

PENGARUH KECEPATAN DAN TEGANGAN LISTRIK PENGELASAN "BUTT FLASH" TERHADAP LEBAR HAZ DAN WELD SAMBUNGAN LAS BAJA KARBON RENDAH

Sutomo*)

Abstract

Butt Flash Welding was used many steel's factory to produce the metal's sheet like coiling sheet steel. In order to speed up the production of coiling sheet steel, two coils sheet steel will be connected each other by this welding. This sheet will be reduced by TCM (Tandem Cold Milling). Sometimes this processing has trouble and stopped, because this sheet steel was cutout. This problem is caused by the wide of HAZ or weld is too large. The smallest of HAZ and weld will use full. In order to this reason, research would like to know the effective parameter of velocity and voltage of Butt Flash Welding. The result of this research is velocity at $v = 16/24$ mm/sec and voltage at $T=7,86$ volt will produce a smallest of HAZ & Weld.

Key word: Butt Flash Welding, velocity, voltage, HAZ and Weld.

PENDAHULUAN

Butt Flash Welding adalah teknik pengelasan untuk menyambung, menyatukan dua buah pelat yang lebar dengan cara memanaskan kedua ujung pelat. Pemanasan ini terjadi karena adanya arus listrik yang besar dari kedua ujung permukaan pelat. Pada ujung luasan permukaan bagian yang akan disambung terjadi loncatan elektron dalam jumlah yang besar, akibatnya akan timbul panas dengan suhu yang sangat tinggi, sehingga mampu melelehkan permukaan logam yang akan disambung. Dengan terkanan yang diberikan pada kedua permukaan maka kedua permukaan tadi dapat menyatu menjadi satu kesatuan.

Butt Flash Welding ini kebanyakan digunakan pada industri logam yang memproduksi pelat seperti pelat baja yang satu perlu disambung dengan gulungan pelat baja berikutnya, supaya proses dapat berlangsung secara kontinue. Pada proses pengelasan pelat ini, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Parameter-parameter yang berpengaruh diantaranya adalah kecepatan gerakan maju pelat yang akan dilas, percepatan yang diberikan untuk mempercepat waktu proses pengelasan, tegangan listrik antar kedua pelat, sensitivitas pengelasan yang tergantung komposisi material yang akan disambung.

Pada penelitian ini penulis ingin mengetahui parameter kecepatan dan percepatan pengelasan terhadap HAZ maupun lebar weld yang sangat berpengaruh terhadap proses pengerolan dingin di TCM (*Tandem Cold Milling*) untuk direduksi lagi. Apabila lebar HAZ dan lebar *weld* terlalu lebar, maka saat direduksi pelat baja ini dapat sobek, selanjutnya pasti putus, sehingga TCM harus berhenti dulu. Kecuali TCM harus berhenti, masih ada lagi kerusakan-kerusakan yang merembet pada system rolling, sebab dengan putusnya pelat, akan mengakibatkan timbulnya beban nimpak, beban yang tiba-tiba.

Untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter kecepatan dan tegangan listrik operasi pada penjelasan dengan teknik "*Butt Flash*" ini terhadap lebar HAZ (*Heat Affected Zone*) dan lebar *weld*, maka dilakukan penelitian ini sehingga apabila pelat baja ini direduksi dingin tidak retak, sobek atau putus.

Untuk mengetahui kecepatan dari tegangan listrik pengelasan yang tepat diupayakan HAZ dan lebar *weld* didapat sempit.

* Staf Pengajar PSD III Jurusan Mesin UNDIP

TINJAUAN PUSTAKA

Teknik pengelasan dengan *Butt Flash* pada prinsipnya dapat digolongkan ke dalam las resistensi listrik, karena di dalam proses pengelasannya tidak menggunakan kawat las atau elektroda terbungkus fluks sebagai logam pengisi. Pada *Butt Flash Welding* ini, kedua ujung permukaan pelat yang akan dilas diklem atau dijepit oleh tembaga khusus yang juga berfungsi sebagai elektroda las untuk menghantarkan arus listrik.

Semula kedua ujung permukaan plat diatur sesuai dengan lebar dan ketebalan plat yang akan disambung. Kemudian salah satu ujung plat bergerak mendatar dengan kecepatan tertentu, sampai diperoleh jarak yang cukup dekat, sehingga dapat terjadi loncatan elektron yang menimbulkan percikan bunga api. Semakin dekat jaraknya antara kedua pelat, maka semakin besar pula panas yang terjadi, sehingga cukup untuk melelehkan kedua ujung permukaan pelat.

