

Pengaruh *Interpass-temperature* pada Pengelasan SMAW Terhadap *Deformasi* dan Kekuatan Impak Baja ASTM A36

Muhammail¹, Saifudin^{2*}, Ilham Habibi²

¹Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

*email: saifudin@unimma.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.31603/benr.v4i01.11178>

Abstract

Currently, welding is still very necessary for the increasingly advanced development of technology in the construction sector because it plays an important role in metal engineering and maintenance. This research aims to determine the effect of interpass temperature on deformation of weld results in ASTM A36 steel material. The method used in this research is an experimental method by measuring the deformation of the welded specimen. There are 9 specimens, the welding process uses shielded metal arc welding (SMAW), direct current reverse polarity (DCRP) with interpass temperature variations of 75 °C, 100 °C and 150 °C. The measurement results show deformation values of 2.2°, 3.5° and 4° for each of the interpass temperatures of 75 °C, 100 °C and 150 °C. From the results of impact testing on specimens with interpass temperatures of 75 °C and 100 °C, it shows mixed fracture, namely brittle fracture and ductile fracture. The results of impact testing on specimens with an interpass temperature of 150 °C showed brittle fracture. The highest strength was at interpass temperature specimen of 100 °C, that is 211.79 Joules. And the lowest impact strength occurred in the interpass temperature specimen at 150 °C, that is 183.16 Joules. To perfect this research, future researchers should carry out microstructure testing to determine the characteristics of steel after welded at different interpass temperatures.

Keywords: SMAW; Interpass temperature; Deformation

Abstrak

Saat ini pengelasan masih sangat diperlukan untuk perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju karena memegang peranan penting dalam rekayasa dan pemeliharaan logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *interpass temperature* terhadap *deformasi* hasil las pada material baja ASTM A36. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *eksperimen* dengan melakukan pengukuran *deformasi* pada *spesimen* hasil las. Spesimen berjumlah 9, proses pengelasan menggunakan *shielded metal arc welding* (SMAW), polaritas *direct current reverse polarity* (DCRP) dengan variasi *interpass temperature* 75 °C, 100 °C dan 150 °C. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *deformasi* sebesar 2,2°, 3,5° dan 4° untuk masing-masing *interpass temperature* 75 °C, 100 °C dan 150 °C. Dari hasil pengujian impak pada spesimen dengan *interpass temperature* 75 °C dan 100 °C menunjukkan patahan campuran yaitu patahan getas dan patahan ulet. Sedangkan hasil pengujian impak pada spesimen dengan *interpass temperature* 150 °C menunjukkan patahan getas. Kekuatan paling tinggi dihasilkan pada spesimen *interpass temperature* 100 °C yaitu 211,79 Joule. Sedangkan kekuatan

impak paling rendah terjadi pada specimen *interpass temperature* 150 °C yaitu 183,16 Joule. Untuk menyempurnakan penelitian ini, sebaiknya para peneliti berikutnya melakukan pengujian struktur mikro untuk mengetahui karakteristik baja setelah dilas dengan *interpass temperature* yang berbeda.

Kata Kunci: SMAW; *Interpass temperature*; Deformation

1. Pendahuluan

Saat ini, pengelasan masih diperlukan untuk mendukung perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju. Pengelasan sangat memegang peranan penting dalam bidang rekayasa dan pemeliharaan logam. Teknologi pengelasan banyak digunakan di bidang industri mulai dari aplikasi yang paling sederhana hingga aplikasi yang paling kompleks, seperti sambungan *chassis* kendaraan pada industri otomotif, sambungan pelat pada lantai dan dinding kapal, sambungan pada konstruksi jembatan, serta sambungan-sambungan pipa pada industri perminyakan. [Gambar 1](#) menunjukkan salah satu contoh aplikasi teknologi pengelasan pada Galangan kapal.



Gambar 1. Aplikasi sambungan las untuk konstruksi pada industri kapal.

Metode penyambungan logam dengan las memiliki beberapa keuntungan dibanding jenis sambungan lain seperti sambungan mur dan baut, sambungan keling. Beberapa keuntungan dimaksud yaitu: (1) efisiensi sambungan yang lebih baik serta dapat digunakan pada konstruksi yang bekerja pada temperature tinggi; (2) tidak ada batas ketebalan logam yang akan disambung; (3) geometri sambungan yang lebih sederhana dan memiliki kedekatan udara, air dan minyak yang sempurna; (4) tidak ada kemungkinan sambungan longgar; (5) meningkatkan nilai ekonomis, produktivitas, bobot yang lebih ringan; (6) batas mulur (*yield*) lebih baik ([Sunaryo, 2008](#)).

Beberapa macam pengelasan yang umum digunakan di industri yaitu *shielded metal arc welding* (SMAW), *gas metal arc welding* (GMAW), *flux core arc welding* (FCAW), *gas tungsten arc welding* (GTAW). Namun diantara proses pengelasan lebur yang ada, pengelasan busur elektroda terbungkus atau SMAW merupakan proses pengelasan yang paling umum digunakan karena merupakan proses las yang paling murah, baik dari segi peralatannya maupun elektrodanya. Selain itu juga lebih sederhana dalam pengoperasiannya, portable dan bisa diterapkan untuk semua jenis sambungan logam dan paduannya ([Mulyadi, 2020](#)).

Proses pengelasan membutuhkan tenaga ahli las yang terampil untuk mendapatkan kualitas sambungan yang baik. Dalam praktek pengelasan, masalah yang sering timbul adalah terjadinya *deformasi* atau deformasi pada material hasil las (Sunaryo, 2008), dimana *deformasi* ini akan mempengaruhi kepresisian produk atau hasil las. Proses pengelasan yang dilakukan pada umumnya mengabaikan input panas pada material dasar las, dimana di samping mempengaruhi struktur dan sifat mekanik dari material las, juga akan mempengaruhi bentuk dari material dasar. Salah satu faktor yang mempengaruhi, kualitas hasil penyambungan logam adalah sifat logam (Wiryosumarto, 2000). Kondisi ini sangat bergantung pada perubahan suhu yang terjadi pada saat proses penyambungan karena menggunakan panas yang mempunyai peran yang sangat sensitif pada hasil pengelasan. Selama proses pengelasan berlangsung, logam akan mengalami siklus termal yaitu proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi secara cepat di daerah pengelasan sehingga terjadi proses metalurgi, deformasi yang berpengaruh pada kualitas hasil pengelasan seperti jenis cacat yang dihasilkan, ketangguhan sambungan, kekuatan tarik (*tensile strength*) serta struktur mikro logam (Nugroho, 2018).

