

PEMODELAN DISTRIBUSI TEMPERATUR MATA PAHAT PADA PROSES PEMESINAN BUBUT DENGAN VARIASI SUDUT POTONG MENGGUNAKAN AUTODESK INVENTOR 2016

Ismail Thamrin.*, Astuti. , Meizan Twista. ,Al Fiqhi.

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

*Email : ismailthamrin@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Analisis tegangan thermal pada pemotongan mata pahat pada proses pemesinan bubut dengan menggunakan software Autodesk inventor 2016 telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis tegangan thermal yang terjadi pada pemotongan mata pahat pada saat pemotongan, dengan menggunakan Software Autodesk Mechanical Simulation. Gaya pemotongan yang digunakan adalah pemotongan oblique. Variasi sudut utama pemotongan oblique yang digunakan 15°, 30°, 45° dan 60°. Dari penelitian ini didapati semakin bidang kontak antara geram dengan bidang geram pahat yang lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan semakin tinggi temperature yang terjadi pada saat pemotongan akan semakin tinggi tegangannya. Hasil simulasi yang dilakukan dari penelitian ini menghasilkan distribusi temperature pada sudut potong 15° dengan temperature maksimumnya yang dihasilkan sebesar 1259.52°C, distribusi temperaturenya terbesar di antara sudut potong yang lainnya. Pada sudut potong utama 15° menghasilkan nilai tegangan thermal sebesar 1036.08 N/mm², mengalami tegangan yang terbesar diantara sudut potong utama yang lainnya. Semakin tinggi temperature yang terjadi pada saat pemotongan akan semakin tinggi tegangannya.

Kata Kunci : *distribusi temperature, pemotongan oblique, variasi sudut potong, tegangan termal*

1. PENDAHULUAN

Taufiq Rochim, (1993) menyatakan pengetahuan tentang gaya potong pada proses permesinan untuk parameter proses tertentu merupakan langkah penting untuk meningkatkan kualitas hasil permesinan itu sendiri. Pada saat pemotongan, panas yang ditimbulkan dalam proses pemotongan tersebut cukup besar dan karena luas bidang kontak yang relatif kecil maka temperatur menjadi sangat tinggi, terutama pada bidang geram dan bidang utama. Metode termudah untuk memperoleh besarnya temperatur pemotongan adalah dengan teknik “ *Work-Tool-Thermocouple* “. Dalam teknik ini, termo elektrik emf yang dihasilkan pada persimpangan antara pahat dengan benda kerja selama proses pemotongan berlangsung diambil sebagai ukuran temperatur yang dihasilkan pada daerah tersebut. Rangkaian termokopel juga harus terisolasi dari mesin bubut agar temperatur yang ditimbulkan pada mesin bubut tidak akan mempengaruhi pembacaan. Geometri pahat harus

dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan agar proses pemotongan dapat seperti yang diharapkan diantaranya tingginya umur pahat, rendahnya gaya dan daya pemotongan, rendahnya temperatur pemotongan dan ketelitian geometri produk

Dwijana, (2009) Tegangan Thermal adalah Tegangan yang terjadi akibat adanya perbedaan kenaikan distribusi temperatur pada suatu material dimana besarnya setara dengan regangan yang timbul pada suatu material yang memuai (Rahmat, 2008). Pemodelan menggunakan finite elemen untuk mengetahui distribusi temperatur pemotongan pada proses bubut oleh W. Grzesik (2005) menunjukkan bahwa besarnya distribusi temperatur pahat sekitar permukaan bidang aktif pahat. Pada metode ini tidak dapat mengetahui temperature (T2) pada fungsi jarak, tetapi hanya diketahui pada temperatur bidang aktif pahat (T1) saja. Analisa pengukuran temperatur pemotongan pada proses

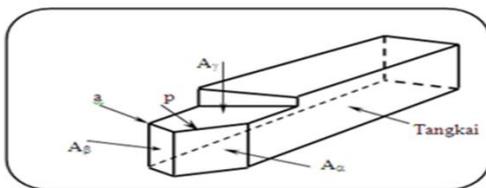
bubut dengan metode termokopel yang ditempelkan pada pahat jenis HSS (Agus Iswantoko, 2004). Metode ini ada kelemahannya pada penempatan sensor termokopel sulit didekat ujung pahat dan tidak menggunakan software untuk analisis tegangan termalnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan agar proses pemotongan dapat seperti yang diharapkan diantaranya tingginya umur pahat, rendahnya gaya dan daya pemotongan, rendahnya temperatur pemotongan dan ketelitian geometri produk. (Dwijana, 2009).

