

**ANALISIS GAYA TEKAN MESIN TEMPA TERHADAP PEMBENTUKAN  
KEPALA PAKU KELING (*RIVET*) SWCH 15A (JIS G3539)**



MUHAMMAD SHALAHUDIN

NIM : 41315120035

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2017**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS GAYA TEKAN MESIN TEMPA TERHADAP PEMBENTUKAN  
KEPALA PAKU KELING (*RIVET*) SWCH 15A (JIS G3539)**



UNIVERSITAS  
Disusun Oleh :

MERCU BUANA  
Nama : Muhammad Shalahudin  
NIM : 41315120035

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)**

**JULI 2017**

**LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Shalahudin

NIM : 41315120035

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik Industri

Judul Skripsi : Analisis Gaya Tekan Mesin Tempa Terhadap Pembentukan Kepala Paku Keling (*Rivet*) SWCH 15A (JIS G3539)

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini benar-benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil dari plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 25 Juli 2017



Muhammad Shalahudin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**LEMBAR PENGESAHAN**

**Analisis Gaya Tekan Mesin Tempa Terhadap Pembentukan  
Kepala Paku Keling (*Rivet*) SWCH 15A (JIS G3539)**



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Shalahudin  
NIM : 41315120035  
Program Studi : Teknik Mesin

Mengetahui,

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

Dosen Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

(Nanang Ruyhat, ST. MT)

(Haris Wahyudi, ST. M.sc.)

## PENGHARGAAN



*Assalamuaalaikum Wr.Wb.*

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program S1 dapat diselesaikan walaupun masih belum sesuai dengan apa yang diharapkan. Tugas Akhir ini disusun dengan mengangkat judul “Analisis Gaya Mesin Tempa Terhadap Pembentukan Kepala Paku Keling (*Rivet*) SWCH 15A JIS(3539)”. Perlu diketahui bersama, bahwa pemilihan judul tersebut bertujuan untuk memberi tambahan informasi untuk menentukan parameter setting yang tepat pada mesin tempa paku keling produk *Rotor Assy*.

Terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak, oleh karena itu ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua kami yang telah memberikan dukungan moral dan materi serta doa yang tak pernah terputus.
2. Bpk. Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana serta sebagai Dosen yang selalu memberikan motivasi luar biasa.
3. Bpk. Nanang Ruhyat, ST. MT selaku Dosen Pembimbing atas bimbingannya, motivasi, perhatian, kesabaran, ketelitian, ketekunan, serta waktu yang telah diberikan kepada mahasiswa untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Dosen-dosen Fakultas Teknik yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam kesempatan ini.
5. Management PT. Denso Indonesia, Staff Engineering, Staff Quality Assurance, Staff Produksi yang telah memberikan izin untuk melakukan observasi lapangan dan analisa data untuk mendukung terselesainya Laporan Tugas Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Angkatan 26 atas informasi yang banyak diberikan serta rasa kebersamaan selama menimba ilmu di Fakultas Teknik.

7. Seluruh pihak di Fakultas Teknik baik mahasiswa ataupun bagian tata usaha, sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati kami berharap dan berdo'a semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya rekan mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, dan seluruh pembaca dari berbagai kalangan secara umum.

*Wassalamuallaikum Wr.Wb.*



Jakarta, 25 Juli 2017

Muhammad Shalahudin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

		<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>		i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>		ii
<b>PENGHARGAAN</b>		iii
<b>ABSTRAK</b>		v
<b>DAFTAR ISI</b>		vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		ix
<b>DAFTAR TABEL</b>		xi
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	3
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Batasan Dan Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5	Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1	Definisi Paku Keling ( <i>Rivet</i> )	7
2.2	Metode Pemasangan Paku Keling ( <i>Riveting</i> )	8
2.3	Material Paku Keling ( <i>Rivet</i> )	9
	2.3.1 Baja karbon rendah SWCH 15A (JIS G3539)	9
2.4	Jenis – Jenis Kepala Paku Keling ( <i>Rivet</i> )	11
2.5	Jenis – Jenis Sambungan Paku Keling ( <i>Rivet</i> )	12
	2.5.1 Sambungan pangku ( <i>lap joint</i> )	12
	2.5.2 Sambungan pertemuan ( <i>butt joint</i> )	13
2.6	Kegagalan Pada Sambungan Paku Keling ( <i>Rivet</i> )	14
	2.6.1 Retak pada satu tepi pelat	14
	2.6.2 Retak pada pelat disepanjang baris paku keling ( <i>rivet</i> )	15
	2.6.3 Paku keling ( <i>rivet</i> ) bergeser	15
	2.6.4 Pelat atau paku keling ( <i>rivet</i> ) terkikis	16
2.7	Penempaan ( <i>Forging</i> )	16

