

PENENTUAN PRIORITAS ALTERNATIF PENGELASAN PADA *BODY WELDING* MINIBUS

Ratnanto Fitriadi

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: ratnanto23@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini akan menentukan prioritas alternatif pengerjaan pengelasan di proses body welding minibusi industri karoseri menggunakan pendekatan AHP. Pada proses body welding minibus terdapat empat jenis proses pengelasan yaitu las trafo, las oksasi-asetilen, las CO₂ dan plasma cutting. Struktur hirarki level 1 ada dua kriteria yang dijadikan landasan pemilihan alternatif pengerjaan pengelasan yaitu faktor K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) serta faktor efisiensi proses. Dari faktor K3 bahaya proses pengelasan ada dua yaitu bahaya fisik dan bahaya kimia, sehingga pada level 2 untuk faktor K3 terdiri dari alat keselamatan kerja, kandungan debu, kandungan gas (NO, dan NO₂), dan kandungan logam (Fe, Cd, dan Pb). Dari faktor efisiensi proses yang akan dipertimbangkan adalah konsumsi penggunaan material untuk setiap jenis las dan kemudahan operasi (kompleksitas alat, lay out stasiun kerja, serta skill operator), sehingga pada level 2 untuk faktor efisiensi proses terdiri dari kebutuhan material dan kemudahan operasi. Hasil pembobotan dengan AHP untuk ke 2 stasiun kerja di proses body welding tersebut adalah pada stasiun kerja bodywelding I penggunaan las plasma cutting (0.679) dan Las CO₂ (0.321), sedangkan pada stasiun kerja body welding II penggunaan Las Trafo (0.530), Las CO₂ (0.266), dan Las Oksasi-asetilen (0.204).

Kata kunci: AHP; body welding; K3; karoseri; pengelasan.

Pendahuluan

Perusahaan Karoseri Mobil merupakan salah satu manufaktur yang melibatkan banyak *supplier* dalam proses produksinya. Hampir keseluruhan komponen yang digunakan berasal dari kandungan lokal industri dalam negeri, mulai dari *body part*, interior dan *fiber part*, ban, kaca ataupun komponen kelistrikan. Demikian juga tenaga kerja yang terlibat dalam proses di dalamnya. Salah satu proses yang sangat erat kaitannya dengan keahlian operator adalah proses *body welding*. Pada proses *body welding* minibus terdapat empat jenis proses pengelasan yaitu las trafo, las oksasi-asetilen, las CO₂ dan *plasma cutting*.

Body welding atau yang sering disebut *Main Assy* adalah proses pemasangan kelengkapan dari *componen body* mobil menjadi unit *body* mobil yang utuh sesuai keinginan kustomer, proses ini menerima pasokan dari *componen body* yang telah disiapkan di *sub assy* sesuai dengan jenis/model mobil yang diproduksi. Urutan proses produksi yang terjadi pada tahap ini adalah sebagai berikut :

- *Cutting floor* dan pemasangan *bracket* untuk jok
- *Levelling* dan *setting jig*
- Memasang panel LH dan RH
- Memasang *backdoor*
- Memasang *lower* dan *upper extension*
- Memasang *reardoor*
- Memasang *rearfloor* dan *end-door*
- Memasang *roof*
- *Grinding* dan *finishing body*

Industri otomotif merupakan salah satu industri yang dilihat semakin berkembang, hal ini bisa dilihat dari sisi teknologi, sistem informasi, desain, maupun sistem rantai pasoknya. Sistem rantai pasok mulai dari *supplier* komponen, bahan baku ataupun bahan pembantu, hingga produk tersebut sampai ke konsumen. Begitu banyak komponen yang harus dirakit untuk menjadi satu unit mobil lengkap dan sangat detail. Untuk itu efisiensi dari setiap proses sangatlah penting untuk menekan biaya dan pemborosan. Demikian juga halnya pada proses *body welding* sebagai salah satu departemen perakitan, proses pengelasan merupakan proses utama dengan menggunakan beberapa proses pengelasan. Tetapi selain efisiensi proses yang perlu diperhatikan adalah faktor kesehatan dan keselamatan kerja, proses pengelasan mensyaratkan beberapa hal selain keahlian juga standar keselamatan kerjanya.

