

ISSN 2302-4542

PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN & Thermofluid IV



" PENINGKATAN PERAN ILMU TEKNIK MESIN UNTUK
KESEJAHTERAAN DAN KEMANDIRIAN BANGSA. "



DITERBITKAN OLEH :
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA



SPONSORED BY :



NO. 01/ VOL. 01 /THN. 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Penentuan Kondisi Kelonggaran Cetakan Optimum Pada Pemotongan Logam Plat Menggunakan Deform2D dan Pendekatan Analisis Ragam (ANOVA)

Penulis : Yanuar Burhanuddin

NIP : 196405062000031001

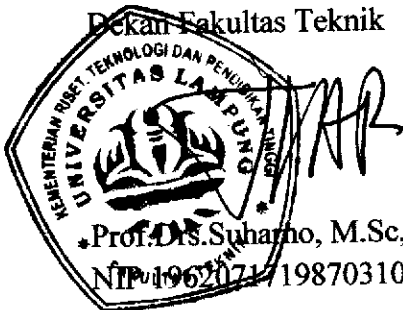
Instansi : Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Publikasi : Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI)
: ISSN 2302-4542
: Tahun 2012

Penerbit : Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada

Bandar Lampung, 2 Februari 2019

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



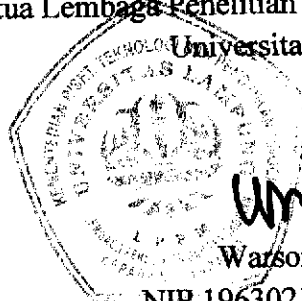
Prof. Drs. Suharno, M.Sc, Ph.D
NIP 196207171987031002

Penulis,

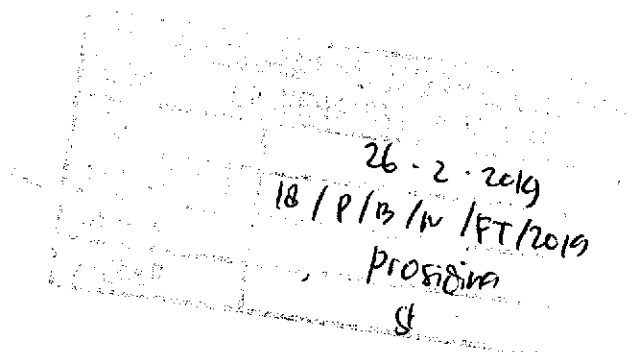
Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.
NIP 196404062000031001

Menyetujui:

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Lampung,



Warsono, Ph.D
NIP 196302161987031003



PROCEEDING

PENINGKATAN PERAN ILMU TEKNIK MESIN UNTUK KESEJAHTERAAN DAN KEMANDIRIAN BANGSA

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab:

Ir. Muhammad Waziz Wildan, M.Sc., Ph.D. (*Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM*)

Ir. Subagyo, Ph.D. (*Sekretaris Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM*)

Panitia Pengarah:

Prof. Mulyadi Bur (Sekjend BKS-TM)

Ketua Jurusan/Departemen/Program Studi Teknik Mesin dalam BKSTM se-Indonesia

Ketua:

Prof. Harwin Saptoadi

Sekretaris:

Dr. Gesang Nugroho

Bendahara:

Dr. Kusmono

Dewan Redaksi:

Dr. Deendarlianto

Dr. Suyitno

Dr. Khasani

Dr. Made Miasa

Reviewers:

Prof. Harwin Saptoadi

Dr. Deendarlianto

Dr. Suyitno

Dr. Khasani

Dr. Made Miasa

Dr. Gesang Nugroho

Dr. Kusmono

Dr. Adhika W.

The statements and opinion expressed in the papers are those of the authors themselves and not necessarily reflect the opinion of the editors and organizers. Any mention of company or trade name does not imply endorsement by organizers.

