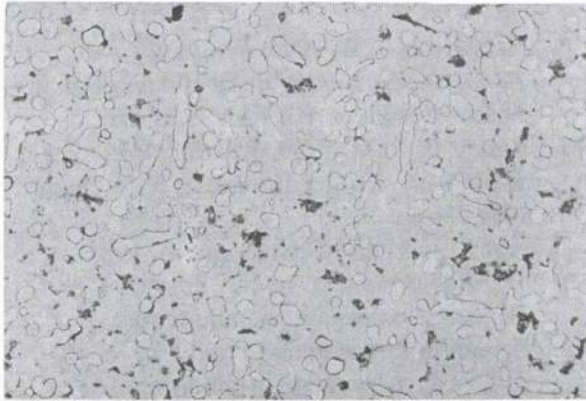
(a)



(b)

Gambar 4. Struktur Mikro Paduan Zr-Al Hasil Coran (As-cast)

- Paduan Zr-10%Al
- Paduan Zr-20%Al



(a)



(b)

Gambar 5 . Struktur Mikro Paduan Zr-Al Hasil Perlakuan Panas β -Quenching Pada Temperatur 900°C dengan Waktu Penahanan 60 menit

- b. Paduan Zr-10%Al
- c. Paduan Zr-20%Al

PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan spesimen uji dalam menahan deformasi plastis, terhadap indenter uji keras pada spesimen hasil coran (as-cast) dan spesimen hasil perlakuan panas.

Dari data hasil kekerasan seperti yang telah ditunjukkan Tabel 3 dan Tabel 4, harga kekerasan spesimen hasil coran (as-cast) meningkat dengan bertambahnya unsur pepadu Al. Harga kekerasan tersebut untuk semua paduan berkisar antara 890 Hv sampai 893 Hv. Perubahan nilai kekerasan tersebut karena adanya rongga (void) pada interface Aluminium.

Struktur Mikro

A. Material Awal Hasil Coran (As-cast)

Material awal paduan zirkonium hasil peleburan dengan tungku pelelehan busur tunggal mempunyai struktur mikro *dendrit* dan *parallel plate*. Struktur mikro dendrit yang ada pada bahan hasil peleburan, berbentuk menyerupai cabang pohon. Terbentuknya struktur tersebut, terjadi pada saat proses pembekuan, yang disebabkan adanya daerah beku yang lebar, yaitu perbedaan temperatur antara mulai dan berakhirnya pembekuan yang lebar⁽¹²⁾. Mekanisme pertumbuhan struktur ini terjadi dari kristal-kristal dendrit yang tumbuh dari inti-inti dan pada saat pembekuan berakhir, dendrit-dendrit tersebut saling bertemu. Sedangkan struktur mikro parallel plate berkarakteristik bentuk plate panjang dan sejajar..

B. Material yang Dipanaskan pada Temperatur 900 °C dan Dichelup Cepat (Quenching) Pada Media Air

Pada material yang dipanaskan sampai 900 °C dengan holding time selama 60 menit fasa yang terbentuk yaitu dendrit. Ukuran dendrit pada 10% Al lebih besar bila dibandingkan dengan 20% Al. Padahal proses heatretment ini bertujuan untuk mengubah struktur mikro dendrit hasil peleburan tersebut. Namun proses heatretment tersebut tidak banyak mengubah struktur awal bahan, karena masih memperlihatkan struktur dendrit. Bentuk struktur dendrit yang tidak banyak berubah tersebut diduga karena tingginya temperatur dan lamanya pemanasan masih kurang untuk dapat melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit dan juga disebabkan waktu pendinginan yang tidak cukup untuk terjadinya proses difusi pada saat pembentukan butir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari data dan pembahasan yang diperoleh maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil peleburan dengan menggunakan tungku pelelehan busur tunggal (Single Arc Melting

- Furnace), menghasilkan ingot berbentuk botton
2. Struktur mikro material awal (As-Cast) mempunyai struktur dendrit dan parallel plate.
 3. Struktur mikro material hasil perlakuan panas mempunyai fasa yang berbentuk dendrit. Fasa ini terbentuk karena pendinginan yang cepat dan tingginya temperatur serta lamanya pemanasan masih kurang untuk melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit.
 4. Semua paduan zirkonium hasil perlakuan panas (celup cepat) mempunyai harga kekerasan yang tinggi, yang berkisar antara 890 Hv sampai 915,33 Hv.
 5. Semakin tinggi persen berat Al, maka kekuatan mekanik paduan tersebut semakin turun.

Saran

1. Agar dilakukan penelitian perlakuan panas lanjutan, dengan memvariasikan temperatur dan waktu pendinginannya. Hal ini perlu untuk melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit secara sempurna..
2. Agar dilakukan penelitian perlakuan panas tempering untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan keuletan material dengan memvariasikan temperatur tempernya.
3. Perlu dilakukan pengujian korosi terhadap material hasil perlakuan panas quenching, agar dapat diketahui ketahanan korosi bahan setelah mengalami perlakuan panas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fizzoti, C.1984. *Principles of Nuclear Fuel Production*. Zirconium. Volume Two. Specialized Training Course For Batan's Personel. ENEA/BATAN.
2. Sudarsono Katam K, "Peranan Metal Zircaloy Dalam Industri Nuklir" Metalurgi, Jilid 2, 1982.
3. Djoko, H. P dan Dani G. S. 1997. *Pembuatan Paduan Zirkaloy Dengan Teknik Pelelehan Tungku Busur Tunggal*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II. Serpong.
4. Sigit. 1995. *Bahan Dukung dan Struktur*. Pusat Elemen Bakar Nuklir-Pusdiklat. BATAN. Serpong.
5. Douglas, D. L. 1971. *The Metallurgy of Zirconium*. Atomic Energy Review. IAEA. Vienna.
6. Hersubeno, J. B. 1995. *Pengantar Daur Bahan Bakar Nuklir*. Pusat Elemen Bakar Nuklir-Pusdiklat. BATAN. Serpong.
7. Robert B, Ross. 1980. *Metallic Materials Handbook*. Thrid Edition E & F. N. Spon.. New York.
8. Perez, E. T., and E. M. Saggese. 1982. *Welding Structures in Gas Tungsten Arc Welded Zircalloy-4*. Metallography.
9. Benjamin Lustman and Frank Karze, JR. 1955. *The Metallurgy of Zirconium*. McGraw-Hill Book Company. Inc New York.
10. William F. Smith. 1990. *Principles of Material Science and Engineering*. 2nd Edition. McGraw-Hill Publishing Company. New York.
11. Surdia T, Chijhwa., *Teknik Pengecoran Logam*, Association for Internatiional Technical Promotion, Pradya Paramita, Jakarta, Indonesia, (1975).
12. *Diagram Fasa Biner*

* Staff Pengajar Jurusan Teknik Metalurgi
 ** Mahasiswa/i Jurusan Teknik Metalurgi

PENELITIAN PENGARUH ARUS LISTRIK PADA PENYAMBUNGAN AISI 1010 DAN 304 DENGAN TEKNIK *SPOT WELDING*

Oleh : Adi Ganda Putra*, Pawawoi**, Muh. Lutfhi***.

Proses las titik (*Spot Welding*) merupakan salah satu jenis proses pengelasan tahanan listrik (*Elektrik Resistance Welding*), dimana pelat yang akan dilas dijepit pada tempat sambungan dengan menggunakan sepasang elektroda dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang singkat, proses pengelasan titik ini hanya dapat dilakukan untuk penyambungan pelat – pelat tipis.