Pada penelitian ini akan dilakukan pemilihan prioritas proses pengelasan pada industri karoseri, khususnya pada departemen *body welding* minibus dengan memperhatikan efisiensi proses dan faktor kesehatan keselamatan

kerja. Analisis akan dilakukan pada setiap alternatif proses pengelasan di setiap stasiun kerja yang ada, hal ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi proses pengelasan serta kandungan debu dan asap pada departemen *body welding* minibus.
2. Memberikan prioritas alternatif proses pengelasan yang dapat dilakukan untuk mengakomodasi faktor efisiensi proses dan faktor K3 dengan pendekatan metode *Analytical Hierarchy Process*.

Proses Pengelasan

Proses pengelasan adalah proses penyambungan plat atau logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan. Yaitu dengan cara logam yang akan disambung dipanaskan terlebih dahulu hingga meleleh, kemudian disambung dengan bantuan perekat (*filler*). Atau bisa juga dikatakan sebagai ikatan metalurgi yang timbul akibat adanya gaya tarik antara atom. Berdasarkan pelaksanaannya las dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- Pengelasan Cair, dimana logam induk dan bahan tambahan dipanaskan hingga mencair, kemudian membiarkan keduanya membeku hingga membentuk sambungan.
- Pengelasan Tekan, yaitu dimana kedua logam yang disambung dipanaskan hingga meleleh lalu keduanya ditekan hingga menyambung. Meliputi pengerjaan pengelasan tempa dan pengerjaan pengelasan tahanan (las proyeksi, las titik, dan las kampuh).
- Pematrian, proses ini sama seperti pengelasan cair tetapi penggunaan bahan tambahan (*filler*) mempunyai titik leleh di bawah titik leleh logam induknya. Meliputi pengerjaan pengelasan laser, pengelasan listrik berkas elektron, pengelasan thermit.

Panas dan energi yang dihasilkan pada proses pengelasan akan menyebabkan terjadinya berbagai reaksi kimia dan fisika. Reaksi-reaksi ini akan menghasilkan beberapa zat kimia yang bersifat *toxic* baik yang berbentuk *fume*, debu atau uap, dan radiasi elektromagnetik (*nonionizing radiation*). Untuk melindungi pekerja las dari bahaya-bahaya las (*welding hazards*), berbagai usaha pengendalian perlu dilakukan dan usaha-usaha tersebut meliputi pengendalian secara teknik, administratif, dan pemakaian alat pelindung diri.

Bahaya Las Terhadap Kesehatan

Secara umum bahaya las dapat diklasifikasikan menjadi bahaya fisik (*physical hazards*) dan bahaya kimia (*chemical hazards*).

1. Bahaya Fisik (*Physical Hazards*)

a. *Electrical Shock* (*shock* karena aliran listrik)

Proses pengelasan yang modern biasanya memerlukan aliran listrik dari berbagai voltase dan ampere sebagai sumber energinya. Selain bahaya dari voltase dan ampere, proses jalan masuknya aliran listrik ke dalam tubuh, juga lamanya *shock* berlangsung (*duration of shock*).

b. Radiasi gelombang elektromagnetik

Suhu yang dihasilkan pada las busur listrik dapat mencapai 12.000°F, dan keadaan ini dapat menyebabkan timbulnya radiasi inframerah dan ultraviolet. Pada proses pengelasan logam dengan busur listrik, sebagian dari radiasi ini akan diserap oleh uap dan asap yang dihasilkan dari pembakaran pembungkus elektroda.

Pengaruh radiasi inframerah terutama pada mata dan kulit. Pada mata, radiasi ini dapat menyebabkan lensa mata menjadi keruh bahkan bisa menjadi katarak. Pada kulit, radiasi inframerah dapat menyebabkan pelebaran pembuluh darah, bahkan dapat menyebabkan perubahan warna kulit.

