
ANALISA TEGANGAN DAN DEFORMASI TERHADAP PENGARUH VARIASI SUDUT KEMIRINGAN V BEVEL PADA PROSES PENGELASAN *STAINLESS STEEL BUTT JOINT* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Zakwan Hilmy¹, Muhammad Zaki Prawira², Alyuan Dasira³, Andrew Pradana Putra⁴
Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Sains Dan Tekonologi, Universitas Karimun,
Karimun (29661), Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia.

*Penulis Korespondensi, Surel: zakwanhilmy013@gmail.com, zakiprawira30@gmail.com,
alyuan08@gmail.com, andrewpradanap@gmail.com

Abstrak

Baja merupakan material yang sering digunakan dalam proses fabrikasi kapal. Dalam proses pembangunannya, material baja akan ditreatmen sedemikian rupa agar tersambung dengan struktur lain. Proses penyambungan ini disebut pengelasan dimana terdapat perlakuan panas pada base metal (baja) menggunakan/tidak menggunakan filler (logam pengisi). Hal tersebut tentunya akan membuat hasil pengelasan memiliki resiko terjadinya tegangan dan deformasi. Salah satu treatment yang dilakukan sebelum pengelasan adalah proses pembuatan bevel. Bevel dibuat sebagai jalur las untuk selanjutnya diisi oleh logam pengisi. Pada penelitian ini dilakukan analisa menggunakan metode elemen hingga pada hasil pengelasan dengan variasi bevel untuk melihat deformasi dan tegangan pada hasil sambungan. Adapun variasi yang digunakan adalah 5, 15, 30, 45, 60 (dalam derajat per single bevel). Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa besar dari sudut kemiringan bevel mempengaruhi fenomena-fenomena pengelasan seperti normal stress, deformasi, equivalen stress, distribusi suhu, dan directional heat flux. Dimana nilai tegangan (normal stress dan equivalen) yang dihasilkan pengelasan dengan sudut kemiringan bevel 5 derajat. Sedangkan dengan menggunakan sudut kemiringan 60 derajat tegangan yang dihasilkan adalah yang terkecil. Selain itu semakin luas area bevel yang digunakan pada proses pengelasan maka distribusi panas terkecil yang diterima oleh base metal maka semakin kecil. Dan semakin menjauhi WCL maka distrubusi panas akan semakin turun.. Pada directional heat flux yang emrupakan jumlah energi yang dihasilkan dari masukan panas pengelasan tertinggi dihasilkan oleh pengelasan dengan sudut kemiringan bevel 30 derajat.

Kata Kunci : Bevel, Pengelasan, Metode Elemen Hingga, Normal Stress, Deformasi

I. PENDAHULUAN

Baja maupun material logam merupakan beberapa material yang sering digunakan sebagai bahan dasar dari sebuah struktur (bangunan, kapal, offshore, dan lain-lain). Hal tersebut tentunya menyebabkan berbagai aspek lain dalam pengaplikasian logam tersebut menjadi perhatian para peneliti untuk meneliti fenomena-fenomena yang terjadi pada proses tersebut. Salah satunya adalah proses penyambungan dari baja atau logam itu sendiri.

Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akandisambung hingga temperatur las yang dilakukan secara: dengan atau tanpa menggunakan tekanan (pressure), hanya dengan tekanan (pressure), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (filler)(Hilmy, 2016) .Terdapat berbagai macam metoe penyambungan untuk material logam, salah satunya adalah pengelasan. Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah material logam dengan menggunakan sumber panas untuk melelehkan logam induk dan logam pengisi agar tercipta suatu sambungan paduan (Okumura dan Wiryasumarto, 2000).

