

PENGARUH BENTUK KAMPUH TERHADAP
KUALITAS DEPOSIT DAN EFISIENSI SAMBUNGAN
LAS BUSUR PADA BAHAN ST 37

Sudarisman *)

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate the effect of welding groove type on the quality of welding deposit and joint efficiency. I and V groves, and thickness of 5 mm, 8.5 mm and 11 mm were chosen due to their common used in general structures. There are fourteen specimens that consist of six I-grove, six V-grove, and two unwelded specimens. Every I-grove and V-grove specimen consists of two specimens of each thickness, while the two unwelded specimens function as reference strength for determining joint efficiencies.

After being joined using arc welding technique, the specimens were etched and inspected to investigate whether there is any surface defect or not. The next steps are forming the specimens according to standard test geometry and dimensions, and stretching them using a universal testing machine to determine their strength and calculate joint efficiencies. The macro-structure data were then presented in a table, while joint-efficiency data were analyzed using two-way analysis of variance.

The result shows that: (1) there is no significant difference in both joint efficiency even at 95 percent confident interval and depositing quality between the used two groves, (2) there is significant interaction between the two groves in determining joint efficiency at 95 percent confident interval only.

Key words: arc welding, I and V groves, deposit quality, joint efficiency.

PENDAHULUAN

Karena keunggulannya dibandingkan dengan teknik sambungan keling (*riveted joint*) maupun sambungan sekerup (*bolted joint*), maka penyambungan logam dengan teknik pengelasan dengan berbagai bentuk kampuhnya makin banyak digunakan. Perkembangan tersebut juga diikuti dengan perkembangan teknik pengelasan sesuai dengan keluasan bidang pemakaian konstruksi las, yang masing-masing menuntut kondisi yang spesifik (Oates, 1975: 13). Pemilihan bentuk kampuh las selanjutnya ditentukan oleh tebal bahan serta bentuk dan sifat pembebanan yang harus diterima pada konstruksi.

Efisiensi sambungan adalah oleh perbandingan kekuatan bahan induk tanpa sambungan dengan kekuatannya dengan sambungan (Wiryosumarto, 1979: 188). Efisiensi sambungan yang tinggi bisa didapat bila pada sambungan tidak terjadi pelemahan akibat perlakuan selama proses penyambungan. Pada sambungan las pelemahan dapat disebabkan oleh terjadinya diskontinuitas, baik diskontinuitas bentuk (*geometric discontinuity*) maupun diskontinuitas sifat-sifat mekanis (*mechanical properties discontinuity*) pada sambungan maupun daerah di sekitarnya.

Diskontinuitas bentuk dapat dihindari bila pengisian bahan tambah dapat terjadi dengan sempurna, artinya tidak terdapat rongga-rongga udara dan atau retak-retak halus yang titik-titik ujungnya

*) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Univ. Muhammadiyah Yogyakarta

merupakan sumber terjadinya konsentrasi tegangan. Sedangkan diskontinuitas sifat mekanis dapat dicegah dengan memilih bahan tambah yang memiliki sifat-sifat yang sama atau mendekati sifat bahan induk, sehingga sumber konsentrasi tegangan dapat ditekan menjadi sekecil mungkin.

Perumusan Masalah

Berdasar pada bentuk dan sifat pembebanan tertentu yang akan diderita oleh suatu struktur serta tebal plat yang telah dipilih sesuai dengan rancangan, pemilihan dengan tepat jenis tertentu dari masing-masing faktor lain yang terkait dengan pelaksanaan konstruksi menjadi sangat esensial. Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini hanya pengelasan dengan busur listrik dengan elektroda terbungkus untuk posisi pengelasan di bawah tangan. Pada penelitian ini terdapat dua parameter, yaitu: (1) bentuk kampuh las yang dipilih yakni kampuh I dan kampuh V; (2) tebal bahan induk dipilih 5 mm, 8,5 mm dan 11 mm. Dari kedua parameter tersebut dapat diperoleh 6 kombinasi proses pembuatan sambungan.

Sehingga secara spesifik, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: kombinasi desain dan proses pengelasan yang manakah yang akan menghasilkan deposit bahan tambah yang terbaik dan efisiensi kekuatan sambungan tertinggi.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tebal plat yang manakah diantara kampuh I dan kampuh V yang menghasilkan: (1) deposit las yang lebih baik, (2) efisiensi sambungan yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pemilihan bentuk kampuh yang terbaik untuk memperoleh efisiensi sambungan yang tinggi pada konstruksi-konstruksi sambungan las dengan pembebanan tarik. Efisiensi sambungan yang tinggi berarti keamanan dan keselamatan konstruksi yang sangat penting dalam perancangan lebih terjamin.

LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS

Las Busur Listrik dengan Elektroda Terbungkus

Dibandingkan dengan las oksasi-asetilin, pengelasan dengan busur listrik dengan elektroda terbungkus memiliki kelebihan yaitu dapat mencapai suhu lebih tinggi sehingga bahan yang dilas dapat lebih tebal, dan laju penimbunan bahan pengisi yang tinggi sehingga daerah terpengaruh panasnya (*heat affected zone*) menjadi sempit sehingga kemungkinan terjadinya perubahan bentuk dan tegangan sisa lebih kecil.

Untuk pengelasan besi lunak dengan tebal 5 mm dan 8,5 mm atau $3/16$ in. dan $5/16$ in. digunakan elektroda dengan nomor kode E6010 (Oates, 1975: 105), sedangkan untuk plat dengan tebal 11 mm digunakan elektroda dengan nomor kode E6012 (Oates, 1975: 106).

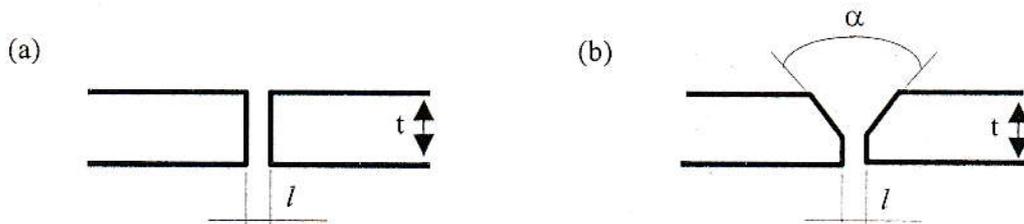
Kampuh Las dan Penerapannya

Pemilihan bentuk kampuh las ditentukan oleh bentuk dan jenis pembebanan serta tebal bahan yang akan dilas. Dalam hal ini Oates (1975: 43) mengemukakan:

The plain butt joint is suitable for all usual loads and requires full and complete fusion, The thickness of plate for which the plain butt joint is used is generally 3/8 inch or lighter, although this type of joint is suitable also for plates of other thicknesses.

The single-V butt joint is suitable for all usual load conditions. It is generally employed for plate thickness considerably greater than the plain butt joint's, ..., although its use in thinner plate is not unusual.

Bentuk kampuh las dan peletakannya pada waktu pengelasan ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 1. Sambungan Tumpul

(a) Kampuh I, (b) Kampuh V, t = tebal pelat, l = lebar celah, α = sudut alur = 70°

Kualitas Hasil Las

Menurut Smith (1981: 298), kualitas hasil pengelasan ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi kualitas geometrik dan metalurgik, yang kemudian menentukan kualitas sifat mekanik sambungan. Dalam penelitian ini efisiensi kekuatan sambungan sebagai faktor sifat mekanis juga akan diuji secara tersendiri.

Hipotesis

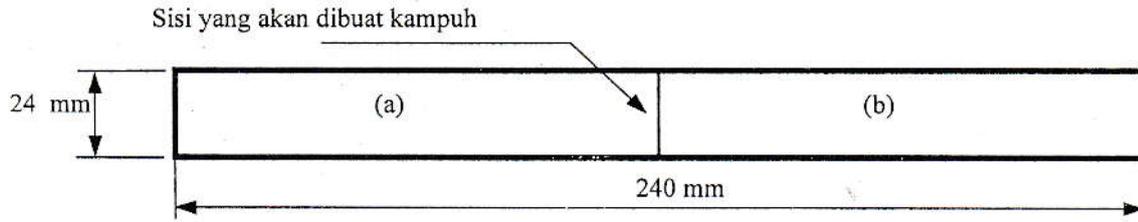
Karena perbedaan geometri ruang deposit bahan pengisi, maka dimungkinkan adanya perbedaan kesempurnaan kualitas deposit yang selanjutnya menyebabkan perbedaan sifat mekanis sambungan. Dengan memperhatikan geometri ruang deposit, maka dapat dikemukakan hipotesis alternatif pada penelitian ini, sebagai berikut: 'Terdapat perbedaan kekuatan mekanis sambungan antara penggunaan kampuh I dengan kampuh V, dengan kampuh V memberikan hasil yang lebih baik'.