Selain ultraviolet dan inframerah, kerusakan jaringan yang terjadi bisa disebabkan oleh radiasi gelombang mikro dari efek termis yang muncul. Testis atau buah pelir merupakan organ tubuh yang sangat rentan terhadap efek termis radiasi gelombang mikro, pada intensitas yang sangat tinggi gelombang mikro dapat menyebabkan gangguan spermatogenesis dan kemandulan.

c. *Visible Light* (cahaya tampak)

Pengaruh yang nyata pada mata adalah apabila seseorang terkena cahaya yang sangat kuat, maka akan menyebabkan kesilauan dan rasa ketidaknyamanan. Bahkan pada keadaan yang berlangsung terus menerus dan lama dapat menyebabkan kebutaan (*flash blindness*) yang sifatnya reversibel.

d. Bahaya kebakaran (*fire hazards*)

Kebakaran dapat terjadi karena adanya bahan-bahan yang mudah terbakar (bensin, solar, cat, gas asetilen dan lain-lain) dan sumber panas (api, percikan bunga api, logam yang panas dan lain-lain).

e. Bahaya Ledakan (*explosion hazards*)

Ledakan terutama akan terjadi pada pengelasan tangki yang mengandung minyak, gas atau cat yang mudah terbakar.

f. Bahaya Radiasi sinar X atau Gamma

Sinar X atau Gamma terutama digunakan untuk pemeriksaan hasil las, dan secara langsung tidak berhubungan dengan proses pengelasan. Pengaruh sinar X atau sinar Gamma terutama pada sel-sel darah. Pada dosis rendah radiasi yang menahun terhadap radiasi dapat menyebabkan katarak lensa mata dan kemandulan.

g. Partikel-partikel panas yang beterbangan (*flying hot particles*)

Partikel-partikel logam yang panas dan bungan api (*sparks*) yang beterbangan dalam udara tempat kerja adalah berbahaya bagi pekerja. Terak yang panas yang terkelupas dari permukaan logam yang telah dilas dan fragmen-fragmen yang beterbangan dapat menyebabkan luka bakar pada kulit.

- h. Luka Memar (*bruises*)
Selama pengelasan berlangsung tangan operator dapat terjepit atau tertimpa oleh pipa-pipa atau batang-batang logam yang berukuran besar sehingga menyebabkan luka memar.
 - i. Kebisingan (*noises*)
Pengelupasan terak dari permukaan logam yang telah dilas untuk dibersihkan (dengan *hammer*), juga proses pembuatan alur pada sambungan logam. Kegiatan-kegiatan tersebut dapat menimbulkan kebisingan dan intensitas kebisingan terukur dapat mencapai 90 – 100 dB.
- 2. Bahaya Kimia (Chemical Hazards)**
- a. Karbondioksida (CO₂)
 - b. Karbonmonoksida (CO)
 - c. Hidrogen Sulfida (H₂S)
 - d. Nitrogen Dioksida (NO₂)
 - e. Nitric Oxide (NO)
 - f. Ozon (O₃)

Secara lengkap *chemical hazards* kandungan gas dalam asap yang diperbolehkan tercantum pada tabel 2, sedangkan pengukuran dan pengujian hanya dilakukan pada gas NO dan NO₂.

Welding Fumes

- *Fumes* adalah partikel zat padat yang berukuran sangat kecil (<1 Mikron) dan terbentuk bila logam dipanaskan, uap logam yang terbentuk kemudian akan mengalami kondensasi dan oksidasi dalam udara sehingga terbentuk oksida dari logam tersebut.
- Kebanyakan dari proses pengelasan menggunakan bahan fluks untuk membungkus elektroda pada saat pengelasan berlangsung. Fluks tersebut akan mencair dan membentuk terak dan kemudian terak ini akan menutupi logam yang mencair yang terdapat di tempat penyambungan. Fluks tersebut berfungsi sebagai bahan penghambat proses oksidasi.
- Pada pengelasan dengan elektroda ini, berbagai jenis fume dari elektroda pembungkus akan dilepaskan ke dalam udara tempat kerja.
- Sebagai bahan fluks dapat digunakan antara lain misalnya: titanium, oksida, kalsium, karbonat, ferro mangan, mangan dioksida, kalium atau natrium silikat dan lain-lain. Elektroda las biasanya dibungkus dengan campuran dari berbagai bahan fluks, dan jenis campuran yang digunakan adalah tergantung dari penggunaannya.
- Elektroda campuran dapat mengandung flourida dan kromat. Persenyawaan flourida dapat pula ditemukan pada *Low Hydrogen Electrodes*.