2.7.1	Penempaan <i>upset</i>	17
2.7.2	Metode penekanan dalam proses penempaan ( <i>forging</i> )	17
2.8	Analisis Penempaan	18
2.8.1	Metode <i>slab</i>	19
2.9	Kalukulasi Persentase <i>Error</i>	22
2.10	<i>Alternating Current Generator – Starter</i>	22
2.10.1	<i>Rotor assy</i>	23
2.11	Mesin Tempa Paku Keling 16-0078E-11A	24
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1	Jenis Dan Sumber Data	25
3.2	Metode Pengumpulan Data	25
3.3	Definisi Operasional	26
3.4	Tahapan Penelitian	27
3.4.1	Persiapan penelitian	28
3.4.2	Studi pendahuluan	29
3.4.3	Pengukuran dimensi komponen	30
3.4.4	Simulasi mekanik material paku keling ( <i>rivet</i> ) SWCH15A	32
3.4.5	Analisis perhitungan kebutuhan gaya tekan mesin tempa paku keling	33
3.4.6	Eksperimen hasil perhitungan gaya tekan pada mesin tempa	36
3.4.7	Analisis hasil eksperimen penempaan paku keling	38
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL YANG DICAPAI DAN MANFAAT BAGI MITRA</b>	
4.1	Data Analisis	41
4.1.1	Data hasil pengukuran dimensi komponen	41
4.1.2	Data simulasi mekanik paku keling ( <i>rivet</i> ) SWCH 15A	46
4.2	Analisis perhitungan Kebutuhan Gaya Tekan Mesin Tempa	46
4.2.1	Gaya tekan penempaan pada pembentukan kepala atas	47
4.2.2	Gaya tekan penempaan pada pembentukan batang	49



4.2.3	Gaya tekan penempaan pada pembentukan kepala bawah	52
4.3	Analisis Hasil Eksperimen	56
4.3.1	Analisis hasil eksperimen penempaan paku keling #1	56
4.3.2	Analisis hasil eksperimen penempaan paku keling #2	59
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	65
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	66
	<b>LAMPIRAN</b>	
A	<i>Data Capability Rotor &amp; Boss Rotor</i>	67
B	<i>Data Capability Paku Keling (Rivet)</i>	68



## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1.1	Cacat pada proses tempa paku keling (pemasangan paku keling)	2
2.1	Bagian – bagian paku keling	6
2.2	Proses pemasangan paku keling ( <i>riveting</i> )	8
2.3	Kepala <i>rivet</i> tujuan aplikasi umum (diameter kurang dari 12mm)	10
2.4	Kepala <i>rivet</i> tujuan aplikasi umum (diameter 12mm sampai 48 mm)	10
2.5	Kepala <i>rivet</i> keperluan pekerjaan boiler (Diameter 12mm~48 mm)	11
2.6	Sambungan pangku <i>rivet</i> tunggal & ganda	12
2.7	Sambungan pangku tiga <i>rivet</i>	12
2.8	Sambungan pertemuan pengikat ganda <i>rivet</i> tunggal	13
2.9	Sambungan pertemuan pengikat ganda (sejajar) <i>rivet</i> ganda	13
2.10	Retak pada satu tepi pelat	14
2.11	Retak pada pelat disepanjang baris <i>rivet</i>	14
2.12	<i>Rivet</i> bergeser	15
2.13	<i>Rivet</i> terkikis	15
2.14	Penempaan <i>upset</i>	16
2.15	<i>Alternating generator starter</i>	22
2.16	<i>Rotor assy</i>	23
2.17	Mesin tempa paku keling 16-0078E-11A	24
3.1	Standar hasil tempa paku keeling	26
3.2	Tahapan penelitian	28
3.3	Tinggi awal batang ( <i>body</i> ) paku keling bagian bawah ( <i>h<sub>ob</sub></i> )	30
3.4	Diameter awal kepala paku keling bagian bawah ( <i>d<sub>ob</sub></i> )	31
3.5	Tinggi awal kepala paku keling bagian atas ( <i>h<sub>oa</sub></i> )	31
3.6	Diameter awal kepala paku keling bagian atas ( <i>h<sub>oa</sub></i> )	31
3.7	Dimensi awal <i>rotor</i> dan <i>boss rotor</i>	32
3.8	Skema pembagian area perhitungan gaya tekan	33
3.9	Setting <i>boss rotor</i> pada <i>lower JIG</i>	36
3.10	Setting <i>rotor</i> pada <i>lower JIG</i>	37
3.11	Pemasangan 6 buah paku keeling	37
3.12	Proses penempaan paku keeling	38