Setelah kedua ujung permukaan yang meleleh saling bersentuhan, maka diberikan tekanan teknik *Butt Flash* dapat dibagi sebagai berikut :

- Persiapan pengelasan
- Awal terjadinya percikan api (*Initial Flash*)
- Percikan api yang besar (*Sustain Flash*)
- Habisnya percikan api, diikuti dengan pemberian tekanan (*Up-Set*)
- Pendingin (*Cooling*)
- Pembersihan bemjolan las (*Trimming*)

Persiapan Pengelasan

Persiapan pengelasan diawali dengan menempatkan pelat yang bergerak (*Movable platen*) pada posisi *gauge bar* (batang pengukur) pada titik paling bawah. Selanjutnya kedua ujung permukaan plat digerakkan sampai menyentuh *gauge bar*. Setelah posisi kedua plat menjadi satu garis dan sama ketinggiannya permukaannya (*level*). Maka ujung plat digerakkan menjauhi *gauge bar* dan berhenti pada posisi kedua yang telah ditentukan sesuai dengan tebal dan lebar plat seperti yang telah ditetapkan pada *Standard Operating Procedure* (SOP). Selanjutnya *gauge bar* diangkat kembali keposisi semula. Posisi kedua inilah yang merupakan posisi awal *movable platen* untuk proses selanjutnya.

Initial Flash

Initial Flash dimulai dengan Bergeraknya *movable platen* ke depan mendekati *fix platen* dengan kecepatan tertentu, yang secara otomatis telah diatur oleh *control box* yaitu adaptamatic. Tegangan atau arus listrik dari trafo diberikan kepada kedua ujung plat, yaitu *movable platen* dan *fix platen*, supaya terjadi bunga api karena adanya loncatan elektron. Percikan bunga api yang terjadi pada saat *initial flash*, masih belum besar karena jarak antara kedua ujung pelat dekat sekali.

Sustain Flash

Sustain Flash dimulai dari *movable platen* pada posisi awal *sustained flash*, yaitu posisi setelah proses *initial flash* berakhir. Pada keadaan ini terjadilah aliran arus listrik yang besar, sehingga timbul bunga api yang besar dan panas tinggi yang mampu melelehkan kedua ujung permukaan pelat *movable platen* dan *fix platen*. Arus listrik mengalir menjadi sangat besar, karena semakin lama jarak antara kedua ujung permukaan pelat menjadi sangat dekat sehingga jumlah loncatan elektron bertambah banyak.

Upset

Upset dimulai setelah proses *sustain flash* selesai yaitu pada saat kedua ujung plat yang meleleh saling bersentuhan yang disertai dengan kecepatan gerak dan hentakan tertentu. Hal ini akan mengakibatkan kedua ujung permukaan pelat dapat tersambung menjadi satu kesatuan. Saat up-set, movable platen bergerak dengan gaya tekan yang cukup besar, sehingga dalam waktu yang singkat kedua ujung plat yang meleleh dapat menyatu.