Analytical Hierarchy Process

AHP (*Analytical Hierarchy Process*) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Menurut (Saaty, 1980) AHP merupakan metoda pengambilan keputusan yang digunakan pada persoalan kompleks dan tidak terstruktur, dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang mendukung tercapainya tujuan dalam masalah yang akan dipecahkan.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode AHP meliputi :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan penyelesaian yang diinginkan
 2. Membuat struktur hirarki
 3. Membuat matrik perbandingan berpasangan
 4. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.
 5. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki
 6. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan.
 7. Memeriksa konsistensi hirarki. Jika nilainya lebih dari 10 persen maka penilaian dan judgment harus diperbaiki.
- Perhitungan pengujian konsistensi hirarki secara keseluruhan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
1. Perbandingan antara kriteria yang dilakukan untuk seluruh hirarki akan menghasilkan beberapa matriks perbandingan berpasangan. Setiap matriks akan mempunyai beberapa hal sebagai berikut :
 - a. Satu kriteria yang akan menjadi acuan perbandingan antara kriteria pada tingkat hirarki dibawahnya
 - b. Nilai bobot untuk kriteria tujuan tersebut, relatif terhadap kriteria ditingkat lebih tinggi
 - c. Nilai *Consistency index* untuk matriks perbandingan berpasangan tersebut
 - d. Nilai *random index* untuk matriks perbandingan berpasangan tersebut
 2. Melakukan perkalian vektor antara vektor prioritas level kriteria sebagai vektor baruis dengan vektor indeks konsistensi dari level alternatif

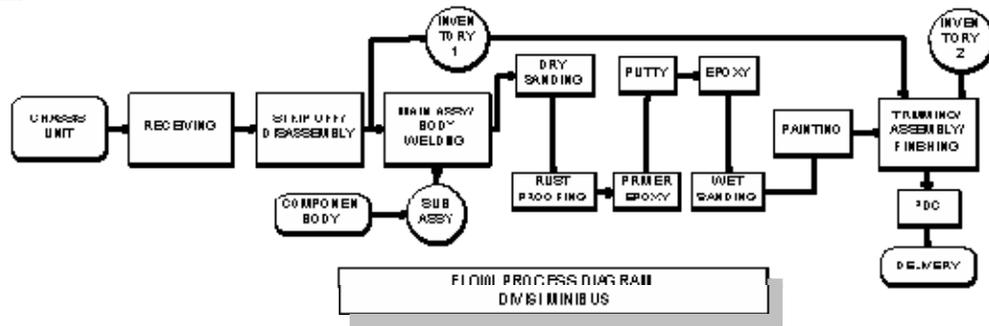
3. Mencari indeks random keseluruhan (M) dengan cara yang sama, mengalikan vektor prioritas level kriteria sebagai vektor kolom baris dengan indeks random dari level alternatif sebagai vektor kolom, kemudian hasilnya ditambah dengan indeks random level kriteria.
4. Nilai rasio konsistensi secara keseluruhan dengan membagi indeks konsistensi keseluruhan (M) dengan indeks random keseluruhan (M^r) sama seperti rasio konsistensi lokal, tingkat CRH yang bisa diterima adalah tidak lebih dari 10 %.

Metodologi Penelitian

- Objek penelitian adalah departemen *body welding* divisi minibus industri karoseri mobil.
- Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi proses pengelasan dan kandungan debu serta asap las, serta menentukan prioritas proses pengelasan dengan mempertimbangkan faktor efisiensi proses dan faktor K3.
- Observasi awal dan persiapan pengumpulan data (instrumen kuesioner dan alat uji/ ukur debu/ asap yaitu HVS *high volume sampler* dan *impinger*)
- Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data
 - Identifikasi: Proses Pengelasan area *body welding* minibus dan Limbah atau kandungan asap/debu.
 - Penyebaran dan pengolahan kuesioner
 - Pengukuran dan pengujian parameter limbah di laboratorium
- Tahap Analisa
 - Penyusunan struktur hirarki dan perhitungan AHP
 - Penentuan prioritas alternatif proses pengelasan
- Kesimpulan hasil

Identifikasi Proses Produksi

Proses produksi pada divisi minibus secara ringkas dapat ditunjukkan pada *flow process diagram* Gambar 2 berikut ini.



Gambar 1. Diagram Aliran Proses pada Divisi Minibus

Identifikasi Limbah Proses

Proses pengelasan departemen *body welding* pada divisi minibus terdiri dari 2 stasiun kerja pengelasan dan 1 stasiun kerja penggerindaan. Limbah proses ini dapat dikategorikan sebagai limbah gas. Tabel 1 berikut memperlihatkan limbah yang terjadi di setiap stasiun kerja departemen *body welding*.