1. Pahat Potong Tunggal

Pahat potong bermata tunggal terdiri atas dua bagian yaitu:



Gambar 1. Pahat Potong Mata Tunggal [4]

Bagian tangkai pahat (*tool shank*)

Bagian ini berfungsi sebagai pemegang pahat dan menyalurkan getaran ataupun panas yang timbul. (Dwijana, 2009).

b. Ujung Pahat

Ujung pahat terdiri atas beberapa bagian, antara lain adalah:

1. Bidang geram (γ).

Merupakan bagian permukaan dari pahat dimana geram hasil proses pemotongan itu mengalir.

2. Bidang utama (α)

Merupakan bagian dari pahat yang langsung bersinggungan dengan benda kerja.

3. Bidang bantu (β).

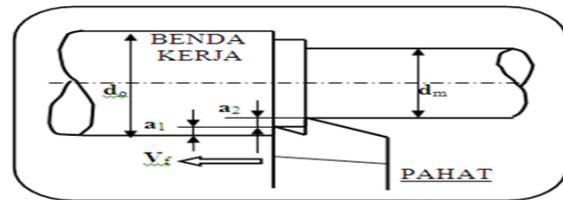
Adalah bidang dari pahat yang menghadap permukaan terpotong dari benda kerja.

4. Mata potong.

Mata potong pahat terbentuk karena perpotongan dua bidang pahat. orientasi kedua bidang yang berpotongan tersebut ditentukan oleh sudut yang terbentuk yang dapat diukur pada bidang ketiga..

5. Radius pojok (ϵ),

merupakan titik perpotongan ketiga bidang potong dari pahat. (Dwijana, 2009).



Gambar .2 Pahat Potong Mata Ganda [4]

High speed steel (HSS) adalah perkakas yang tahan terhadap kecepatan kerja yang tinggi dan temperatur yang tinggi juga dengan sifat tahan softening, tahan abrasi, dan tahan breaking. HSS merupakan peralatan yang berasal dari baja dengan unsur karbon yang tinggi. Pahat HSS ini digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja. Beberapa unsur yang membentuk HSS antara lain Tungsten/wolfram (W), Chromium (Cr), Vanadium (V), Molybdenum (Mo), dan Cobalt (Co). Kekerasan permukaan HSS dapat ditingkatkan dengan melakukan pelapisan. Material pelapis yang digunakan antara lain : tungsten karbida, titanium karbida, dan titanium nitride, dengan ketebalan pelapisan 5~8 μm (Taufiq Rochim, 1993). Pahat jenis ini mampu mempertahankan kekerasan pada temperatur moderat dan digunakan secara luas untuk mata bor, pahat bubut, dan tap. Selain itu harganya juga relatif murah. (Rochim, 1993).

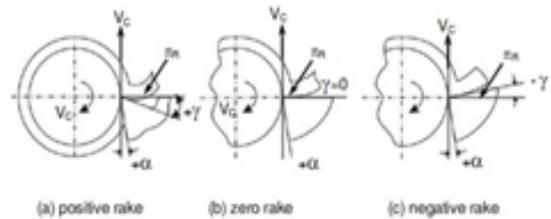
Tabel.1 Kategori Pahat HSS [2]

Jenis pahat HSS	Standar AISI
A. HSS Konvensional	
• Molybdenum HSS	M1, M2, M7, M10
• Tungsten HSS	T1, T2
B. HSS Khusus	
• Cobalt added HSS	M33, M36, T4, T5, T6
• High Vanadium HSS	M3-1, M3-2, M4, T15
• High hardness co HSS	M41, M42, M43, M44, M45, M46
• Cast HSS	
• Powdered HSS	
• Coated HSS	

Material benda kerja yang digunakan untuk penelitian ini adalah Titanium, Titanium adalah logam berlimpah nomor empat di dunia setelah aluminium, besi, dan magnesium. Selain itu, titanium juga merupakan elemen berlimpah kesembilan (mencakup 0,63% pada kerak bumi) ditemukan pada tahun 1791 di Inggris oleh Reverend William Gregor, yang diberi nama sebagai ilmenite. Elemen ini ditemukan kembali beberapa tahun kemudian oleh Jerman Chemist Heinrich Klaporth dalam bentuk rutile. Logam titanium tidak pernah ditemukan sendirian, keberadaannya selalu berikatan dengan mineral lainnya seperti rutile, ilmenite, leucocoxene, anatase, brookite, perovskite, dan sphene yang ditemukan dalam titanat dan beberapa besi ore. Titanium juga ditemukan dalam batu bara, abu, tanaman dan dalam tubuh manusia (O. Carp, 2004). Salah satu paduan titanium seperti

