

PENGARUH TEMPERATUR, PANJANG UPSET, DAN BENTUK *FLASH* TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PENYAMBUNGAN ALUMINIUM DENGAN METODE LAS GESEK

ABSTRAK

Proses penyambungan dengan metode las gesek memanfaatkan panas yang dihasilkan gesekan antara dua bidang las komponen yang disambung. Penyambungan aluminium dengan aluminium menggunakan metode las gesek akan diamati pengaruh panas, panjang upset, dan bentuk flash terhadap kekuatan tarik benda uji. Parameter penyambungan dengan metode las gesek adalah sebagai berikut: kecepatan rotasi, tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset, dan waktu upset. Hubungan kecepatan rotasi, tekanan gesek, dan waktu gesek terhadap panas maksimum yang dihasilkan selama proses las gesek, perubahan panjang, bentuk dan ukuran flash diamati untuk selanjutnya diukur kekuatan tarik benda uji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam percobaan ini proses dan parameter tekanan gesek 400 psi, waktu gesek 2 detik dengan temperatur maksimum $137,7^{\circ}\text{C}$ dan panjang upset 12,34 mm merupakan parameter optimal untuk mendapatkan kekuatan sambungan terbaik dalam penyambungan aluminium dan aluminium dengan metode friction welding.

Kata Kunci: Aluminium, las gesek, kekuatan tarik, dan temperatur.

Irwansyah

Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Gunadarma
irwansyah@staff.gunadarma.ac.id

PENDAHULUAN

Las gesek merupakan sebutan umum dari dua variasi utama *rotary friction welding*; *direct drive rotary friction welding* dan *stored energy friction welding* (Mateo, 2009). *Direct drive rotary friction welding* merupakan proses yang terdiri atas dua poros yang diberikan gaya aksial. Poros berputar digerakan oleh motor dengan kecepatan konstan. Kedua komponen kontak karena gaya aksial dengan besaran dan jangka waktu tertentu. Putaran terus sampai suhu dimana logam berada di zona plastik, kemudian poros berputar dihentikan dan tekanan gaya aksial dipertahankan atau ditingkatkan untuk menggabungkan kedua komponen.

Variasi lain dari *rotary friction welding* adalah *stored energy Friction welding* lebih dikenal dengan *inertia welding*. Komponen berputar menempel pada roda gila yang diputar oleh motor sampai kecepatan rotasi yang ditetapkan tercapai. Pada titik ini, motor dihentikan dan roda gila tetap berputar dengan energy yang tersimpan. Gaya aksial diberikan pada komponen diam, tindakan pengereman menghasilkan panas untuk pengelasan, penambahan tekanan diperlukan untuk menghasilkan proses pengelasan.

Prinsip dasar proses las gesek adalah berputarnya komponen simetris yang diikuti penekanan, sehingga menghasilkan panas dari gesekan yang menyebabkan terjadinya proses pengelasan pada komponen-komponen tersebut (Krüger, 1994).

Las gesek melibatkan panas karena gesekan abrasi, deformasi plastis, dan interdifusi kimia. Keterkaitannya dari faktor-faktor tersebut bias ketika dikembangkan prediksi model dari proses las gesek. Namun, dari sudut pandang kualitatif proses ini dipahami dengan baik melalui studi FRW empiris yang telah dilakukan pada berbagai bahan. Lima

faktor kualitatif mempengaruhi kualitas las gesek (ASM, 1993):

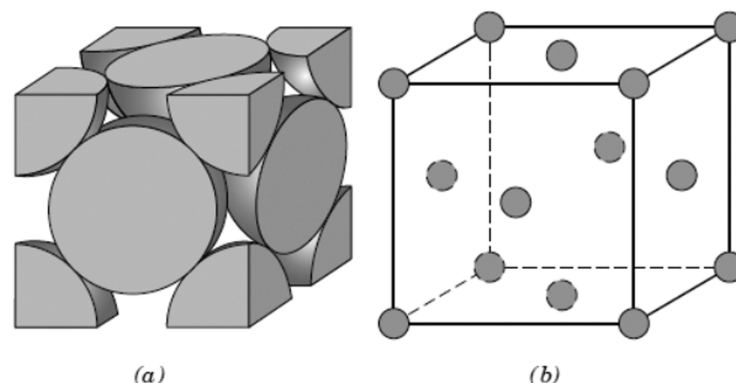
1. Kecepatan relatif pada permukaan kontak
2. Penerapan tekanan
3. Suhu permukaan
4. Bulk property
5. Kondisi permukaan dan lapisan yang terbentuk.

