

**SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA *FRICTION*  
*STIR WELDING* DENGAN *TOOL PIN*  
SILINDER DAN TIRUS**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



Oleh:

GESA SUKMAWAN  
NIM. I0411022

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2016**

## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN**

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan ini, maka saya bersedia derajat kesarjanaan saya dicabut.

Surakarta, 6 Januari 2016

Gesa Sukmawan

## HALAMAN MOTTO

Sesungguhnya kebaikan-kebaikan akan menghapuskan kejelekan-kejelekan.

(QS Huud : 114)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(QS Al Insiroh : 5 – 6)

Bekerjalah bagaikan tak butuh uang. Mencintailah bagaikan tak pernah disakiti.

Menarilah bagaikan tak seorang pun sedang menonton.

(Mark Twain)

Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak.

(Aldus Huxley)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Seiring doa dan rasa syukur serta ridho Allah SWT, karya ini saya persembahkan bagi . . .*

*Ayah dan ibu tercinta yang disetiap sujudnya selalu terselip doa bagi penulis serta adik-adik,*

*yang selalu memberikan dukungannya (Dina Salsabila RA dan Anindya Leta Azalia).*

*Yang terkasih adinda Desi Rachmawati, terima kasih atas semua doa dan dukungannya*

*selama ini, kamu adalah segalanya bagiku.*

*Dosen-dosen Teknik Mesin UNS yang telah berbagi ilmunya.*

*Sabahat dan teman-teman MechEng 2011 semua yang berbagi Ilmu, memberi semangat, dan*

*keceriaannya kepada penulis.*

*Teman-teman yang membantu meringankan penyusunan skripsi, dan seluruh keluarga besar*

*Teknik Mesin FT UNS.*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Pemurah. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Besar, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyelesaian Skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini, terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kuasa, rahmat, berkah, dan hidayah-Nya.
2. Ayah dan ibu penulis yang selalu mencurahkan segala doa, daya dan kemampuannya untuk penulis sehingga penulis mampu menjadi seperti sekarang ini.
3. Bapak Dominicus Danardono selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan dukungan yang begitu banyak dan memberikan solusi ketika penulis mendapatkan kesulitan.
4. Bapak Bambang Kusharjanta selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran, solusi, dan bersedia membantu tata tulis dalam penyusunan laporan ini. Terima kasih telah membimbing penulis selama ini.
5. Bapak Nurul Muhayat, Bapak Teguh Triyono, dan Bapak Joko Triyono selaku dewan penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun. Terima kasih banyak atas segala masukan, kritik, dan saran yang telah diberikan kepada penulis.
6. Semua keluarga di Boyolali yang telah memberikan doa dan dorongan semangat baik moril maupun materil kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.
7. Seluruh rekan Teknik Mesin khususnya angkatan 2011 yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.

8. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungannya dalam pembuatan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran serta kritik yang dapat membangun laporan ini agar menjadi lebih baik.

Akhir kata semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi kita semua. Amin.

Surakarta, 6 Januari 2016

Penulis

**SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA *FRICTION*  
*STIR WELDING* DENGAN *TOOL PIN*  
SILINDER DAN TIRUS**

Gesra Sukmawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,  
Indonesia

*gesra.sukmawan@gmail.com*

**Abstrak**

Pada *friction stir welding*, sangat penting untuk memahami proses distribusi temperatur. Sebuah model tiga dimensi distribusi temperatur pada *friction stir welding* nilon 6 dengan *pin* silinder dan tirus telah disimulasikan menggunakan metode elemen hingga. Analisa *steady state* dengan metode elemen hingga dilakukan untuk mendapatkan distribusi temperatur pada hasil pengelasan *friction stir welding* nilon 6. Sumber panas pada *tool shoulder* dan *tool pin* diatur 80% dari titik leleh nilon 6. Pemodelan ini telah dilaksanakan dan diselesaikan dengan menggunakan *software* ANSYS CFX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur puncak pada sisi *advance* lebih tinggi dibanding sisi *retreat* pada posisi awal dan tengah proses *friction stir welding* dengan *pin* silinder dan tirus. Sedangkan pada posisi akhir proses *friction stir welding* dengan *pin* silinder dan tirus, temperatur puncak pada sisi *retreat* lebih tinggi dibanding sisi *advance*. Untuk keseluruhan posisi *tool* pada proses *friction stir welding* dengan *pin* silinder dan tirus distribusi temperatur di belakang *pin* lebih tinggi dibanding di depan *pin*.