Salah satu metode yang sering dilakukan di lapangan untuk mencegah terjadinya *deformasi* adalah dengan menggunakan penahan sementara pada material las, dimana material dasar dilas ikat menggunakan pelat penyangga (*backing plate*). Pelat penyangga dilas di belakang bahan dasar untuk menahan sementara selama proses pengelasan yang kemudian dilepas setelah selesai dilas. Bekas las penahan ini akan merusak permukaan bahan pelat dan juga mempengaruhi struktur baja pada area las ikat.

Penelitian yang lain menyebutkan bahwa, variasi *temperature interpas* dapat mempengaruhi kekuatan tarik material hasil lasan (Muqsalmina, 2019). Selanjutnya, peningkatan *temperature interpass* dengan GMAW memperlihatkan pengurangan jumlah struktur *ferrite* dan penambahan jumlah struktur *bainit* (Ahmadil Amin, 2016). Metode *interpass temperature* dapat meningkatkan ketangguhan dan mengurangi terjadinya intergranular corrosion pada material SA249 type 304 (Choirul Mustofa, 2014). Panjang pengelasan sangat mempengaruhi terjadinya *deformasi* hasil pengelasan (Lutfi Arifin, 2017). Penelitian selanjutnya menunjukkan, bahwa *welding sequence* dapat menghasilkan penurunan tegangan sisa dan pengurangan *deformasi* pada *circular patch weld double bevel but-joint* plat ASTM A36 (Akbar Taufik dan Budie Santosa, 2012).

Dari permasalahan-permasalahan penelitian sebelumnya terkait dengan *deformasi* hasil pengelasan, belum ditemukan penelitian yang secara spesifik meneliti pengaruh *interpass temperature* terhadap *deformasi* hasil penegelasan. Metode *backing plate* sangat tidak efektif untuk mencegah dan mengurangi *deformasi*, karena akan merusak permukaan dan struktur material.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan ditawarkan metode baru untuk mengurangi *deformasi* hasil pengelasan yaitu dengan penerapan *interpass temperatur*. Penelitian ini akan membahas pengaruh penerapan metode *interpass temperatur* terhadap *deformasi* hasil las type melengkung pada baja ASTM A36 dengan proses las SMAW.

2. Metode

2.1 Material dan Alat

Dalam penelitian yang dilakukan menggunakan elektroda dengan spesifikasi AWS E7016 diameter 3,2 mm, baik pengelasan *root pass*, *hot pass*, *fill pas* hingga *cap* (*reinforcement*). Mesin las yang digunakan adalah mesin las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) arus DC. Polaritas arus pengelasan menggunakan DCRP (DC+). Adapun posisi pengelasan digunakan posisi yang paling mudah yaitu posisi pengelasan 1G (bawah tangan).

Pada tahap ini, metode pengumpulan data yang dipakai adalah *eksperimen*, yaitu melakukan serangkaian pengujian pada objek yang diteliti untuk mendapatkan data yang diperlukan sebagai bahan pertimbangan. Bahan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian adalah baja ASTM A36. Penelitian ini dilakukan di Workshop LAS BLKI Mandiri Kabupaten Kutai Timur, mulai dari proses pengelasan *specimen* sampai mengukur hasil pengelasan.

Alat dan bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut: (1) Plat Baja ASTM A36 dengan panjang 200 mm, lebar 150 mm dan tebal 10 mm; (2) Elektroda E7016 diameter 3,2 mm yang digunakan untuk pengelasan spesimen; (3) Mesin las SMAW arus DC; (4) Mesin skator; (5) Mesin gerinda tangan; (6) Welding gauge untuk mengukur sudut deformasi; (7) Paint marker; (8) Infrared thermometer; (9) Mesin uji impact. Komposisi kimia masing-masing material pada penelitian ini disajikan pada [Tabel 1](#) dan [Tabel 2](#).

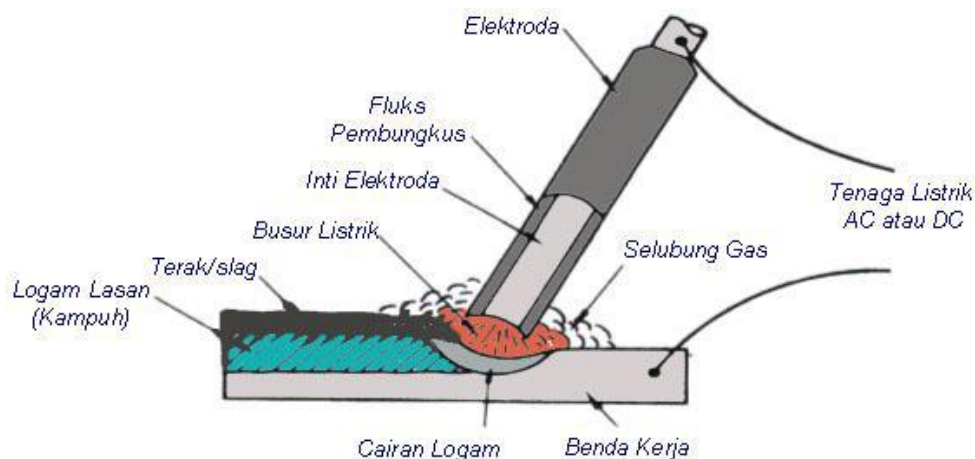
Tabel 1. Komposisi kimia baja ASTM A36 (Heri Wibowo, et al. 2016).

| Bahan | Komposisi Kimia | | | | | |
|----------|-----------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | C (%) | P (%) | S (%) | Si (%) | Cu (%) | Mn (%) |
| Baja A36 | Max 0,25 | max 0,04 | max 0,05 | max 0,4 | max 0,2 | - |

Tabel 2. Komposisi kimia elektroda E7016 (AWS.A5.1 2012).