Copyright © 2012, Departement Mechanical of Engineering Faculty, Gadjah Mada University Not to be commercially reproduced by any means without written permission Printed in Yogyakarta, Indonesia, October November 2012

ISSN: 2302 – 4542



9 772302 454003

SUSUNAN PANITIA

Ketua	:	Prof. Harwin Saptoadi	
Sekretaris	:	Dr. Gesang Nugroho	
Bendahara	:	Dr. Kusmono	
Acara	:	Dr. Joko Waluyo Dr. Sugiyono Dr. Herianto Ryan Anugrah Putra, M.Sc	
Publikasi	:	Dr. Deendarlianto Dr. Khasani Dr. Suyitno Dr. Arif Wibisono Dr. Budi Dharma	
Akomodasi	:	Dr. Hari Agung Yuniarto Dr. Rini Dharmastiti Dr. Made Miasa Dr. Muslim Mahardika	
Kegiatan Umum	:	Dr. M. A. Bramantya Janu Pardadi, M.T Urip Agus Salim, M.Eng. Budi Arifvianto, M.Biotech	
Workshop Mobil Listrik Nasional	:	Dr. Jayan Sentanuhady Christin Budiono, S.T Diyah Puduk Wangi	
Koordinator Pelaksana	:	Freddy Frinly Rizki	
Wakil Koord. Pelaksana	:	Benjamin Bima	
Sekretaris Pelaksana	:	Stefani Bertania Motto	
Bendahara Pelaksana	:	Francisca Dwi Listyaningsih Raeshifa Diani A	
Sie Kesekretariatan	:	Sugiyanto Stenly Fransiscus Isnan Fajar Muaddin	(Koor)

Abdul Muiz

Yordyan Sistriyantoro

Rendy Muhammad G

Moch. Ryan Ardiansyah

M. Roy Haqiqi

Wendi Wicaksono

Muh. Reza Arifin

Fadhil Ahmad Qamar

KATA PENGANTAR

Pembaca budiman,

Proceedings Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XI dan Thermofluid IV 2012 menjumpai para pembaca pada penghujung tahun 2012 ini. Proceedings SNTTM 2012 dan Thermofluid IV 2012 merupakan kumpulan makalah penelitian peserta SNTTM XI dan Thermofluid IV 2012. Makalah penelitian para peserta seminar meliputi lima bidang, di antaranya: konversi energi, manufaktur, material, mekanika terapan, dan pendidikan teknik mesin. Selain perkembangan yang begitu pesat, bidang-bidang tersebut menjadi aspek penting yang juga mempengaruhi kehidupan manusia di era modern ini.

Proceedings kali ini mempublikasikan 360 makalah di antaranya 164 makalah pada bidang konversi energi, 47 makalah pada bidang manufaktur, 82 makalah pada bidang material, 58 makalah pada bidang mekanika terapan dan 9 makalah pada bidang pendidikan teknik mesin. Walaupun dikelompokkan dalam lima bidang, makalah-makalah tersebut kadang tetap saling terkait dengan fokus yang mirip misalnya energi, bahan dan lingkungan. Hal ini memang sesuai dengan tujuan SNTTM sendiri yang memberikan wawasan komprehensif pada pesertanya tentang fokus tertentu dari sudut pandang berbagai bidang. Kiranya proceedings kali ini dapat memberikan gambaran dan wacana, memperluas cakrawala dan mengurangi rasa haus ilmu pengetahuan pembaca.

SNTTM akan tetap berkomitmen untuk merangkum dan menjaring karya-karya ilmiah di tahun-tahun berikutnya dalam bentuk kajian teknologi yang dikuasai oleh para penulisnya. Oleh karena itu, SNTTM akan tetap mengundang para peneliti dan masyarakat umum untuk meneliti dan mengirim naskahnya. Kritik dan saran anda akan selalu kami nantikan.

Akhirnya diucapkan selamat membaca.