Tiga faktor pertama berkaitan dengan las gesek, sedangkan dua yang terakhir terkait dengan sifat bahan yang disambung. Selama proses las gesek, kecepatan relatif, tekanan, dan waktu adalah tiga variabel yang dapat dikendalikan.

Las gesek merupakan proses penyambungan material yang melibatkan interaksi panas, fenomena mekanis dan metallurgi. Proses las gesek diklasifikasikan oleh *American Welding Society* (AWS) sebagai proses pengelasan *solid-state* yang diproduksi pada temperatur

yang lebih rendah dari titik leleh bahan dasar (Maldonado, 2001). Gerakan mekanis dalam proses las gesek menghasilkan panas yang akan membentuk *flash* dan terjadi perubahan panjang akibat deformasi.

Aluminium memiliki banyak sifat menguntungkan, seperti: densitas rendah, konduktivitas listrik yang tinggi, konduktivitas panas yang tinggi, ketahanan oksidasi tinggi, *ductile* dan mudah dibentuk, mudah dilakukan pemesinan, *castable* dan *weldable* untuk banyak paduan, non-magnetik, tidak beracun, paling banyak diproduksi dengan daur ulang. Dengan sifat menguntungkan ini aluminium banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti rangka badan atau struktur rangka sayap pesawat terbang, kaleng kemasan makanan, rangka bangunan arsitek, dan alat elektronik. Gambar 1 menunjukkan bentuk struktur kristal aluminium adalah FCC (Callister, 2007).



Gambar 1. Struktur kristal face centered cubic (FCC)

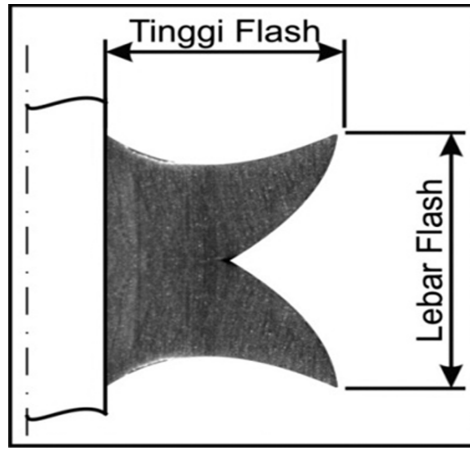


Gambar 2. (a) Aluminium smoke mortar, (b) Penutup lubang pengisi pada mortar asap (www.mtiwelding.com)

Las gesek dapat diterapkan dalam bidang diantaranya; pertanian, kedirgantaraan, automotif, alat perkakas, dan bidang militer. Beberapa contoh pengelasan gesek ditunjukkan pada Gambar 2 mortir asap berbahan aluminium dilas dengan proses las gesek.

METODOLOGI PENELITIAN

Percobaan penyambungan *similar* bahan aluminium dengan metode *friction welding* menggunakan aluminium dengan kekuatan tarik sebesar 313 MPa, nilai kekerasan sebesar 48 HRB dan komposisi kimia dituliskan pada Tabel 1.



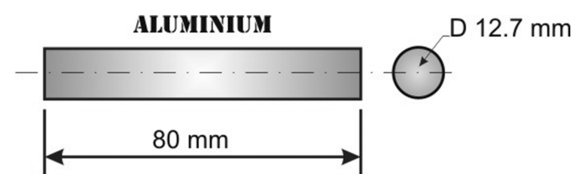
Gambar 4. Tinggi dan lebar flash

Tabel 1.
Komposisi Kimia Aluminium

UNSUR	%	UNSUR	%
Si	0.698	Sn	<0.05
Fe	0.863	Ti	0.0132
Cu	<0.05	Pb	<0.03
Mn	0.0238	Be	<0.0001
Mg	<0.05	Ca	0.0222
Cr	0.0270	Sr	<0.0005
Ni	0.0474	V	<0.01
Zn	<0.01	Zr	0.0124

Sumber: Lab. Logam Pol. Manufaktur Ceper

Dimensi benda uji yang digunakan untuk penelitian adalah dengan panjang 80 mm dan diameter pada gambar 3. Proses penyambungan bahan *similar* aluminium dilakukan dengan menempatkan salah satu komponen ke *chuck* dari mesin dan berputar pada kecepatan yang konstan, sedangkan komponen las lain ditempatkan pada *chuck* yang terhubung dengan silinder hidrolik untuk selanjutnya bergerak aksial ke arah komponen berputar.