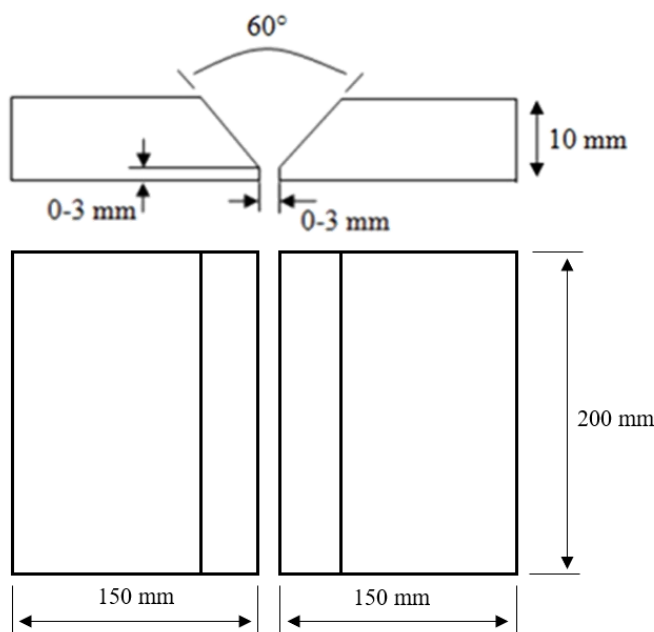
| Elektroda | Komposisi Kimia (%) | | | | | | | | |
|-----------|---------------------|-----|------|-------|-------|------|------|------|------|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V |
| E7016 | 0,15 | 1,6 | 0,75 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 |

Prosedur penelitian dilakukan dengan melakukan persiapan spesimen uji adalah langkah awal dari penelitian ini, ada tiga tahap dalam melakukan persiapan spesimen uji, yaitu pemilihan material, pemilihan elektroda dan pembuatan kampuh las. [Gambar 2](#) menunjukkan skema pengelasan SMAW yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Skema pengelasan SMAW.

Dan alur sambungan las yang digunakan sesuai dengan standard AWS D.1.1/D.1.1M 2020, yaitu alur V tunggal (*single V groove*). Detail alur sambungan dan ukuran alur las disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Detail alur las.

2.2 Proses Pengambilan Data

Data diambil dengan melakukan pengelasan pada setiap *spesimen* yaitu sebanyak 9 (sembilan) sambungan pengelasan dengan tiga variasi *temperatur interpass*, yaitu 75 °C, 100 °C dan 150 °C. Sehingga masing-masing variasi temperatur sebanyak 3 (tiga) sambungan pengelasan. Diambil *interpass temperatur* sebesar 75 °C sebagai variable terendah karena pada pengelasan *layer* pertama, temperatur material dasar masih *relative* rendah bahkan tidak mencapai 100 °C pada titik start setelah selesai sampai titik akhir pengelasan. Demikian pula diambil variable *interpass temperatur* tertinggi sebesar 150 °C karena pada kenyataannya bahwa temperatur tertinggi pada setiap penyelesaian pengelasan satu *layer* tidak melebihi 200 °C, bahkan pada *layer* pertama dan kedua tidak mencapai

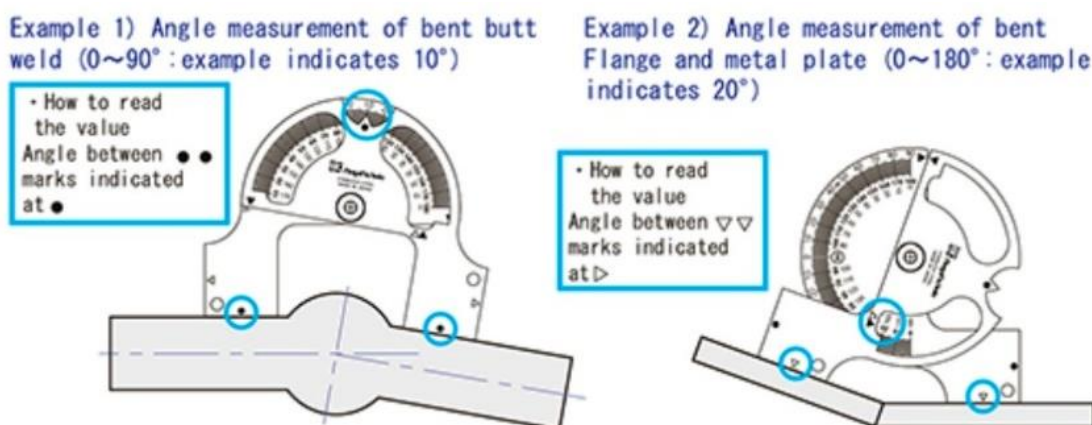
150 °C. Setiap *spesimen* dilas sebanyak 5 *layer/pass*. Kecepatan pengelasan tiap *layer* berbeda, karena perbedaan lebar alur. *Layer* pertama atau *root pass* alurnya lebih sempit, sehingga kecepatan pengelasannya juga lebih tinggi. Kecepatan pengelasan dan *heat input* pada setiap *layer* pengelasan dapat dilihat pada [Tabel 3](#).