Baja karbon dan baja tahan karat (*Stainless steel*) sangat umum digunakan dalam, industri logam dan industri berat maupun ringan. Baja tahan karat sendiri memiliki sifat yang berbeda dengan baja karbon, sehingga apabila kedua material tersebut disambung dengan menggunakan las titik (*spot welding*) akan mengalami perubahan – perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan – tegangan termal. Karena perubahan tersebut maka dengan sendirinya sifat – sifat mekanik yang dimilikinya juga akan berubah. Perubahan yang terjadi dikarenakan adanya panas dari proses pengelasan tersebut, sehingga logam disekitar pengelasan mengalami siklus termal yang cepat. Salah satunya arus, arus las yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan logam yang berlebihan dan menghasilkan dalamnya identasi, arus yang terlalu kecil dapat mengakibatkan benda kerja tidak mencair sebagian terutama pada daerah permukaan kontak antara benda kerja.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kondisi pengelasan yang dianggap optimal adalah kondisi pengelasan pada kelompok A dengan arus pengelasan 3800 ampere pada spesimen A₁, dimana :

- ✓ Gaya tarik geser : 304,164 kgf
- ✓ Diameter titik logam las: 2,75 mm

Tidak terjadinya cacat lasan pada kelompok A, kelompok B maupun pada kelompok C

PENDAHULUAN

Proses penyambungan salah satunya adalah proses pengelasan (*welding*) yang umum digunakan, proses pengelasan itu sendiri adalah proses penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas.

Proses las titik (*Spot Welding*) merupakan salah satu jenis proses pengelasan tahanan listrik (*Elektrik Resistance Welding*), dimana pelat yang akan dilas dijepit pada tempat sambungan dengan menggunakan sepasang elektroda dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang singkat, proses pengelasan titik ini hanya dapat dilakukan untuk penyambungan pelat – pelat tipis.

Baja karbon dan baja tahan karat (*Stainless steel*) sangat umum digunakan dalam, industri logam dan industri berat maupun ringan. Baja tahan karat sendiri memiliki sifat yang berbeda dengan baja karbon, sehingga apabila kedua

material tersebut disambung dengan menggunakan las titik (*spot welding*) akan mengalami perubahan – perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan – tegangan termal. Karena perubahan tersebut maka dengan sendirinya sifat – sifat mekanik yang dimilikinya juga akan berubah. Perubahan yang terjadi dikarenakan adanya panas dari proses pengelasan tersebut, sehingga logam disekitar pengelasan mengalami siklus termal yang cepat. Salah satunya arus, arus las yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan logam yang berlebihan dan menghasilkan dalamnya identasi, arus yang terlalu kecil dapat mengakibatkan benda kerja tidak mencair sebagian terutama pada daerah permukaan kontak antara benda kerja.

Baik buruknya sambungan las tentunya tergantung saat proses pengelasan itu sendiri, prosedurnya yang kelihatan sangat sederhana, pada kenyataannya membutuhkan banyak pengetahuan yang harus mendampingi saat

pengetahuan yang harus mendampingi saat proses tersebut dilaksanakan, proses pengelasan dapat dikatakan sebagai proses produksi yang sifatnya serbaguna, dengan berbagai macam metode dan pengembangannya.

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis merasa tertarik untuk mengadakan penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik pada pengelasan pelat baja karbon rendah dan baja tahan karat (*stainless steel*) dengan proses pengelasan titik (*spot welding*).

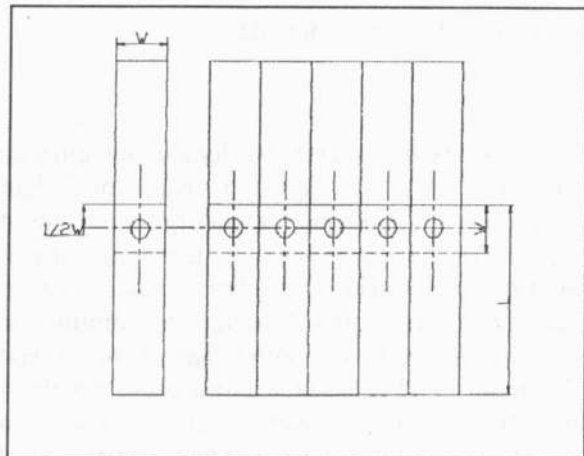
LANGKAH PENELITIAN

Persiapan Bahan

Langkah awal pada proses penelitian ini adalah melakukan persiapan bahan atau material yang akan digunakan yaitu baja karbon rendah dan baja tahan karat (*stainless steel*) dengan ketebalan masing – masing 0,8 mm sebagai objek penelitian melihat pengaruh arus pengelasan yang berbeda – beda dengan waktu pengelasan dan gaya penekanan yang konstan pada pengelasan titik (*spot welding*).

Persiapan Spesimen Las

Sebelum proses pengelasan spesimen las, dibuat sesuai dengan standard ASME Section IX seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Spesimen Las Titik

Pengujian Awal

Pengujian awal ini dilaksanakan untuk mengetahui kondisi awal spesimen yang meliputi : pengujian komposisi bahan, struktur mikro dan kekerasan yang akan dilas

Pengujian komposisi Bahan

Pada pengujian komposisi bahan ini menggunakan metode spektrometri dengan mesin spectro merk shimadzu.

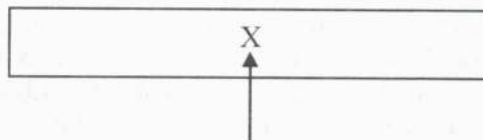
Tabel 1 Spesifikasi tebal, lebar dan panjang pelat

Nominal Thickness of Sheet (Inch)	W (Inch) Minimal	L (Inch)
Over 0.008 to 0.030	0.68	4W
Over 0.030 to 0.100	1.00	
Over 0.100 to 0.130	1.25	
Over 0.130	1.50	

Sebelum pengujian ini dilakukan, permukaan material dibersihkan dahulu dengan pengikiran, pengampelasan kemudian dilakukan kalibrasi dengan material yang telah diketahui komposisi bahannya. Selanjutnya sample ditempatkan pada dudukannya, kemudian divakumkan setelah itu spectrometer dijalankan sehingga terjadi busur listrik yang mengakibatkan terbakarnya sample dan memancarkan cahaya yang memiliki panjang gelombang dan intensitas yang berbeda – beda dan selanjutnya dideteksi oleh detektor unsur. Hasilnya akan di *print out* oleh mesin spectro.

Pengujian Struktur Mikro

Pada spesimen yang akan diuji dilakukan *mounting* dengan resin kemudian spesimen diampelas dan dipoles sampai halus. selanjutnya dilakukan pengetsaan dengan larutan *keller reagent* dengan komposisi 2ml HF, 3ml HCl, 5ml HNO₃, 190ml H₂O. Dengan pengujian ini akan diketahui struktur mikro spesimen sebelum proses pengelas. Lokasi pengambilan foto dapat dilihat pada gambar berikut.



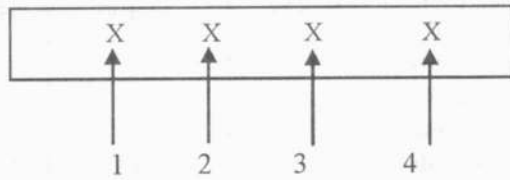
Lokasi Pengambilan Foto

Gambar 2. Lokasi Pengambilan Foto Struktur Mikro Awal

Pengujian Kekerasan

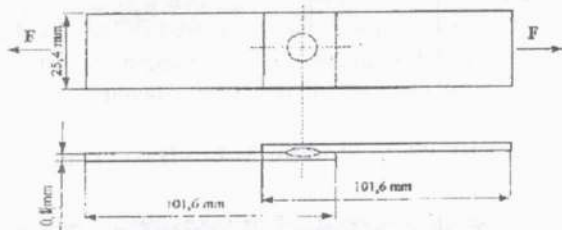
Pada pengujian kekerasan bahan awal yang dilaksanakan yaitu dengan menggunakan metode Vickers. Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah Mitutoyo MVK 2 dengan benda penekan berupa piramida intan

bersudut 136° , beban yang digunakan 500 kg. Pada pengujian ini dilakukan empat lokasi pengujian kekerasan awal, antara lokasi pengujian yang satu dengan lokasi pengujian yang lainnya berjarak 5 mm.



