

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
INTISARI.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III. LANDASAN TEORI.....	16
3.1 <i>Micromanufacturing</i>	16
3.2 Proses Permesinan dan Pengerjaan Pelat Logam.....	17
3.3 Proses <i>Punching</i>	18
3.3.1. <i>Clearance</i> dan <i>Punch Speed</i>	20
3.3.2. <i>Cutting Force</i> (Gaya Potong).....	22
3.4 Material Penelitian.....	23
3.4.1. Material <i>Punch</i>	23
3.4.2. Material Benda Kerja.....	26

3.5 Sistem Pneumatik.....	29
3.5.1. Klasifikasi Penggerak Pneumatik.....	29
3.5.3 Perhitungan Pada Sistem Pneumatik.....	30
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	33
4.1. Objek Penelitian.....	33
4.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	33
4.3. Tahapan Penelitian.....	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
5.1. Hasil Pengujian Dimensi Pada Tekanan 7 dan 8 bar...	50
5.2. Hasil Pengujian Dimensi Sisi Potong Pada Tekanan 7 bar.....	52
5.3. Hasil Pengujian Dimensi Sisi Potong Pada Tekanan 8 bar.....	54
5.4. Hasil Pengujian Proporsi Sisi Potong Pada Tekanan 7 bar.....	57
5.4.1. <i>Roll Over</i> Pada Tekanan 7 bar.....	57
5.4.2. <i>Burnish</i> Pada Tekanan 7 bar.....	58
5.4.3. <i>Fracture</i> dan <i>Burr</i> Pada Tekanan 7 bar.....	60
5.5. Hasil Pengujian Proporsi Sisi Potong Pada Tekanan 8 bar.....	62
5.5.1. <i>Roll Over</i> Pada Tekanan 8 bar.....	62
5.5.2. <i>Burnish</i> Pada Tekanan 8 bar.....	63
5.5.3. <i>Fracture</i> dan <i>Burr</i> Pada Tekanan 8 bar.....	64
5.6. Perbandingan Hasil Pengujian Sisi Potong Pada Tekanan 7 dan 8 bar.....	66
5.7. Hasil Pengujian Sisi Potong Berdasarkan Ketebalan Awal.....	71

	5.8. Hasil Pengujian Kekerasan.....	73
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
	6.1. Kesimpulan.....	77
	6.2. Saran.....	78
	DAFTAR PUSTAKA.....	79
	DAFTAR LAMPIRAN.....	83
	Lampiran 1. Foto pengukuran dimensi spesimen hasil <i>punching</i>	83
	Lampiran 2. Foto Spesimen 7 bar (1) pada masing - masing titik.....	84
	Lampiran 3. Foto spesimen 8 bar (1) pada masing - masing titik.....	90
	Lampiran 4. Hasil pengukuran pada spesimen 7 bar.....	96
	Lampiran 5. Hasil pengukuran pada spesimen 8 bar.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Contoh bentuk produk <i>microplate</i>	2
Gambar 2.1	Kualitas <i>sheared edge</i> material <i>aluminum</i> Al-H terhadap pengaruh <i>punch speed</i> (a) 10 m/s dan (b) 0,1 mm/s	5
Gambar 2.2	Grafik pengaruh <i>punch speed</i> terhadap proporsi <i>shear zone</i> pada material <i>bronze</i>	6
Gambar 2.3	Grafik pengaruh <i>clearance</i> terhadap proporsi <i>sheared edge</i> hasil <i>punching</i> untuk material (a) <i>aluminum</i> dan (b) <i>bronze</i>	7
Gambar 2.4	(a) Grafik pengaruh <i>clearance</i> terhadap <i>smooth sheared</i> hasil <i>blanking</i> untuk material <i>aluminum</i> tebal 1,5mm, (b) Pembagian zona <i>sheared edge</i>	8
Gambar 2.5	Grafik pengaruh <i>clearance</i> dan <i>punch speed</i> terhadap (a) proporsi <i>sheared area</i> dan (b) proporsi <i>roll over</i> pada material <i>copper</i> tebal 0,4 mm.....	9
Gambar 2.6	Kualitas permukaan lubang pada <i>brass</i> CuZn ₃₇	10
Gambar 2.7	Kondisi permukaan <i>brass foil</i> , pengaruh ketebalan terhadap <i>fracture behavior</i> (a) tebal 200 μm , (b) 100 μm , dan (c) 60 μm	11
Gambar 2.8	Grafik pengaruh <i>tensile strength</i> material terhadap proporsi <i>burnish</i>	12
Gambar 2.9	Grafik perbandingan pengaruh <i>clearance</i> dan <i>punch speed</i> terhadap proporsi <i>burnish</i> pada material <i>titanium</i> 200 μm ..	14
Gambar 3.1	Klasifikasi proses <i>micromanufacturing</i>	16
Gambar 3.2	Proses pemotongan (a) <i>Shearing</i> , (b) <i>Blanking</i> , dan (c) <i>Punching</i>	17
Gambar 3.3	Mekanisme proses <i>punching</i> , pemotongan antara <i>punch</i> dan <i>dies</i>	18
Gambar 3.4	Karakteristik permukaan <i>hole edge</i> dan <i>blank edge</i>	19
Gambar 3.5	Efek <i>clearance</i> pada penampang potong.....	20
Gambar 3.6	Grafik pengaruh <i>punch speed</i> terhadap <i>punch force</i> pada proses <i>punching</i>	22
Gambar 3.7	Kurva tegangan – regangan material.....	23
Gambar 3.8	Grafik pengaruh <i>clearance</i> terhadap <i>punch wear</i>	25
Gambar 3.9	Grafik pengaruh <i>punch speed</i> dan <i>punch wear</i> terhadap <i>burr height</i>	25
Gambar 3.10	<i>Punch wear</i> pada <i>punch tip</i> HSS setelah 9000 kali pemotongan, (a) <i>punch speed</i> 124 mm/s, dan (b) <i>punch speed</i> 262 mm/s.....	26