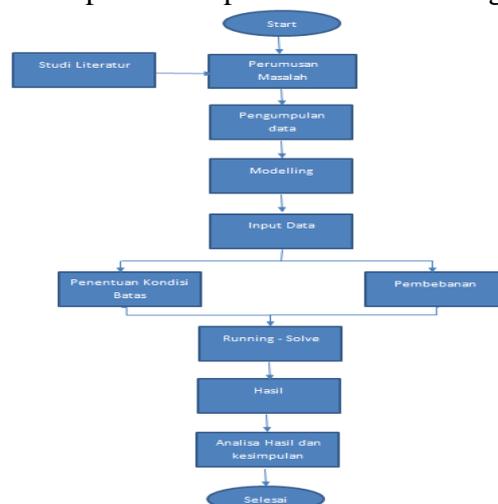
Dikarenakan kompleksnya komponen-komponen dalam proses pengelasan tentunya menyebabkan proses pengelasan tersebut memiliki banyak resiko terjadinya cacat pada produk (hasil las). Sebagai seorang engineering tentunya kita selalu berupaya untuk menekan seminimal mungkin resiko terjadinya welding defect tersebut. Salah satu tahapan dari proses pengelasan adalah material preparation. Pada tahap ini biasa dilakukan proses pembuatan bevel atau yang biasa disebut dengan kampuh las. Bevel ini sendiri memiliki beberapa bentuk yang tentunya berpengaruh pada proses pengelasan serta jenis pengelasan yang digunakan.

Salah satu metode analisa yang sering digunakan pada analisa struktur adalah Finite Element Method (FEM). FEM sendiri merupakan metode pemecahan permasalahan struktur dengan menggunakan pendekatan pada sebuah permasalahan tertentu dalam teknik maupun sains. Metode ini sering digunakan sebagai metode analisa pada sebuah struktur sederhana maupun rumit dengan pendekatan matematis sehingga hasil perhitungan yang didapatkan setidaknya memiliki hasil yang hampir sama dengan struktur sebenarnya.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengaruh dari sudut kemiringan bevel terhadap distribusi stress, temperatur, hingga deformasi yang dihasilkan. Harapannya dengan mengetahui bagaimana pengaruh sudut kemiringan bevel, para welder dapat menekan kemungkinan dari resiko terjadinya deformasi berlebihan pada hasil las.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dapat dilihat pada flow chart sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alur penelitian

A. Studi Literatur dan perumusan Masalah

Pada tahap ini penulis mencari literatur pada berbagai sumber seperti buku, jurnal, publikasi-publikasi, serta pelajaran dari kuliah penulis sendiri. Setelah itu membuat rumusan masalah terkait fenomena yang butuh untuk diteliti lebih lanjut

B. Modelling

Pada tahap ini, penulis memodelkan dua buah pelat dengan sambungan butt join dimana luas atau sudut kemiringan bevel akan divariasikan. Adapun ukuran serta jenis material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Jenis material : Stainless Steel

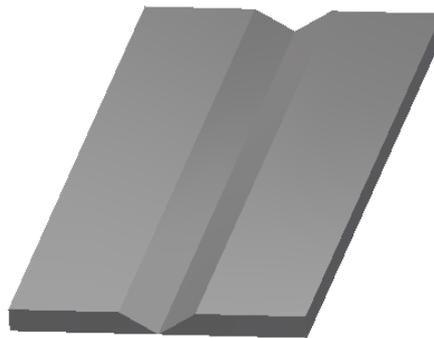
Tebal pelat : 10 mm

Lebar pelat : 300 mm

Pajang pelat : 50 mm

Variasi bevel : 5, 15, 30, 45, 60 (dalam derajat per single bevel)

Software : AUTODESK INVENTOR PRO dan ANSYS



Gambar 2. Visualisasi model

C. Input Data

Setelah dilakukan Pemodelan selanjutnya dilakukan input data yang meliputi pembebanan dan penentuan kondisi batas. Adapun data pengelasan dan kondisi batas yang dimasukkan adalah :

- Suhu pengelasan : 1500 C
- Suhu kamar : 22 C
- Thermal conduction : 20 W/m²C
- Fix joint : pada bagian bawah salah satu pelat

D. Running dan Hasil

Pada tahap ini setelah semua parameter dimasukkan selanjutnya adalah merunning software (solve) sehingga didapatkan hasil analisa pemodelan oleh software.