REDAKSI

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN & Thermofluid IV

Sertifikat

diberikan kepada

Y. Burhanuddin
atas peran sertanya sebagai

PEMAKALAH

pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI dan Thermofluid IV
“Peningkatan Peran Ilmu Teknik Mesin untuk Kesejahteraan dan Kemandirian Bangsa”
yang diselenggarakan oleh Badan Kerjasama Teknik Mesin Indonesia dan Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, 16 - 17 Oktober 2012

Ir. M Waziz Wildan, M.Sc., Ph.D
Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri

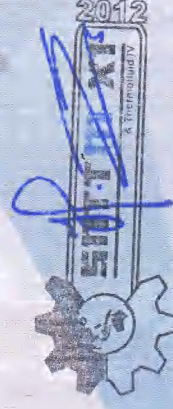
Prof. Dr.-Ing. Harwin Saptoadi, MSE
Ketua Panitia Seminar

Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281 Telp/Fax (0274) 521673



Badan Kerjasama
Teknik Mesin
Indonesia



Penentuan Kondisi Kelonggaran Cetakan Optimum Pada Pemotongan Logam Plat Menggunakan Deform2D dan Pendekatan Analisis Ragam (ANOVA)

Y. BURHANUDDIN*, A. HAMNI, S. HARUN, N. ISMANTO, Z. ARIFIN
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri
Brodjonegoro 1, Bandar Lampung 35145,
*E-mail: yanuar@unila.ac.id

ABSTRAK

Dalam makalah ini dipaparkan penentuan kondisi-kondisi kelonggaran cetakan optimum pada pemotongan logam. Proses pemotongan logam plat didekati melalui simulasi elemen hingga menggunakan perangkat lunak Deform2D. Variabel kondisi pemotongan adalah kelonggaran antara penekan dan cetakan. Variasi nilai kelonggaran adalah 3%, 5% and 6%. Variasi kelonggaran ini mengacu kepada beberapa literature dalam proses pemotongan logam plat. Parameter luaran atau hasil pada simulasi pemotongan logam plat adalah tegangan dan ketebalan terpotong. Besar hasil tegangan simulasi berkisar antara 830-832 MPa dan ketebalan terpotong dari proses simulasi berkisar di antara 1.065 sampai dengan 1.246 μm . Hasil simulasi optimal dianalisis menggunakan pendekatan analisis ragam (ANOVA). Efek kelonggaran pada kualitas permukaan terpotong juga dipaparkan

Kata-kata kunci: proses pelubangan, kelonggaran cetakan, simulasi elemen hingga, ANOVA

ABSTRACT

In this paper the determination of optimal die clearance conditions in sheet metal cutting is presented. The sheet metal cutting process is approached through finite element simulations using Deform2D software. The cutting condition variable is clearance between punch and die. The clearance value variations are 3%, 5% and 6%. These clearance variations referred to some literatures in the sheet metal cutting processes. The output parameters or results in the sheet metal cutting simulations are stress and cut thickness. The magnitude of the results of the simulation stress range between 830-832 MPa and cut thickness of the simulation process results ranged from 1.065 to 1.246 μm . The optimal simulation results are analyzed using ANOVA approach. The effect of clearance on the quality of sheared surface is also presented.

Key words: blanking process, die clearance, finite element simulation, ANOVA

Pendahuluan

Untuk membuat komponen dari logam plat biasanya melibatkan dua proses dasar yaitu pemotongan (shearing) bahan plat menjadi ukuran serta bentuk yang benar dan pembengkokan (bending). Sebagian besar komponen logam plat mengalami pemotongan. Pembolongan (blanking), penusukan dan pemangkasan (trimming) semuanya masuk dalam kategori ini (Waters, 2003).

Pembolongan didefinisikan sebagai pemotongan bendakerja di antara dua komponen cetakan (*punch* dan *die*) menjadi bentuk yang diinginkan. Selama pembolongan, komponen mengalami perubahan kompleks seperti deformasi, pengerasan, inisiasi dan perambatan retak. Pemodelan teoritik sangat sulit karena kompleksitas dalam penguraian tahap-tahap yang berlainan dari proses pemotongan keseluruhan mulai dari tahap elastic dan berakhir dengan pemisahan total logam plat (Al-Mowani & Rawabdeh,

2008). Bila jarak ruang (*clearance*) antara *punch* dan *die* tepat, maka dua garis retakan saling bertemu sehingga dihasilkan pemotongan yang baik.