Gambar 3.11	Frekuensi penggunaan <i>punch</i> terhadap (a) <i>punch wear</i> , dan (b) <i>burr height</i>	26
Gambar 3.12	Kurva <i>true stress-strain</i> pada material <i>titanium alloy</i> (Ti-6Al-4V).....	28
Gambar 3.13	<i>Cross section of a single acting cylinder</i>	29
Gambar 3.14	<i>Cross section of a double acting cylinder</i>	30
Gambar 4.1	Mesin <i>micro punch</i>	34
Gambar 4.2	Mekanisme pengamatan dengan mikroskop <i>digital</i>	35
Gambar 4.3	(a) Dimensi pahat, (b) Bentuk pahat.....	37
Gambar 4.4	Bentuk dan dimensi <i>dies</i>	37
Gambar 4.5	Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 4.6	Posisi <i>stroke</i> pneumatik saat memanjang.....	41
Gambar 4.7	<i>Clearance</i> (a) pengaturan kesumbuan, (b) pahat masuk kedalam <i>dies</i>	42
Gambar 4.8	(a) Pengambilan gambar produk dan jangka sorong sebesar 1 mm, (b) Jangka sorong pada angka 1 mm.....	45
Gambar 4.9	Mekanisme pengukuran untuk menghitung dimensi lubang.....	46
Gambar 4.10	Proses pengukuran pada permukaan sisi potong benda hasil uji.....	46
Gambar 4.11	Letak 12 titik pengambilan data proses pengukuran.....	47
Gambar 4.12	Sisi potong benda hasil <i>punching</i>	47
Gambar 5.1	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>thickness</i> pada benda uji tekanan 7 bar.....	53
Gambar 5.2	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>thickness</i> pada benda uji tekanan 8 bar.....	55
Gambar 5.3	Grafik perbandingan persebaran <i>thickness</i> pada benda uji tekanan 7 dan 8 bar.....	56
Gambar 5.4	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>roll over</i> pada tekanan 7 bar.....	58
Gambar 5.5	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>burnish</i> pada tekanan 7 bar.....	59
Gambar 5.6	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>fracture & burr</i> pada tekanan 7 bar.....	60
Gambar 5.7	Grafik persebaran <i>roll over</i> , <i>burnish</i> , <i>fracture&burr</i> pada tekanan 7 bar.....	61
Gambar 5.8	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>roll over</i> pada tekanan 8 bar.....	63
Gambar 5.9	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>burnish</i> pada tekanan 8 bar.....	64
Gambar 5.10	Grafik <i>repeatability</i> dan persebaran <i>fracture & burr</i> pada tekanan 8 bar.....	65

