

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Objek dan Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Sejenis yang Relevan	5
2.1.1. Pengaruh <i>Punch Velocity</i> Terhadap kualitas Permukaan Sisi Potong Benda Kerja	5
2.1.2. Pengaruh <i>Clearance</i> antara <i>punch</i> dan <i>die</i>	7
2.1.3. Pengaruh <i>Properties Material</i>	9
2.1.4. Perbandingan Dengan Produk Industri	11
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Proses Manufaktur dalam Pengerjaan Logam Lembaran	13
3.2 Proses Pemotongan	14
3.3 Karakteristik Benda Kerja Proses <i>Shearing</i>	14
3.4 Proses <i>Punching</i>	16

3.4.1.	<i>Clearance</i> pada proses <i>punching</i>	17
3.4.2.	<i>Shearing Force</i>	19
3.4.3.	Keuntungan Mesin <i>Punch</i>	20
3.5	<i>Press Dies</i>	21
5.6.3.1.	<i>Simple Dies</i>	21
5.6.3.2.	<i>Multi Operational Dies</i>	22
3.6	<i>Titanium</i>	23
3.7	Teori <i>Punch</i> dan <i>Die</i>	27
3.7.1.	Perhitungan panjang <i>punch</i> maksimum	27
3.7.2.	Perhitungan Tebal <i>Die</i>	28
3.8	Mesin CNC (<i>Computer Numerically Controlled</i>)	28
3.8.1.	Sistem Koordinat <i>Absolute</i>	29
3.8.2.	Sistem Koordinat <i>Incremental</i>	29
3.9	Konfigurasi Kontrol CNC dengan Artsoft Mach3.....	29
3.10	Teori Dasar Metode Elemen Hingga	30
3.9.1	Konsep Dasar	31
3.9.2	Pemodelan Elemen Hingga.....	31
3.9.3	<i>Computer Aided Engineering – CAE</i>	32
3.9.4	<i>Aspect Ratio and Element Shapes</i>	33
3.10	Teori Sistem Pneumatik.....	35
BAB IV METODE PENELITIAN.....		41
4.1	Objek Penelitian.....	41
4.2	Diagram Alir Penelitian.....	42
4.3	Jadwal Penelitian	44
4.4	Studi Literatur.....	44
4.5	Mekanisme Kerja Mesin.....	45
4.6	Desain <i>Micro Punch CNC Machine</i>	46
4.7	Modifikasi desain.....	47
4.8	Simulasi <i>Finite Element Analysis</i> Menggunakan software Abaqus	47
4.9.1.	<i>Importing Model</i>	48
4.9.2.	Pemberian <i>property</i> material pada <i>part</i>	48
4.9.3.	Pengaturan <i>Section</i>	50