Untuk menghindari kesalahan yang dapat terjadi pada proses pemotongan, maka sebaiknya dilakukan eksperimentasi pemotongan plat agar diperoleh hasil yang lebih baik. Eksperimentasi biasanya menghabiskan waktu dan pengulangan coba-dan-salah yang mahal (Al-Mowani & Rawabdeh, 2008).

Untuk mengurangi biaya sebaiknya experimentasi dilakukan secara simulasi. Simulasi proses pembolongan dapat dijalankan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) DEFORM 2D. DEFORM 2D adalah sebuah software yang dapat melakukan simulasi proses pembentukan dan pemesinan secara dua dimensi. Perangkat lunak ini mampu memprediksi deformasi besar aliran bahan, tegangan, regangan, dan perilaku termal yang akan dialami oleh plat selama proses pembuatan.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan

diketahui variabel-variabel yang menentukan dalam pembolongan plat melalui simulasi yang akan dilakukan oleh peneliti. Penelitian ini mengarah pada penerapan konsep *net shape manufacturing* dimana dimensi, toleransi dan spesifikasi produk mendekati rancangan akhir. Melalui variabel-variabel yang diperoleh dari hasil simulasi diharapkan dapat membantu dalam konsep perancangan serta optimasi cetakan (*die*).

Metoda Eksperimen dan Perangkat Penelitian

Pendekatan Simulasi Elemen Hingga dan Analisis Ragam (ANOVA) digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini. Kombinasi dari kedua pendekatan tersebut dapat mengurangi biaya eksperimental yang besar. Analisis Ragam memberikan pedoman dalam pemilihan kombinasi parameter proses yang sesuai.

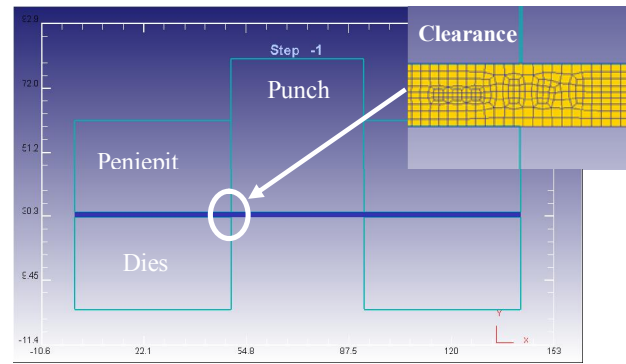
a. Variabel Simulasi

Struktur permukaan terpotong dipengaruhi oleh perkakas (kelonggaran dan geometri pahat) dan bahan kerja (ketebalan, sifat-sifat mekanik, mikrostruktur, dan lain-lain). Simulasi ini dikerjakan untuk mengkaji pengaruh kelonggaran terhadap tegangan pada benda, ketebalan terpotong dan keadaan permukaan bahan terpotong. Tiga nilai kelonggaran yang diteliti yaitu 3, 5 dan 6 persen dari ketebalan awal plat. Perbedaan nilai *clearance* ini mengacu pada beberapa literatur dalam proses pemotongan. Dalam penelitian ini akan dibandingkan hasil yang diperoleh dari ketiga variasi kelonggaran sehingga dapat dijadikan referensi dalam perancangan alat pencetak engsel.

Dua belas simulasi dilakukan sesuai dengan parameter yang ditetapkan. Simulasi dilakukan pada paket perangkat lunak DEFORM2D. Hasil yang diperoleh pada simulasi pemotongan logam ini berupa tegangan (*stress effective, σ*) dan ketebalan hasil plat hasil pemotongan (*d'*).

b. Model dan Elemen (*Meshing*)

Pada simulasi ini *punch*, *dies* dan penjepit yang digunakan dalam penelitian ini diasumsikan bersifat *rigid* (kaku). Masalah yang dikaji pada operasi pembolongan logam plat bersifat simetri. Model proses pemotongan logam dapat dilihat pada Gambar 1. Tipe elemen yang digunakan adalah tipe elemen tetrahedral. Pada penelitian ini jumlah elemen yang digunakan untuk benda kerja proses pemotongan adalah 10000 elemen.