Tabel 3. Kecepatan pengelasan dan *heat input* tiap *layer*.

| <i>Layer</i> | Kecepatan Pengelasan (mm/menit) | <i>Heat Input</i> (Joule/mm) |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 133 | 14,62 |
| 2 | 100 | 19,44 |
| 3 | 80 | 24,3 |
| 4 | 67 | 29,01 |
| 5 | 57 | 34,16 |

Kecepatan pengelasan pada *layer* pertama atau *root pass* adalah sebesar 133 mm/menit, *layer* kedua sebesar 100 mm/menit. *Layer* ketiga sebesar 80 mm/menit, *layer* keempat sebesar 67 mm/menit dan *layer* kelima sebesar 57 mm/ menit. Oleh karena itu *heat input* tiap *layer/pass* juga berbeda. Adapun *heat input* tiap *layer* berturut-turut adalah sebesar 14,62 J/mm pada *layer* pertama, 19,44 J/mm pada *layer* kedua, 24,3 J/mm pada *layer* ketiga, 29,01 J/mm pada *layer* keempat dan 34,16 J/mm pada *layer* kelima.

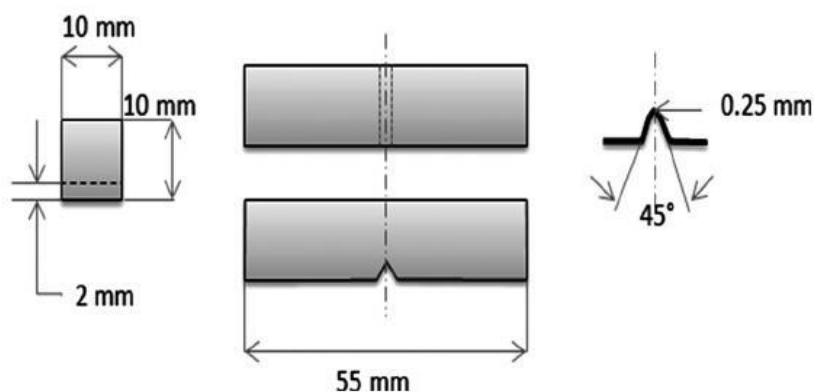
Pengukuran temperatur dilakukan setiap selesai satu jalur/lapis pengelasan dengan menggunakan *thermometer infrared* dengan ketelitian 0,1 °C. pengelasan akar (*root pass*) dilakukan dengan kuat arus pengelasan 80 ampere, dengan tujuan agar tidak terjadi penembusan yang berlebihan (*accessive penetration*) dan tidak meleleh atau jebol (*through burn*) pada lapisan akar. Adapun pengelasan lapisan pengisian dilakukan dengan kuat aru las 90 – 100 ampere. Pengukuran *deformasi* hasil las dilakukan dengan menggunakan *welding gauge* yang fungsi utamanya adalah untuk mengukur sudut seperti pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. *Welding gauge* untuk mengukur sudut.

Benda uji yang sudah dilas dibiarkan hingga mencapai suhu kamar, kemudian dilakukan pengukuran besarnya *deformasi* yang terjadi pada masing-masing *spesimen*. Dimana setiap variable *interpass temperature* terdiri dari 3 (tiga) *spesimen*, yaitu pada variable *interpass temperature* 75 °C sebanyak 3 *spesimen*, *interpass temperature* 100 °C sebanyak 3 *spesimen* dan *interpass temperature* 150 °C sebanyak 3 *spesimen*. Hasil pengukuran masing-masing variable *temperatur* kemudian dicari rata-ratanya untuk setiap variasi *interpass temperature*. Data yang diperoleh kemudian dibuat dalam grafik sebagai hubungan antara *interpass temperature* dengan besarnya penyimpangan sudut (*deformasi*) pada hasil pengelasan.

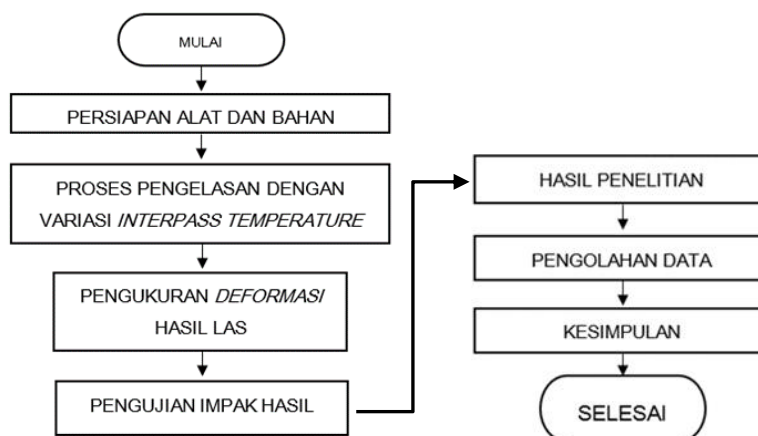
Proses selanjutnya adalah pembuatan sampel uji impact untuk masing-masing *specimen*. Masing-masing *specimen* dipotong dengan *hack saw* dengan ukuran panjang 75 mm dan lebar yang sama yaitu 10 mm. setelah itu benda uji dibersihkan dari sisa potongan dan sisa pengelasan dengan menggunakan gerinda tangan. Selanjutnya dibuat *notch* pada masing-masing *specimen* pada area tengah logam lasan dengan ukuran standar ASTM E23 tentang metode standar uji impact pada material logam dengan *notch* seperti Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk *spesimen* uji impact.

2.3 Alur penelitian

Gambar 6 menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian dalam skripsi ini.

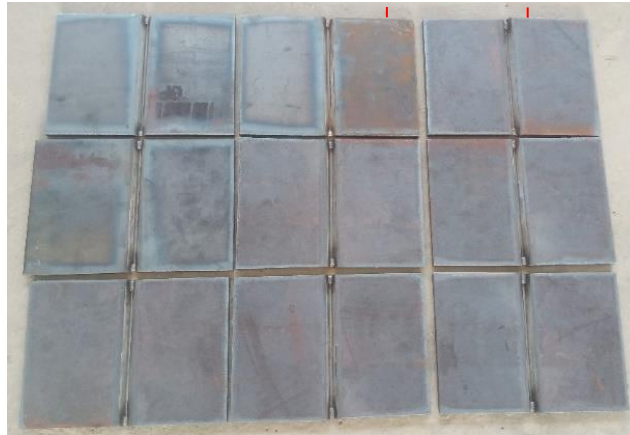


Gambar 6. Alur penelitian.