EKSPERIMEN

Peralatan dan Bahan yang Digunakan

Untuk membuat kampuh las digunakan: gergaji besi, ragum sejajar, mistar baja, penyiku, penggores, kikir, dan mesin gerinda atau poles. Untuk penjepitan digunakan klem C dan klem F. Sedangkan untuk pengelasan digunakan mesin las busur listrik OTC- AC Arc Welder, model KR 400, voltase 380V, arus sekunder 400A pada frekuensi 50 Hz, input primer 33kVA / 19kW, voltase pada beban maksimum: 81V dengan voltase pembebanan rata-rata 40V, beserta tang las lengkap dengan kabel penghantarnya. Disamping itu juga digunakan alat bantu berupa meja pengelasan, martil besi, serta perlengkapan keselamatan kerja, yaitu sarung tangan las dan masker.

Bahan yang digunakan berupa bahan spesimen dan bahan pengisi. Spesimen terdiri atas tiga macam ketebalan yakni 5 mm, 8,5 mm dan 11 mm, 2 pasang untuk setiap jenis kampuh, sehingga seluruhnya diperlukan 12 pasang yang kemudian di las. Disamping itu ditambah dua batang yang utuh tanpa sambungan las sebagai referensi kekuatan bahan induk tanpa sambungan. Ukuran sepasang spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.

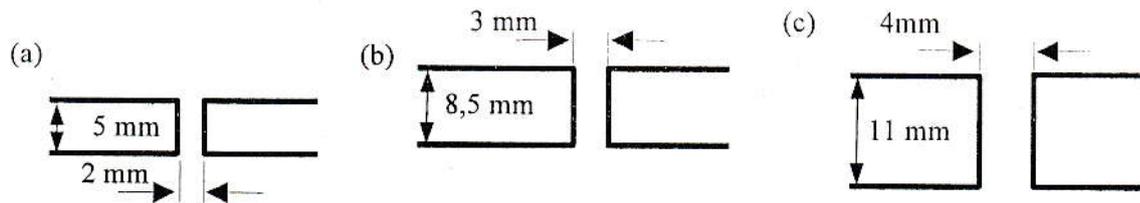


Gambar 2. Pandangan Depan Sepasang Spesimen

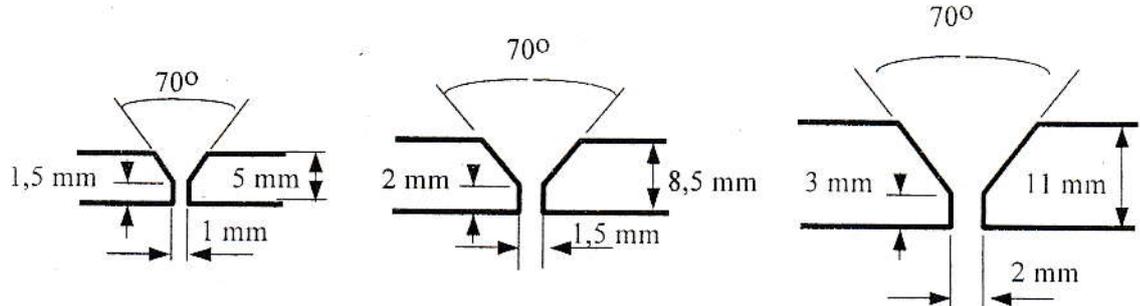
Sedangkan sebagai bahan pengisi digunakan elektrode dari Kobe Steel Welding Electrodes, berkadar titania tinggi yang diselubungi dengan RB 26 (RB 26 Type of Covering High Titania), dari klasifikasi JIS D4313 atau AWS E 60/13.

Bentuk dan Ukuran Kampuh

Lebar celah kampuh I untuk ketiga ketebalan bahan yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 3, sedangkan untuk kampuh V ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Lebar Celah Kampuh I