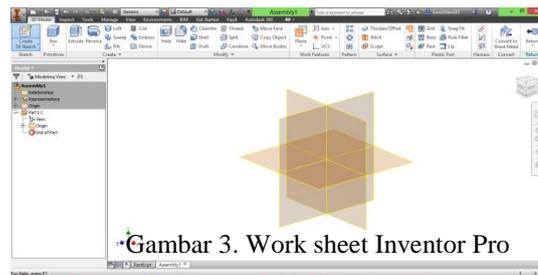
E. Analisa Hasil dan Kesimpulan

Setelah didapatkan hasil analisa dari software selanjutnya hasil tersebut dianalisa sehingga dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh variasi sudut kemiringan bevel terhadap proses pengelasan.

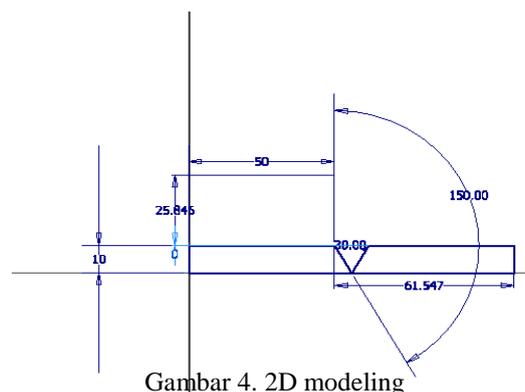
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan

Pemodelan material stainless steel dilakukan menggunakan software Inventor Pro 2014. Pemodelan dilakukan mulai dari tahap 2D untuk membentuk pelat dan variasi bevel. Kemudian model 2D diubah menjadi 3D dengan menggunakan fungsi extrude pada Inventor Pro. Selanjutnya dilakukan pemberian material properties dimana untuk material yang dipilih adalah stainless steel yang otomatis disediakan oleh software Inventor Pro. Dengan menggunakan Inventor Pro selanjutnya adalah pembuatan weldbead pada bevel yang telah disediakan. Hasil modeling selanjutnya disimpan pada format .igs agar dapat dilanjutkan menggunakan software Ansys. Adapun tahapan pemodelan dapat dilihat pada gambar berikut:

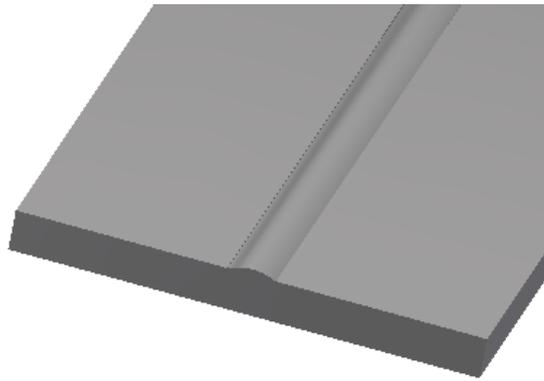


Gambar 3. Work sheet Inventor Pro

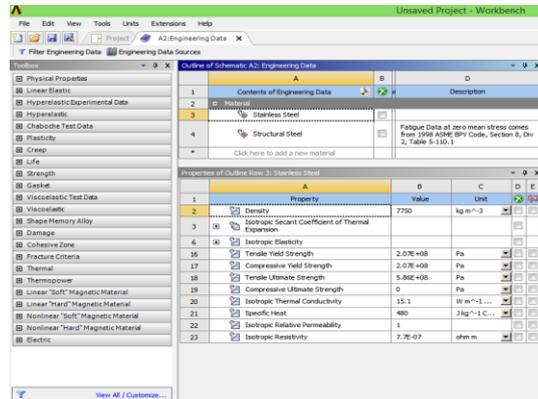


Gambar 4. 2D modeling

Uji Validitas



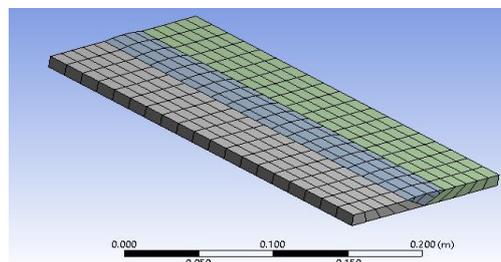
Gambar 5. Visualisasi model setelah diberikan weldbead