Cooling

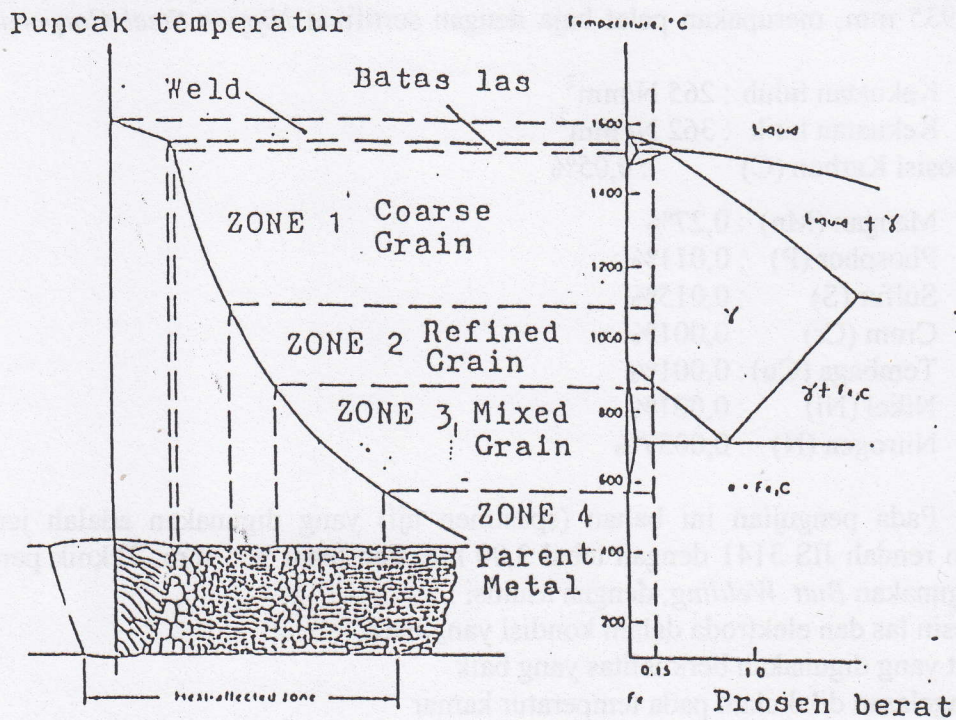
Cooling adalah proses pendingin yang terjadi setelah pengerjaan penelasan selesai. Melalui hembusan angin dari kompressor dan perpindahan panas konduksi oleh massa *clamping die* (penjepit) yang cukup besar untuk menyerap panas akibat pengelasan sehingga cepat dingin.

Akibat terjadinya siklus panas tadi maka akan terbentuk tiga bagian atau daerah, yaitu:

1. Daerah lebur (*Fusin Zone*)
2. daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone/HAZ*)
3. Logam induk (*Base Metal*)

1. Daerah Lebur (*Fusin Zone*)

Proses pendinginan lasam, kejadiannya mirip dengan proses pendinginan pada cetakan seperti gambar 1. Logam cair pada dinding cetakan akan mengalami pendinginan paling awal, dengan kecepatan pendinginan yang relatif lebih tinggi maka butir-butir yang terbentuk akan lebih halus. Butir-butir berikutnya adalah butir-butir yang berbentuk memanjang struktur kolom (*Columnar Structure*), sedangkan bagian tengah butir-butirannya berbentuk *equiaxial*, karena kecepatan pendinginannya relatif lebih lambat.



Gambar 1 - Pengaruh siklus pemanasan terhadap perubahan fasa daerah HAZ
Sumber, Higgins RA, 1993

2. Daerah Pengaruh panas (HAZ)

Pada daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*) tidak mengalami proses peleburan, tetapi mengalami proses pemanasan yang cukup tinggi, sehingga terjadi pertumbuhan butir-butir yang sebanding dengan tingginya temperatur pemanasan. Keberadaan butir-butir dan fasa-fasa karena siklus pemanasan ini, untuk baja karbon rendah dapat diikuti berdasarkan gambar 2 adalah sebagai berikut :

a. Daerah temperatur T3-T4 (Zone 1)

Pada daerah ini menunjukkan struktur Widmanstatten

Dengan butir-butir yang kasar (*Coarse Grain*) karena pemanasan sampai daerah *austenit* atas. Struktur mikro di daerah ini seperti pada gambar 3.a. menunjukkan struktur Widmanstatten dengan ketangguhan patah yang rendah (*fracture toughness*)

b. Daerah temperatur T2-T3 (Zone 2)

Karena daerah ini pemansannya lebih rendah dari pada zona 1, maka pada daerah ini menghasilkan struktur mikro dengan butir-butir yang halus (*refine grain*) seperti pada gambar 3.b. Struktur mikro yang terbentuk mempunyai keuletan dan kuat tarik yang tinggi dan tidak sensitif terhadap ketangguhan takik (*notch brittleness*)

c. daerah temperatur T1-T2 (Zone 3)

Daerah ini mengalami pemanasan hanya sampai di atas temperatur kritis bawah, sehingga fasa *ferit* yang ada tidak berubah, tetapi fasa *perlit* akan larut kedalam *austenit*. Sehingga bila didinginkan akan membentuk *semenit globular* seperti pada gambar 3.c. mempunyai keuletan cukup baik. Tetapi pada proses pendinginan yang cepat dapat menghasilkan fasa *martensit* yang keras dan rapuh.