Gambar 1. Model Simulasi Pemotongan Logam

c. Benda Kerja (*Workpiece*)

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja karbon tipe AISI 1015, dengan sifat-sifat sebagai berikut:

Tabel 1. Sifat-sifat baja karbon AISI 1015

Density ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)	7.7 – 8.03
Poisson ratio	0.27 – 0.30
Elastic modulus (GPa)	190 – 210
Tensile strength (MPa)	386.1
Yield strength (MPa)	284.4
Elongation (%)	37
Reduction in Area (%)	69.7
Hardness (HB)	111
Impact strength (J)	115

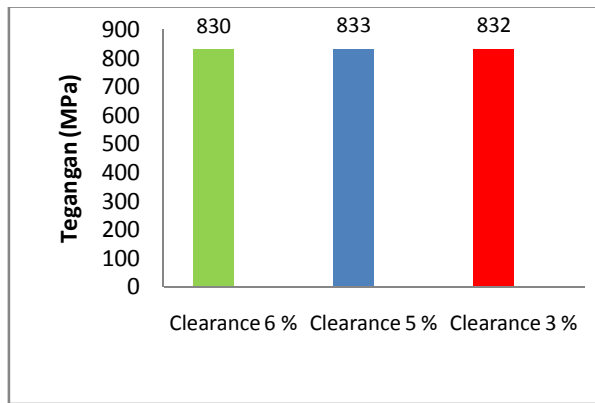
Hasil dan Pembahasan

a. Tegangan dan Ketebalan

Hasil simulasi proses pemotongan plat dengan berbagai variasi kelonggaran dapat dilihat pada tabel 2.

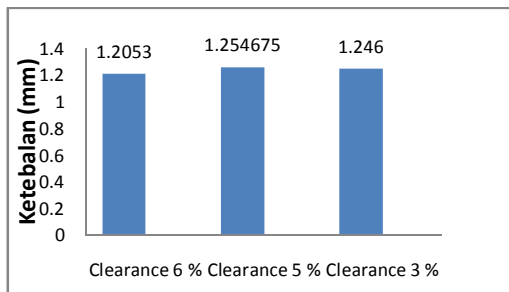
Tabel 2. Besarnya Tegangan dan Ketebalan Hasil Proses Simulasi

No	Clearance	σ (MPa)	d' (mm)
1	6 %	830.01	1.2065
2		830.08	1.2071
3		830.1	1.2023
4		830.04	1.2053
5	5 %	832.98	1.2539
6		833.1	1.2535
7		833.02	1.2538
8		833.08	1.2575
9	3 %	832.01	1.246
10		832.05	1.246
11		832.09	1.246
12		832.1	1.246



Gambar 2 Grafik tegangan rata-rata yang dialami plat.

Gambar 2 menunjukkan tegangan rata-rata yang dialami oleh plat selama proses pemotongan logam. Tegangan rata-rata berkisar antara 830-832 MPa. Tegangan maksimal terjadi pada kelonggaran 5%. Tegangan dengan *clearance* 6% dari tebal plat lebih kecil dibandingkan dengan pemotongan plat dengan *clearance* 3% dan 5%. Tegangan akan menurun kembali setelah kelonggaran melebihi 5%. Diduga dengan kelonggaran melebihi 5% maka gesekan antara antara punch dan cetakan lebih kecil sehingga tegangan maksimal yang dihasilkan relatif lebih kecil.