Tabel 1 Identifikasi limbah proses pengelasan *body welding*

Proses produksi	Input	Output	
		utama	limbah
BODY WELDING			
- Persiapan dan <i>cutting floor</i>	<i>Strip Off unit</i> mobil	<i>Body welding 1</i>	Cahaya dan sinar berbahaya las Emisi gas asap las : CO, CO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂
- <i>Levelling</i> dan <i>seting panel</i>	<i>Body welding 1</i>	<i>Body welding 2</i>	Cahaya dan sinar berbahaya las Emisi gas asap las : CO, CO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂
- <i>Grinding</i>	<i>Body welding 2</i>	<i>Body welding</i>	<i>Scrap removal</i> Asap gerinda

Parameter Limbah Proses

Parameter yang diukur pada proses pengelasan adalah sebagai berikut:

- Pada proses pengelasan gas-gas berbahaya yang terjadi diantaranya gas karbon dioksida (CO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂).

Tabel 2 Harga Batas Kandungan Gas dalam Asap Las

GAS	TLV (<i>Threshold Limited Value</i>)	EFEK YANG DITIMBULKAN
CO ₂	5000 ppm	- menurunkan daya penyerapan terhadap oksigen
NO ₂	5 ppm	- menyebabkan kekurangan oksigen (berbahaya bagi sistem syaraf)
CO	50 ppm	- menimbulkan luka-luka pada pipa pernafasan dan paru-paru
NO	25 ppm	- menurunkan daya penyerapan terhadap oksigen
O ₃	0,1 ppm	- menyebabkan kekurangan oksigen (berbahaya bagi sistem syaraf)
		- sesak nafas, pusing, sakit dada dan kekeringan pada pernafasan

Sumber: Wiryosumarto (2000)

Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian gas dan debu pengelasan (tabel 3 & 4) dilakukan di area *body welding* dengan menggunakan peralatan HVS (*High Volume Sampler*) dan *Impinger* untuk mengukur parameter gas dan debu dari beberapa jenis las yang digunakan. Pengukuran bersifat *ambient* dilakukan berulang untuk setiap jenis sampel pada kondisi belum dilakukan aktivitas kerja dan kondisi aktivitas kerja normal.

Tabel 3. Data hasil pengujian gas dan debu pengelasan

No	Titik Sampling	Hasil Pemeriksaan		
		NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	Debu $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
1	Belum ada kegiatan	0,0445	0,0482	10,39
2	Las Trafo (merk ESAB)	0,0769	0,1299	2.223,51
3	Las Oksi-Asetilen	0,0703	0,0896	261,44
4	Las CO ₂	0,0787	0,1838	1.336,43
5	Plasma Cutting	0,1041	0,1841	50.353,78
6	Ambient area welding	0,0617	0,0839	1.312,06

Sumber: Pemeriksaan Laboratorium Teknik Lingkungan STTL Yogyakarta

Tabel 4. Data hasil pengujian kandungan logam pengelasan

No	Titik Sampling	Hasil Pemeriksaan		
		Fe $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Cd $\mu\text{gr}/\text{m}^3$	Pb $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
1	Belum ada kegiatan	1.592	0,018	0,0000
2	Las Trafo (merk ESAB)	11.562	0,041	0,0100
3	Las Oksi-Asetilen	8.127	0,003	0,0010
4	Las CO ₂	6.791	0,104	0,0800
5	Plasma Cutting	20.934	0,065	0,0010
6	Ambient area welding	5.288	0,047	0,0000

Sumber: Pemeriksaan Laboratorium Teknik Lingkungan STTL Yogyakarta

Tabel 5. Harga Batas Kandungan Logam dalam Asap Las

Kandungan Logam	Nilai ambang Batas NAB (mg/m ³)
Pb	0.15 Pb Dust
	0.15 Pb Fumes
Cd	0.1 Cadmium Oxide Fumes
Fe	5.0 Ferrit Oxide Fumes

Sumber: Keselamatan Kerja Depnaker (Diklat Inspektur Las)

Untuk mendapatkan koefisien kandungan debu, Fe, dan Cd yang dikeluarkan oleh setiap jenis las untuk setiap jenis mobil yang diteliti (tabel 6), dilakukan konversi dari *material consumption* las yang diperlukan setiap

jenis mobil dengan hasil pengujian laboratorium.. Sebagai contoh untuk jenis las CO2 diperhitungkan *material consumption* berapa rol kawat las CO2 yang dibutuhkan untuk setiap jenis mobil (data dari departemen *engineering*), demikian juga untuk las oksasi-asetilen diperhitungkan berapa kg tabung yang diperlukan untuk setiap jenis mobil.