3. Hasil dan pembahasan

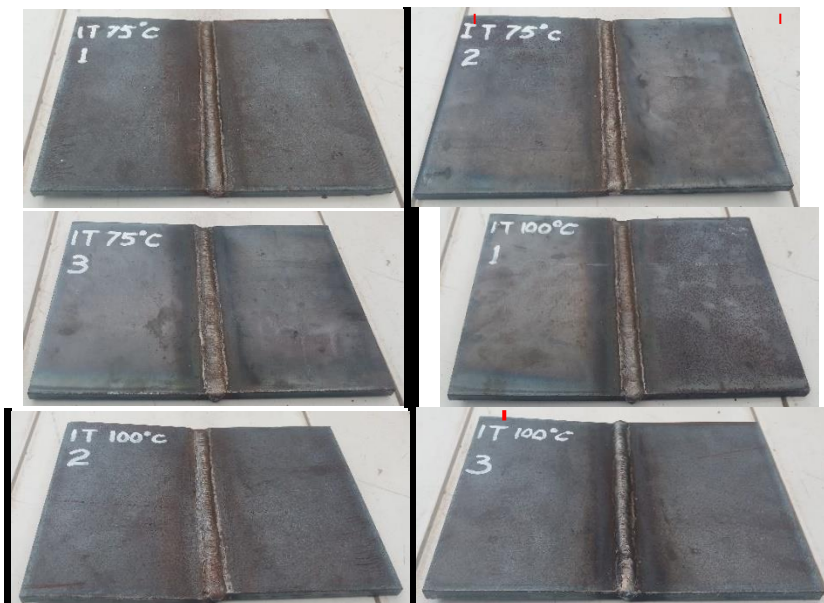
3.1. Pengujian *Deformasi*

Hasil pengelasan menggunakan mesin las SMAW dengan *polaritas* DCRP (DC+). Spesimen uji pengaruh *temperatur interpas* terhadap deformasi hasil pengelasan dengan posisi pengelasan 1G (*down hand*) yang akan dilakukan pengukuran besarnya *deformasi* pada penelitian ini sebanyak 9 spesimen. Berikut merupakan gambar persiapan sambungan las. Setiap persiapan sambungan las dipastikan dalam keadaan lurus atau sejajar tanpa penyimpangan sudut atau penyimpangan 0° (nol derajat) seperti pada [Gambar 7](#).



Gambar 7. Persiapan sambungan las.

Sedangkan *spesimen* hasil pengelasan dengan variasi *interpass temperature* ditunjukkan seperti pada [Gambar 8a](#) dan [Gambar 8b](#).



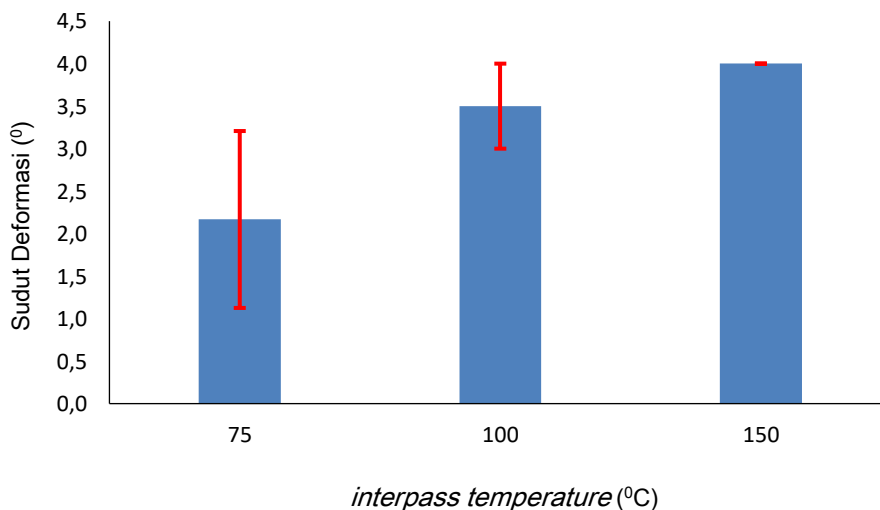
Gambar 8a. Hasil pengelasan sambungan las cap.



Gambar 8b. Hasil pengelasan sambungan las tampak samping.

Dari hasil pengukuran hasil las diperoleh besarnya *deformasi* yang berbeda pada setiap *interpass temperature*. Pada sambungan las dengan *interpass temperature* 75 °C, *spesimen* pertama mengalami *deformasi* sebesar 2,5°, pada *spesimen* kedua 3° dan pada *spesimen* ketiga mengalami *deformasi* 1°. Sedangkan pada *interpass temperature* 100 °C, *spesimen* pertama mengalami *deformasi* sebesar 4°, *spesimen* kedua 3,5° dan *spesimen* ketiga mengalami *deformasi* 3°. Adapun pada sambungan las dengan *interpass temperature* 150 °C, *spesimen* pertama mengalami *deformasi* sebesar 4°, demikian pula pada *spesimen* kedua dan ketiga juga mengalami *deformasi* sebesar 4°.

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dibuat rata-rata penyimpangan sudut pada sambungan pengelasan tiap *interpass temperature* adalah 2,2° pada *interpass temperature* 75 °C, 3,5° pada *interpass temperature* 100 °C dan 4° pada *interpass temperature* 150 °C. diagram rata-rata *deformasi* dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Diagram sudut penyimpangan (*deformasi*).

Dari gambar 9 diketahui penyimpangan sudut terbesar terjadi pada pengelasan dengan *interpass temperature* 150 °C dan penyimpangan sudut terkecil terjadi pada pengelasan dengan *interpass temperature* 75 °C. Masing-masing sambungan dilas dengan jumlah lapisan yang sama, yaitu 5 lapisan (*layer*) dengan kecepatan pengelasan yang sama untuk setiap sambungan pada lapisan yang sama. Kecepatan pengelasan berpengaruh pada *heat input* yang diterima oleh material las (logam dasar), dimana perbedaan *heat input* juga berpengaruh pada perbedaan *deformasi*.