TI-6Al-4V yang mengandung 6% aluminium dan 4% vanadium. Titanium murni merupakan logam putih yang sangat bercahaya. Ia memiliki berat jenis rendah, kekuatan yang bagus, mudah dibentuk dan memiliki resistansi korosi yang baik. Jika logam ini tidak mengandung oksigen, ia bersifat ductile. Titanium merupakan satu-satunya logam yang terbakar dalam nitrogen dan udara. Titanium juga memiliki resistansi terhadap asam sulfur dan asam hidroklorida yang larut, kebanyakan asam organik lainnya, gas klor dan solusi klorida. Titanium murni diketahui dapat menjadi radioaktif setelah dibombardir dengan deuterons. Radiasi yang dihasilkan adalah positrons dan sinar gamma. Ketika sinar gamma ini direaksikan dengan oksigen, dan ketika mencapai suhu 550 ° C (1022 ° F) , sinar tersebut bereaksi dengan klorin. Sinar ini kemudian bereaksi dengan halogen yang lain dan menyerap hidrogen. Logam ini dimorphic. Bentuk alfa heksagonal berubah menjadi bentuk beta kubus secara perlahan-lahan pada suhu 8800C. Logam titanium tidak bereaksi dengan fisiologi tubuh manusia (physiologically inert). Titanium oksida murni memiliki indeks refraksi yang tinggi dengan dispersi optik yang lebih tinggi daripada berlian.

Proses pemotongan yaitu memindahkan material dari permukaan benda kerja dengan menghasilkan chip, ini berlaku untuk proses bubut, drilling, milling, atau pemotongan ulir. Dasar pembentukan chip dapat dilihat dengan model 2 dimensi Tool bergerak sepanjang benda kerja dengan kecepatan (V) dan depth of cut (to). Chip dihasilkan dimuka tool dengan pergeseran material secara terus-menerus di sepanjang bidang geser. Pada setiap proses pemotongan pada mesin konvensional yang perlu ditinjau dua sudut pahat yang penting yaitu sudut potong utama (principal cutting edge angle) dan sudut geram (rake angle). Kedua sudut tersebut berpengaruh antara lain pada penampang geram, gaya pemotongan, serta umur pahat. Rake angle adalah salah satu parameter yang dipakai dalam berbagai pemotongan logam dan proses pemesinan. Rake angle membantu dalam mengarahkan aliran geram. Terdapat tiga tipe rake angle: positive, negative, dan zero. Positive rake angle mengurangi gaya potong dan kebutuhan tenaga karena tool tajam dan memiliki ketajaman ujung; memperbesar rake angle ke arah positive menghindari terjadinya pembentukan built up edge, dan membantu dalam pembentukan geram yang kontinue pada ductile material, tetapi memiliki pengaruh yang dapat merugikan pada kekuatan tool karena kecilnya sudut yang terdapat pada ujung pahat untuk geram dapat keluar; Negative rake angle meningkatkan kekuatan pada tepi tool; dan zero rake angle mempermudah untuk membuatnya, tetapi memiliki terjadinya keausan lebih besar jika dibandingkan dengan positive rake angle karena geram meluncur diatas rake face.[2] .



Gambar.3 Tiga tipe rake angle [2]

Untuk mencari putaran spindel dan waktu pemotongan dengan menggunakan persamaan berikut :

Rumus mencari putaran spindel:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (1)$$

Dimana:

V_c = Kecepatan potong

$\pi = 3.14$

d = diameter benda kerja

n = putaran spindel

Rumus mencari waktu pemotongan:

$$T_c = \frac{l_t}{f \cdot n} \quad (2)$$

Dimana:

T_c = waktu pemotongan (min)

l_t = panjang pemotongan (mm)

f = gerak makan (mm/r)

n = putaran spindel (rpm)

Suatu analisis mekanisme pembentukan geram yang dikemukakan oleh Merchant mendasarkan teorinya atas model

1. Pemotongan Sistem Tegak (*orthogonal system*).

Tergantung dengan cara penguraiannya gaya dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

a. Gaya total (F), ditinjau dari proses deformasi material, dapat diuraikan menjadi dua komponen, yaitu (Dwijana, 2009) :

F_s : gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastik

F_{sn} : gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja

b. Gaya total (F), dapat diketahui arah dan besarnya dengan cara membuat dinamometer (alat ukur gaya dimana pahat dipasang padanya dan alat tersebut dipasang pada mesin perkakas) yang mengukur dua komponen gaya, yaitu (Dwijana, 2009) :

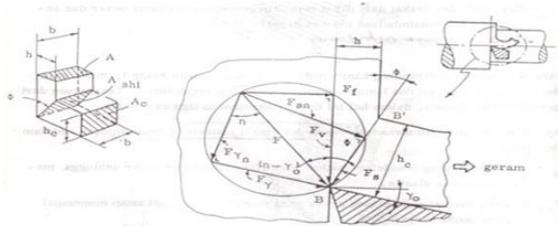
F_v : gaya potong, searah dengan kecepatan potong

F_f : gaya makan, searah dengan kecepatan makan

c. Gaya total (F) yang beraksi pada bidang geram ($A\gamma$, face, bidang pada pahat dimana geram mengalir) diuraikan menjadi dua komponen untuk menentukan koefisien gesek geram terhadap pahat, yaitu [4]:

F_γ : gaya gesek pada bidang geram

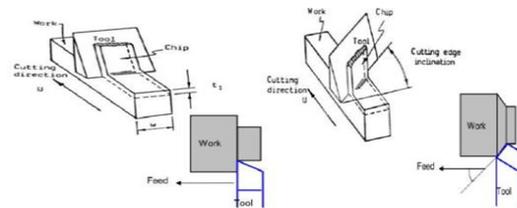
F_{yn} : gaya normal pada bidang geram



Gambar.4 Lingkaran Merchant [2]

2. Pemotongan Miring (*Oblique*)

Oblique cutting dapat diterapkan apabila luas penampang geram sebelum terpotong yang sama maka panjang pemotongan akan lebih panjang bila sudut potong $< 90^\circ$ (Taufiq Rochim, 1993). Hal tersebut akan menyebabkan bidang kontak antara geram dengan bidang geram pahat menjadi lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan temperatur pahat menjadi tidak begitu tinggi. Mata potong yang aktif memotong dapat lebih diperpanjang lagi dengan cara sedikit dimiringkan, sudut miring (λ_s) $\neq 0^\circ$ (Taufiq Rochim, 1993). Teori diatas didapat bahwa sistem pemotongan oblique tidak berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan, karena sistem ini memperluas bidang kontak antara geram dan bidang geram sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan temperatur sehingga hanya akan berdampak signifikan pada umur pahat menjadi lebih awet atau lama. (Hatnolo, 2012).



Gambar .5 Sistem pemotongan tegak (kiri) dan sistem pemotongan obelique (kanan)

Perbedaan gaya potong akan menyebabkan terjadinya perbedaan stabilitas. Pada penelitian ini menggunakan pemotongan miring (*oblique cutting*) namun oleh karena pemotongan miring cukup sulit, maka pendekatan pemotongan orthogonal digunakan untuk penentuan gaya potong (Imran, 2013). Adapun rumus empirik gaya potong dapat diperkirakan bentuknya sebagai berikut (Imran, 2013) :

$$F = K_s \cdot A \quad (3)$$

Dimana:

F = Resultante dari gaya-gaya yang bekerja pada pahat dan arahnya tergantung pada bentuk geometri pahat. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada pahat

dapat diuraikan menurut koordinat Cartesian menjadi cutting force (Fc), feeding force (Fa), dan Gaya arah radial.

K_s = Gaya potong spesifik (N/mm²)

A = b . H = a . f ; penampang geram sebelum dipotong (mm²)

b = a / sin kr dan h = f sin kr (mm)

a = kedalaman potong (mm)

f = gerak makan (feeding) (mm/put)

H = tebal geram sebelum terpotong (mm)

sehingga persamaan gaya potong menjadi (Imran, 2013) :

$$F = K_s \cdot \frac{\alpha}{\sin kr} \cdot f \cdot \sin k_r \quad (4)$$

$$F = K_s \cdot (\alpha \cdot f)$$

$$K_s = K_s \cdot 1.1 \cdot h \cdot Z$$

Dimana:

$K_s \cdot 1.1$ = Tahanan potong spesifik material atau gaya potong spesifik referensi, merupakan harga K_s ekstrapolatif, yaitu untuk proses pemesinan dengan $a \cdot f = 1.1 = \text{mm}^2$, atau untuk lebar geram b dan tebal geram h masing-masing = 1 mm untuk sudut potong utama kr tertentu (90°)

h = Tebal geram sebelum terpotong (mm)

z = Pangkat tebal geram, rata-rata berharga = 0,2

Gaya potong spesifik (ks) dipengaruhi oleh jenis material dan geometri pahat benda kerja dari jenis dan kondisi pengerjaannya, dan kondisi pemotongannya. (Imran, 2013).

3. METODOLOGI PENELITIAN

• Variabel Bebas

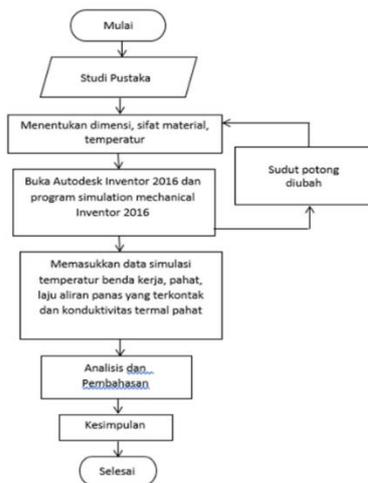
Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah dimensi mata pahat (2.331 mm x 2.106 mm x 2 mm) dan kondisi batas pada saat simulasi.