Gambar 5.11	Grafik persebaran <i>roll over</i> , <i>burnish</i> serta <i>fracture & burr</i> pada tekanan 8 bar.....	66
Gambar 5.12	Grafik perbandingan proporsi <i>roll over</i> pada tekanan 7 dan 8 bar.....	67
Gambar 5.13	Grafik perbandingan proporsi <i>burnish</i> pada tekanan 7 dan 8 bar.....	68
Gambar 5.14	Grafik perbandingan proporsi <i>fracture & burr</i> pada tekanan 7 dan 8 bar.....	69
Gambar 5.15	Grafik perbandingan sisi potong total pada tekanan 7 dan 8 bar berdasarkan ketebalan awal (200 μm).....	73
Gambar 5.16	Grafik persebaran kekerasan pada benda uji tekanan 7 bar..	74
Gambar 5.17	Grafik persebaran kekerasan pada benda uji tekanan 8 bar..	75
Gambar 5.18	Persebaran tegangan pada saat proses <i>punching</i>	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengukuran lubang mikro hasil <i>punch</i>	10
Tabel 2.2	Matriks perbandingan pustaka.....	13
Tabel 2.3	Perbandingan pengaruh <i>clearance</i> dan <i>punch speed</i> terhadap proporsi <i>burnish</i> dengan material <i>titanium</i> tebal 200 μm dan diameter <i>blank</i> 500 μm	14
Tabel 3.1	Rentang operasi dan kualitas pada proses <i>nano</i> , <i>micro</i> , dan <i>macro-machining</i>	18
Tabel 3.2	Faktor yang mempengaruhi bentuk permukaan hasil potong.....	19
Tabel 3.3	Hubungan <i>clearance</i> dengan <i>punch force</i> maksimum.....	21
Tabel 3.4	Hubungan <i>clearance</i> dengan <i>shearing force</i> maksimum.....	21
Tabel 3.5	Material dasar <i>punch</i> dan <i>dies</i>	24
Tabel 3.6	Sistem slip pada kristal.....	27
Tabel 3.7	<i>Chemical composition</i> pada <i>Titanium grade</i> 1 sampai 4....	28
Tabel 3.8	<i>Mechanical properties at room temperature</i>	29
Tabel 4.1	Spesifikasi mesin <i>micro punch</i> CNC.....	34
Tabel 4.2	Sifat mekanik material <i>titanium</i>	36
Tabel 4.3	Sifat mekanik dari HSS tipe M2.....	36
Tabel 4.4	Standar gaya pneumatik <i>double acting</i> pada tekanan 1 sampai 9 bar.....	40
Tabel 5.1	Hasil pengukuran pada produk hasil <i>punching</i> dengan tekanan 7 dan 8 bar.....	51
Tabel 5.2	Hasil pengujian <i>error</i> dimensi pada produk hasil <i>punching</i> dengan tekanan 7 dan 8 bar.....	51
Tabel 5.3	Persebaran dimensi sisi potong pada tekanan 7 bar.....	53
Tabel 5.4	Persebaran dimensi sisi potong pada tekanan 8 bar.....	55
Tabel 5.5	Proporsi <i>roll over</i> pada tekanan 7 bar.....	58
Tabel 5.6	Proporsi <i>burnish</i> pada tekanan 7 bar.....	59
Tabel 5.7	Proporsi <i>fracture</i> dan <i>burr</i> pada tekanan 7 bar.....	60
Tabel 5.8	Proporsi <i>roll over</i> pada tekanan 8 bar.....	62
Tabel 5.9	Proporsi <i>burnish</i> pada tekanan 8 bar.....	63
Tabel 5.10	Proporsi <i>fracture</i> dan <i>burr</i> pada tekanan 8 bar.....	65
Tabel 5.11	Proporsi sisi potong total pada tekanan 7 bar.....	72
Tabel 5.12	Proporsi sisi potong total pada tekanan 8 bar.....	72

Tabel 5.13	Nilai kekerasan pada benda uji tekanan 7 dan 8 bar.....	74
------------	--	----

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas Penampang (mm^2), (cm^2)
AISI	=	<i>American Iron and Steel Institute</i>
Al	=	<i>Aluminum</i>
C	=	<i>Clearance</i> (μm), (%)
CNC	=	<i>Computer Numerical Control</i>
CR	=	<i>Compression Ratio</i>
F	=	Gaya (N)
FCC	=	<i>Face Centered Cubic</i>
F&B	=	<i>Fracture & Burr</i>
HB	=	<i>Brinell Hardness</i>
HCP	=	<i>Hexagonal Closest Package</i>
HRC	=	<i>Rockwell Hardness</i>
HSS	=	<i>High Speed Steels</i>
L	=	Keliling (mm)
m	=	Meter
mm	=	Milimeter
MPa	=	Mega Pascal
N	=	Newton
P	=	Tekanan (N/m)
Pa	=	Pascal
RO	=	<i>Roll Over</i>
S	=	Jarak (cm)
SPM	=	<i>Stroke Per Minute</i>
t	=	<i>Thickness</i> (μm)
UGM	=	Universitas Gadjah Mada
UTS	=	<i>Ultimate Tensile Strength</i>
v	=	Kecepatan (mm/s), (cm/s), (mm/min)

YS	=	<i>Yield Strength</i>
μm	=	Mikrometer
μ	=	Koefisien Gesek Silinder
τ_u	=	<i>Shear Strength Material (MPa)</i>