Gambar 4. Ukuran Kampuh atau Alur Las V

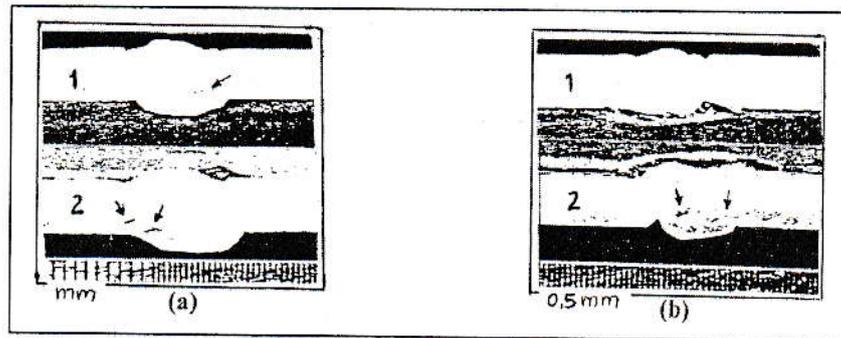
Pembuatan Kampuh Las

Proses pembuatan alur las dilakukan dengan dua tahap, yakni pengerjaan secara manual dan pengerjaan dengan mesin. Pengerjaan secara manual berupa penyiapan bahan sampai dengan diperoleh bentuk kasar alur las yang diinginkan. Spesimen beralur kasar tersebut kemudian dikerjakan dengan mesin gerinda permukaan, yakni penggerindaan alur las memperoleh bentuk dan ukuran alur yang teliti.

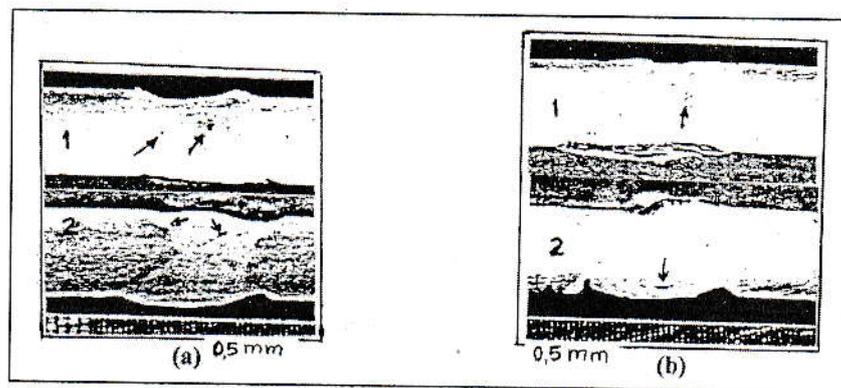
Pengelasan

Pengelasan dilakukan di bengkel (*workshop*) fabrikasi logam Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK UNY. Sepasang spesimen yang akan dilas diletakkan pada meja las dengan posisi yang diatur kemudian diklem dengan klem C atau klem F sehingga memberikan celah las yang diinginkan. Pada kedua ujung alur kemudian dilakukan las ikat (*tack welding*). Semua pengelasan dilakukan pada posisi di bawah tangan (*down-hand*). Urutan deposit yang digunakan adalah deposit anyam.

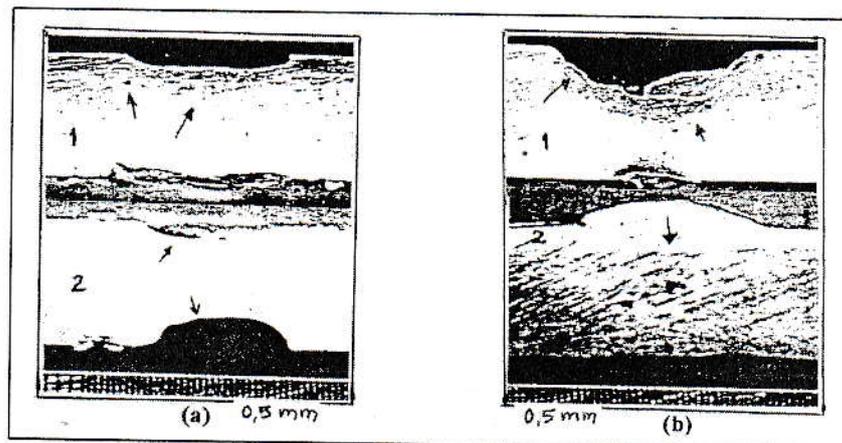
Untuk ketebalan spesimen 5 mm dilakukan dengan tiga kali jalan, ketebalan 8,5 mm dengan lima kali jalan, dan untuk ketebalan 11 mm dilakukan dengan tujuh kali jalan. Dengan prosedur seperti tersebut di atas diperoleh sambungan-sambungan las seperti pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8 berikut.