• Variabel Terikat

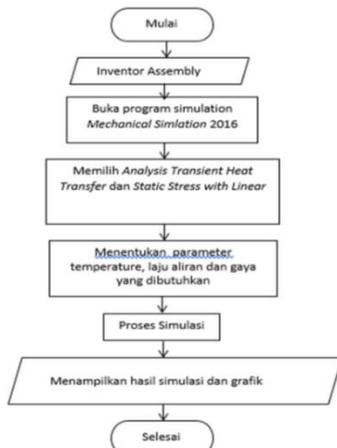
Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah (*heat source*).

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan peneliti dan dikondisikan konstan. Variabel yang dimaksud adalah Kecepatan potong (V_c), Kedalaman Potong (a), Waktu Pemotongan (t_c), Putaran Spindel (n), Panjang Pemotongan (l_t), Gerak makan (f), Sudut Potong Utama (k_r), Tipe Pemotongan.



Gambar.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar .7 Diagram Alir Autodesk Inventor 2016

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan melakukan proses simulasi pembubutan benda kerja Titanium Ti-6Al-4V dan pahat Tungsten dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2016, serta analisis data dengan menggunakan perhitungan manual sebagai acuan untuk melakukan proses simulasi. Hasil dari proses simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada bab ini.

Parameter pemesinan yang digunakan pada proses simulasi ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh [14] yang membedakan parameter penelitian ini yaitu kedalam potong yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0.254 mm, proses pemotongan yang dilakukan pada penelitian ini tanpa pendinginan, dan dilakukan variasi sudut potong utama (k_r) sebesar 15° , 30° , 45° , 60° . Parameter yang dicari dengan perhitungan adalah waktu pemotongan dan putaran spindle mengacu pada parameter pemesinan dari penelitian (Davoudinejad, 2015). Untuk mencari nilai waktu pemotongan dan putaran spindle dapat dilihat dari

rumus perhitungan yang telah dibahas di bab 2. Parameter proses pemesinan ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel.2 Parameter Pemesinan

Proses Pemesinan	
Kecepatan potong (v_c)	0.002 m / min
Kedalaman Potong (a)	0.254 mm
Waktu Pemotongan (t_c)	2 s
Putaran Spindel (n)	294 rpm
Panjang Pemotongan (l_p)	2 mm
Gerak makan (f)	0.2 mm/rev
Sudut Potong Utama (k_r)	15° , 30° , 45° , 60°
Tipe Pemotongan	Oblique
Pendinginan	Tidak ada
Melting point Titanium	$1604 - 1660^\circ\text{C}$
Melting point Tungsten	3422°C
Modulus Young Titanium	113.8 GPa
Modulus Young Tungsten	411 GPa

Untuk mengetahui nilai daya pada proses pembubutan Titanium Ti-6Al-4V dengan menggunakan mata pahat Tungsten sesuai dengan kondisi proses pemotongan di atas, dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut

$$Q = k_s \cdot A \cdot V \quad (7)$$

Dimana:

Q = Panas total yang di hasilkan perdetik (W)

k_s = Gaya potong spesifik (N/mm²)

A = Luas penampang geram (mm²)

v = kecepatan potong (mm/min)

Diketahui *strenght tensile* (σ_w) dari material titanium berdasarkan *Aerospace Specification Materials* adalah $950 \text{ mpa} = 950 \text{ N/mm}^2$.

Dimana untuk mencari k_s membutuhkan sebuah persamaan yaitu :

$$k_s = k_{s1.1} \cdot h^{-z} \quad (8)$$

dimana:

k_s = gaya potong spesifik (N/mm²)

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

z = pangkat tebal geram ; rata – rata berharga 0.2

jadi setelah kita dapat harga dari $k_{s1.1}$ maka selanjutnya kita akan mencari nilai h untuk persamaannya, dimana :

$$h = f \cdot \sin k_r \quad (9)$$

dimana :

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

f = gerak makan (mm/rev)

k_r = sudut potong utama ($^\circ$)

disni kita melakukan pemotongan dengan cara oblique maka akan mendapatkan sudut k_r yang berbeda pula. Dengan variasi sudut 15° , 30° , 45° , dan 90°

Untuk mengetahui nilai gaya gesek pada proses pembubutan Titanium sesuai dengan kondisi pemotongan diatas, dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$Fs = A \cdot \sigma \quad (10)$$

$$Fs = b \cdot h \cdot \sigma$$

$$Fs = \frac{a}{\sin kr} \cdot f \cdot \sin kr \cdot \sigma$$

$$F_s = \frac{0.254}{\sin 15} \cdot 0.2 \cdot \sin 15 \cdot 950$$

$$F_s = 47.3 \text{ N}$$

Dari perhitungan panas total yang dihasilkan perdetik dapat diketahui besar nilai daya adalah 5.57 W dan perhitungan gaya gesek nilainya 47.3 N. Pada sudut yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah.