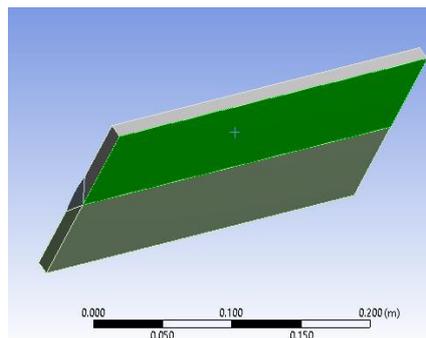
Gambar 6. Input material propertis pada ANSYS

B. Meshing dan Running

Setelah dilakukan pemodelan selanjutnya sebelum dianalisa model harus dibagi menjadi bagian-bagian kecil untuk mendefinisikan sifat-sifat dari elemen tersebut. Pada penelitian ini digunakan elemen berbentuk segi empat dengan besar yang sama (weldbead dan base metal) untuk melihat distribusi stress dan suhu secara keseluruhan.



Gambar 7. Meshing pada model



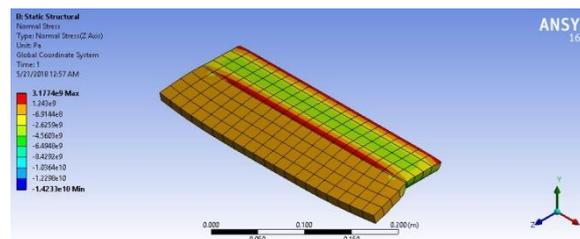
Gambar 8. Fix support pada salah satu bagian bawah pelat

C. Hasil Analisa

Terdapat 5 parameter yang akan dianalisa sebagai hasil perbandingan antar tiap variasi sudut kemiringan bevel yaitu : normal stress, equivalent (von-mises) stress, Deformasi, Distribusi temperatur, dan distribusi panas (heat flux). Adapun hasil serta analisisnya adalah sebagai berikut :

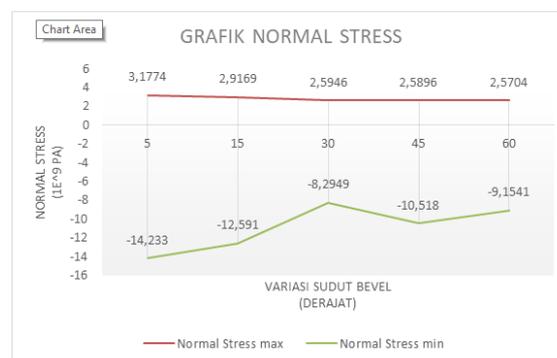
C.1. Normal Stress

Hasil analisa menggunakan software ansys dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 9. Normal stress sudut kemiringan bevel 5 derajat

Hasil analisa dari masing-masing variasi sudut bevel tersebut dapat kita plot ke dalam grafik pada gambar 10 untuk menunjukkan perbedaan antara normal stress pada masing-masing variasi sudut kemiringan bevel sebagai berikut :

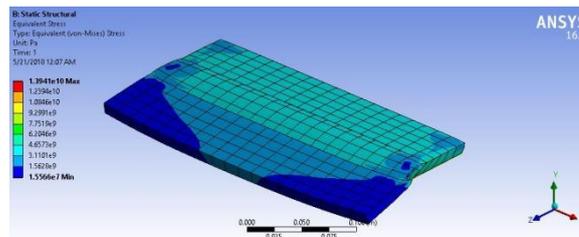


Gambar 10. Grafik normal stress

Berdasarkan grafik di atas, dapat terlihat normal stress tertinggi (tekan) adalah proses pengelasan dengan menggunakan sudut kemiringan bevel sebesar 5 derajat (3.1774E9 Pa).