Gambar 3 Lokasi Identasi Kekerasan Awal Pengujian Tarik Geser

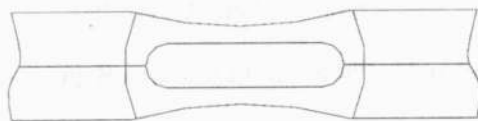
Pengujian tarik geser ini dilakukan setelah proses pengelasan berlangsung, adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar dari kekuatan yang optimum. Jenis mesin uji geser yang digunakan adalah INSTRON Type 8501 – United States, dengan kapasitas uji 10 Ton. Bentuk dan ukuran spesimen disesuaikan dengan standar ASTM D.4066 yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Uji Tarik

Pengujian Struktur Makro

Uji struktur makro ini bertujuan untuk mengetahui besarnya diameter nugget. Pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada permukaan logam las titik yang dapat direkam dengan fotografi yang menggunakan lensa makro ataupun dengan bantuan mikroskop.



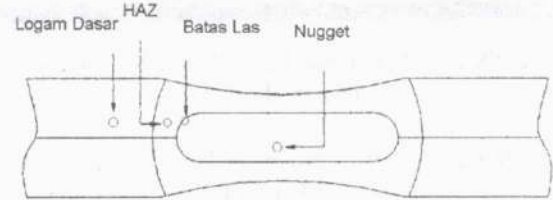
Gambar 5 Lokasi Pengambilan Foto Struktur Makro

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro tujuannya untuk melakukan pemeriksaan struktur mikro yang terjadi pada daerah las, batas las, khususnya

cacat las untuk setiap parameter yang digunakan, yang berhubungan dengan kemungkinan timbulnya retak dan kekerasan logam las.

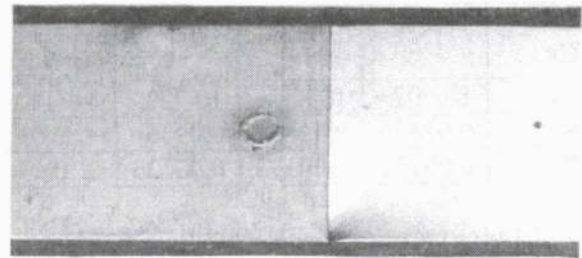
Prosedur yang dilakukan dalam pengujian metalografi ini mengacu pada ASTM. E 3. 883 .



Gambar 6. Lokasi pengambilan struktur mikro

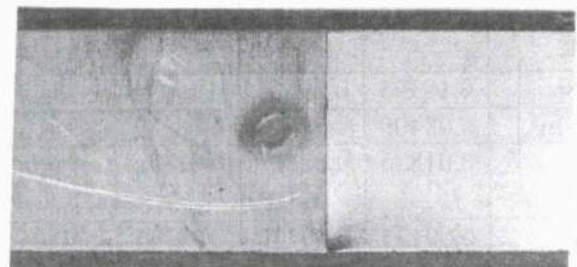
DATA dan PEMBAHASAN

Contoh spesimen kelompok A, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 3800 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 7. Spesimen Pengelasan Kelompok A (Arus 3800 A)

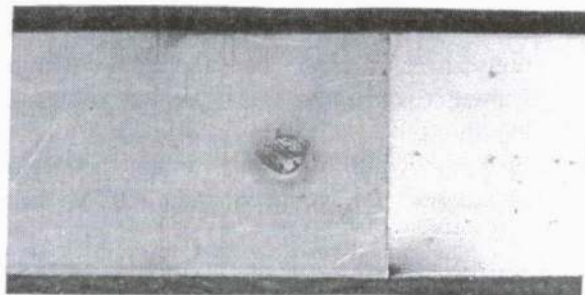
Contoh spesimen kelompok B, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 4300 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 8. Spesimen Pengelasan Kelompok B (Arus 4300 A)

Contoh spesimen kelompok C, dengan arus pengelasan yang digunakan sebesar 4800 amper, dapat dilihat pada gambar berikut ini.

.Hasil dari pengujian komposisi bahan ini dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.



Gambar 9. Spesimen Pengelasan Kelompok C (Arus 4800 A)

Tabel 2. Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 304

Unsur	Hasil Uji		Rata – rata	Standar AISI
	1	2		
C	0,10011	0,10222	0,10116	≤ 0,08
Si	0,97852	0,87907	0,92879	≤ 1,00
Mn	2,1260	2,2125	2,1693	2,0 max
Cr	17,210	18,203	17,707	18 – 20
Ni	10,607	10,838	10,723	8 – 11
S	0,01826	0,0186	0,0186	≤ 0,03
P	0,00133	0,00133	0,00133	≤ 0,04

Tabel 3. Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah AISI 1010

Unsur	Hasil Uji		Rata – rata	Standar AISI
	1	2		
C	0,09942	0,10185	0,10063	0,08-0,13
Si	0,19995	0,19995	0,19995	≤ 0,10
Mn	0,08400	0,07764	0,08082	0,3-0,6
S	0,01826	0,01826	0,01826	≤ 0,04
P	0,00133	0,00133	0,00133	≤ 0,05

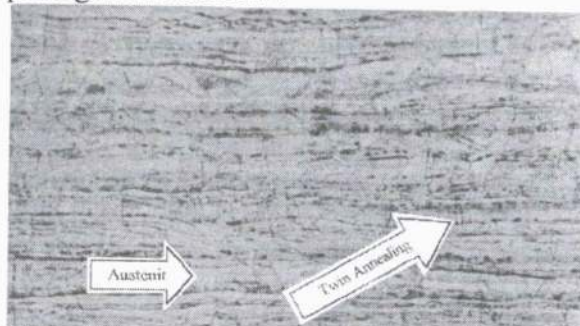
Tabel 4 Pengujian Kekerasan Awal Baja Tahan Karat AISI 304

Lokasi Indentasi Kekerasan (VHN)				Rata – rata (VHN)
1	2	3	4	
251	251	252	253	251,75

Tabel 5 Pengujian Tarik

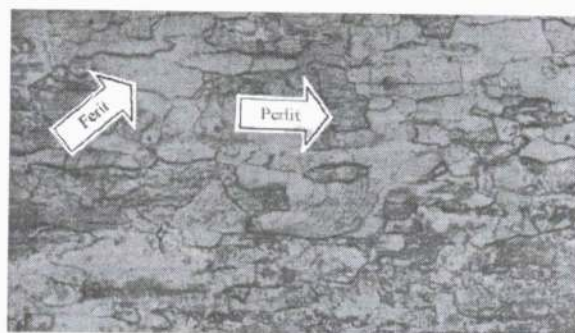
Material	σ_u (kg/mm ²)	σ_y (kg/mm ²)	e (%)
Baja Tahan Karat AISI 304	49.528	29.490	25.525
Baja Karbon Rendah AISI 1010	37.355	25.145	28.425

Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar berikut :



Larutan : Keller Reagent Pembesaran : 400 X
Struktur : Austenit dan Twin Annealing

Gambar 10 Photo Struktur Mikro Baja tahan karat



Larutan : Keller Reagent Pembesaran : 400 X
Struktur : Ferit dan Pearlit

Gambar 11 Photo Struktur Mikro Baja Karbon Rendah

Data Proses pengelasan

Proses pengelasan titik (*Spot Welding*) ini dilakukan dengan menggunakan parameter arus pengelasan yang bervariasi yaitu 3800 A, 4300 A dan 4800A. Sedangkan untuk gaya penekanan elektroda dan waktu pengelasan konstan yaitu sebesar 190 daN

0,2 s. Sehingga dapat diperoleh masukan panas untuk setiap variasi arus adalah sebagai berikut
Diketahui :

$$t = 0,2 \text{ s}$$

$$l = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}$$

$$d = 4,5 \text{ mm} = 0,0045 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{stainless steel}} = 700 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$$

$$\rho_{\text{baja}} = 169 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$$

$$\rho_{\text{rata-rata}} \bar{X} = 434,5 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot (0,0045\text{m})^2$$

$$= 15,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

$$= 434,5 \times 10^{-9} (\Omega\text{m}) \cdot \frac{25,4 \times 10^{-3} (\text{m})}{15,8 \times 10^{-6} (\text{m}^2)}$$

$$= 6,98 \times 10^{-4} \Omega$$

- Untuk arus pengelasan I = 3800 A
 $Q = I^2 \cdot R \cdot t$
 $= (3800)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$
 $= 2018,82 \text{ Joule}$
- Untuk arus pengelasan I = 4300 A
 $Q = I^2 \cdot R \cdot t$
 $= (4300)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$
 $= 2581,20 \text{ Joule}$
- Untuk arus pengelasan I = 4800 A
 $Q = I^2 \cdot R \cdot t$
 $= (4800)^2 \cdot 6,98 \times 10^{-4} \cdot 0,2$
 $= 3216,38 \text{ Joule}$

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil masukan panas (Q) pada tiap – tiap kelompok, pada tabel dibawah ini

Data Pengujian Akhir

Pengujian setelah proses pengelasan titik (*Spot Welding*) meliputi; pengujian tarik geser, pengujian kekerasan, pengujian struktur makro dan pengujian struktur mikro.