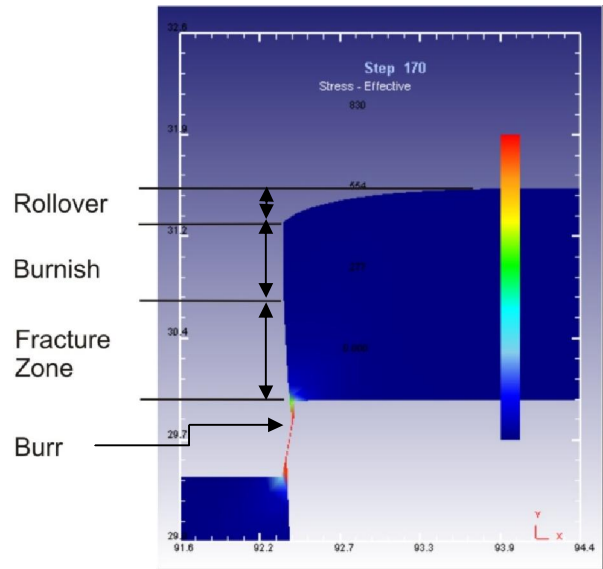
Gambar 3 Grafik rata-rata ketebalan plat hasil pemotongan

Gambar 3 menunjukkan ketebalan plat rata-rata hasil simulasi proses pemotongan. Pada kelonggaran 6% ketebalan hasil pemotongan merupakan yang paling kecil yaitu 1,2053 mm. Sedangkan pada kelonggaran 5% ketebalan plat hasil pemotongan yang paling tinggi yaitu 1,246 mm.

b. Karakteristik Permukaan

Pada gambar 4 terlihat penampang hasil pemotongan plat. Penampang permukaan bendakerja terpotong umumnya terbagi atas empat yaitu *roll-over*, *burnish*, *fracture* dan *burr* (Hambli 2003). *Roll-over* dan *burnish* yang terbentuk akibat adanya penekanan terhadap permukaan benda kerja sehingga permukaan benda kerja mengalami deformasi plastis. Daerah *Roll-over* ditandai dengan sudut berbentuk

melengkung. Sedangkan *burnish* yaitu daerah hasil proses pemotongan yang memiliki permukaan rata dan halus.



Gambar 4 Penampang permukaan benda kerja pada pemotongan plat dengan *clearance* 6 %

Tabel 3. Karakteristik Permukaan Hasil Proses Pemotongan

No	Clearance	Rollover (mm)	Burnish (mm)	Fracture Zone (mm)	Burr (mm)
1	6 %	0.23929	0.50051	0.76622	0.030265
2		0.23671	0.45972	0.80012	0.030625
3		0.24444	0.50442	0.75234	0.030625
4		0.24053	0.51484	0.74482	0.030625
	Nilai Rata-Rata	0.2402425	0.49487	0.76588	0.03054
5	5 %	0.24497	0.48179	0.76952	0.06235
6		0.24221	0.44469	0.81358	0.060161
7		0.25237	0.44469	0.81432	0.059806
8		0.24394	0.48906	0.76688	0.059708
	Nilai Rata-Rata	0.2458725	0.46506	0.79108	0.06051
9	3 %	0.29348	0.47097	0.73701	0.014018
10		0.29195	0.42305	0.78173	0.016617
11		0.28763	0.43634	0.76471	0.01054
12		0.29015	0.45464	0.75433	0.015212
	Nilai Rata-Rata	0.2908025	0.44625	0.75945	0.0141

Pada simulasi pemotongan logam AISI 1015 terbentuk juga *fracture zone*. Pada daerah ini biasanya memiliki permukaan yang kasar. *Fracture zone* terbentuk akibat pengaruh tekanan sehingga terjadilah keretakan akibat deformasi plastis melewati fracture point (Hambli 2003, Hambli 2005). Dari simulasi pemotongan logam ini *fracture zone*

merupakan daerah yang paling dominan dibandingkan *roll-over* maupun *burnish*.

Pada bagian terakhir, terbentuk *burr* yang merupakan sisi tajam yang menonjol. Terbentuknya *burr* ditentukan oleh faktor material, perkakas (*tool edge geometry*, *tool wear*) ketajaman alat potong dan juga dipengaruhi oleh akibat keausan pada alat potong dan kelonggaran antara punch dengan cetakan yang tepat (*optimum clearance*). Pada simulasi pengujian pemotongan logam *burr* yang terbentuk diukur ketinggiannya.