*Kata kunci* : *Friction Stir Welding*; *Nilon 6*; *Distribusi Temperatur*, *ANSYS CFX*

# **SIMULATION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION FRICTION STIR WELDING USING CYLINDRICAL AND TAPERED TOOL PIN**

Gesa Sukmawan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia  
[gesa.sukmawan@gmail.com](mailto:gesa.sukmawan@gmail.com)

## **Abstract**

In friction stir welding, it is very important to understand temperature distribution. A three dimensional model temperature distribution during friction stir welding of the nylon 6 using cylindrical and tapered pin has been simulated using finite element method. A steady state finite element analysis are performed to obtain the temperature distribution in the welded nylon 6 plate during the welding operation. Heat source from the tool shoulder and the tool pin are set up 80% of the melting point nylon 6. The model has been implemented and solved using ANSYS CFX software. The result showed that peak temperature are higher on the advancing side than the retreating side at the beginning and middle position of friction stir welding process using cylindrical and tapered pin. While the final position of the friction stir welding process with cylindrical and tapered pin, the peak temperature at the retreating side was higher than the advancing side. For overall position of the friction stir welding process with cylindrical and tapered pin, temperature distribution behind the pin was higher than the front of pin.

*Keywords : Friction Stir Welding, Nylon 6, Temperature Distribution, ANSYS CFX*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.Latar Belakang Masalah .....	1
1.2.Perumusan Masalah .....	2
1.3.Batasan Masalah .....	2
1.4.Tujuan Penelitian .....	2
1.5.Manfaat Penelitian .....	3
1.6.Sistematika Penulisan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1.Tinjauan Pustaka .....	4
2.2.Dasar Teori.....	8
2.2.1. <i>Solid State Welding</i> .....	8
2.2.2. <i>Friction Stir Welding (FSW)</i> .....	9
2.2.3. Istilah dalam FSW .....	11
2.2.4. Distribusi Temperatur FSW.....	12
2.2.5. <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> .....	13
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN.....	17
3.1.Garis Besar Penelitian.....	17
3.2.Variabel Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20

4.1. Validasi Pemodelan .....	20
4.2. Simulasi FSW Nylon 6 .....	23
4.2.1. FSW <i>Pin</i> Silinder Posisi Awal .....	26
4.2.2. FSW <i>Pin</i> Silinder Posisi Tengah .....	30
4.2.3. FSW <i>Pin</i> Silinder Posisi Akhir .....	34
4.2.4. Perbandingan Temperatur Puncak FSW <i>Pin</i> Silinder Posisi Awal, Tengah, dan Akhir .....	38
4.2.5. FSW <i>Pin</i> Tirus Posisi Awal .....	40
4.2.6. FSW <i>Pin</i> Tirus Posisi Tengah .....	44
4.2.7. FSW <i>Pin</i> Tirus Posisi Akhir .....	48
4.2.8. Perbandingan Temperatur Puncak FSW <i>Pin</i> Silinder Posisi Awal, Tengah, dan Akhir .....	52
4.2.9. Perbandingan Hasil Simulasi FSW <i>Pin</i> Silinder dan FSW <i>Pin</i> Tirus .....	54
BAB V PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan .....	55
5.2. Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Profil temperatur pada (a) variasi kecepatan rotasi dengan kecepatan <i>transverse</i> konstan 300 mm/min, (b) variasi kecepatan <i>transverse</i> dengan kecepatan rotasi konstan 700 rpm. ....	5
Gambar 2.2. <i>Tensile strength</i> pada berbagai variasi kecepatan rotasi dan <i>transverse tool</i> .....	5
Gambar 2.3. <i>Domain</i> permodelan FSW.....	6
Gambar 2.4. Distribusi perpindahan panas secara simulasi dan eksperimen sepanjang <i>welding direction</i> .....	7
Gambar 2.5. Proses manufaktur dan penyambungan.....	8
Gambar 2.6. Skema FSW.....	9
Gambar 2.7. Proses pengelasan FSW.....	10
Gambar 2.8. Skema distribusi temperatur pada proses FSW.....	12
Gambar 2.9. Bentuk <i>meshing</i> .....	15
Gambar 2.10. Skala kualitas <i>meshing</i> dengan dasar <i>skewness</i> .....	15
Gambar 2.11. <i>Meshing</i> dengan pengaturan <i>edge sizing</i> .....	16
Gambar 3.1. Diagram alir.....	17
Gambar 4.1. Desain dan geometri <i>tool</i> FSW dalam mm.....	20
Gambar 4.2. Model FSW Aluminium 5083 dengan ANSYS CFX.....	21
Gambar 4.3. Grafik perbandingan temperatur hasil eksperimen dan simulasi (a) sisi <i>advance</i> , (b) sisi <i>retreat</i> .....	22
Gambar 4.4. Desain dan geometri <i>tool</i> dalam mm (a) silinder, (b) tirus.....	23
Gambar 4.5. Pemodelan FSW Nylon 6 dengan ANSYS CFX.....	24
Gambar 4.6. <i>Meshing</i> pemodelan FSW dengan ANSYS CFX.....	25
Gambar 4.7. Posisi <i>line</i> pengukuran data temperatur hasil simulasi.....	25
Gambar 4.8. (a) Kontur temperatur posisi awal FSW <i>pin</i> silinder, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i> ..	26
Gambar 4.9. Vektor kecepatan aliran posisi awal FSW <i>pin</i> silinder.....	27
Gambar 4.10. Grafik distribusi temperatur posisi awal FSW di depan <i>pin</i> silinder.....	28
Gambar 4.11. Grafik distribusi temperatur posisi awal FSW di belakang <i>pin</i>	