4.9.4.	Pengaturan <i>Section Assigment</i>	50
4.9.5.	Penentuan <i>step</i>	51
4.9.6.	Pengaturan <i>Output Request</i>	51
4.9.7.	Penentuan <i>Interaction</i>	52
4.9.8.	Pengaturan <i>Boundary Condition (BCs)</i>	52
4.9.9.	Penentuan <i>Load</i>	53
4.9.10.	<i>Meshing</i>	53
4.9	Simulasi Perhitungan <i>Punch Velocity</i> Menggunakan <i>software Fluidsim</i>	54
4.10.1.	Menentukan Komponen <i>Supply Elements</i>	54
4.10.2.	Menentukan Komponen <i>Valve</i>	54
4.10.3.	Menentukan Komponen <i>Actuator</i>	55
4.10	Pemilihan Material dan Alat Penelitian	55
4.10.4.	Material Benda Kerja	55
4.10.5.	Persiapan Alat	56
4.10.6.	Material <i>Punch</i> dan <i>Die</i>	56
4.11	Proses Manufaktur <i>Micro Punch CNC Machine</i>	58
4.12	Pengujian-Pengujian Mesin <i>Micro Punch CNC Machine</i>	59
4.12.1.	Pengujian Kecepatan potong (<i>Punch Velocity</i>)	59
4.12.2.	Pengujian <i>Repetability</i>	60
4.12.3.	Pengujian Akurasi	62
4.12.4.	Pengujian <i>Punching</i> Benda Kerja	63
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	65
5.1	Desain Konsep <i>Micro Punch CNC Machine</i>	65
5.2	Analisis Desain dengan Metode Analitis	66
5.3	Desain <i>Micro Punch CNC Machine</i>	77
5.4	Pengujian <i>Repeatability</i>	78
5.5	Pengujian Akurasi	81
5.6	Pengujian <i>Punching</i> pada Benda Kerja	82
BAB VI	PENUTUP	96
6.1	Kesimpulan	96
6.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengaruh Clearance punch dan die terhadap panjang permukaan shear edge dengan kecepatan blanking 0,15 m/s dan 3,65 m/s	6
Gambar 2. 2 Kualitas permukaan sisi potong dari ring hasil shearing (Gotoh et al., 2000)	6
Gambar 2. 3 Pengaruh kecepatan punch terhadap gaya punch (Marouani et al., 2009)	7
Gambar 2. 4 Pengaruh clearance yang diperkirakan dengan simulasi finite element (Husson et al., 2008)	8
Gambar 2. 5 Efek ukuran butir terhadap micro punching (a) $c/d > 1$; (b) $c/d = 1$; (c) $c/d < 1$ (Xu, Jie et al., 2012)	9
Gambar 2. 6 Micro hole pada material kuningan CuZn37, (a) sisi atas, (b) sisi bawah, (c) dinding permukaan dan profil lubang (Joo, Byung Yun et al., 2005) .	10
Gambar 2. 7 Micro hole pada material stainless steel AISI 316 (a) sisi atas, (b) sisi bawah, (c) dinding permukaan dan profil lubang (Joo, Byung Yun et al., 2005) .	10
Gambar 3. 1 Proses Pemotongan (a) Blanking, (b) Punching, (c) Shearing (Groover, 2010)	13
Gambar 3. 2 Tahap proses peotongan pelat lembaran diantara dua sisi potong (Groover, 2010)	14
Gambar 3. 3 Karakteristik sisi potong benda kerja hasil proses Shearing (Grunbaum, 1996)	15
Gambar 3. 4 Tahap proses punching	16
Gambar 3.5 Karakteristik permukaan hole edge dan blank edge (Seo, 2005)	17
Gambar 3. 6 Efek clearance pada proses punching (Kalpakjian, 2009)	17
Gambar 3.7 (a) clearance terlalu kecil, (b) clearance terlalu besar (Groover, 2010)	18
Gambar 3.8 Komponen dasar simple blanking dan punching dies (Marinov, 2008)	21
Gambar 3.9 Progressive Dies (Marinov, 2008)	22
Gambar 3.10 Compound blanking dan punching die (Marinov, 2008)	23
Gambar 3.11 Kurva true stress-strain pada titanium alloy (Kim, 2010)	24
Gambar 3. 12 (a) Hexagonal closed packed, (b) Body centered cubic	25
Gambar 3. 13 (a) Titanium total hip arthroplasty, (b) titanium porous hip stems. 26	
Gambar 3.14 Interface software Mach3	30
Gambar 3. 15 Tipikal struktur mekanika (a) struktur batang (b) struktur bertingkat	31
Gambar 3. 16 (a) beam dengan beban (b) Ilustrasi efek perbedaan aspect ratio (AR) pada beam	33