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran ketinggian permukaan *roll-over*, *burnish*, *fracture* dan *burr* pada berbagai variasi kelonggaran. Dari hasil pengukuran ketinggian menunjukkan sebuah nilai kelonggaran berpengaruh pada daerah tertentu saja tidak berlaku untuk semua daerah. Ketinggian paling besar pada daerah *roll-over* terjadi pada kelonggaran 3% diikuti oleh 5% dan 6%. Pada daerah *burnish*, kelonggaran 6% memiliki tinggi paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain diikuti oleh kelonggaran 5% dan 3%. Untuk daerah *fracture zone*, kelonggaran 5% memiliki ketinggian paling besar dibandingkan kelonggaran lain. Sedangkan untuk ketinggian *burr*, kelonggaran 3% memiliki ketinggian terkecil

dibanding dengan kelonggaran 5% dan 6%. Ketinggian *burr* yang sekecil mungkin sebetulnya yang paling diinginkan dalam industri praktis karena tidak perlu dilakukan pekerjaan pembuangan *burr* (*burr removal*).

c. Analisis Ragam (ANOVA)

Karena ada lebih dari satu variabel bergantung (*dependent variable* atau *response*) maka digunakan Analisis Ragam Multivariat. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS 16 untuk melihat apakah ada pengaruh kelonggaran terhadap tegangan, ketebalan terpotong, *roll-over*, *burnish*, *fracture* dan *burr*. Selain itu juga dicari nilai kelonggaran yang paling optimum.

Berdasarkan Tabel 4 terlihat kelonggaran mempunyai pengaruh terhadap tegangan, ketebalan terpotong, *roll-over*, *burnish* dan *burr*. Sedangkan *fracture* tidak dipengaruhi oleh kelonggaran karena nilai Sig. >0,05. Berdasarkan besar pengaruh kelonggaran, tegangan paling besar dipengaruhi kelonggaran diikuti oleh ketebalan terpotong, kemudian *burr*, *roll-over* dan *burnish*.

Tabel 4 Analisis Ragam multivariat kelonggaran terhadap tegangan, ketebalan terpotong, *roll-over*, *burnish*, *fracture* dan *burr*

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Tegangan	18.547 ^a	2	9.274	4.381E3	.000
	Ketebalan	.006 ^b	2	.003	1.025E3	.000
	Rollover	.006 ^c	2	.003	250.719	.000
	Burnish	.005 ^d	2	.002	4.545	.043
	Fracture	.002 ^e	2	.001	2.033	.187
	Burr	.004 ^f	2	.002	797.504	.000
Clearance	Tegangan	18.547	2	9.274	4.381E3	.000
	Ketebalan	.006	2	.003	1.025E3	.000
	Rollover	.006	2	.003	250.719	.000
	Burnish	.005	2	.002	4.545	.043
	Fracture	.002	2	.001	2.033	.187
	Burr	.004	2	.002	797.504	.000
Error	Tegangan	.019	9	.002		
	Ketebalan	2.441E-5	9	2.712E-6		
	Rollover	.000	9	1.225E-5		
	Burnish	.005	9	.001		
	Fracture	.005	9	.001		
	Burr	2.500E-5	9	2.777E-6		
Total	Tegangan	8301149.736	12			
	Ketebalan	18.318	12			
	Rollover	.811	12			
	Burnish	2.646	12			
	Fracture	7.161	12			
	Burr	.019	12			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)
b. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)
c. R Squared = .982 (Adjusted R Squared = .978)
d. R Squared = .503 (Adjusted R Squared = .392)
e. R Squared = .311 (Adjusted R Squared = .158)
f. R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .993)

Tabel 5 Estimasi parameter pada berbagai nilai kelonggaran (clearance)