Gambar 3. Benda uji

Selama proses pengelasan panas terukur melalui monitor komputer yang terhubung dengan *thermocouple infrared*, tekanan gesek maupun tekanan *upset* dikontrol atau terukur pada *pressure gauge* dan waktu terukur dengan *stopwatch*. Kecepatan putar rotasi menggunakan kecepatan yang terdapat pada mesin las gesek yakni; 1650 rpm.

Perubahan panjang dan bentuk benda uji, tinggi, dan lebar *flash* (Gambar 4.) diamati dan diukur menggunakan *caliper digital*. Tinggi dari *flash* diukur dari pengurangan diameter *flash* dengan diameter dasar benda uji dan dibagi dua. Benda uji pengujian kekuatan tarik hasil sambungan dengan metode las gesek menggunakan standar ASTM E8 (ASTM, 2004).

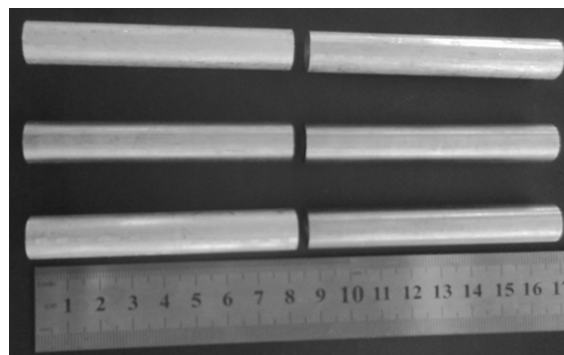
Dalam penelitian ini parameter yang digunakan dalam penyambungan *similar* bahan aluminium menggunakan parameter yang tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3.
Parameter Percobaan Las Gesek dengan Kecepatan Putar 1650 Rpm, Tekanan Upset 1000 Psi, dan Waktu Upset 2 Detik

Perc No.	P ₁ [psi]	t ₁ [detik]
S-1	300	2
S-2	300	6
S-3	300	10
S-4	400	2
S-5	400	6
S-6	400	10

HASIL DAN PEMBAHASAN

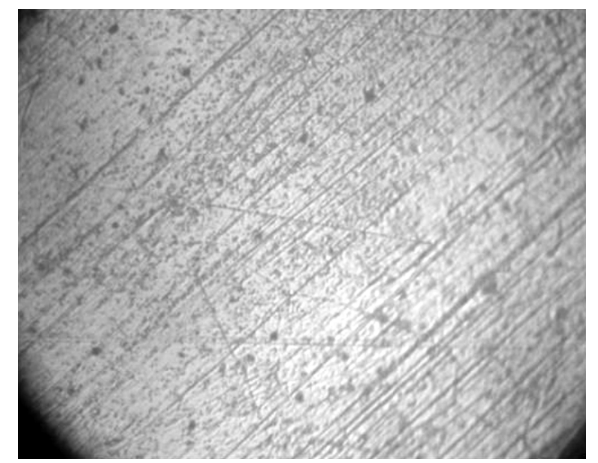
Percobaan penyambungan bahan *similar* aluminium menggunakan benda uji dengan panjang 80 mm dan diameter Ø 12.7 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Bahan yang digunakan untuk percobaan penyambungan dengan metoda las gesek memiliki karakteristik pada Tabel 4 dan struktur mikro pada Gambar 6.