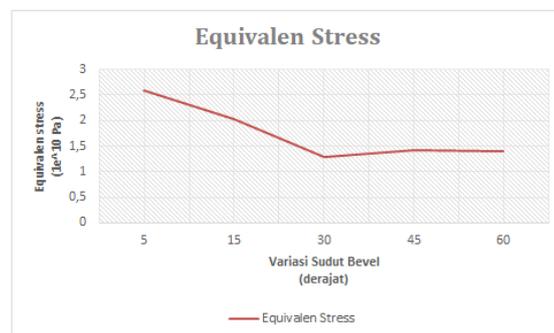
Ketika besar sudut bevel ditambahkan terlihat normal stress yang dihasilkan menurun dengan konstan. Untuk sudut bevel 45 derajat dan 60 derajat terlihat memiliki perbedaan normal stress yang tidak signifikan. Disini dapat diambil kesimpulan semakin besar luasan arean bevel (sudut bevel bertambah) maka normal stress yang dihasilkan akan semakin kecil. Sedangkan normal stress terbesar (tarik) dihasilkan oleh sudut kemiringan bevel 5 derajat dan yang terendah dihasilkan sudut kemiringan 30 derajat.

C.2. Equivalen (von-misess) Stress



Gambar 11. Equivalen stress sudut kemiringan bevel 60 derajat

Dari hasil analisa software Ansys terlihat untuk equivalen stress tertinggi hanya terdapat pada beberapa titik saja. Untuk lebih jelasnya perbandingan equivalen stress pada tiap-tiap variasi sudut kemiringan bevel dapat dilihat pada grafik pada gambar 12 berikut:

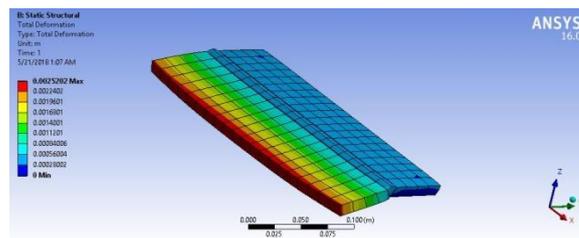


Gambar 12. Grafik equivalen stress

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa equivalen stress tertinggi dihasilkan oleh variasi sudut bevel 5 derajat, sedangkan nilai equivalen stress terendah dihasilkan oleh sudut kemiringan 30 derajat. Sedangkan nilai equivalen stress untuk sudut kemiringan 45 derajat dan 60 derajat tidak terdapat perbedaan yang signifikan seperti yang terjadi pada analisa normal stress.

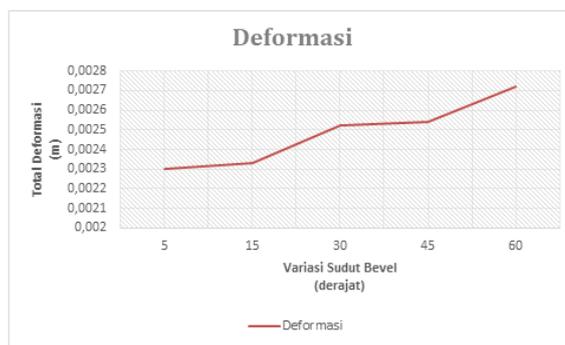
C.3. Deformasi

Akibat masukan panas pada proses pengelasan tentunya menyebabkan adanya deformasi yang terjadi. Pada hasil analisa ini perlu diperhatikan bahwa deformasi yang dihasilkan pada penelitian adalah deformasi yang dihasilkan saat proses pengelasan berjalan (pada saat masukan panas mencapai maksimum) dan tidak menganalisa hasil pada saat logam las mendingin. Pada proses penetapan kondisi batas salah satu pelat di jepit. Hal ini dilakukan agar pelat lain masih memiliki kondisi besab untuk terdeformasi (adanya displasmen) sehingga bisa dilihat berapa besar deformasi yang dihasilkan pada saat proses pengelasan berlangsung. Hasil analisa deformasi menggunakan software Ansys dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 13.Total deformasi sudut kemiringan bevel 30 derajat

Dari gambar di atas dapat terlihat bagian pelat yang tidak dijepit mengalami deformasi ke arah bawah. Hal tersebut dikarenakan adanya masukan panas sehingga menyebabkan logam las (weldmetal) memuai dan membuat sambungan menekuk ke bawah. Jika merujuk kepada pengetahuan yang telah didapatkan dari refrensi jurnal maupun buku, pada saat mendinging weld metal akan menyusut dan menyebabkan posisi pelat kembali ke tempat semula dan bahkan menekuk ke atas. Namun dikarenakan keterbatasan data dan refrensi untuk menjalankan software hingga tahap pendinginan menyebabkan analisa pada penelitian ini hanya sampai deformasi akibat masukan panas saat proses pengelasan berlangsung. Hasil dari analisa deformasi menggunakan software Ansys diplot dalam bentuk grafik pada gambar 14 sebagai berikut :