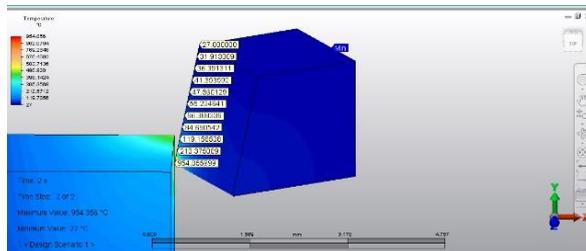
Tabel.3 Parameter Sudut Potong Utama

k_r	15°	30°	45°	60°
α (mm)	0.254	0.254	0.254	0.254
f (mm/rev)	0.2	0.2	0.2	0.2
\sin (°)	0.259	0.5	0.7071067	0.866
b (mm)	0.98069498	0.508	0.3592103	0.293
h (mm)	0.0518	0.0508	0.14142	0.173
$k_{a1.1}$ (N/mm ²)	1820.20468	1820.20468	1820.20468	1820.20468
k_s (N/mm ²)	3290.44226	2884.83	2689.44	2585.39
A (mm ²)	0.0508	0.0508	0.0509	0.0507
v (mm/sec)	33.33	33.33	33.33	33.33
Q (Nmm/sec)	5.51	4884.90	4566.49	4367.71
Q (Watt)	5.51	4.88	4.56	4.36
F_s (N)	48.1	48.26	48.38	49.36

Setelah melakukan perhitungan manual langkah selanjutnya, penelitian ini akan melakukan simulasi menggunakan Autodesk Inventor 2016. Ini lah langkah-langkah melakukan simulasi :

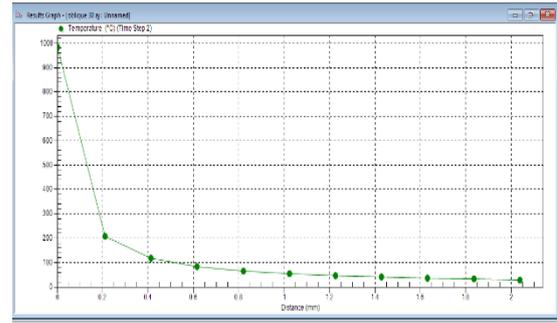
1. Pemilihan Analyza Type
2. Meshing
3. Pemberian Material
4. Pemberian Boundary Condition
5. Run Simulation

Kemudian, setelah melakukan run simulation akan di dapatkan hasil simulasinya sebagai berikut.



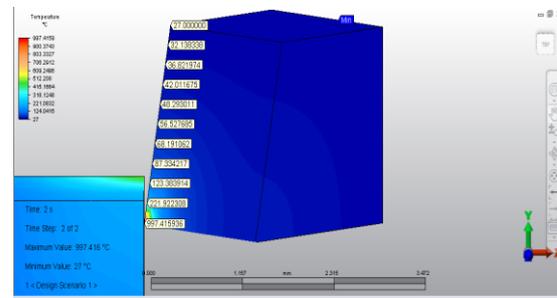
Gambar .8 Hasil temperatur *maximum* dan *minimum* pemotongan gaya *oblique* sudut potong 60°

Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut potong 60°, menghasilkan temperature maksimumnya 954.856°C.



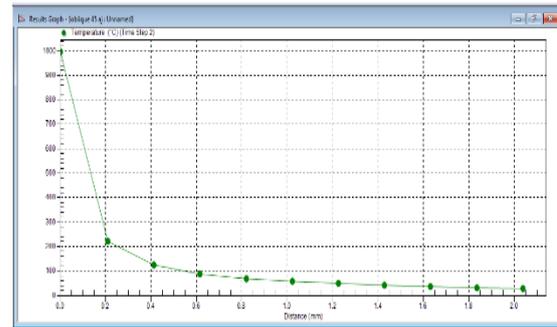
Gambar .9 Grafik hasil distribusi temperatur pada sudut potong 60°

Dari hasil grafik distribusi temperature pada sudut potong 60°, terlihat pada saat kenaikan temperature dari temperature ruangan pada mata pahat sampai ke sudut kontak mengalami kenaikan.



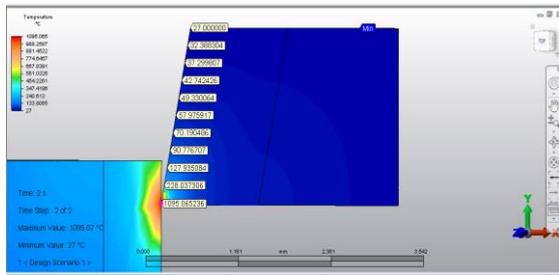
Gambar.10 Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut potong 45°

Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut potong 45°, menghasilkan temperature maksimumnya 997.4159°C. Semakin menjauhi sudut kontak, temperature pahat semakin mengecil sampai ke temperature ruangan sebesar 27°C.