METODOLOGI

Bahan penelitian

Spesimen uji digunakan adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 3,0 mm, lebar 935 mm, merupakan pelat baja dengan sertifikat *Nippon Steel Corporation JIS 3141* :

Kekuatan luluh : 265 N/mm²

Kekuatan tarik : 362 N/mm²

Komposisi Karbon (C) : 0,05%

Mangan (Mn) : 0,27%

Phosphor (P) : 0,011%

Sulfur (S) : 0,015%

Crom (Cr) : 0,001%

Tembaga (Cu) : 0,001%

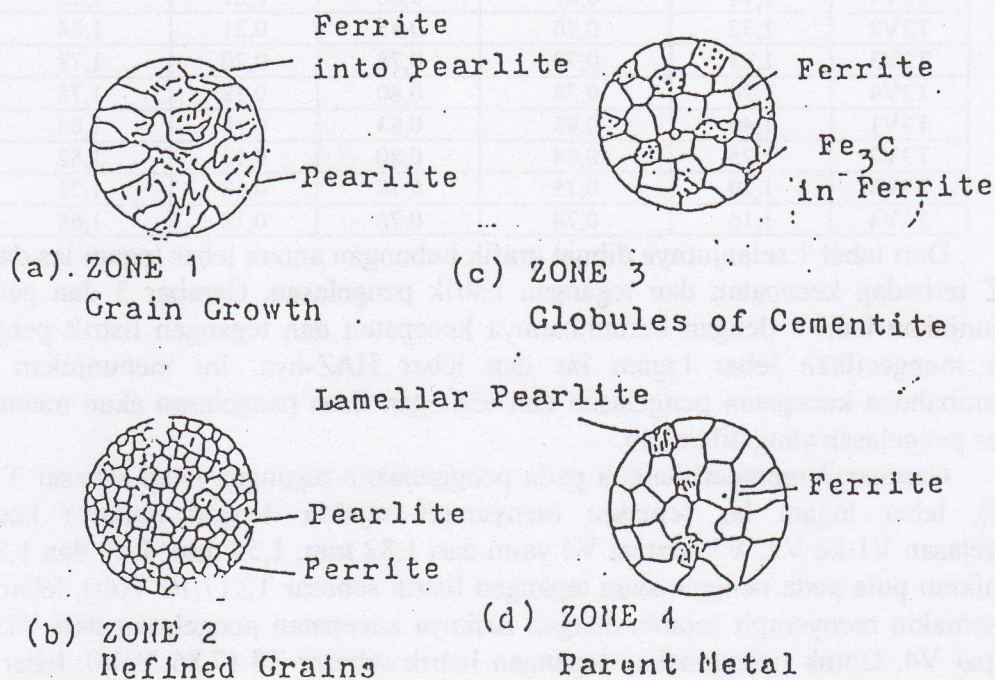
Nikel (Ni) : 0,001%

Nitrogen (N) : 0,0037%

Pada pengujian ini bahan (spesimen uji) yang digunakan adalah jenis baja karbon rendah JIS 3141 dengan tebal 3,00 mm dan lebar 935 mm. Teknik pengelasan menggunakan *Butt Welding*, dengan asumsi :

- Mesin las dan elektroda dalam kondisi yang baik
- Plat yang digunakan berkualitas yang baik
- Pengelasan dilakukan pada temperatur kamar
- Operasi pengelasan berjalan dengan baik

Parameter pengelasan lainnya dibuat tetap misalnya sensitivitas (*sensitivity*) dan percepatan.



Gambar 2 - Struktur mikro daerah Haz
Sumber, Higgins RA, 1993

Metode penelitian dilakukan dengan cara pengamatan langsung dipabrik, memilih bahan yang sering digunakan yaitu baja karbon rendah. Selanjutnya dilakukan pengelasan sesuai dengan variasi parameter yang direncanakan untuk membuat benda uji. Setiap pelat sambungan las dibagi 3 (tiga) bagian, yaitu tepi kanan, tengah dan tepi kiri untuk pengambilan spesimen uji. Berdasarkan pertimbangan adanya proses pembuatan pelat sebelum masuk keproses pengelasan, maka perlu diambil spesimen uji yang benar tempatnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran lebar *weld metal* (logam las) dan HAZ (*Heat Affected Zone*) dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik yang dilengkapi dengan alat ukur (skala) pada pembesaran 500 x, dengan pembesaran ini maka dengan mudah dapat diamati (ukur) lebar logam las dan HAZ yang terdiri dari daerah *coarse grain*, *fine grain* dan *mix grain* yang terbentuk pada sambungan las dan setiap daerah diambil 3 (tiga) lokasi pengukuran kemudian hasil pengukuran ini dibuat harga rata-ratanya seperti terlihat pada Tabel 1 dibawah ini perlu dilakuakn untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh hubungan antara lebar logam las dan daerah pengaruh panas (HAZ) yang terbentuk akibat proses pengelasan dengan sistem *Butt Flash* terhadap pengaruh panas yang terjadi dan terhadap sifat mekanik sambungan lasnya.