Gambar 6. Tebal 5 mm : (a) Kampuh I, (b) Kampuh V



Gambar 7. Tebal 8,5 mm : (a) Kampuh I, (b) Kampuh V

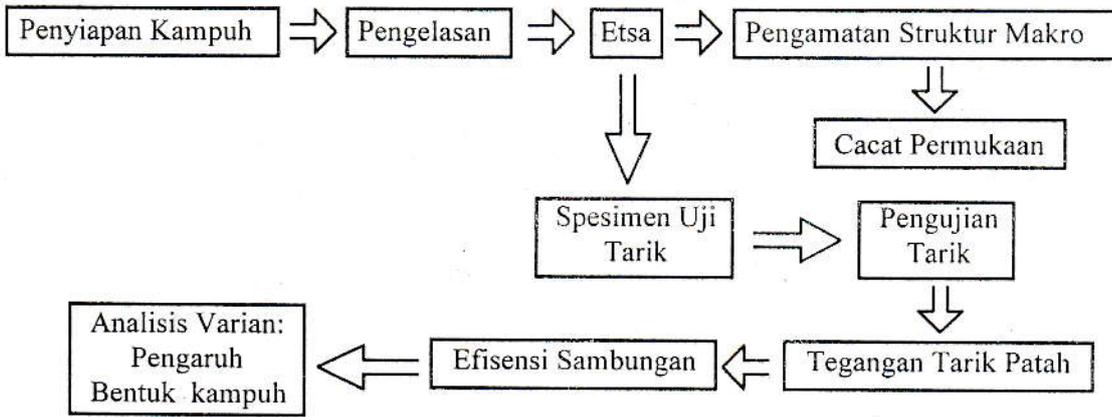


Gambar 8. Tebal 11mm : (a) Kampuh I, (b) Kampuh V

METODE PENELITIAN

Model Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur seperti ditunjukkan pada diagram alur Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Diagram Alur.Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua variabel bebas yakni bentuk kampuh dan tebal bahan, serta dua variabel terikat yaitu cacat permukaan dan efisiensi kekuatan sambungan. Eksperimen dilaksanakan dengan model seperti pada Tabel 1.

Uji Kualitas Deposit Las

Kualitas pengisian atau deposit las diuji dengan nondestruktif-visual tes yang berupa pengamatan langsung dan cara etsa. Dari pengamatan langsung terhadap manik las diperoleh data tentang bentuk profil, kerataan permukaan, ada-tidaknya *undercut* dan cacat permukaan, seperti yang dijelaskan oleh Smith yang dikutip pada halaman 3. Sedangkan kualitas penetrasi samping, penetrasi akar, tingkat peleburan dan ada-tidaknya unsur lain yang terperangkap dalam deposit dapat diketahui dengan cara etsa.

Tabel 1. Model Eksperimen

Bentuk Kampuh					
I			V		
Tebal bahan (mm)			Tebal bahan (mm)		
5	8,5	11	5	8,5	11
Kuat Tarik Cacat Permukaan					

Pengujian Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan diperoleh dari pengujian tarik pada UTM merek Karl Frank GMBH jenis UPH-10 berkapasitas 50 kN. Sebelum dilakukan pengujian tarik, spesimen hasil pengelasan terlebih dahulu dibentuk spesimen uji tarik standar. Dari pengujian tarik akan diperoleh harga kekuatan tarik spesimen baik yang tanpa sambungan maupun yang dengan sambungan las.

Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini terdapat dua variabel bebas, yaitu bentuk kampuh dan tebal bahan, yang mungkin mempengaruhi kekuatan sambungan, maka data tentang kekuatan sambungan akan dianalisis secara statistik dengan teknik analisis varian jalur ganda (Sutrisno Hadi, 1986: 401-416). Ringkasan analisis tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Ringkasan Analisis Varian

Sumber Varisasi	db	DK	MK	F ₀
1. Bentuk kampuh (b)	1	$\sum X_b^2 - \frac{(\sum X_b)^2}{n_b}$	$\frac{DK_b}{1}$	$\frac{MK_b}{MK_{dal}}$
2. Tebal bahan (t)	2	$\sum X_t^2 - \frac{(\sum X_t)^2}{n_t}$	$\frac{DK_t}{2}$	$\frac{MK_t}{MK_{dal}}$
3. b × t	2	$\sum \frac{(\sum X_{bt})^2}{n_{bt}} - DK_b - DK_t - \frac{(\sum X)^2}{\sum n}$	$\frac{DK_{bt}}{2}$	$\frac{MK_{bt}}{MK_{dal}}$
4. Dalam (dal)	6	$\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{\sum n} - DK_b - DK_t - DK_{bt}$	$\frac{DK_{dal}}{6}$	---
5. Total (tot)	11	$\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$	---	---