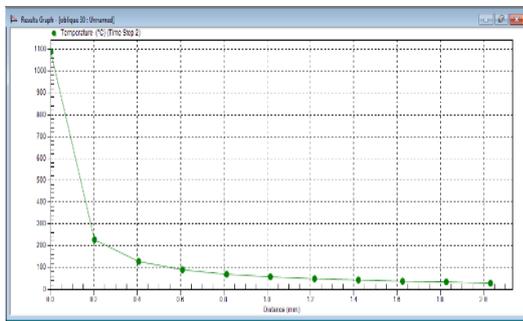
Gambar .11. Grafik hasil distribusi temperatur pada gaya pemotongan *oblique* Sudut potong 45°

Dari hasil grafik distribusi temperature pada sudut potong 45°, terlihat pada saat kenaikan temperature dari temperature ruangan pada mata pahat sampai ke sudut kontak mengalami kenaikan.



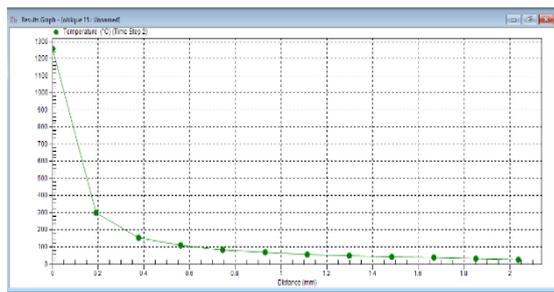
Gambar.12. Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut potong 30°

Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut potong 30°, menghasilkan temperature maksimalnya 1095.065°C. Semakin menjauhi sudut kontak, temperature pahat semakin mengecil sampai ke temperature ruangan sebesar 27°C.



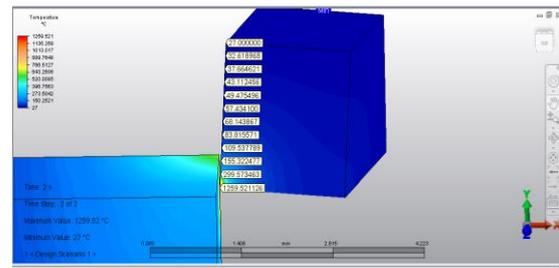
Gambar.13 Grafik hasil distribusi temperatur pada gaya pemotongan *oblique* sudut potong 30°

Dari hasil grafik distribusi temperature pada sudut potong 30°, terlihat pada saat kenaikan temperature dari temperature ruangan pada mata pahat sampai ke sudut kontak mengalami kenaikan.



Gambar .14. Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut utama 15°

Distribusi temperature pada pemotongan gaya *oblique* sudut utama 15°, menghasilkan temperature maksimalnya 1259.52°C. Semakin menjauhi sudut kontak, temperature pahat semakin mengecil sampai ke temperature ruangan sebesar 27°C



Gambar .15 Grafik hasil distribusi temperatur pada gaya pemotongan obeliqueSudut utama 15°

Dari hasil grafik distribusi temperature pada sudut potong 15°, terlihat pada saat kenaikan temperature dari temperature ruangan pada mata pahat sampai ke sudut kontak mengalami kenaikan.

Pembahasan

Berdasarkan dari hasil simulasi yang didapat perubahan nilai distribusi temperatur pada mata pahat proses pembubutan *Titanium Ti-6Al-4V* dengan pahat *Tungsten* pemotongan sepanjang 2 mm dalam waktu 2 detik, kecepatan potong 2 m/min, kedalaman potong 0.254 mm, putaran spindel 294 rpm, pemakan 0.2 mm/rev, tipe pemotongan *oblique* dengan variasi sudut potong utama (α_r) 15°, 30°, 45° dan 60° menghasilkan distribusi temperature pada sudut potong 15° dengan temperature maksimumnya yang dihasilkan sebesar 1259.52°C, distribusi temperature pada sudut potong 30° menghasilkan temperature maksimum sebesar 1095.06°C, distribusi temperature pada sudut potong 45° menghasilkan temperature maksimum sebesar 995.287°C dan distribusi temperature pada sudut potong 60° menghasilkan temperature maksimum sebesar 985.01°C. Dengan melihat hasil simulasi dengan menggunakan *Autodesk Mechanical Simulation* temperature maksimum sudut potong 15° lebih besar daripada sudut potong 30°, 45°, dan 60° diakibatkan adanya pengaruh sudut potong terhadap temperature pemotongan, semakin sudut potongnya kecil akan semakin luas bidang kontak antara geram dengan geram pada pahat yang dikarenakan mata potong yang memotong lebih panjang. Seperti yang dinyatakan [2], semakin bidang kontak antara geram dengan bidang geram pahat yang lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas.

Dari hasil simulasi di atas juga mendapatkan nilai tegangan yang terjadi karena adanya kenaikan temperature. Pada sudut potong utama 15° menghasilkan nilai tegangan *thermal* sebesar 1158.37 N/mm², sudut potong utama 30° menghasilkan nilai tegangan *thermal* sebesar 839.253 N/mm², sudut potong utama 45° menghasilkan nilai tegangan *thermal* sebesar 694.93 N/mm², dan sudut potong utama 60° menghasilkan nilai tegangan *thermal* sebesar 581.61 N/mm².