Tabel 1 - Hasil Pengukuran Rata-rata Lebar *Weld* dan HAZ

Spesimen	<i>Weld Metal</i> (mm)	<i>Coarse Grain</i> (mm)	<i>Fine Grain</i> (mm)	<i>Mix Grain</i> (mm)	Lebar HAZ (mm)
T1V1	1,82	0,89	0,86	0,21	1,95
T1V2	1,55	0,85	0,85	0,20	1,90
T1V3	1,30	0,79	0,84	0,19	1,81
T1V4	1,25	0,78	0,80	0,19	1,77
T2V1	1,70	0,81	0,88	0,21	1,90
T2V2	1,52	0,78	0,85	0,21	1,84
T2V3	1,23	0,79	0,78	0,20	1,78
T2V4	1,20	0,78	0,80	0,18	1,75
T3V1	1,40	0,83	0,83	0,18	1,84
T3V2	1,25	0,84	0,80	0,18	1,82
T3V3	1,20	0,75	0,78	0,18	1,71
T3V4	1,16	0,74	0,76	0,18	1,68

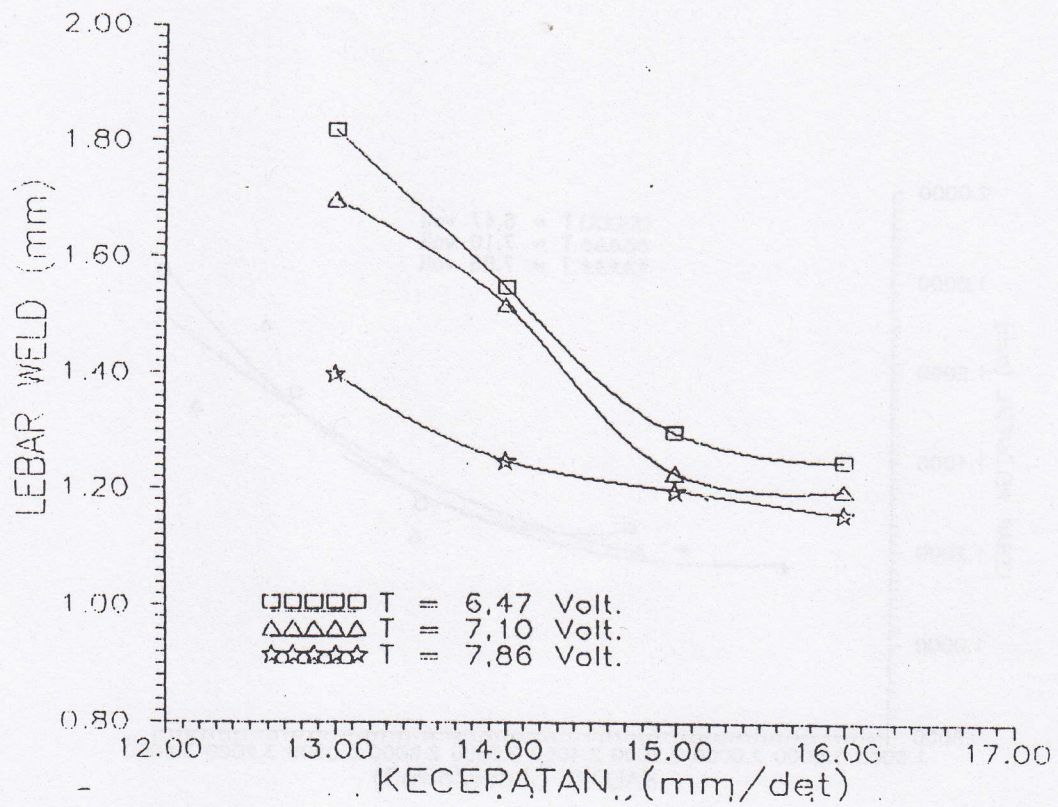
Dari tabel 1 selanjutnya dibuat grafik hubungan antara lebar logam las dan lebar HAZ terhadap kecepatan dan tegangan listrik pengelasan. Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kecepatan dan tegangan listrik pengelasan akan mengecilkan lebar logam las dan lebar HAZ-nya. Ini menunjukkan bahwa bertambahnya kecepatan pengelasan dan tegangan listrik pengelasan akan menurunkan panas pengelasan yang diberikan.