Pada dasarnya setiap *spesimen* menerima heat input yang sama pada setiap lapisan yang sama, akan tetapi perbedaannya adalah lamanya mengalami panas pada temperatur tinggi pada masing-masing *spesimen*. *Spesimen* pada variable *interpass temperature* 75 °C mengalami suhu tinggi dengan waktu yang lebih singkat, sedangkan *spesimen* dengan *interpass temperature* 150 °C mengalami suhu tinggi dengan waktu yang lebih lama.

Besar kecilnya *deformasi* yang terjadi karena pengaruh dari besar kecilnya *heat input* dan temperatur yang diterima oleh benda kerja (Baskoro, 2019). Pada eksperimen ini temperatur terbesar dialami oleh benda uji dengan variable *interpass temperature* 150 °C. Oleh sebab itu, *deformasi* terbesar terjadi pada benda uji dengan variable *interpass temperature* 150 °C.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Heri Wibowo, dkk, 2016. Dinyatakan bahwa semakin tinggi temperatur maksimal saat pengelasan akan berakibat pada peningkatan distorsi khususnya distorsi lengkung.

Temperature interpass memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat las. Semakin tinggi suhu interpas, semakin banyak waktu yang dimiliki logam untuk mendingin dan semakin kuat ikatannya. Namun, jika suhu *interpas* terlalu tinggi, dapat menyebabkan cacat las, diantaranya adalah retak dan penyusutan yang berlebihan. Dikutip dari sebuah jurnal ilmiah dikatakan bahwa control *interpass temperature* bertujuan untuk menghindari pemanasan berlebihan, sehingga memurnikan logam las dengan butiran halus, ini juga meningkatkan sifat ketangguhan takik, meminimalkan hilangnya elemen paduan dalam las dan mengurangi *deformasi* sampai batas tertentu (Yan Ma, 2015).

3.2. Pengujian impact

Pengujian ketangguhan impact dilakukan pada logam las. Sehingga pembahasan mengenai hasil pengujian ketangguhan impact hanya pada daerah logam hasil las saja. Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan ketangguhan pada logam hasil las pada *spesimen* dengan perbedaan *interpass temperature*. Pengujian impact dilakukan dengan menggunakan mesin uji impact charpy merk Advantech buatan Taiwan dengan spesifikasi, panjang pendulum 0,70 m, berat pendulum 35 kg, sudut lengan 140 °. Hasil dari pengujian ketangguhan impact berupa *energy* yang diserap oleh benda uji dinyatakan dalam satuan Joule/cm² dan dibaca langsung di *display* pada mesin seperti Gambar 10.



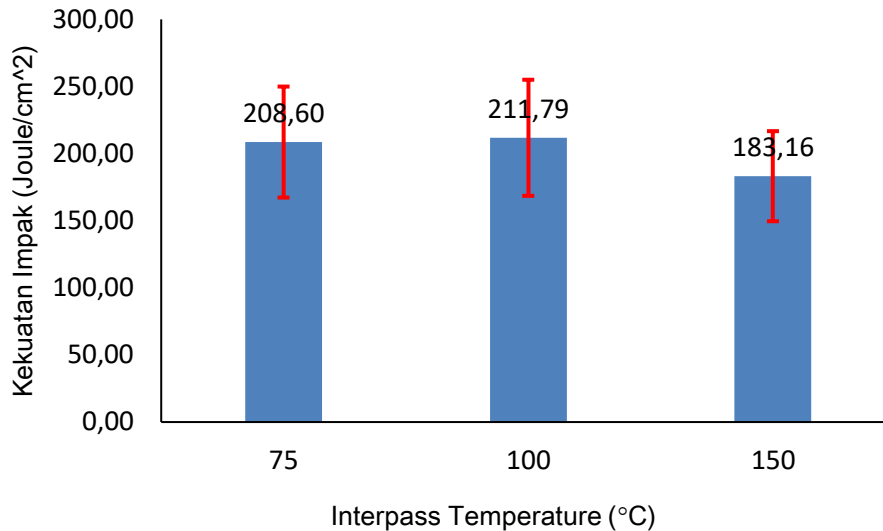
Gambar 10. Mesin Uji Impak Charpy.

Setelah dilakukan pengujian impak pada *spesimen* hasil pengelasan, diperoleh nilai *energy* rata-rata yang diserap pada hasil pengelasan sebagaimana pada [Tabel 4](#).

Tabel 4. Nilai *energy* rata-rata yang diserap pada hasil pengelasan.

| <i>Interpass Temperature</i> (°C) | Nilai Energi Rata-rata (J/cm ²) |
|-----------------------------------|---|
| 75 | 208,60 |
| 100 | 211,79 |
| 150 | 183,16 |

Nilai kekuatan impak rata-rata tersebut dapat digambarkan dalam diagram standard deviasi sebagaimana pada [Gambar 11](#).



Gambar 11. Diagram kekuatan impact.

Dari diagram di atas rata-rata besarnya energi yang diserap pada hasil pengelasan dengan *temperature interpass* yang berbeda menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan, bahkan cenderung pada angka yang hampir sama. Namun dapat dilihat bahwa kekuatan impact pada *spesimen* dengan *interpass temperature* 150 °C adalah yang paling kecil.