Sudut potong utama 15° mengalami tegangan *thermal* yang tertinggi dikarenakan sumber panas

yang berasal dari hasil gesekan pada saat pemotongan di sudut potong utama 15° yang besar. Jadi, semakin besar sumber panas yang berasal dari hasil gesekan pada saat pemotongan, akan semakin besar juga nilai tegangan thermal yang di dapatkan, berbanding lurus dengan temperature maksimum pada sudut potong utama 15° yang tertinggi di antara sudut potong utama yang lainnya. Semakin tinggi temperature yang terjadi pada saat pemotongan akan semakin tinggi tegangannya [15].

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, maka dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Semakin kecil sudut potongnya, akan semakin luas bidang kontak antara geram dengan geram pada pahat yang dikarenakan mata potong yang memotong lebih panjang mempercepat laju pembuangan panas.
2. *Heat source* pada gaya pemotongan *oblique* sudut utama 15° sebesar 5.57 W, sudut potong 30° sebesar 4.88 W, sudut potong 45° sebesar 4.56 W, dan sudut potong 60° sebesar 4.36 W.
3. Semakin tinggi *temperature* yang terjadi pada saat pemotongan akan semakin tinggi tegangannya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Callister, W.D, 2007. "Materials Science and Engineering An Introduction". Seventh Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA
- [2] Rochim, Taufiq., 1995. "Teori Dan Teknologi Proses Pemesinan". Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Sonief, A. As'ad., 2003. "Diktat Metode Elemen Hingga". Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.
- [4] Dwijana, I gusti Komang., 2009. "Analisa Pengaruh Modifikasi Pahat Bubut Terhadap Gaya, Daya Dan Temperatur Pemotongan Pada Pembubutan Material St 42". Jurnal Teknik Mesin Cakra M Vol. 3 No. 2 Universitas Udayana, Jimbaran Badung.
- [5] Salman, Pervaiz. et, al., 2014. "A coupled FE and CFD approach to predict the cutting tool temperature profile in machining". Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University, Egypt.
- [6] Hasballah, T., 2014. "Analisis Umur dan Keausan Pahat Karbida Untuk Membubut AL 6061 -T6 dengan Metoda Variable Speed Machining Test". Jurnal Darma Agung. Universitas Darma Agung, Medan.
- [7] Schey, A. John., 2000. "Introduction to Manufacturing Process". 3 rd Ed. Mc.Graw – Hill Book Co.
- [8] Hatnolo, S., 2012. "Studi Pengaruh Sudut Potong (Kr) dengan Pahat Karbida pada Proses Bubut dengan Tipe Pemotongan Oblique Terhadap Kekasaran Permukaan". Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [9] Imran., 2013. "Batas Stabilitas Chatter Terhadap Perubahan Sudut Geram Pada Proses Bubut". Jurnal Teknik Mesin Inovtek Vol. 3 No. 1 Politeknik Negeri bengkalis, Bengkalis.
- [10] Rahmat, Anni dan Roziq Himawan., 2008. "Analisis Pengaruh Distribusi Temperatur Terhadap Tegangan Panas Dan Faktor Intensitas Tegangan Pada Bejana Tekan Reaktor PWR". Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir 2008. BATAN, Bandung.
- [11] Grzesik, W., 1999. "Experimental investigation of the cutting temperature when turning with coated Index able inserts". Int.J. of Machine tools and manufacture, 39 pp 355-369.
- [12] Iswantoko, Agus., 2004. "Analisa Pengukuran Temperatur Pemotongan Pada Proses Bubut Dengan Metode Termokopel Yang Ditempelkan Pada Pahat Jenis HSS". Jurnal Penelitian Volume XVI No. 1 UNMER Malang, Malang.
- [13] Setyawan, Faris Budi., 2011. "Pengaruh Geometri Sudut Pahat High Speed Stell (HSS) Terhadap Umur Pahat dan Penyusunan Standard Operating Procedure (SOP) Pengasahan Pahat Pada Proses Bubut Aluminium Paduan Rendah". Skripsi. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [14] Davoudinejad, A. et, al., 2015. "Finite Element Simulation and validation of chip formation and cutting force in Dry and Cryogenic Cutting of Ti-6Al-4V". Mechanical Engineering Department, Politecnico di Milano, via la masa 1, 20156 Milano, Italy.
- [15] Yanda, H. et, al., 2010. "Effect Rake Angle on Stress, Strain, and Temperature on the Edge of Carbide Cutting Tool in Orthogonal Cutting Using FEM Simulation ". Department Mechanical Engineering, Faculty Of Engineering, Andalas University, Padang.