Gambar 3 memperlihatkan pada penggunaan tegangan tetap sebesar T1 (6,47 Volt), lebar logam las semakin menyempit sejalan dengan naiknya kecepatan pengelasan V1 ke V2, V3 sampai V4 yaitu dari 1,82 mm, 1,55 mm, 1,30 dan 1,25 mm. Demikian pula pada penggunaan tegangan listrik sebesar T2 (7,10 Volt), lebar logam las semakin menyempit sejalan dengan naiknya kecepatan pengelasan dari V1, V2, V3 sampai V4. Untuk penggunaan tegangan listrik sebesar T3 (7,86 Volt), lebar logam lasnya semakin menyempit pula sejalan dengan naiknya kecepatan pengelasan, akan tetapi selisih turunnya tidak terlalu besar.

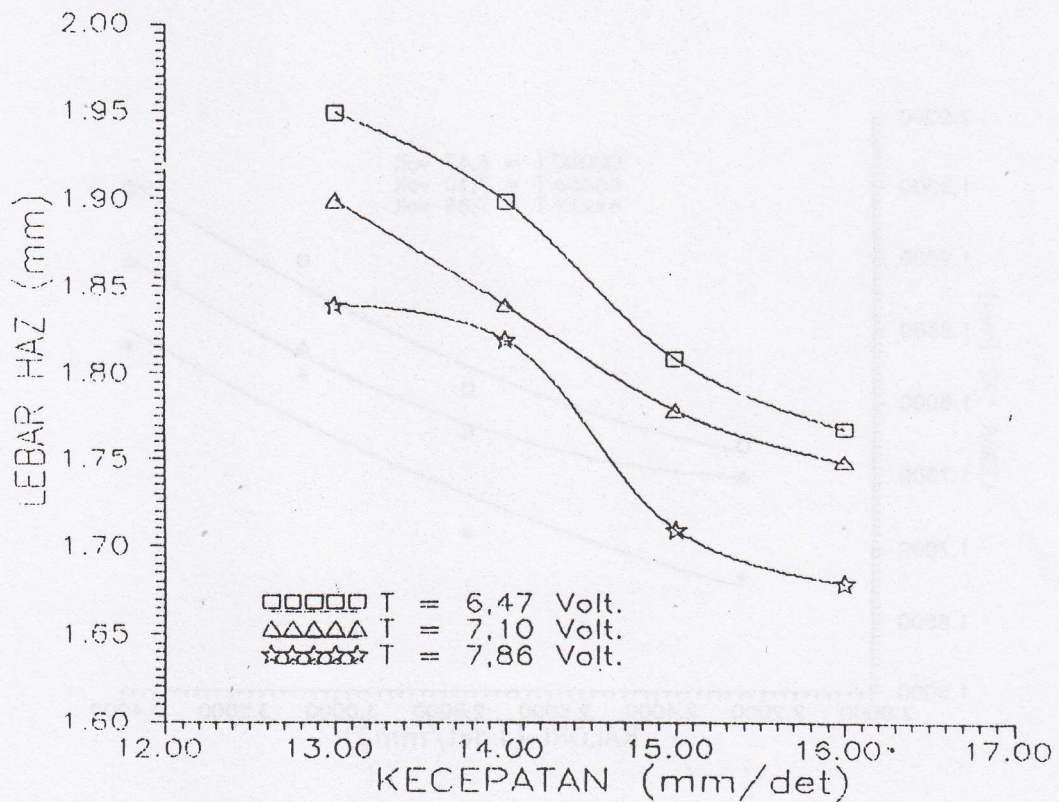
Gambar 4 menunjukkan bahwa pada penggunaan tegangan tetap sebesar T1 (6,47 Volt), lebar HAZ-nya semakin menyempit sejalan dengan semakin naiknya kecepatan pengelasan dari V1 ke V2, V3 sampai, yaitu dari 1,95 mm, 1,90 mm, 1,81 mm dan 1,77 mm. Demikian pula pada penggunaan tegangan tetap sebesar T2 (7,10 Volt) dan T3 (7,86 Volt), lebar HAZ-nya semakin menyempit sejalan dengan semakin naiknya kecepatan pengelasan dari V1 ke V2 sampai V3 dan V4.