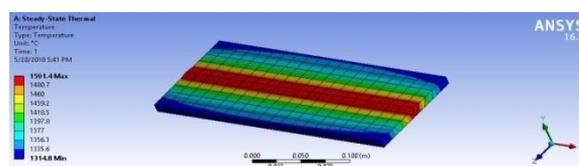


Gambar 14.Grafik deformasi

Dari grafik tersebut dapat terlihat deformasi terkecil dihasilkan dengan menggunakan sudut kemiringan bevel sebesar 5 derajat sedangkan deformasi tertinggi dihasilkan penggunaan sudut bevel 60 derajat. Pada sudut kemiringan bevel 30 derajat dan 45 memiliki selisih yang kecil (perbedaan tidak signifikan). Dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin kecil luasan area bevel yang dihasilkan dari sudut kemiringan bevel maka deformasi yang dihasilkan akan semakin kecil.

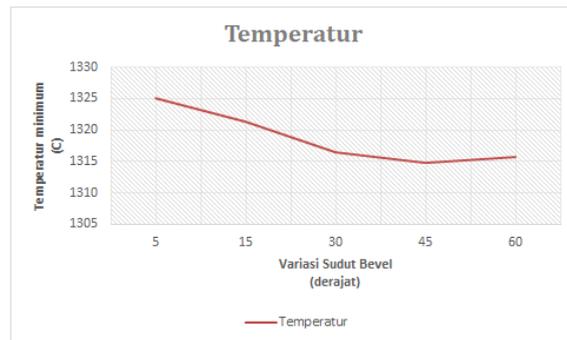
C.4. Distribusi Temperatur

Distribusi temperatur dianalisa untuk melihat distribusi panas yang dihasilkan dari proses pengelasan. Hasil dari analisa menggunakan software Ansys dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 15.Distribusi temperatur sudut kemiringan bevel 45 derajat

Untuk analisa distribusi panas pengelasan dilihat dari distribusi panas terkecil (minimum). Hal tersebut dikarenakan masukan panas antara masing-masing variasi adalah sama yaitu 1500 C. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa masukan panas maksimal berada pada weldbead yaitu 1500 C dan kemudian terdistribusi ke base metal secara bertahap. Rata-rata suhu terendah yang diterima oleh weldbead adalah 1300 C dan tentunya semakin menjauhi WCL maka suhu yang diterima semakin kecil. Hasil analisa Ansys diplot dalam bentuk grafik pada gambar 16 sebagai berikut :

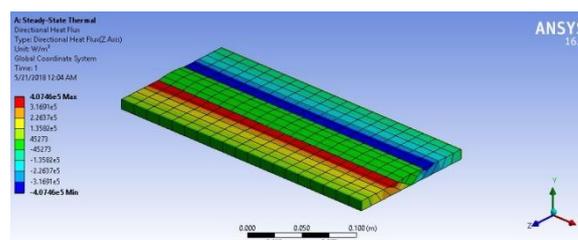


Gambar 16. Grafik distribusi temperatur

Dari grafik di atas terlihat bahwa semakin kecil luas area bevel yang digunakan maka distribusi panas yang diterima oleh basemetal semakin tinggi. Sedangkan dengan bertambahnya sudut kemiringan bevel maka distribusi panas yang diterima semakin kecil.