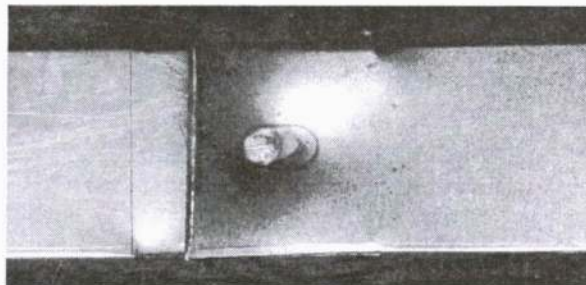
Tabel 6 Data Hasil Pengelasan

Spesimen	Arus Pengelasan (amper)	Waktu Las (s)	Gaya Penekanan Elektroda (daN)	Masukan Panas (Joule)
A	3800	0,2	190	2015,82
B	4300	0,2	190	2581,20
C	4800	0,2	190	3216,38

Tabel 7 Hasil Pengujian Tarik Geser

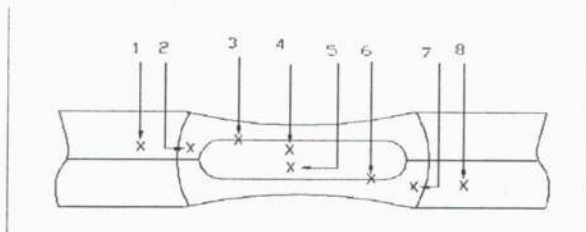
Spesimen	No.	Diameter Nugget (mm)	Gaya Tarik Maks (kgf)	Tegangan Geser Mak (kgf/mm ²)	Jenis Kerusakan
A	1	2,75	304,164	51,209	Geser
	2	2,85	301,933	47,329	Geser
	3	2,8	288,179	46,801	Geser
Rata – rata \bar{X}		2,8	298,092	48,386	
B	1	3,3	288,657	33,749	Geser
	2	3,35	290,144	32,918	Geser
	3	3,35	302,252	34,292	Geser
Rata – rata \bar{X}		3,33	293,684	33,643	
C	1	4,2	288,019	20,789	Geser
	2	4,2	296,092	21,372	Geser
	3	4,15	280,850	20,763	Geser
Rata – rata \bar{X}		4,18	288,320	20,974	

Setelah pengujian tarik geser yang dilaksanakan dihasilkan kerusakan las yaitu kerusakan geser, dapat dilihat pada gambar berikut ini .



Gambar 12 Jenis Kerusakan Geser Pada Las Titik

Pengujian kekerasan dilaksanakan dengan menggunakan alat uji keras Vickers (VHN) dengan menggunakan beban seberat 500g.



Gambar 13 Pengambilan Titik Uji Kekerasan

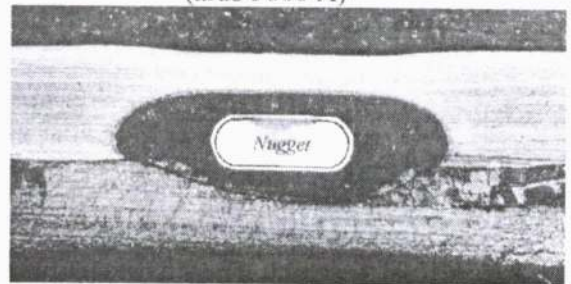
Pengujian struktur makro ini diharapkan dapat mengetahui besarnya diameter *nugget* dan cacat yang terjadi akibat pengaruh dari variasi arus pengelasan pada proses pengelasan. Larutan etsa yang digunakan yaitu *Keller Reagent* dengan pembesaran 20X (gambar 14,15,16)

Pengujian Struktur Mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan – perubahan yang terjadi pada daerah logam las, daerah HAZ dan daerah logam induk (*Base Metal*). Larutan etsa yang digunakan : *Keller Reagent*.



Larutan Etsa : Keller Reagent Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

Gambar 14 Photo Struktur Makro Kelompok A (arus 3800 A)



Larutan Etsa : Keller Reagent
Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

Gambar 15 Photo Struktur Makro Kelompok B (arus 4300 A)

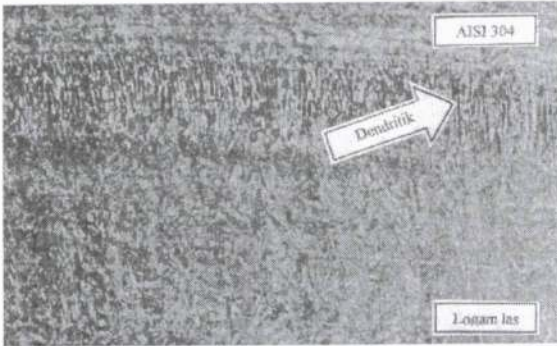


Larutan Etsa : Keller Reagent
Pembesaran : 20 X
Tidak terjadi cacat pada Nugget

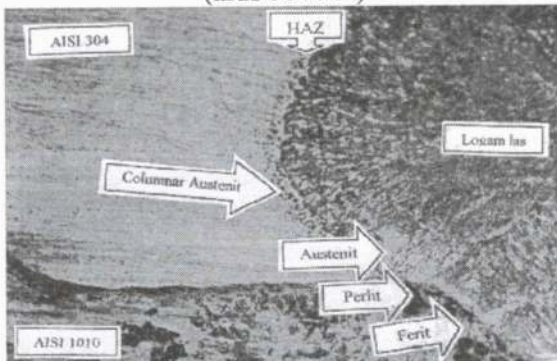
Gambar 16 Photo Struktur Makro Kelompok C (arus 4800 A)

Tabel 8 Hasil Pengujian Kekerasan

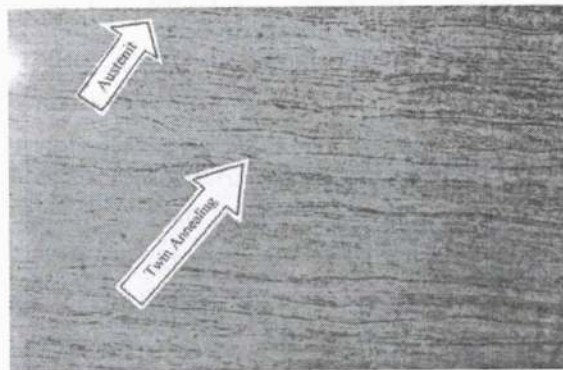
Spesimen	Titik Uji Kekerasan (VHN)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kelompok A	251,2	256,6	260,1	152	130	156,7	113,4	112
Kelompok B	252	258	261,7	158	135	165	116,5	114
Kelompok C	252	257,5	259	148,7	120	160,7	113,4	112



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 3800 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 17 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

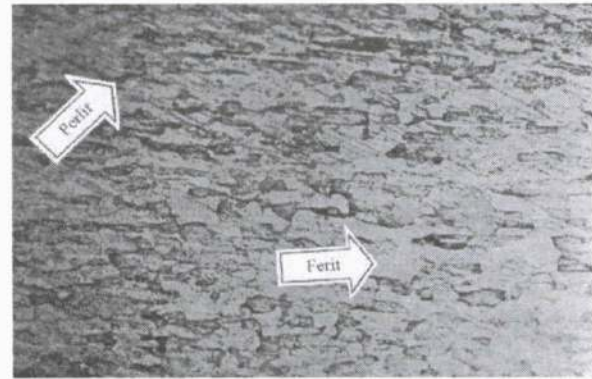


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan
 3800
 Struktur : Ferit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit
 Gambar 18 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