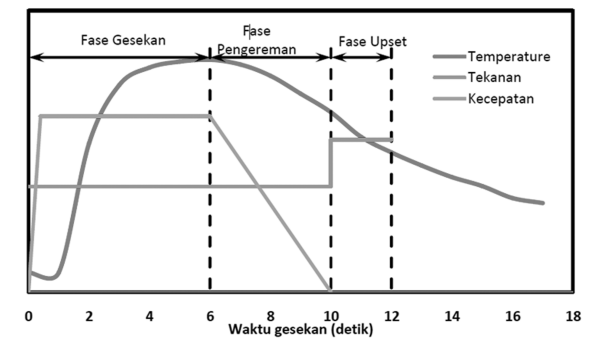
Gambar 5. Benda uji aluminium

Tabel 4
Sifat mekanik dari bahan benda uji

Material	Kekuatan Tarik (Tensile Strength) σ_B (MPa)	Kekerasan (HR _B)
Aluminium	313	48 HRB

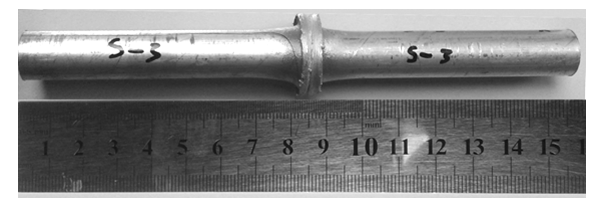


Gambar 6. Struktur mikro aluminium



Gambar 7. Siklus proses penyambungan bahan aluminium dengan las gesek

Siklus proses pengelasan dengan metode *friction welding* ditunjukkan pada Gambar 7. dengan parameter utama dalam proses pengelasan; kecepatan putar (rpm), tekanan gesekan (psi), waktu gesekan (detik), tekanan *upset* (psi), waktu *upset* (detik), dan respon dari proses karena tekanan gesek adalah temperatur yang mengakibatkan deformasi plastik pada bahan. Proses pengelasan dengan metode *friction welding* menghasilkan *flash* dan pemendekan benda uji akibat deformasi plastik bahan selama pengelasan. Bentuk benda uji hasil pengelasan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Benda uji hasil proses las gesek

Proses setelah pengelasan untuk mengetahui kekuatan hasil lasan dilakukan uji tarik. Benda uji untuk pengujian kekuatan tarik ini mengikuti standar ASTM E8. Sebelum dibuat benda uji tarik, benda uji hasil lasan dibubut untuk menghilangkan *flash* untuk selanjutnya dibubut sesuai standar ASTM E8 seperti pada Gambar 9.

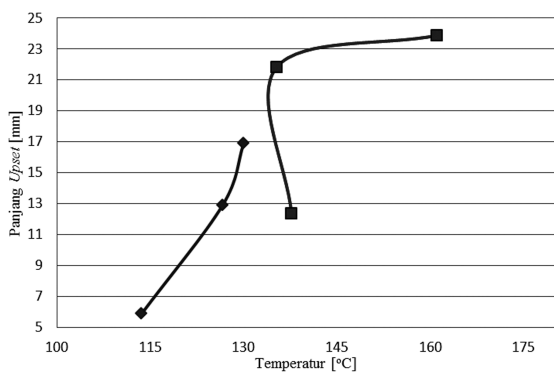


Gambar 9. Benda uji tarik ASTM E8

Hubungan panas maksimum pada proses pengelasan dengan panjang *upset* yang dihasilkan ditunjukkan Gambar 10. Kurva dengan warna biru adalah kurva temperatur terhadap panjang *upset* dengan tekanan gesek sebesar 300 psi dan waktu 2, 6, dan 10 detik dengan tanda \blacklozenge . Dan kurva warna merah adalah kurva

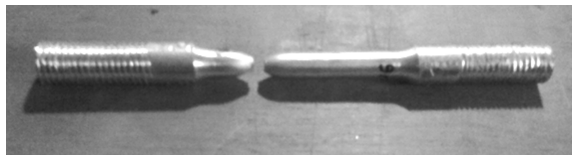
temperatur terhadap panjang *upset* dengan tekanan gesek 400 psi dan waktu 2, 6, dan 10 detik dengan tanda \blacklozenge .

Setelah dilakukan pengelasan, uji tarik dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan tarik sambungan. Analisa dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter las gesek terhadap kekuatan tarik benda uji las. Benda uji hasil uji tarik pada gambar 11 kekuatan tarik benda uji lasan ditentukan dengan melakukan uji tarik, dan hasilnya dibandingkan dengan kekuatan tarik bahan dasar yaitu 313 Mpa.



Gambar 10. Grafik Temperatur Maksimum Terhadap Panjang Upset.