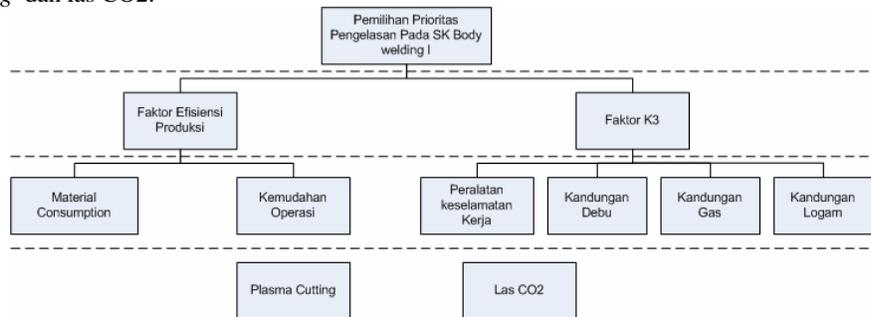
Tabel 6. Data *material consumption* setiap jenis las untuk satu unit mobil minibus (rata-rata)

Jenis Pengelasan	Material Consumption	Dalam satuan
Plasma Cutting	2.1232	meter/unit
Las CO2	0.2528	roll/unit
Las Trafo Elektroda	2.4	batang/unit
Las Oksi-Asetilen	1.05	tube/unit

Hasil Pengolahan Data: Konversi koefisien *Material Consumption*
 Sumber: Departemen Engineering

Penentuan Prioritas Proses Pengelasan dengan AHP Stasiun Kerja I (Body Welding I)

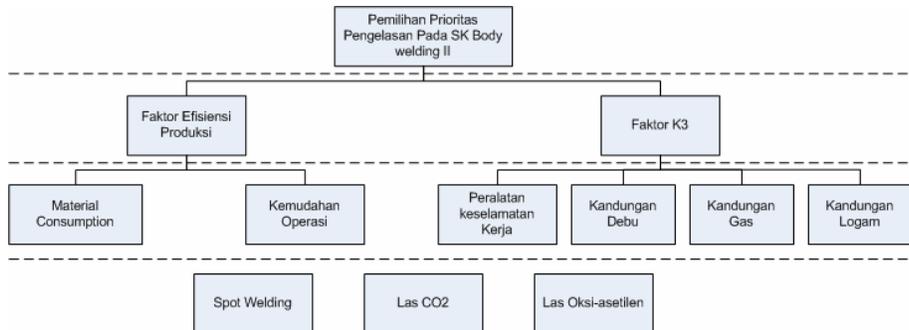
Aktivitas pada stasiun kerja ini adalah *cutting floor* dan *pasang bracket jok*, alternatif las yang dipakai adalah *plasma cutting* dan las CO2.



Gambar 2. Struktur Hirarki Stasiun Kerja *Body Welding I*

Stasiun Kerja II (Body Welding II)

Aktivitas pada stasiun kerja ini adalah *Levelling* dan *Setting Panel (LH/RH, backdoor, reardoor, lower/upper extension, rearfloor, end-door, roof)*, alternatif las yang dipakai adalah *spot welding*, *Las oksasi-asetilen* dan las CO2



Gambar 3. Struktur Hirarki Stasiun Kerja *Body Welding II*

Hasil Pembobotan dan Pembahasan

Tabel 7. Perhitungan akhir pembobotan untuk Stasiun Kerja *Body Welding I*

ALT	KRITERIA						BOBOT AKHIR
	K3				Efisiensi Produksi		
	0.25				0.75		
	Alat K3	Debu	Gas	Logam	Material	Operasi	
Plasma Cutting	0.167	0.333	0.167	0.167	0.750	0.875	0.679
Las CO2	0.833	0.667	0.833	0.833	0.250	0.125	0.321