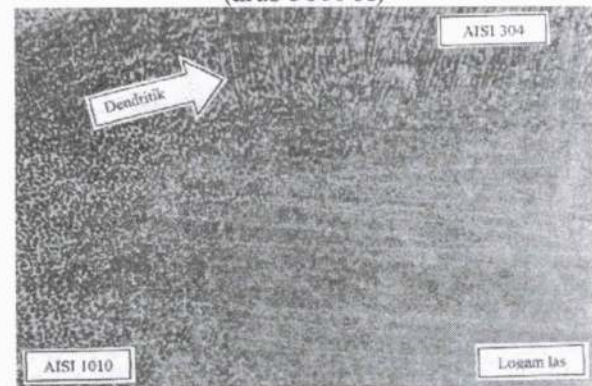


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 3800 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Annealing*

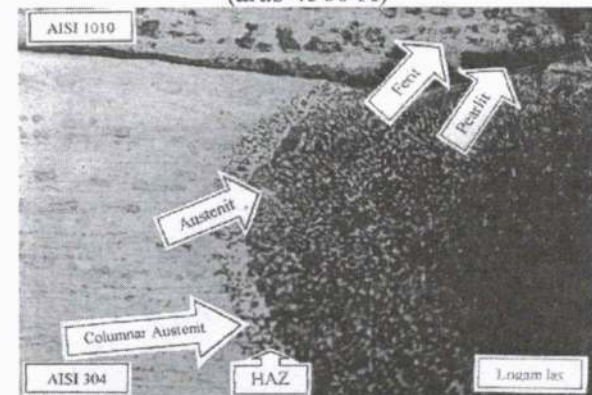
Gambar 19 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 3800 A
 Struktur : Ferrit dan Pearlit
 Gambar 20 Photo Struktur Mikro Kelompok A
 (arus 3800 A)

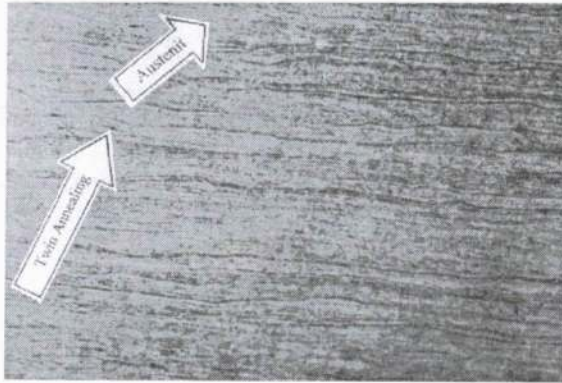


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 4300 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 21 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)

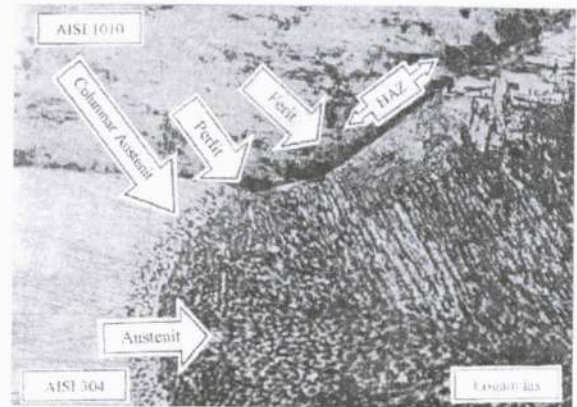


Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan 4300
 Struktur : Ferrit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit

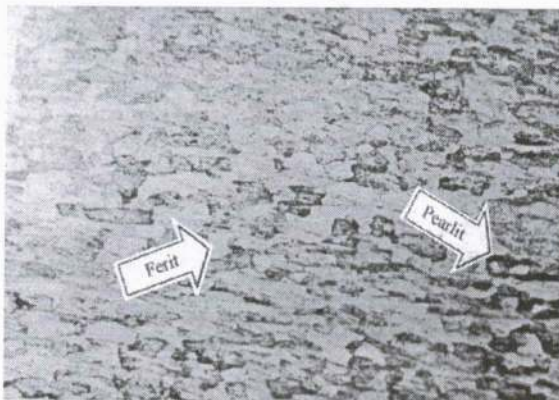
Gambar 22 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



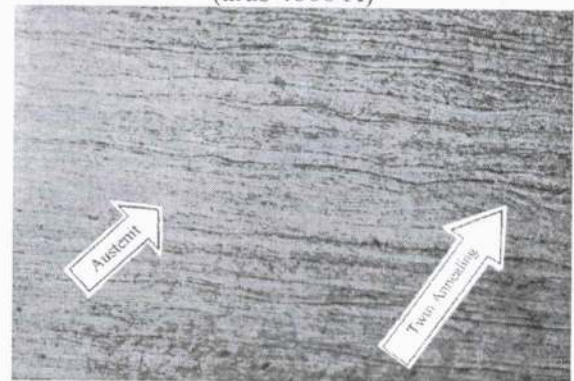
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 4300 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Annealing*
 Gambar 23 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



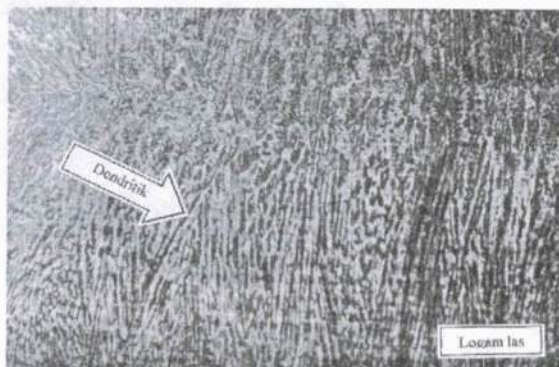
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 50 X
 Daerah Pengaruh Panas (HAZ), Arus Pengelasan
 4800 A
 Struktur : Ferrit, Pearlit, Columnar Austenit dan
 Austenit
 Gambar 26 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



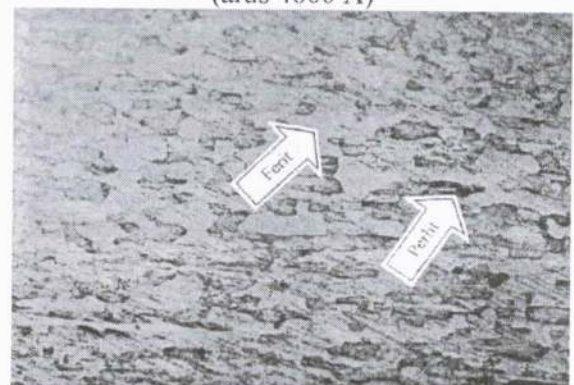
Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 4300 A
 Struktur : Ferrit dan Pearlit
 Gambar 24 Photo Struktur Mikro Kelompok B
 (arus 4300 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Tahan Karat AISI 304,
 Arus Pengelasan 4800 A
 Struktur : Austenit dan *Twin Annealing*
 Gambar 27 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Las, Arus Pengelasan 4800 A
 Struktur : Dendritik Dalam Matrik Austenit
 Gambar 25 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)



Larutan etsa : *Keller Reagent*. Pembesaran : 200 X
 Daerah Logam Dasar Baja Karbon AISI 1010, Arus
 Pengelasan 4800 A
 Struktur : Ferrit dan Pearlit
 Gambar 28 Photo Struktur Mikro Kelompok C
 (arus 4800 A)

Analisa Data

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S), Krom (Cr) dan Nikel (Ni) memenuhi standar AISI sebagai material baja tahan karat AISI 304. Kandungan Krom dan Nikel masih memenuhi syarat standar yang menunjukkan baja tahan karat austenit, kandungan karbon cukup rendah sehingga dapat terhindar dari terbentuknya *intergranular corrosion* (korosi antar butir).

Baja tahan karat tersebut akan menghindari dari terbentuknya Karbida-Krom, apabila mengalami suatu siklus pemanasan dan pendinginan, walaupun sebenarnya tergantung pada mekanisme pendinginannya.

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si) dan Sulfur (S) memenuhi standar AISI sebagai material baja karbon rendah AISI 1010.

