

OPTIMASI PROSES MACHINING MESIN CNC MILLING UNTUK SHELL & TUBE PADA ALAT SURFACE CONDENSOR

Imam Hidayatulloh^{1*}, Gatot Eka Pramono²⁾, Yogi Sirodz Gaos²⁾

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

^{1*}e-mail: imamhidayatulloh87@gmail.com

ABSTRAK

Mesin CNC merupakan jenis kelompok mesin non-Konvensional karena cara pengoperasiannya dikendalikan melalui sebuah program yang diakses dengan komputer. Alat pemotong pada proses *milling* biasa disebut (cutter). Cutter sendiri terdiri dari beragam bentuk dan kegunaanya, mulai dari end mill cutter, *facing*, *drill*, *groover* dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan untuk pengoptimalan waktu pengerjaan, kepresisian dan memperhatikan umur dari *cutter* yang biasanya terjadi perubahan dimensi *cutter* sebelum dan sesudah melakukan pemotongan. Tahap pertama penelitian dengan cara penentuan *cutting tools* yang tepat, sesuai dengan kebutuhan tiap-tiap part *shell & tube* pada *surface condensor* dengan memperhatikan *cutting Speed*, *feed rate*, *feed per revolusi* dan lain-lain, yang bersumber pada *Cutting Tools Catalog* sebagai acuan. Tahap selanjutnya dilakukan desain menggunakan MasterCam kemudian melakukan simulasi dengan hasil yang maksimal diantara lain, sebagai berikut : proses *machining* pada *tubesheet* tercepat yaitu : 19 menit 2,98 detik waktu pengerjaan, proses *machining* pada *baffle* tercepat yaitu : 11 menit 9,34 detik. Proses *machining* pada *shell* tercepat yaitu : 37 menit 9,38 detik waktu pengerjaan. Semakin besar *Cutting Speed* maka semakin besar kecepatan Spindle yang diperlukan, Semakin besar *Feed Rate* maka semakin cepat waktu proses *machining*, Besar nilai *Cutting Speed* (Vc) berpengaruh terhadap umur *Cutting tools*.

Kata kunci : *Cutting Tools, Milling, Optimal, Presisi, Shell & Tube, Surface Condensor*

ABSTRACT

CNC machine is a type of non-conventional machine group because the way it is operated is controlled through a program that is accessed by a computer. The cutting tool in the milling process is usually called a cutter. Cutter itself consists of various shapes and uses, ranging from end mill cutter, facing, drill, groover and others. This research was conducted to optimize processing time, precision and pay attention to the age of the cutter, which usually changes in cutter dimensions before and after cutting. The first stage of research is by determining the right tools, according to the needs of each Shell & Tube part on the Surface Condensor by paying attention to cutting speed, feed rate, feed per revolution, etc., which are sourced from the Cutting Tools Catalog as a reference. The next step is to design using MasterCam and then perform simulations with maximum results, among others, as follows: the fastest machining process on tubesheets is: 19 minutes 2.98 seconds of processing time, the fastest machining process on baffles is: 11 minutes 9.34 seconds. Machining process on the fastest shell is: 37 minutes 9.38 seconds processing time. The greater the cutting speed, the greater the spindle speed required, the greater the feed rate, the faster the machining process time, the greater the value of cutting speed (Vc) affects the life of the cutting tools.

Kata kunci : *Cutting Tools, Milling, Optimal, Presisi, Shell & Tube, Surface Condensor.*

1. PENDAHULUAN

Di industri manufaktur saat ini menuntut kecepatan dan peningkatan mutu yang sangat tinggi akibat persaingan global. Selain itu, kepresisian dan akurasi produk juga dituntut sebagai kualitas produk. Oleh karena itu, mesin-mesin otomatis (*non-Konvensional*) telah menggantikan peranan mesin

manual (*Konvensional*) yang semakin dirasakan keterbatasan dalam prosesnya. Industri manufaktur merupakan kegiatan ekonomi yang dalam kegiatannya mengubah suatu barang dasar secara mekanis, kimia atau dengan tangan sehingga menjadi barang jadi atau setengah jadi dan atau barang yang kurang nilainya menjadi barang yang lebih tinggi

nilainya, dan sifatnya lebih dekat kepada pemakai akhir (Holzi, Sogner, 2004).