Grafik menjelaskan pengaruh tekanan dan lama waktu gesekan akan mempengaruhi panjang *upset* selama pengelasan. Temperatur dihasilkan dari gesekan antar permukaan kontak, tinggi rendahnya temperatur maksimal dipengaruhi seberapa besar tekanan gesek yang diberikan dan lama waktu selama gesekan. Seiring naiknya temperatur meningkatkan panjang *upset* pada komponen las. Hubungan panas maksimum pada proses pengelasan dengan kekuatan tarik ditunjukkan Gambar 12.



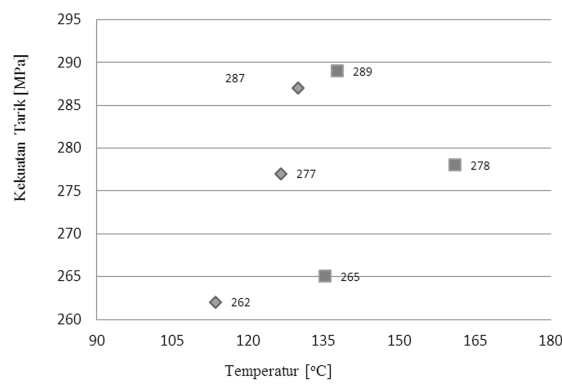
Gambar 11. Benda hasil uji tarik

Pengaruh temperatur maksimum terhadap kekuatan tarik benda uji lasan yang ditunjukkan pada Gambar 12. menjelaskan nilai kekuatan tarik benda uji mencapai nilai maksimum pada temperatur proses sebesar 137,7 °C.

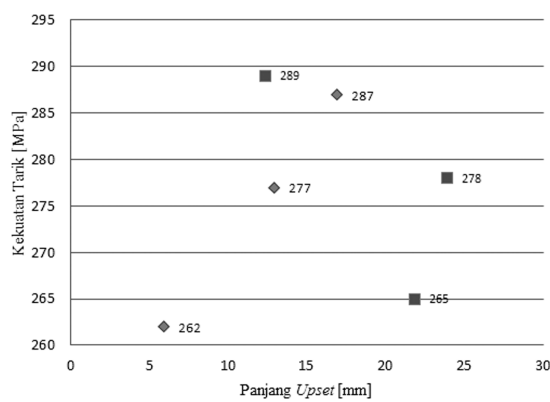
Panjang *upset* merupakan proses pemendekan pada benda uji las gesek. Panjang *upset* diukur untuk semua hasil lasan pada benda uji menggunakan alat *digimatic caliper* untuk mengamati pengaruh parameter pengelasan terhadap panjang *upset*. Gambar 13 menjelaskan panjang *upset* bukanlah faktor utama untuk menganalisa kekuatan dan kualitas lasan.

Gambar 14 sampai dengan gambar 16 menjelaskan diameter *flash* pada benda uji bahan *similar* berputar lebih besar dibanding benda uji diam. Kesimetrisan bentuk *flash* akan meningkatkan kekuatan tarik sambungan lasan.

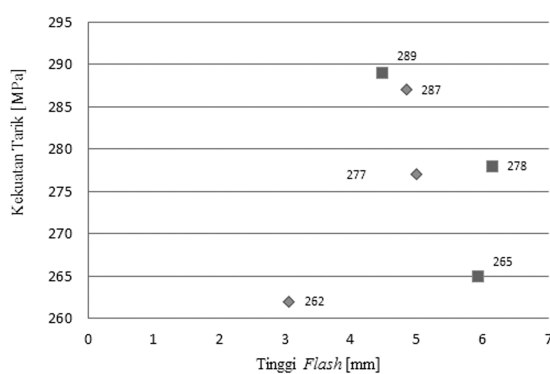
Sambungan las yang terjadi pada temperatur tinggi akan meningkatkan pergerakan atom dan membantu perpindahan gerakan atom ke bidang ikatan lasan. Temperatur pada lasan



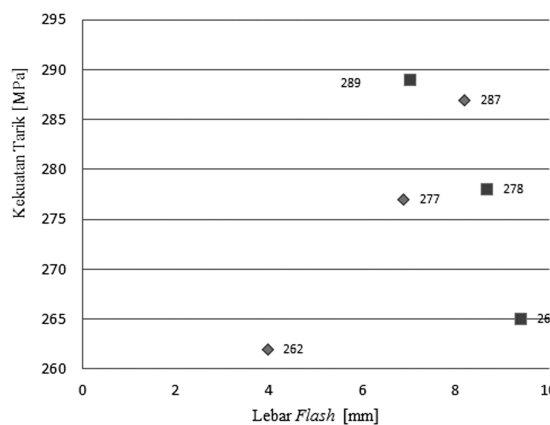
Gambar 12. Grafik temperature terhadap kekuatan tarik



Gambar 13. Grafik panjang upset terhadap kekuatan tarik.