Pengujian struktur mikro material awal Baja Tahan Karat AISI 304 yang diuji mempunyai struktur mikro yaitu : Butir Austenit dan Twin Annealing dan Baja Karbon Rendah AISI 1010 yang diuji mempunyai struktur mikro yaitu : Pearlit dan Ferit.

Dalam proses pengelasan ini dibagi tiga kelompok yang mempunyai arus pengelasan yang berbeda – beda pada masing – masing kelompok tersebut. Untuk kelompok C diberikan arus pengelasan yang lebih besar dibandingkan kelompok B dan kelompok A. Dengan semakin besar arus pengelasan yang digunakan semakin besar pula diameter lasan sehingga akan menurunkan kualitas sambungan, meskipun sebenarnya diperlukan optimasi terhadap waktu pengelasan dan gaya penekanan elektroda.

Dari pengujian tarik geser yang dilakukan setelah proses pengelasan diketahui kerusakan pada sambungan lasan yaitu rusak geser, yang dapat dilihat pada gambar 12. Kerusakan geser diawali dengan terbentuknya permukaan baru yang sejajar dengan arah gaya tarikan. Kerusakan ini umumnya terjadi karena luas permukaan geser yang terlampaui kecil akibat dari cepatnya waktu pengelasan sehingga panas pengelasan yang diberikan terlampaui rendah. Selain itu kerusakan geser juga terjadi karena volume logam lasan terutama diameter *nugget* tidak seimbang dibanding logam dasarnya sehingga tidak

mampu menahan beban geser yang diberikan. Rusak geser terjadi antara *nugget* dengan material baja karbon rendah hal ini dikarenakan baja tahan karat memiliki kekuatan yang tinggi bila dibandingkan dengan baja karbon.

Ukuran *nugget* dan kekuatan akan naik, dan juga daerah HAZ akan meluas, sejalan dengan naiknya densitas arus. Pemberian arus pada kelompok A sudah maksimal artinya apabila ditambah arus pengelasan yang lebih besar akan menurunkan kekuatan mekanik seperti pada kelompok B dan C, walaupun mampu menahan gaya tarik geser yang cukup tinggi sesuai dengan standar JIS Z.3140, sehingga dalam masih batas standar dari kualitas sambungan.

Pada pengujian tarik geser ini diperoleh hasil yang maksimal pada kondisi pengelasan kelompok A adalah A₁ yang memenuhi standar JIS Z.3140 yaitu sebagai berikut :

- ✓ Gaya tarik geser:
1,1 x 275
302,5 kgf (minimal)
- ✓ Diameter titik logam lasan:
2,7 mm (minimal)

Dari pengujian kekerasan mikro spesimen uji pada tabel 4.8 diperoleh bahwa nilai rata – rata kekerasan daerah batas las (daerah antara logam lasan dan daerah terpengaruh panas) lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah logam lasan (*Nugget*) hal ini disebabkan oleh tumbuhnya kristal menjadi butir-butir halus. Daerah titik logam lasan (*Nugget*) mempunyai kekerasan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah terpengaruh panas (HAZ) pada AISI 1010 sedangkan untuk AISI 304 sebaliknya, yang disebabkan oleh struktur mikro pada daerah titik logam lasan menyerupai struktur coran. Kekerasan daerah logam induk (*Base Metal*) lebih rendah bila dibandingkan dengan daerah logam lasan dan daerah terpengaruh panas (HAZ), disebabkan logam induk tidak mengalami pemanasan yang berarti sehingga tidak mengubah nilai kekerasannya.

Hasil pemeriksaan struktur makro terhadap sambungan las titik, terlihat diameter logam lasan (*Nugget*) yang dihasilkan dari setiap arus pengelasan berbeda-beda, dengan semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka semakin besar pula diameter logam lasan (*Nugget*) yang dihasilkan. Dalam hal ini faktor panas sangat berpengaruh pada bentuk, dimensi dan kualitas logam lasan.

Pada spesimen hasil pengelasan tidak ditemukan cacat las yang terjadi pada kelompok pengelasan A, kelompok pengelasan B maupun kelompok pengelasan C, hal ini disebabkan arus pengelasan, gaya penekanan dan waktu pengelasan yang optimal.

Pada baja tahan karat, mekanisme pembekuan yang terlihat dari hasil struktur mikro dipengaruhi oleh besarnya harga perbandingan antara krom ekuivalen (Cr_{ek}) dan nikel ekuivalen (Ni_{ek}), logam lasan, yaitu :

$$\begin{aligned} Cr_{ek} &= \%Cr + \%Mo + 1,5.\%Si + 0,5.\%Cb \\ &= 17,70 + 0,46 + 1,5.(0,92) + 0,5.(0) \\ &= 19,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ni_{ek} &= \%Ni + 30.\%C + 0,5.\%Mn \\ &= 10,72 + 30.(0,10) + 0,5.(2,16) \\ &= 14,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cr_{ek}/Ni_{ek} &= \frac{19,54}{14,8} \\ &= 1,32 \end{aligned}$$

Dengan diperolehnya harga perbandingan $Cr_{ek}/Ni_{ek} < 1,48$ maka mekanisme yang terjadi adalah mekanisme pembekuan austenit – ferit. Mekanisme pembekuan austenit – ferit adalah mekanisme pembekuan yang diawali dengan pembentukan fasa austenit (γ), kemudian mengalami pembekuan berikutnya membentuk fasa delta ferit (δ) diantara dendritik.

Dari hasil struktur mikro menunjukkan daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*) tidak terbentuk karbida-krom pada batas butir, hal ini disebabkan oleh laju pendinginan di daerah ini relatif sangat cepat sehingga butir yang menuju batas butir tertahan ditengah-tengah. Struktur mikro pada daerah ini terdiri dari butir – butir austenit pada baja tahan karat dan pada baja karbon ferit dan pearlit.

Daerah antara logam lasan dengan daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*), struktur mikro pada daerah ini terdiri dari Austenit (γ) dan Fasa delta ferit (δ) serta *Columnar* Austenit pada baja tahan karat dan pada baja karbon terdiri dari ferit dan pearlit.

Daerah pada titik logam lasan (*nugget*) adalah daerah yang mengalami pencairan dengan proses pembekuan yang sangat cepat, adapun struktur mikro dari logam lasan ini terdiri dari *Columnar* austenit di sekeliling bagian pinggir logam lasan dan pada bagian tengah adalah struktur dendritik dalam matrik austenit. Dendritik menggambarkan bentuk

pertumbuhan inti atau menggambarkan hasil dari bentuk pertumbuhan inti. Dendritik yang terbentuk dalam logam lasan kelompok A jauh lebih kecil dan halus jika dibandingkan dengan kelompok B dan C, dikarenakan kelompok A menggunakan arus yang kecil sehingga laju pendinginan lebih cepat dari kelompok B dan C.

Kesimpulan

1. a). Semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka gaya tarik geser dan tegangan tarik geser dari sambungan las akan menurun, penggunaan arus pengelasan yang semakin besar mengakibatkan waktu pendinginan semakin lama dan ukuran butir semakin besar sehingga akan menurunkan kekuatannya. Kerusakan yang terjadi setelah pengujian ini adalah rusak geser.
- b). Ukuran diameter titik lasan (*nugget*) semakin besar dengan digunakannya arus pengelasan yang semakin besar.
- c). Pada pengujian struktur mikro, pertumbuhan ukuran butir semakin besar sejalan dengan penggunaan arus pengelasan yang besar pula.
2. a). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kondisi pengelasan yang dianggap optimal adalah kondisi pengelasan pada kelompok A dengan arus pengelasan 3800 amper pada spesimen A₁, dimana :
 - ✓ Gaya tarik geser : 304,164 kgf
 - ✓ Diameter titik logam las: 2,75 mm
- b). Tidak terjadinya cacat lasan pada kelompok A, kelompok B maupun pada kelompok C

DAFTAR PUSTAKA

1. ASME SECTION IX; "*Qualification Standard for Welding and Brazing Produce Welder*," 1986.
2. AWS. 1971. *Welding Handbook, edition 9. Volume 6 "Welding Brazing and Soldering"*.
3. Djaprie, Sriati; Van Vlack; "*Ilmu dan Teknologi Bahan*"; Penerbit Erlangga, Edisi Keempat, 1986.
4. JIS. Handbook; "*Welding*"; 1983.
5. "*Operation Manual For Hand Press*"; Type Spot Welder P272.
6. *Panduan Praktikum Material teknik*; Lab logam , Unjani. 1996.