Dengan analisis klasifikasi ganda dari observasi akan diperoleh tiga nilai F, yang kemudian dibandingkan dengan nilai F kritis dari tabel untuk mengetahui ada atau tidaknya serta signifikan atau tidaknya perbedaan variabel terikat yang disebabkan oleh variabel bebas. Ketiga nilai F tersebut adalah: (a) nilai F antar kedua jenis kampuh, (b) nilai F antar ketiga tebal bahan, dan (c) nilai F antara bentuk kampuh dan tebal bahan secara bersama-sama, seperti ditunjukkan pada Tabel 2 di atas.

Kriteria yang digunakan adalah bila diperoleh F dari observasi lebih besar dari pada F kritis pada tabel untuk taraf kepercayaan dan pasangan derajat kebebasan yang digunakan, maka hipotesis alternatif yang menyatakan adanya perbedaan yang signifikan variabel terikat yang disebabkan oleh variabel bebas, diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kualitas Deposit Las

Pengamatan pada deposit las, Gambar 6 sampai dengan Gambar 8, terhadap lima standar mutu menurut Smith, menunjukkan bahwa untuk penetrasi samping, tingkat peleburan dan penetrasi akar, kedua bentuk kampuh memberikan hasil yang tidak berbeda. *Undercut* terjadi pada pemakaian kedua bentuk kampuh untuk semua tebal bahan. Penyusupan bahan lain (*non-metallic inclusion*) terjadi pada pemakaian kampuh I dengan tebal bahan 8,5 mm (Gambar 7(a)), serta pemakaian kampuh V dengan tebal bahan 5 mm dan 11 mm (Gambar 6(b) dan Gambar 8(b)).

2. Efisiensi Sambungan Las

Dari kedua spesimen tanpa sambungan las, yang digunakan sebagai variabel kontrol atau pembandingan kekuatan sambungan las, diperoleh tegangan tarik maksimum (σ_{u0}) 462,5 MPa dan 467,5 MPa, sehingga diperoleh harga rerata sebesar 465 MPa. Sedangkan untuk spesimen dengan sambungan las berikut efisiensi sambungannya ($\eta = \sigma_u / \sigma_{u0}$) disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Efisiensi Sambungan (%)

Kampuh Tebal (mm)	I			V			Jumlah	
	σ_u (MPa)	η	η^2	σ_u (MPa)	η	η^2	η	η^2
5	379,7	85,53	7315,38	381,8	82,11	6841,65	167,64	14157,03
	407,4	87,61	7675,51	369,8	79,53	6324,52	167,14	14000,03
Tot. Bag.	-	173,14	14990,89	-	161,64	13166,17	334,78	28157,06
8,5	375,0	64,52	4162,83	300,0	80,65	6503,64	145,17	10666,47
	397,4	80,65	6504,42	375,0	81,59	6657,16	162,24	13161,58
Tot. Bag.	-	145,17	10667,25	-	162,24	13160,80	307,41	23828,05
11	360,8	77,59	6020,21	346,8	74,58	5562,27	152,17	11582,48
	364,4	78,37	6141,86	320,9	69,01	4762,48	147,38	10904,34
Tot. Bag.	-	155,96	12162,07	-	143,59	10324,75	299,55	12486,82
Total	-	474,27	37820,21	-	467,47	37651,72	941,74	75471,93

Selanjutnya, dengan menggunakan rumus-rumus pada Tabel 2 di halaman 7 diperoleh hasil analisis varian yang ringkasannya disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Analisis Varian

Sumber Variasi	db	DK	MK	Fo
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Bentuk Kampuh (b)	1	114292,15	114292,15	-6,01
Tebal Bahan (t)	2	214,81	107,40	-0,01
Kampuh x Tebal (b x t)	2	-371742,34	-185871,17	9,87
Dalam (dal)	6	-114039,96	-19006,66	---
5. Total	11	467,01	---	---

Dari Tabel Distribusi Harga F (Sutrisno Hadi, 1986), untuk bentuk kampuh dengan derajat kebebasan pembilang lawan penyebut, db (1,6), pada taraf kepercayaan 99 persen diperoleh $F_{t\{b, 99\%, (1,6)\}} = 13,74$; sedangkan untuk taraf kepercayaan 95% diperoleh $F_{t\{b, 95\%, (1,6)\}} = 5,99$. Untuk tebal bahan, serta bentuk kampuh dan tebal bahan secara bersama-sama, dengan derajat kebebasan pembilang lawan penyebut, db = (2,6), pada taraf kepercayaan 99% diperoleh $F_{t\{t, 99\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 99\%, (2,6)\}} = 10,92$; sedangkan untuk taraf kepercayaan 95% diperoleh $F_{t\{t, 99\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 99\%, (2,6)\}} = 5,14$.