Gambar 5 menunjukkan bahwa naiknya masukan panas akan memperluas lebar *weld* (logam las), sehingga sambungan las kurang baik. Terutama pada penggunaan tegangan tetap sebesar T1 (7,46 Volt) dengan naiknya kecepatan pengelasan maka ini maka menghasilkan masukan panas yang semakin besar pula. Besarnya laju masukan panas ini mengakibatkan lebar logam lasnya semakin lebar pula. Besarnya laju masukan panas ini mengakibatkan lebar logam lasnya semakin lebar pula. Seperti terlihat pada penggunaan tegangan listrik sebesar T1 pada laju masukan panas sebesar $(Q) = 3,3902 \text{ J mm}^3/\text{det}$, lebar logam lasnya sebesar 1,82 mm: $Q = 3,0671 \text{ J mm}^3/\text{det}$ lebar logam lasnya sebesar 1,55 mm; $Q = 2,7589 \text{ J mm}^3/\text{det}$ lebar logam lasnya sebesar 1,30 mm dan $Q = 2,2404 \text{ J mm}^3/\text{det}$ dan lebar logam lasnya sebesar 1,25 mm. Demikian pula pada penggunaan tegangan listrik sebesar T2 (7,10 Volt) dan T3 (7,86 Volt) semakin naik laju masukan panas maka semakin lebar pula logam lasnya, namun kenaikannya tidak terlalu tinggi seperti pada penggunaan tegangan T1.

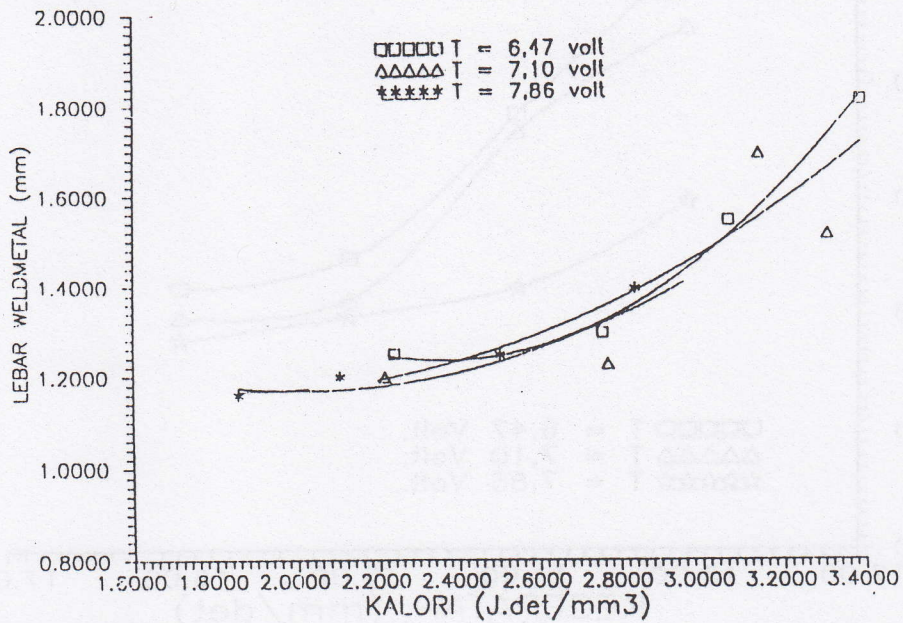
Demikian pula pada gambar 6 kelihatan bahwa semakin naik kecepatan dan tegangan listrik pengelasan maka semakin besar pula laju masukan panas yang diperoleh, akibat laju masukan panas yang diperoleh semakin besar maka lebar HAZnya semakin besar pula.