7. Suutala, N.; *"Ferritic – Austenitic Solidification Mode in Austenitic Stainless Steel Weld"*; Metallurgical Transaction Vol. 11A ; TMS, AIME, ASM; New York, 1980
8. Tata Surdia ; *"Pengetahuan Bahan Teknik"*, Shinroku Saito; penerbit Pradya Paramita, 2000.
9. Wahid, Abdul ;*"Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam"*, 1989.
10. *Welding Handbook* 8th Edition Vol.2; *"Welding Processes"* ASM.*Metal Handbook* Vol 6; American Society for Metal, 1971.
11. Wiryosumarto, Harsono, Toshie Okumura, *"Teknologi Pengelasan Logam"*; Pradya Paramita, 1991.

* *Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin*

** *Staf Pengajar Jurusan Teknik Metalurgi*

*** *Mahasiswa Teknik Mesin*

Kekuasaan dan Perilaku Organisasional

Oleh : Jahny Sast

Kekuasaan adalah kemungkinan memaksakan keinginan sendiri pada perilaku orang lain. Dalam arti umum, kekuasaan merupakan bentuk konkret pengendalian eksternal perilaku dalam hampir semua hubungan antara manusia. Menurut Dahl, Kekuasaan adalah hubungan antara dua pemeran sosial di mana seorang pemeran sosial A, mampu menjadikan pemeran sosial B, melakukan sesuatu yang tadinya tidak akan dilaksanakan. Timbulnya desakan merubah pikiran dan kemauan sendiri dan menggantikannya dengan pikiran dan kemauan orang lain, timbul masalah; mengapa dan dalam keadaan bagaimana orang tunduk pada desakan itu ?.

Salah satu sebab mengapa orang bersedia tunduk pada perintah karena mereka rasakan perintah itu wajar. Dengan demikian, dibedakan antara usaha pengendalian eksternal perilaku yang wajar dan kewenangan (*authority*). Kewenangan adalah kekuasaan yang dilegitimasi, diterima dan dibenarkan dalam suatu masyarakat tertentu pada suatu waktu tertentu sebagai sesuatu yang wajar dan baik. Pikiran dan perilaku yang telah dilegitimasi dalam suatu masyarakat adalah pikiran dan perilaku yang diterima sebagaimana mestinya. Diterima tidaknya pikiran dan perilaku sebagai sesuatu yang wajar adalah hasil pendidikan dan upaya sosialisasi lainnya. Kenyataan sosial, kata Berger dan Luckmann, merupakan ciptaan manusia sendiri: Hasil kegiatan manusia melalui dialektik antara internalisasi kenyataan sosial yang sudah atau mungkin ada dan perwujudannya menjadi kenyataan sosial pada periode berikutnya. Pikiran dan perilaku yang diinternalisasi melalui sosialisasi, diinternalisasi kembali menjadi

pikiran dan perilaku yang dapat dilihat, dirasakan dan dialami sebagai fakta obyektif. Obyektifikasi pikiran dan perilaku ini disebut kenyataan sosial. Melalui proses pendidikan, anak menarik kesimpulan yang semakin digeneralisasi. Bapak marah setiap kali saya main di comberan, dan itu berarti orang tidak boleh main di comberan. Bila kenyataan sosial yang diobyektifikasi terdiri dari pikiran dan perilaku yang sudah ada sebelumnya, masyarakat tidak berubah. Generasi berikutnya berpikir dan berperilaku sama dengan generasi sebelumnya. Perubahan masyarakat terjadi dengan diterima dan diakui wajarnya. Dengan perkataan lain, dilegitimasikannya pikiran dan perilaku baru. Proses perubahan masyarakat terjadi melalui peranan pembawa perubahan (*agents of change*) yang keberhasilannya tergantung dari kemampuannya mengintegrasikan yang baru ke dalam yang lama. Potensi munculnya pembawa perubahan selalu ada: tidak semua anak menjadi orang yang seumur umur tidak pernah main di comberan.

Totalitas pikiran dan perilaku yang dilegitimasi dalam masyarakat mencakup pola pembagian kekuasaan, cara-cara melaksanakan kekuasaan, serta hak dan kewajiban pihak yang berkuasa dan yang dikuasai. Semakin kekuasaan dilegitimasi menjadi kewenangan, semakin ia menjelma menjadi hak untuk memerintah dan kewajiban untuk tunduk pada perintah tersebut. Semakin kekuasaan dilegitimasi menjadi kewenangan, semakin sukarela kemauan dan pikiran sendiri-sendiri diganti atau disesuaikan dengan pikiran dan kemauan orang lain tanpa memerlukan insentif atau paksaan. Pengendalian eksternal perilaku semakin dapat dilaksanakan tanpa tentangan dan konflik.

Weber menggunakan istilah dominasi legal untuk kekuasaan yang dikukuhkan. Dalam hubungan ini terdapat dua pihak, yaitu yang mendominasi dan yang menerima dominasi itu sebagai sesuatu yang masuk akal dan wajar. Perintah pihak yang mendominasi bermaksud dan memang berhasil mempengaruhi perilaku pihak yang didominasi karena isi perintahnya dijadikan patokan perilakunya. Ada beberapa unsur dalam hubungan ini, yaitu: (a) terdapatnya satu atau lebih orang yang mendominasi; (b) terdapat satu atau lebih orang yang didominasi; (c) adanya keinginan pihak yang mendominasi untuk mempengaruhi perilaku pihak yang didominasi dan adanya perintah sebagai pernyataan keinginan tersebut; (d) adanya bukti nyata pengaruh pihak yang mendominasi dalam bentuk perilaku konkret pihak yang didominasi yang sesuai dengan perintah yang mendominasi; (e) adanya bukti diterima baiknya pengaruh yang mendominasi oleh pihak yang didominasi. Di samping mengeluarkan perintah, yang mendominasi berkeyakinan bahwa mereka memiliki kewenangan yang sah untuk memerintah, karena itu, berhak menuntut bahwa perintahnya dituruti. Sebaliknya, tunduknya pihak yang didominasi untuk sebagian dituntun oleh kepercayaan bahwa penguasa dan perintah-perintahnya memang merupakan orde yang sah. Herbert Simon merumuskannya sebagai : Inti kewenangan adalah suruhan pada yang diperintahkan dan menerimanya sebagai hal yang tidak perlu dipersoalkan lagi, dan menjadikannya landasan bertindak. Baik pihak yang memerintah maupun yang diperintah menerima sebuah suruhan sebagai sesuatu yang wajar.

Menurut Weber, terdapat tiga macam tipe murni dominasi. Pertama, disebut dominasi tradisional yang bertumpu pada kepercayaan akan keabsahan dan kebenaran suatu kewenangan yang telah selamanya ada. Lazimnya, pihak yang mendominasi disebut tuan yang memiliki kewenangan pribadi karena kedudukannya. Perintah mereka sah karena dibenarkan oleh adat

atau agama namun mereka juga diberi hak perkenan. Mereka yang didominasi merupakan hamba, tunduk pada tuannya karena kesetiaan pribadi dan/atau karena menghormati kedudukannya.

Kedua, adalah dominasi hukum yang bertumpu pada kepercayaan akan keabsahan dan kebenaran suatu sistem peraturan perundang-undangan yang berlaku sama untuk semua orang. Kepercayaan ini sendiri bertumpu pada keyakinan bahwa semua atau kebanyakan peraturan perundang-undangan dalam sistem tersebut ataupun sistem itu sendiri memenuhi salah satu atau kedua persyaratan berikut: (a) Materinya sesuai dengan nilai dan norma yang dianuti; dan (b) penetapannya sesuai dengan cara-cara yang dianggap wajar. Pihak yang melaksanakan hak memerintah disebut atasan yang berorientasi pada pelestarian orde hukum. Lazimnya, mereka merupakan orang-orang yang dipilih atau ditunjuk melalui prosedur-prosedur yang diakui keabsahannya. Mereka bertindak bukan untuk dan atas nama pribadi tetapi sebagai yang dikuasakan mewakili orde hukum. Pihak yang terkena perintah berkedudukan hukum sama dengan Yang berhak memerintah. Mereka tunduk pada hukum yang berlaku dan tidak pada keinginan pribadi atasan.