Tabel 8. Perhitungan akhir pembobotan untuk Stasiun Kerja *Body Welding II*

ALT	KRITERIA						BOBOT AKHIR
	K3				Efisiensi Produksi		
	0.25				0.75		
	Alat K3	Debu	Gas	Logam	Material	Operasi	
	0.279	0.113	0.558	0.050	0.250	0.750	
Las Trafo elektroda	0.625	0.128	0.320	0.122	0.136	0.731	0.530
Las CO2	0.136	0.276	0.122	0.648	0.625	0.188	0.266
Las Oksi-Asetilen	0.238	0.595	0.558	0.230	0.238	0.081	0.204

Kesimpulan

- Kriteria efisiensi produksi memiliki bobot 0.75 dibandingkan faktor K3 yaitu 0.25, hal ini menunjukkan bahwa kriteria ekonomis terkait dengan biaya untuk material dan mendukung kemudahan proses masih menjadi perhatian utama perusahaan dibandingkan kriteria K3.
- Ditinjau dari efisiensi produksi, kemudahan operasi (meliputi cara kerja, kemudahan *handling* peralatan kerja las) lebih mendapatkan perhatian dengan bobot 0.75 dibanding konsumsi material, hal ini menunjukkan bahwa kemudahan operasi lebih signifikan dari sisi kecepatan produksi dan kualitas produk secara umum.
- Pada kriteria K3, faktor gas mempunyai bobot 0.558 (yaitu kandungan gas NO dan NO2 dirasa cukup penting karena efeknya langsung terasa ke lingkungan kerja), kemudian faktor peralatan *safety* kerja dengan bobot 0.279 yang meliputi investasi alat dan penanaman kesadaran ke operator, baru kemudian faktor debu asap las dan kandungan logam (Pb, Cd, dan Fe).
- Pada hasil akhir untuk stasiun kerja *body welding I* peralatan las *plasma cutting* lebih disukai untuk digunakan dengan pertimbangan-pertimbangan di atas dengan bobot 0.679 dibanding las CO2 yaitu 0.321. Sedangkan pada stasiun kerja *body welding II* peralatan las trafo elektroda 0.530, las CO2 0.266, dan las oksi-asetilen 0.204, selain juga penggunaan *spot welding* yang mutlak diperlukan.

Daftar Pustaka

- Adiwibowo, Suryo, (1995), "Sistem Manajemen Lingkungan", *Kursus Audit Lingkungan Hidup, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Lembaga Penelitian Universitas Indonesia (PPSML-LPUI) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL)*, Jakarta
- Anonim, (1997), "Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Tengah nomor 660.1/02/1997 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah", *Biro Bina Lingkungan Hidup Setwilda Tingkat I Jawa Tengah*
- Anonim, 2002, "Auto Alliance Driving Innovation", *The Alliance of Automobile Manufactures*, <http://www.autoalliance.org/environment/cleanfuel.php>
- Ciptomulyono, U., (1996), "Model Multi Objective Goal Programming untuk Optimasi Manajemen Kualitas Lingkungan: Penerapannya Pada Lingkungan Pencemaran Sungai Surabaya", *Majalah IPTEK-ITS*, Vol 12, pp. 12-27
- Ciptomulyono, U., (2001), "Pengembangan Model Multi Objective Programming untuk Minimalisasi Dampak Lingkungan Pengembangan Kapasitas Pembangkit Listrik Sistem Jawa Bali", *Lembaga Penelitian ITS, Surabaya*
- Djajadiningrat, Surya T., (1995), "Kebijaksanaan Lingkungan Hidup", *Kursus Audit Lingkungan Hidup, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Lembaga Penelitian Universitas Indonesia (PPSML-LPUI) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL)*, Jakarta
- Gupta, Surendra M., and Kongar, Elif, (2001), "A Goal Programming Approach to the Remanufacturing Supply Chain Model", Laboratory for Responsible Manufacturing, Departement of MIME Northeastern University Boston.
- Saaty, Thomas L., (1993), "Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin", PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta

Siswanto, A., Haryuti, Chirijah, (1989), “Bahaya Las Terhadap Kesehatan”, *Diklat Inspektur Las Keselamatan Kerja Depnaker (KKD)*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ITS, Surabaya

Tabucanon, M.T., (1988), “*Multiple-criteria Decision Making in Industry*”, Elsevier Science Publishers b.v.

Wiryo Sumarto, Harsono dan Okumura, Toshie, (2000), “*Teknologi Pengelasan Logam*”, PT. Pradnya Paramita, Jakarta