Dependent Variable	Parameter	B	Std. Error	t	Sig.
Tegangan	Intercept	830.057	.023	3.608E4	.000
	[Clearance=3 %]	2.005	.033	61.632	.000
	[Clearance=5 %]	2.988	.033	91.833	.000
	[Clearance=6 %]	0 ^a	.	.	.
Ketebalan	Intercept	1.205	.001	1.464E3	.000
	[Clearance=3 %]	.041	.001	34.952	.000
	[Clearance=5 %]	.049	.001	42.402	.000
	[Clearance=6 %]	0 ^a	.	.	.
Rollover	Intercept	.240	.002	137.285	.000
	[Clearance=3 %]	.051	.002	20.430	.000
	[Clearance=5 %]	.006	.002	2.275	.049
	[Clearance=6 %]	0 ^a	.	.	.
Burnish	Intercept	.495	.012	43.032	.000
	[Clearance=3 %]	-.049	.016	-2.990	.015
	[Clearance=5 %]	-.030	.016	-1.833	.100
	[Clearance=6 %]	0 ^a	.	.	.
Burr	Intercept	.031	.001	36.645	.000
	[Clearance=3 %]	-.016	.001	-13.950	.000
	[Clearance=5 %]	.030	.001	25.434	.000
	[Clearance=6 %]	0 ^a	.	.	.

a. This parameter is set to zero because it is redundant.

Untuk melihat nilai kelonggaran mana yang paling berpengaruh kepada luaran (respon) maka dilakukan estimasi parameter seperti yang terlihat pada Tabel 5. Analisis estimasi mengesampingkan nilai kelonggaran 6% karena dianggap redundan. Sehingga analisis dibatasi pada kelonggaran 3% dan 5%. Kelonggaran 3% mempunyai kelebihan pada menghasilkan tegangan dan burr yang rendah dibanding kelonggaran 5%. Kekurangannya adalah menghasilkan ketebalan terpotong yang kecil dan rollover lebih besar. Sedangkan kelonggaran 5% mempunyai kelebihan pada ketebalan terpotong dan burnish yang lebih besar. Sedangkan kekurangannya adalah menghasilkan burr yang lebih besar. Untuk menentukan nilai kelonggaran mana yang paling baik diperlukan perlu ditetapkan lebih dahulu kriterianya. Diduga nilai terbaik berada di antara 3% dan 5%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembuatan simulasi dan pembahasan pengujian pemotongan logam pembuat komponen-komponen engsel dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan analisis simulasi elemen hingga, kelonggaran (clearance) berpengaruh terhadap tegangan yang dialami benda kerja selama proses pemotongan dan ketebalan plat hasil pemotongan. Tegangan paling tinggi terjadi dengan kelonggaran 5% yaitu dengan tegangan rata-rata 833 MPa dan tegangan paling rendah terjadi pada kelonggaran 6% yaitu dengan tegangan rata-rata 830 MPa. Ketebalan plat terpotong tertinggi terjadi pada kelonggaran 5% yaitu 1,255 mm dan yang terendah pada kelonggaran 3% yaitu 1,246

mm.

2. Fenomena-fenomena yang terjadi pada proses pemotongan yaitu terbentuknya rollover, burnish, fracture zone, burr dapat terlihat pada simulasi elemen hingga.
3. Nilai terbaik untuk kelonggaran berada diantara rentang 3% - 5 %.

Referensi

- Al-Momani, E. & Rawabdeh, I. An Application of Finite Element Method and Design of Experiments in the Optimization of Sheet Metal Blanking Process. Jordan J. of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 53 -63 (2008).
- Hambli, R. Optimization of Blanking Processes using Neural Network Simulation. The Arabian J. for Science and Engineering, Vol. 30, No.1C, pp. 3-16 (2005).
- Hambli, R. BLANKSOFT: a code for sheet metal blanking processes optimization. J. Materials Processing Technology, Vo. 141, pp. 234-242 (2003)
- Waters, T. F. Fundamentals of Manufacturing for Engineers. UCL Press, London (2003).