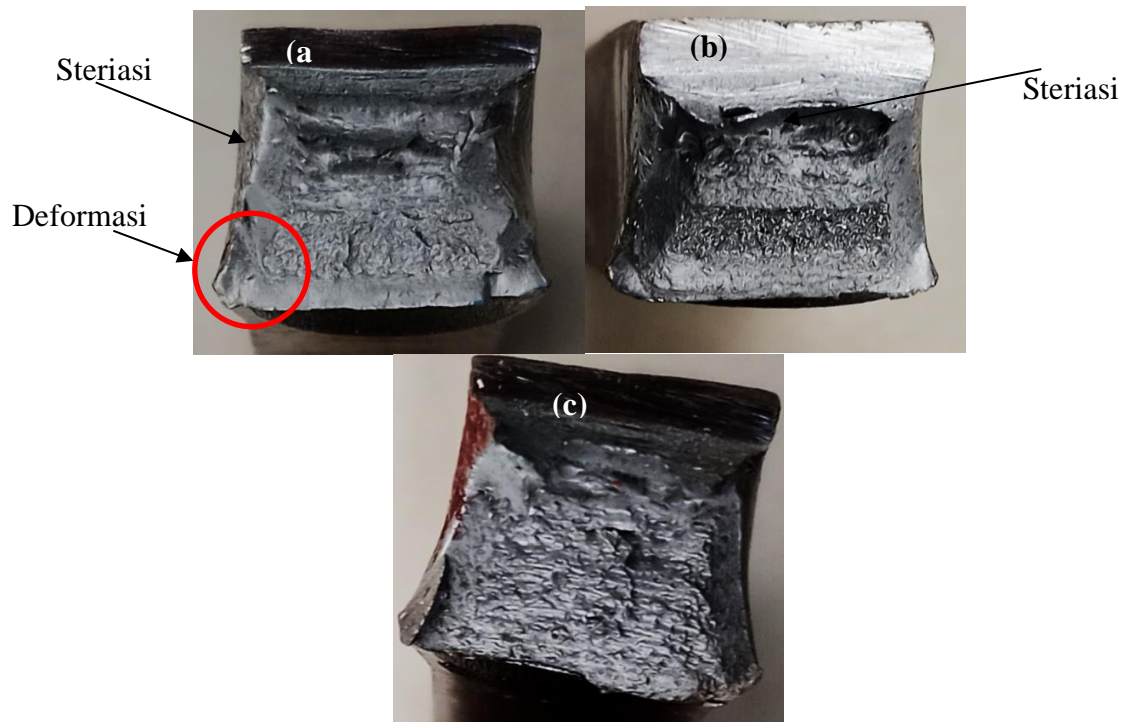
Dari hasil pengujian impact diperoleh nilai ketangguhan impact paling tinggi terjadi pada *spesimen* dengan *interpass temperature* 100 °C, yaitu rata-rata 211,79 J/cm². Sedangkan ketangguhan impact logam las paling rendah terjadi pada *spesimen* dengan *interpass temperature* 150 °C yaitu rata-rata 183,16 J/cm². Hal ini berarti bahwa *interpass temperature* yang tinggi sampai 150 °C menyebabkan kekuatan impact logam las semakin kecil. Semakin tinggi *interpass temperature* pengelasan maka berdampak pada memperlambat laju pendinginan sehingga menyebabkan kekuatan impact menjadi turun (Juang, W, 2003). Hal ini berarti pula bahwa proses pengelasan mengakibatkan terjadinya penurunan sifat mekanik logam hasil las khususnya ketangguhan impact dari logam (Wijoyo, 2016).

Hasil di atas menunjukkan bahwa penerapan *interpass temperature* pada pengelasan SMAW khususnya pada baja ASTM A36 mempengaruhi sifat mekanik logam hasil las, khususnya kekuatan impactnya. *Interpass temperature* 100 °C menghasilkan kekuatan impact logam las lebih baik daripada *interpass temperature* 75 °C dan 150 °C.

Foto penampang patahan hasil uji impact juga menguatkan hasil pengujian ketangguhan impact yang dilakukan. Hasil penampang patahan pada logam las dengan *interpass temperature* 75 °C dan 100 °C, menunjukkan adanya steriasi-steriasi yang lebih dominan dibandingkan dengan patahan logam las pada *interpass temperature* 150 °C.

Bentuk penampang patahan dengan steriasi adalah menunjukkan bahwa patahan yang terjadi adalah patah ulet. Sedangkan bentuk patahan yang cenderung datar tanpa adanya steriasi menunjukkan terjadinya patah adalah patah getas. Ketangguhan impact dapat digunakan untuk mengetahui sifat material tersebut berkaitan dengan keuletan dan kekuatannya. Ketangguhan yang

tinggi berarti material tersebut selain ulet juga kuat, begitu juga sebaliknya. Foto penampang patahan hasil uji impak dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Foto penampang patahan hasil uji impak pada variasi *interpass temperature*:
(a) 75°C, (b) 100 °C, (c) 150 °C.

Hubungan antara besarnya *interpass temperature* dengan deformasi hasil las dan kekuatan impak logam hasil las yaitu semakin besar *interpass temperature* maka semakin besar deformasi yang terjadi dan semakin menurunkan kekuatan impak pada logam hasil las.

Penelitian terkait yang dilakukan menyatakan bahwa semakin tinggi arus pengelasan maka semakin rendah nilai kekuatan impaknya (Saifuddin A. Jalil, dkk, 2017). Ini sesuai dengan penelitian ini bahwa *interpass temperatur* yang tinggi juga akan menyebabkan semakin tinggi temperatur pada material las dengan jangka waktu yang lama. Sehingga kekuatan impak mada logam las akan menurun. Penelitian lain (Muqsalmina, 2019) menunjukkan hasil penelitian bahwa *interpass temperature* yang tinggi menyebabkan nilai kekuatan impak menurun dibandingkan pada spesimen dengan *interpass temperature* lebih rendah. Demikian pula pada penelitian lainnya (Suheni, dkk, 2012) tentang *post heating* pada hasil pengelasan, dimana hasil las dipertahankan pada temperatur tertentu dengan waktu yang sama pada setiap spesimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen hasil las dengan *post heating* paling tinggi menghasilkan nilai kekuatan impak yang lebih kecil.