Secara keseluruhan, efisiensi sambungan diperoleh berkisar antara 64,52% untuk kampuh I dengan tebal bahan 8,5 mm, sampai dengan 87,61% untuk kampuh I dengan tebal bahan 5 mm. Secara umum pemakaian kampuh I memberikan rerata efisiensi sambungan 79,50% yang sedikit lebih tinggi dari pemakaian kampuh V yang hanya 76,91%. Tebalan bahan 5 mm dan 11 mm memberikan kontribusi terhadap hal tersebut (Perhatikan Tabel 3). Fenomena ini sangat menarik untuk dikaji karena tidak sesuai dengan teori yang disampaikan dan hipotesis yang diajukan.

Menurut tebal bahannya, secara umum dapat dikatakan bahwa makin tebal bahan makin rendah efisiensi sambungan yang diperoleh. Logam induk dengan tebal 5 mm memberikan rerata efisiensi sambungan tertinggi, yakni 83,60%, diikuti oleh tebal bahan 8,5 mm dengan rerata 76,85%, kemudian tebal bahan 11 mm dengan rerata 74,89%.

Hasil di atas juga sesuai dengan hasil analisis statistik. Dengan harga $F_0 = -6,01$ serta $F_{t\{b, 99\%, (1,6)\}} = 13,74$ dan $F_{t\{b, 95\%, (1,6)\}} = 5,99$ berturut turut sebagai harga F hasil eksperimen, F dari Tabel Harga Kritik untuk derajat kebebasan 1 melawan 6 pada taraf kepercayaan 99% dan 95%, berarti bahwa diperoleh $F_0 < F_{t\{b, 99\%, (1,6)\}}$ dan juga $F_0 < F_{t\{b, 95\%, (1,6)\}}$. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa: 'ada perbedaan yang signifikan pada efisiensi kekuatan sambungan las yang disebabkan oleh pemakaian bentuk kampuh yang berbeda' tidak diterima, baik untuk taraf kepercayaan 95% apalagi 99%. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi kekuatan sambungan yang terjadi dalam penelitian ini tidak signifikan dan atau tidak disebabkan oleh pemakaian bentuk kampuh yang berbeda.

Analisis statistik mengenai pengaruh tebal bahan induk terhadap efisiensi kekuatan sambungan las, diperoleh $F_0 = -0,01$ serta $F_{t\{b, 99\%, (2,6)\}} = 10,92$ dan $F_{t\{b, 95\%, (2,6)\}} = 5,14$ berturut turut sebagai harga F hasil eksperimen, F dari Tabel Harga Kritik untuk derajat kebebasan 2 melawan 6 pada taraf kepercayaan 99% dan 95%, sehingga $F_0 < F_{t\{b, 99\%, (2,6)\}}$ dan juga $F_0 < F_{t\{b, 95\%, (2,6)\}}$. Hal ini berarti bahwa hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa: 'ada perbedaan yang signifikan pada efisiensi kekuatan sambungan las akibat perbedaan tebal bahan' tidak diterima, baik untuk taraf kepercayaan 99% maupun 95%. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi kekuatan sambungan yang diperoleh dalam penelitian ini tidak signifikan dan atau bukan akibat perbedaan tebal bahan induk yang di las.