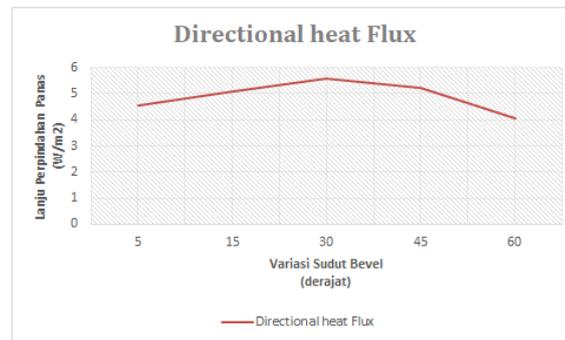
C.5. Directional Heat Flux

Directional heat flux atau yang kita sebut dengan laju perpindahan panas dianalisa untuk melihat bagaimana perpindahan panas yang disebabkan dari proses pengelasan dengan variasi sudut kemiringan bevel. Hasil analisa oleh software dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 17. Directional heat flux sudut kemiringan bevel 60 derajat

Arah dari distribusi panas adalah dari WCL menuju ke kiri. Hasil tersebut jika di plot kedalam bentuk grafik pada gambar 18 adalah sebagai berikut :



Gambar 18. Grafik directional heat flux

Dari grafik tersebut terlihat bahwa heat flux terbesar diberikan oleh pengelasan dengan sudut kemiringan bevel 30 derajat sedangkan yang terendah adalah 60 derajat. Hal tersebut menjelaskan bahwa energi terbesar yang dihasilkan dari masukan panas pengelasan didapatkan dengan penggunaan sudut kemiringan 30 derajat.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar dari sudut kemiringan bevel mempengaruhi fenomena-fenomena pengelasan seperti normal stress, deformasi, equivalen stress, distribusi suhu, dan directional heat flux.
2. Nilai tegangan (normal stress dan equivalen) yang dihasilkan pengelasan dengan sudut kemiringan bevel 5 derajat. Sedangkan dengan menggunakan sudut kemiringan 60 derajat tegangan yang dihasilkan adalah yang terkecil
3. Semakin luas area bevel maka deformasi yang dihasilkan akibat masukan panas saat proses pengelasan berjalan semakin besar..
4. Semakin luas area bevel yang digunakan pada proses pengelasan maka distribusi panas terkecil yang diterima oleh base metal maka semakin kecil. Dan semakin menjauhi WCL maka distrubusi panas akan semakin turun.
5. Directional heat flux yang emrupakan jumlah energi yang dihasilkan dari masukan panas pengelasan tertinggi dihasilkan oleh pengelasan dengan sudut kemiringan bevel 30 derajat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME. 2010. Section II Part C Boiler and Pressure Vesel Code Specification for Welding Rods, Electrode, and Filler Metals. ASME. New York.
- AWS. 2000. AWS D1.1- Structural Welding Code Steel. American Welding Society. USA
- H.P. Manurung. Y, dkk.welding distortion analysis of multipass joint combination with different sequences using 3D FEM and experiment. Int J Press Vessels Pip 2012;hal 1-10
- Hilmy, Z. (2016). Analisa pengaruh variasi komposisi gas pelindung terhadap hasil pengelasan gmaw- short circuit dengan penggunaan mesin khusus regulated metal deposition (rmd). JURNAL TEKNIK ITS, 4, 1–6.
- Logan, D. L.,(2007), A First Course in the Finite Element Method, Thomson, USA
- Okumura, T., dan Wiryosumarto H, (2000). Teknologi Pengelasan Logam, Pradnya Paramita., Jakarta: Sattari-Far I, Farahani MR. Effect of the weld groove shape and pass number on residual stresses in butt-welded pipes. Int J Press Vessels Pip 2009;86(11):723-731
- Sattari-Far I, Y. Javadi. Influence of welding sequence on welding distortion in pipes. Int J Press Vessels Pip 2008;85:265-274
- Tawekal, Ricky L.(2005), Proposed Procedure For Assessment of Existing Platforms In Indonesia. Technical Note for Civil Engineering. Institut Teknologi Bandung (ITB). Indonesia
- TWI, (2006), Welding Inspection WIS5,TWI Ltd., -.
- Weaver, J. W., & Johnston, P. R. (1993). Finite Elements for Structural Analysis (Elemen Hingga untuk Analisis Struktur) Terjemahan oleh Markus Rubijanto Kusuma. Bandung: PT. Eresco.
- Widharto, S. (2001), Petunjuk Kerja Las, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Xu.s, weiqiang wang, dan yinglei chang. Using FEM to predict residual stresses in girth welding joint of layered cylindrical vessels. Int J Press Vessels Pip 2012;119:1-7