Gambar 3. 17 Ketidak akuratan fungsi nilai aspect ratio terhadap error yang terjadi	34
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)	43
Gambar 4.3 Mekanisme kerja punch	45
Gambar 4.4 Desain Micro Punch CNC Machine	46
Gambar 4. 5 Import Assembly part pada Abaqus	48
Gambar 4.6 Pengaturan section pada Abaqus	50
Gambar 4.7 Inputan section assignment pada Abaqus	50
Gambar 4.8 Pengaturan step pada Abaqus	51
Gambar 4.9 Pengaturan output request pada Abaqus	51
Gambar 4. 10 Penentuan interaction pada Abaqus	52
Gambar 4.11 Penentuan Boundary Conditions (BCs) pada Abaqus	52
Gambar 4.12 Pengaturan load pada Abaqus	53
Gambar 4.13 Pengaturan mesh pada Abaqus	54
Gambar 4. 14 (a) Compressor, (b) Air dryer	54
Gambar 4. 15 Valve 5/2	54
Gambar 4. 16 Double acting cylinder	55
Gambar 4. 17 Simulasi pada software fluidsims	55
Gambar 4.18 Ukuran dan bentuk benda kerja (skala 1:2)	56
Gambar 4. 19 (a) Dimensi pahat, (b) Bentuk pahat	57
Gambar 4. 20 Bentuk dan dimensi dies	58
Gambar 4. 21 Desain punch dan die	58
Gambar 4. 22 Ilustrasi Skema Pengujian	62
Gambar 4. 23 Detail view dari sisi potong material hasil punching	64
Gambar 5. 1 Posisi stroke saat memanjang	77
Gambar 5. 2 Desain Awal Micro Punch CNC Machine	77
Gambar 5. 3 Desain akhir Micro Punch CNC Machine	78
Gambar 5. 4 Pengukuran Repeatability Sumbu X	79
Gambar 5. 5 Pengaturan posisi Alignment dengan Dino Lite	82
Gambar 5. 6 Punch dan die	83
Gambar 5. 7 Titik pengujian	85
Gambar 5. 8 Sisi potong titik sudut luar	86
Gambar 5. 9 Grafik titik sudut luar	87
Gambar 5. 10 Sisi potong titik sudut dalam	88
Gambar 5. 11 Grafik titik sudut dalam	89
Gambar 5. 12 Pengujian pada titik tengah lingkaran luar	89
Gambar 5. 13 Grafik titik tengah lingkaran luar	90
Gambar 5. 14 Titik tengah lingkaran dalam	91
Gambar 5. 15 Grafik titik tengah lingkaran dalam	92
Gambar 5. 16 Grafik perbandingan rollover, shear zone, dan burr pada titik sudut	92



Gambar 5. 17 Grafik perbandingan rollover, shear zone, dan burr pada sisi potong setengah lingkaran	93
Gambar 5. 18 Perbandingan proporsi sisi potong	94

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Faktor yang mempengaruhi pembentukan sisi potong (Grunbaum, 1996).....	15
Tabel 3.2 Shear strength material (Suchy, 1998)	19
Tabel 3. 3 Sistem slip pada kristal (Surdia dkk, 1985).....	24
Tabel 3.4 Chemical Composition titanium grade 1 sampai 4.....	25
Tabel 3. 5 Komposisi kimia titanium biomaterials.....	26
Tabel 3. 6 Perbandingan hasil perbedaan aspect ratio	34
Tabel 4. 1 Target spesifikasi Micro Punch CNC Machine.....	41
Tabel 4.2 Jadwal penelitian tesis	44
Tabel 4. 3 Spesifikasi mesin Micro Punch CNC Machine	47
Tabel 4. 4 Rincian component part list dari mesin punch	49
Tabel 4.5 Rincian mechanical properties material mesin punch	49
Tabel 4. 6 Sifat mekanik material titanium (Kalpakjian, 2014)	56
Tabel 4. 7 Sifat mekanik HSS tipe M2.....	57
Tabel 4.8 Kecepatan rata-rata piston	59
Tabel 4.9 Contoh cara pengambilan data untuk repeatability mesin.....	60
Tabel 4. 10 Contoh cara pengambilan data akurasi.....	62
Tabel 5. 1 Daftar perbandingan teknik prototype Micro Punch CNC Machine....	66
Tabel 5. 2 Tabel pengujian repeatability	80
Tabel 5. 3 Pengujian data akurasi.....	81
Tabel 5. 4 Mechanical properties punch dan die	83
Tabel 5. 5 Hasil pengukuran pada titik sudut luar	86
Tabel 5. 6 Data hasil pengujian sisi potong titik sudut dalam	88
Tabel 5. 7 Data hasil pengujian titik tengah lingkaran luar	90
Tabel 5. 8 Data hasil pengujian titik tengah lingkaran dalam	91