Dari hasil penelitian ini dapat dijelaskan kauntungan maupun kerugian dari metode pencegahan *deformasi* yang ditawarkan. Keuntungan dari metode pencegahan *deformasi* ini adalah biaya material pengelasan lebih kecil dibandingkan dengan metode penambahan pelat penahan belakang. Selain itu keuntungan metode ini adalah permukaan material pelat lebih bersih dan bebas dari cacat yang disebabkan oleh bekas las ikat. Adapun kerugian dari metode ini adalah waktu pengelasan yang

digunakan lebih lama, karena harus menunggu hingga temperatur material dasar mencapai temperatur yang ditentukan.

4. Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan *interpass temperature* akan menyebabkan perbedaan deformasi yang terjadi pada logam dasar.
2. Semakin kecil *interpass temperature* semakin kecil pula deformasi yang terjadi pada logam dasar. Sebaliknya semakin besar *interpass temperature* semakin besar pula deformasi yang terjadi pada logam dasar. Dimana dalam penelitian ini *interpass temperature* yang paling rendah yaitu 75 °C mengalami deformasi paling kecil dengan rata-rata 2,2 °.
3. Kekuatan impak hasil lasan dengan *interpass temperature* 75 °C dan 100 °C lebih besar dibanding kekuatan impak hasil lasan dengan *interpass temperature* 150 °C.
4. Bentuk patahan hasil lasan dengan *interpass temperature* 75 °C dan 100 °C adalah patahan campuran, sedangkan patahan hasil lasan dengan *interpass temperature* 150 °C adalah patahan getas.
5. *Interpass temperature* berpengaruh terhadap kekuatan impak, dimana *interpass temperature* yang tinggi menghasilkan kekuatan yang rendah dan getas.

4.2. Saran

Untuk menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, sebaiknya para peneliti berikutnya melakukan percobaan dengan spesimen yang lebih tebal dan juga dengan jenis elektroda yang berbeda untuk hasil yang lebih optimal serta melakukan pengujian mikro untuk mengetahui karakteristik baja setelah dilas dengan *interpass temperature* yang berbeda.

Referensi

- Akbar, T., & Santosa, B. (2012). Analisa Pengaruh dari *Welding Sequence* Terhadap Tegangan Sisa dan Deformasi Pada *Circular Patch Weld Double Bevel But-Joint* Plat ASTM A36 Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 352 – 356. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=taufik+akbar%2C+budie+santosa&btnG=#d=gs_qabs&t=1690167710402&u=23%3DP84908e0MzsJ.
- Amin, A. (2016). Pengaruh Variasi Temperatur Interpas Terhadap Struktur Mikro dan Frakturasi HAZ Hasil Pengelasan GMAW Metode *Temper Bead Welding* pada Baja Karbon Sedang. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 2(1), 9-15. https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=A4ePtdEAAAAJ&citation_for_view=A4eAAAAJ:d1gkVwhDpl0C.

- Baskoro, 2019, L. *Heat Input & Interpass Temperature During Welding* [E-book version]. Retrieved from, https://teandersen.com/uploads/rDh63ZFc/technical_update_heat_input_and_interpass_temperature_during_welding.pdf.
- Choirul Mustofa, 2014. Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19-25. Dikutip dari <https://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/870>.
- Juang, W., et al. 2003. "Effect of Weld Heat Input on Toughness and Structure of HAZ of a New Super-high Strength Steel". *Indian Academy of Sciences* 26. 3, 301-305.
- Nugroho, 2018. *Influence of The Interpass Welding Temperature on Microstructure and Corrosion Resistance of Superduplex Stainless Steel SAF 2507*. *Materials Research*, 24(3), 1-12. Dikutip dari <https://www.scielo.br/j/mr/a/sXmqx9VfH3XxbtZv3R7Pn7v/?format=pdf>.
- Mulyadi, & Iswanto. (2020). *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*. UMSIDA Press. http://eprints.umsida.ac.id/8386/1/Buku%20Ajar_Iswanto.pdf.
- Muqsalmina, Syukran, Hanif. (2019). Pengaruh *Interpass Temperature* Terhadap Sifat Mekanik Proses Pengelasan SMAW Material *Carbon Steel* SS400. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 17-21. https://e-jurnal.pnl.ac.id/Welding_Technology/article/view/1454/0.
- Lutfi Arifin, 2017. The effect of inter-pass temperature on residual stresses in multi-pass welds produced using a low transformation temperature filler alloy. *Science and Technology of Welding and Joining*, 19, 44–51. Retrieved from https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2014/Tim-interpass_Ramjaun_STWJ_2014.pdf.
- Saifuddin, A, J., Zulkifli, Tri Rahayu (2017). *Analisa Kekuatan Impak pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material ASSAB 705 dengan Variasi Arus Pengelasan*. *Jurnal Polimesin*, 15(2), 58 – 63. Dikutip dari <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/376>.
- Suheni, R. (2012). *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*. Universitas Lambung Mangkurat. https://scholar.google.co.id/scholar?cluster=10512520527761671131&hl=id&as_sdt&sciold=0,5.
- Sunaryo, H. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Wibowo, H., Ilman, M. N., Iswanto, P. T. (2016). Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(1), 5-12. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=analisa+heat+input+pengelasan%2C+heri+wibowo&btnG=#d=gs_qabs&t=1690165348909&u=%23p%3DgXvxLUGWt-0J.
- Wijoyo, Bayu Indriyanto (2016). *Pengaruh Masukan Panas (Heat Input) Terhadap Ketangguhan Impak Sambungan Las TIG Al-13,5Si*. *Jurnal Simetris* 7(2). 545 – 550.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam Pradnya Paramita*. Pradnya Paramita. <http://opac-perpusbungghatta.perpusnas.go.id/detail-opac?id=4917>.
- Yan Ma, Cuiuri, D., Shen, C., Huijun, L., Pan, Z. (2015). *Effect of interpass temperature on in-situ alloying and additivemanufacturing of titanium aluminides using gas tungsten arc welding*. *Additive Manufacturing*, 8. 71 – 77. Retrieved from <http://www.elsevier.com/locate/addma>.