silinder.....	29
Gambar 4.12. (a) Kontur temperatur posisi tengah FSW <i>pin</i> silinder, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i>	30
Gambar 4.13. Vektor kecepatan aliran posisi tengah FSW <i>pin</i> silinder .....	31
Gambar 4.14. Grafik distribusi temperatur posisi tengah FSW di depan <i>pin</i> silinder.....	32
Gambar 4.15. Grafik distribusi temperatur posisi tengah FSW di belakang <i>pin</i> silinder.....	33
Gambar 4.16. (a) Kontur temperatur posisi akhir FSW <i>pin</i> silinder, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i>	34
Gambar 4.17. Vektor kecepatan aliran posisi akhir FSW <i>pin</i> silinder.....	35
Gambar 4.18. Grafik distribusi temperatur posisi akhir FSW di depan <i>pin</i> silinder.....	36
Gambar 4.19. Grafik distribusi temperatur posisi akhir FSW di belakang <i>pin</i> silinder.....	37
Gambar 4.20. Grafik perbandingan temperatur puncak FSW <i>pin</i> silinder posisi awal, tengah, akhir di depan <i>pin</i> .....	38
Gambar 4.21. Grafik perbandingan temperatur puncak FSW <i>pin</i> silinder posisi awal, tengah, akhir di belakang <i>pin</i> .....	38
Gambar 4.22. Grafik distribusi temperatur pada awal, tengah, dan akhir FSW <i>pin</i> silinder .....	39
Gambar 4.23. (a) Kontur temperatur posisi awal FSW <i>pin</i> tirus, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i>	40
Gambar 4.24. Vektor kecepatan aliran posisi awal FSW <i>pin</i> tirus .....	41
Gambar 4.25. Grafik distribusi temperatur posisi awal FSW di depan <i>pin</i> tirus	42
Gambar 4.26. Grafik distribusi temperatur posisi awal FSW di belakang <i>pin</i> tirus.....	43
Gambar 4.27. (a) Kontur temperatur posisi tirus FSW <i>pin</i> silinder, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i>	44
Gambar 4.28. Vektor kecepatan aliran posisi tirus FSW <i>pin</i> silinder.....	45
Gambar 4.29. Grafik distribusi temperatur posisi tengah FSW di depan <i>pin</i> tirus.....	46

Gambar 4.30. Grafik distribusi temperatur posisi tengah FSW di belakang <i>pin</i> tirus.....	47
Gambar 4.31. (a) Kontur temperatur posisi akhir FSW <i>pin</i> tirus, (b) Kontur temperatur di depan <i>pin</i> , (c) Kontur temperatur di belakang <i>pin</i>	48
Gambar 4.32. Vektor kecepatan aliran posisi akhir FSW <i>pin</i> tirus.....	49
Gambar 4.33. Grafik distribusi temperatur posisi akhir FSW di depan <i>pin</i> tirus.....	50
Gambar 4.34. Grafik distribusi temperatur posisi akhir FSW di belakang <i>pin</i> tirus.....	51
Gambar 4.35. Grafik perbandingan temperatur puncak FSW <i>pin</i> tirus posisi awal, tengah, akhir di depan <i>pin</i> .....	52
Gambar 4.36. Grafik perbandingan temperatur puncak FSW <i>pin</i> tirus posisi awal, tengah, akhir di belakang <i>pin</i> .....	52
Gambar 4.37. Grafik distribusi temperatur pada awal, tengah, dan akhir FSW <i>pin</i> tirus.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Variasi kecepatan <i>transverse</i> dan rotasi <i>tool</i> .....	6
Tabel 4.1. Properties material aluminium 5083 .....	19
Tabel 4.2. Perbandingan hasil pengukuran temperatur eksperimen dan simulasi .....	20
Tabel 4.3. <i>Material properties</i> nylon 6 .....	22
Tabel 4.4. <i>Material properties</i> steel.....	23
Tabel 4.5. Temperatur posisi awal FSW <i>pin</i> silinder.....	26
Tabel 4.6. Temperatur posisi tengah FSW <i>pin</i> silinder.....	30
Tabel 4.7. Temperatur posisi akhir FSW <i>pin</i> silinder .....	34
Tabel 4.8. Temperatur posisi awal FSW <i>pin</i> tirus.....	38
Tabel 4.9. Temperatur posisi tengah FSW <i>pin</i> tirus.....	42
Tabel 4.10. Temperatur posisi akhir FSW <i>pin</i> tirus.....	46