Gambar 14. Grafik Tinggi Flash Terhadap Kekuatan Tarik.

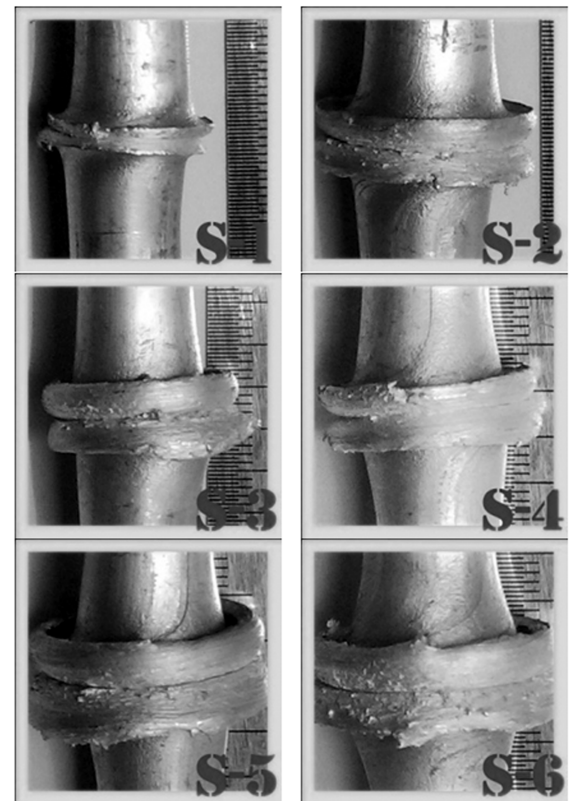


Gambar 15. Grafik Lebar Flash Terhadap Kekuatan Tarik.

berhubungan langsung dengan karakteristik daerah yang terpengaruh panas (HAZ, *Heat Affected Zone*) dan kekuatan sambungan yang dihasilkan oleh penyambungan dengan metode las gesek lebih dipengaruhi tekanan gesek dan waktu gesek.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam percobaan ini proses dan parameter tekanan gesek 400 psi, waktu gesek 2 detik dengan temperatur maksimum 137,7 °C dan panjang *upset* 12,34 mm merupakan parameter optimal untuk mendapatkan kekuatan sambungan terbaik dalam penyambungan similar aluminium dengan metode las gesek.



Gambar 16. Flash hasil sambungan las

Peningkatan temperatur berbanding lurus dengan besar panjang *upset*, tetapi tidak dengan kekuatan tarik benda uji. Hal ini menjelaskan peningkatan temperatur akan meningkatkan deformasi plastik yang terjadi tidak meningkatkan kekuatan tarik.

Evaluasi proses las gesek memberikan hasil bahwa variasi tekanan gesekan dan waktu gesekan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekuatan tarik sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM, 1993, *Welding, Brazing, and Soldering*; ASM Handbook Commite, Volume 6, ASM International. United States of America.
- ASTM, 2004. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]*; ASTM Internasional, United States of America.
- Callister W. D. Jr., (2007), *Material science and engineering, an introduction*, John Wiley & Sins. Inc.
- Krüger Ulrich, 1994, *Friction, Explosive and Ultrasonic Welding Processes of Aluminium*, TALAT Lecture 4400, EAA- European Aluminium Association.
- Maldonado-Zepeda, C., 2001, *The effect of interlayers on dissimilar friction weld properties*, PhD Thesis University of Toronto, Canada.
- Mateo G. M., 2009, *BLISK Fabrication by Linear Friction welding*, CIEFMA - Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

—, Diakses tanggal 13 Juni 2015, http://www.mtiwelding.com/parts_sample/Military/