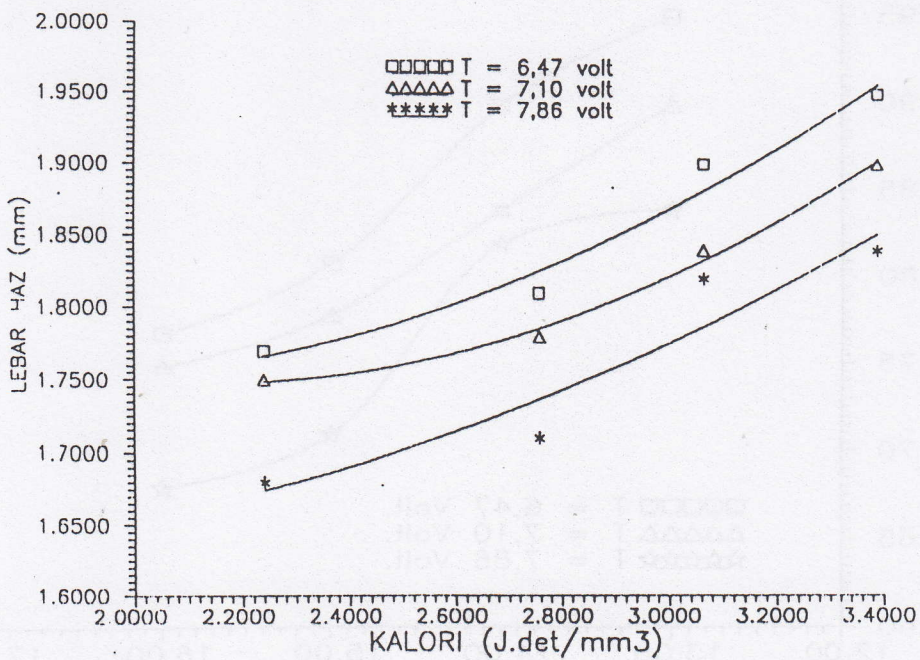
Gambar 3 - Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Lebar Logam Las (*Weld Metal*)



Gambar 4 - Grafik Hubungan Antara Kecepatan dan Lebar HAZ



Gambar 5 - Grafik Hubungan Antara laju panas dengan lebar logam las (*Weld Metal*)



Gambar 6 - Grafik hubungan laju masukan dengan lebar HAZ

Tabel 1 diatas memperlihatkan perubahan lebar logam las dan HAZ akibat adanya variasi masukan panas yang besarnya tergantung dari variabel pengelasan yaitu variasi antara kecepatan pengelasan (*Velocity*) dengan tegangan listrik pengelasan (*Tap*), ini akan menyebabkan perubahan butir kristal logam dasarnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada pengamatan struktur mikro terlihat bahwa logam las (*weld*) dan lebar HAZ (*Heat Affected Zone*) yang terdiri dari *coarse grain*, *fine grain*, dan *mixed grain*, ternyata ada kecenderungan menurun atau menyempit dengan naiknya kecepatan-kecepatan V_4 tegangan matrik T_3 maupun percepatan pengelasan.

Menyempitnya Haz dan *weld* akan menaikkan mampu reduksi dengan rol dingin.

Paling sempit lebar *weld* maupun lebar HAZ terjadi pada T_3V_4 .

$T_3 = 7,86$ Volt, $V_4 = 16/24$ mm/det, lebar HAZ = 1,68 mm lebar *weld* = 1,16 mm.

Supaya lebar *weld* dan lebar HAZ sempit sehingga baik atau siap masuk di TCM (*Tandem Cold Milling*), maka sebaiknya diusahakan supaya kecepatan $V = 16/24$ mm/det dan tegangan untuk $T = 7,86$ Volt.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clecim S.b., 1986, Solder Training, P.T. CRMI
2. Clecim S.b., 1986, Training Materials Chasic, P.T. CRMI
3. Dieter George E., Sriati Djaprie, 1987, Metallurgi Mekanik, Erlangga, Jakarta
4. Flemings, 1974, Solidification Processing, Mc Graw Hill, USA
5. Higgins, R.A., 1993, Engineering Metallurgy Applied Physical Metallurgy, Edward Aenold, London
6. Smallman R.E., Sriati Djaprie, 1991, Metellurgy Fisik Modern, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
7. Sutomo, 1996, Thesis S2, Jakarta
8. Toshie Okumura dan Harsono Wiryosumarto, 1981, Teknologi Pengelasan Logam P.T. Pradnya Paramita Jakarta
9. Van Vlack, 1980, Element of Materials Science & Engineer Fourth Edition, Addison Wesley Publishing Company, Philippines.