Tipe dominasi ketiga diberi nama dominasi kharismatik, yaitu dominasi pribadi seseorang pemimpin terhadap pengikutnya. Dominasi ini dilanjutkan pada keyakinan para pengikut akan sifat-sifat dan kemampuan luar biasa pemimpin, ketampanan, kesaktian, kearifan, kepandaian, kejujuran, keberanian, keterampilan, kekuatan fisik, dan lain sebagainya. Orang yang memiliki kharisma tulen berhasil mendominasi pengikutnya karena sifat dan kemampuannya yang luar biasa. Itu artinya tanpa para pengikutnya terlalu memperdulikan motivasi dari dominasi tradisional atau dominasi hukum karena bersifat luar biasa.

Dominasi memerlukan kelompok atau aparatur administrasi untuk melaksanakan perintah penguasa. Sebaliknya, semua staf atau kelompok administrasi memerlukan dominasi dalam arti bahwa untuk efektivitas aparatur, perlu ditetapkan, satu atau beberapa orang yang diberi hak pengendalian eksternal perilaku staf aparatur administrasi. Kecuali dominasi kharismatik, karena bergantung pada sifat pribadi seseorang tidak mengenal bentuk umum bagi staf pendukung, setiap tipe dominasi didukung oleh staf atau aparatur administratifnya. Dominasi tradisional didukung oleh aparatur yang pejabat-pejabatnya bergantung pribadi pada yang mendominasi. Di dalam suatu patrimoni, wilayah kekuasaan dan segala isinya merupakan rumahtangga pribadi pejabat yang berwenang sehingga keseluruhan stafnya merupakan pembantu rumahtangga. Di dalam ikatan kesetiaan feodal, orang-orang terpercaya tertentu yang masing-masing memiliki atau diberi rumahtangganya sendiri-sendiri, bersumpah setia pada yang dipertuan. Dominasi hukum ditopang oleh aparatur yang dinamakan birokrasi dengan sifat-sifatnya yang khas adalah langgeng, pejabatnya ditundukkan pada peraturan yang membatasi kewenangannya, pengendalian penggunaan wewenang para pejabat dilembagakan, pribadi dipisahkan dari pelaksanaan tugas-tugas resmi, dan demi kepastian hukum mempersyaratkan bahwa untuk berlaku syah, semua transaksi harus tertulis. Tipe-tipe aparatur ini pun merupakan tipe-tipe murni. Semua tipe aparatur terdiri dari orang-orang yang: (a) Terbiasa tunduk pada perintah; (b) bertugas menyelenggarakan dominasi melalui pelaksanaan fungsi-fungsi yang diberikan padanya; dan (c) menyiapkan diri atau dipersiapkan untuk melaksanakan fungsi-fungsi itu.

Dari gambaran tipe-tipe dominasi tersebut jelaslah bahwa semua tipe dominasi bertumpu pada suatu keyakinan: keyakinan pada kebenaran adat dan kebiasaan pada

dominasi tradisional; pada kebenaran hukum pada dominasi hukum, dan keyakinan pada ampuhnya kemampuan pribadi pada dominasi kharismatik. Keyakinan inilah yang merupakan sumber pembenaran atau legitimasi tipe-tipe dominasi itu. Ini berarti bahwa setiap tipe dominasi memiliki pengaman stabilitasnya sendiri-sendiri. Kestabilan sistem tergantung pada mantapnya keyakinan itu. Dominasi tradisional runtuh karena luntumnya ketaatan orang pada adat kebiasaan. Dominasi kharismatik pemimpin berhenti dengan kematiannya. Dominasi hukum jatuh dengan tidak sesuainya materi hukum dan cara penetapannya dengan hati nurani masyarakat. Di dalam setiap tipe dominasi, kestabilan kedudukan pihak yang mendominasi bergantung pada kesesuaian perilakunya dengan tuntutan dasar legitimasinya masing-masing. Semakin seorang tuan melanggar adat kebiasaan, semakin goyah kesetiaan hambanya. Semakin atasan melanggar peraturan, semakin besar alasan para warga untuk menuntunya diganti. Makin pudar sifat-sifat istimewa seseorang pemimpin kharismatik dan makin melemah kemampuannya, makin ia ditinggalkan pengikutnya. Tidak sesuainya perilaku pihak yang berwenang dengan tuntutan legitimasi tipe dominasi masing-masing tidak hanya berdampak negatif pada kedudukannya tetapi juga menggoyahkan kestabilan sistem karena menggoyahkan keyakinan yang mendasari pembenaran sistem itu sendiri.

Weber mengamati bahwa di dalam masyarakat modern, tipe-tipe murni dominasi selalu dipadati secara bersamaan. Baik di dalam masyarakat tradisional maupun masyarakat modern terdapat pemimpin kharismatik; di dalam masyarakat modern terdapat unsur-unsur dominasi tradisional.

Katz dan Kahn menelusuri kemungkinan itu. Menurut kedua penulis ini, pengendalian eksternal perilaku akan dianggap samasekali masuk akal dan wajar, jika terclapat empat kondisi berikut ini.

Pertama, pengendalian harus dilakukan oleh pihak yang diakui dan dengan cara yang dibenarkan oleh pihak yang ingin dikendalikannya. Usaha mengendalikan perilaku hanya diterima sebagai sah oleh yang bersangkutan jika sesuai dengan struktur kewenangan yang berlaku dalam organisasi masyarakat yang bersangkutan. Instruksi yang paling tepat sekalipun tidak akan dilaksanakan jika diperintahkan oleh pihak yang wewenangnya tidak diakui atau diragukan.

Kondisi kedua, bahwa perintah yang diberikan tidak menimbulkan keragu-raguan. Di samping itu, instruksi yang diberikan perlu konsisten dengan instruksi-instruksi lainnya yang juga berlaku. Seandainya instruksi bertentangan dengan instruksi yang lain, perlu dijelaskan yang mana yang harus didahulukan.

Kondisi ketiga, terdapatnya sanksi terhadap pelanggaran instruksi dan peraturan sanksi ini dapat berbentuk sanksi hukum atau sanksi moral masyarakat berupa ungkapan rasa tidak senang. Adanya sanksi merupakan pertanda bahwa orde tradisional atau orde hukum yang berlaku di dalam masyarakat bahwa usaha pengendalian perilaku yang dilakukan oleh yang diwenangkan itu cukup sesuai dengan kehendaknya sehingga usaha melawannya dianggap tidak wajar. Dalam dominasi kharismatik, adanya sanksi menandakan bahwa pemimpin berpandangan bahwa kehendaknya cukup penting untuk menghukum pelanggarnya. Instruksi dan peraturan yang tidak disertai dengan sanksi akan dirasakan sebagai anjuran '

Kondisi keempat, adalah identifikasi dengan organisasi atau masyarakat yang bersangkutan. identifikasi dengan orang lain, organisasi dan masyarakat tertentu berarti berhasrat bersatu dengan orang lain, organisasi dan masyarakat itu. Mengaku beridentitas sebagai anggota keluarga, organisasi dan masyarakat tertentu adalah berkeinginan untuk mengidentikkan diri

dengan organisasi dan masyarakat itu atau sekurang-kurangnya dianggap identik dengan keluarga, organisasi dan masyarakat itu. Mengganggu orang Indonesia berarti mengganggu Indonesia. Ini berarti bahwa semakin besar identifikasi seseorang dengan orang, organisasi, dan masyarakat tertentu, semakin besar kesediaannya untuk dengan sukarela tunduk pada kehendak orang lain, organisasi dan masyarakat itu. Kehendak orang lain, organisasi, dan masyarakat itu merupakan kehendak sendiri.

Jika keempat kondisi obyektif ini terpenuhi, kata Katz dan Kahn, pengendalian eksternal perilaku akan efektif karena dirasakan wajar dan tidak menimbulkan persoalan.