3.13	<i>Coordinat measuring machine</i> (CMM) Mitutoyo	39
3.14	Area pengecekan visual	39
3.15	Area pengecekan <i>cross cut</i>	40
3.16	Keyence Micro Camera VHX	40
4.1	Grafik hasil pengukuran dimensi tinggi batang ( <i>body</i> ) [ $h_{ob}$ ]	41
4.2	Grafik hasil pengukuran dimensi diameter batang ( <i>body</i> ) [ $d_{ob}$ ]	42
4.3	Grafik hasil pengukuran dimensi tinggi kepala [ $h_{oa}$ ]	42
4.4	Grafik hasil pengukuran dimensi diameter kepala [ $d_{oa}$ ]	43
4.5	Grafik hasil pengukuran dimensi ketebalan <i>boss rotor</i> [ $t_{br}$ ]	43
4.6	Grafik hasil pengukuran diameter lubang <i>boss rotor</i> [ $d_{br}$ ]	44
4.7	Grafik hasil pengukuran dimensi ketebalan <i>rotor</i> [ $t_r$ ]	44
4.8	Grafik hasil pengukuran dimensi diameter lubang <i>rotor</i> [ $d_r$ ]	45
4.9	Grafik tinggi kepala paku keling atas setelah ditempa ( $h_{ia}$ ) pada gaya tekan 28.44 [Ton-Force]	56
4.10	Grafik tinggi kepala paku keling bawah setelah ditempa ( $h_{ic}$ ) pada gaya tekan 28.44 [Ton-Force]	57
4.11	Grafik diameter kepala paku keling bawah setelah ditempa ( $h_{ic}$ ) pada gaya tekan 28.44 [Ton-Force]	57
4.12	Grafik tinggi kepala paku keling atas setelah ditempa ( $h_{ia}$ ) pada gaya tekan 24.46 [Ton-Force]	59
4.13	Grafik tinggi kepala paku keling bawah setelah ditempa ( $h_{ic}$ ) pada gaya tekan 24.46 [Ton-Force]	60
4.14	Grafik tinggi kepala paku keling bawah setelah ditempa ( $h_{ic}$ ) pada gaya tekan 24.46 [Ton-Force]	60
4.15	Pengecekan visual hasil tempa paku keling dengan gaya tekan 24.46 [Ton-Force]	62
4.16	Pengecekan <i>cross cut</i> hasil tempa paku keling dengan gaya tekan 24.46 [Ton-Force]	63

## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Komponen SWRCH 15A (JIS G3539) 10
2.2	Sifat Mekanik SWRCH 15A (JIS G3539) Cold Working 10
2.3	Sifat Mekanik SWRCH 15A (JIS G3539) Cold Working After Annealing 10
2.4	Nilai $n$ dan $K$ untuk beberapa material 20
2.5	Koefisien gesekan untuk beberapa material 21
2.6	Spesifikasi mesin <i>rivetting</i> 16-0078E-11A 25
4.1	Nilai rata-rata hasil pengukuran dimensi komponen 47
4.2	Kondisi awal paku keling bagian atas sebelum penempaan 49
4.3	Kondisi paku keling bagian atas setelah penempaan 49
4.4	Kondisi awal paku keling bagian batang sebelum penempaan 52
4.5	Kondisi paku keling bagian batang ( <i>body</i> ) setelah penempaan 52
4.6	Kondisi awal paku keling bagian bawah sebelum penempaan 55
4.7	Kondisi paku keling bagian bawah setelah penempaan 55
4.8	Perbandingan dimensi hasil tempa paku keling (aktual : teori) pada eksperimen #1 60
4.9	Perbandingan dimensi hasil tempa paku keling (aktual : teori) pada eksperimen #2. 63
5.1	Hasil akhir eksperimen tempa paku keling 67