Untuk interaksi antara pemakaian bentuk kampuh dan tebal bahan induk diperoleh harga $F_0 = 9,78$ serta $F_{t\{t, 99\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 99\%, (2,6)\}} = 10,92$ dan $F_{t\{t, 95\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 95\%, (2,6)\}} = 5,14$ berturut turut sebagai harga F hasil eksperimen, F dari Tabel Harga Kritik untuk derajat kebebasan 2 melawan 6 pada taraf kepercayaan 99% dan 95%. Dapat dituliskan bahwa $F_0 < F_{t\{t, 99\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 99\%, (2,6)\}}$ dan juga $F_0 > F_{t\{t, 95\%, (2,6)\}} = F_{t\{b \times t, 95\%, (2,6)\}}$. Hal ini berarti bahwa hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa: 'ada interaksi yang signifikan antara pemakaian bentuk kampuh dengan tebal bahan induk yang menentukan efisiensi kekuatan sambungan las' tidak diterima pada taraf kepercayaan 99% tetapi diterima pada taraf kepercayaan 95%. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa untuk memperoleh efisiensi sambungan las yang tinggi, harus dipilih bentuk kampuh las yang sesuai dengan tebal bahan induk yang akan dilas. Lebih lanjut dari Tabel 4, untuk tebal bahan induk sampai dengan 8,5 mm, kampuh I memberikan kekuatan sambungan yang lebih tinggi, sedangkan untuk tebal bahan induk 11 mm, kampuh V menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih tinggi.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari uraian dan pembahasan terdahulu, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tidak terdapat perbedaan yang berarti pada kualitas deposit las karena pemakaian bentuk kampuh yang berbeda, dalam hal ini kampuh I dan kampuh V.
2. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam efisiensi kekuatan sambungan las akibat pemakaian bentuk kampuh I dengan kampuh V, pada tebal bahan induk 5 mm, 8,5 mm dan 11 mm, baik pada taraf kepercayaan 99% maupun 95%.

3. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam efisiensi kekuatan sambungan las akibat perbedaan tebal bahan induk 5 mm, 8,5 mm dan 11 mm, pada pemakaian kampuh I dan kampuh V, baik pada taraf kepercayaan 99% maupun 95%.
4. Terdapat interaksi yang signifikan antara bentuk kampuh I dan V dengan tebal bahan induk 5 mm, 8,5 mm dan 11 mm dalam menentukan efisiensi kekuatan sambungan las, pada taraf kepercayaan 95% saja, namun tidak pada taraf 99%.

Diskusi

Hipotesis alternatif yang ditolak dapat disebabkan oleh faktor-faktor yang terkait dengan proses pembuatan sambungan mulai persiapan dan pembuatan kampuh, peletakan dan atau penjepitan bagian-bagian yang akan disambung, kondisi alat dan peralatan yang digunakan, dan juga ketrampilan juru las dalam pemakaian bentuk kampuh dalam pengelasan.

Dalam penelitian ini, ketiga faktor yang disebutkan dahulu di atas telah dikontrol sehingga memiliki kondisi yang relatif tetap. Dengan demikian, seperti telah disinggung di bagian terdahulu, bahwa penolakan terhadap hipotesis alternatif diduga kuat akibat faktor juru las, yang meliputi ketrampilan dalam menguasai teknik pengelasan tertentu, kebiasaan pekerjaan yang dilakukan termasuk ketebalan bahan induk yang biasa dilas, serta kondisi kejiwaan juru las pada waktu melakukan pekerjaan.

Data yang diperoleh pada penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang juru las dan kebiasaannya sebagai berikut:

1. Efisiensi kekuatan sambungan dengan pemakaian kampuh I yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemakaian kampuh V mengindikasikan bahwa juru las terbiasa dengan pemakaian kampuh I, sehingga ia sangat ahli dalam pembuatan kampuh, taksiran peleburan kubangan las dan prosedur penimbunan deposit, sehingga menghasilkan kualitas sambungan lebih baik.
2. Bahan induk yang lebih tipis menghasilkan efisiensi kekuatan sambungan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bahan induk yang tebal menimbulkan dugaan yang kuat juru las tidak terbiasa mengerjakan bahan induk yang tebal.

UCAPAN TERIMMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada Bapak Totok Suwanda, ST., MT. dari Jurusan Teknik Mesin FT UMY sebagai mitra kerja, serta Bapak Drs. Nurdjito dari Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK UNY dan Bapak Ir. Mudjijana, MEng. dari Jurusan Teknik Mesin FT UGM sebagai senior yang telah banyak menyampaikan bantuan dan masukan demi peningkatan kualitas penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Wirjosoemarto, H., 1979, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Oats, J.A., 1975, *Welding Engineer's Handbook*, Bombay.
- Smith, F., 1981, *Basic Fabrication and Welding Engineering*, Wing Tai Cheung, Hongkong.
- Sriwidharto, 1987, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudjana, 1992, *Statistika*, Tarsito, Bandung.
- Had, Sutrisno, 1986, *Statistik*, Fakultas Psikologi UGM, Yogyakarta.