Pada era Revolusi Industri 4.0 ini penggunaan mesin otomatis mempunyai peranan penting yang hampir digunakan di segala bidang usaha, mulai dari bidang pendidikan seperti Universitas, Riset Penelitian, Industri Manufaktur, *Workshop*, dan lainnya. Salah satu jenis mesin otomatis yang banyak digunakan yaitu mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*). CNC atau yang biasa disebut *Computer Numerical Control* merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan sistem kontrol berbasis numerik yang mampu membaca instruksi kode-kode dimana kode tersebut dibuat sesuai dengan standard ISO (Anggodo, 2012).

Mesin CNC merupakan jenis kelompok mesin non-Konvensional karena cara pengoperasiannya dikendalikan melalui sebuah program yang diakses dengan komputer. Ada beberapa macam jenis mesin CNC, yaitu mesin CNC Frais (*Milling*), Mesin CNC Bubut (*Turning*), mesin CNC Cutting Plasma dan lainnya. Saat ini sudah banyak pabrik pembuat kontrol atau komputer yang mengeluarkan kontrol mesin CNC, misalnya EMCO (Austria), SIEMENS (Jerman), FANUC (Jepang), GSK (China) dan masih banyak lagi. Pada dunia industri di Indonesia, alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) banyak sekali digunakan pada industri seperti *Thermal Power Plant*, peralatan pendingin ruangan, *refrigerator*, *radiator* dan lain-lain. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai di dunia industri yaitu *Shell and Tube Heat Exchanger*. Dalam perancangan alat penukar kalor sangat dibutuhkan part yang presisi dan akurat, guna meningkatkan *performance* alat tersebut. Salah satu peran mesin CNC untuk pembuatan part dari alat tersebut yaitu membuat *Condensor*. *Condensor* adalah bagian dari *Shell and Tube Heat Exchanger* yang berfungsi sebagai tempat untuk merangkai ujung-ujung *tube* sehingga menjadi satu yang disebut *Tube & bundle*.

Didalam dunia industri prinsip perpindahan kalor dimanfaatkan untuk keperluan proses menggunakan suatu alat yang biasa disebut sebagai penukar kalor. *Heat exchanger* merupakan alat yang digunakan sebagai media untuk memindahkan kalor dari fluida yang bertemperatur lebih tinggi menuju fluida yang bertemperatur lebih rendah. Dalam aplikasinya alat ini digunakan untuk memindahkan energi dari fluida panas ke fluida dingin. Salah satu jenis *heat exchanger* yang banyak digunakan di dunia industri adalah tipe *shell and tube heat exchanger*.

Proses *Machining* adalah sebuah operasi menggunakan peralatan pemesinan, salah satunya menggunakan mesin *milling CNC (Computer Numerical Control)* Hal ini dilakukan supaya proses produksi dapat menghasilkan lebih banyak dan

meringankan pekerjaan. Dengan mempergunakan mesin *milling CNC (Computer Numerical Control)* industri dapat lebih produktif dalam meningkatkan perekonomian disuatu negara dan juga meningkatkan mutu produk.

Alat pemotong pada proses *milling* biasa disebut (*cutter*). *Cutter* sendiri terdiri dari beragam bentuk dan kegunaannya, mulai dari *end mill cutter*, *facing*, *drill*, *groover* dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan untuk pengoptimalan waktu pengerjaan, kepresisian dan memperhatikan umur dari *cutter* yang biasanya terjadi perubahan dimensi *cutter* sebelum dan sesudah melakukan melakukan pemotongan. (Fransyadi, 2020)

Berdasarkan uraian diatas, penelitian dilakukan untuk menentukan tools yang tepat untuk proses *machining surface condensor* dan mengoptimalkan performa mesin CNC *Milling* pada proses *machining condensor* berdasarkan perhitungan teoritis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

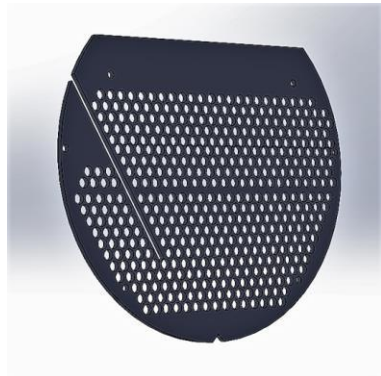
2.1 *Condensor*

Kondensor merupakan komponen utama yang sangat penting, *condenser* bertujuan mengkondensasikan uap keluaran turbin, sehingga perpindahan panas antar fluida pendingin dengan uap keluaran turbin dapat maksimal dan mengkondensasikan terjadi dengan baik. Penurunan kerja thermal kondensor tidak hanya mempengaruhi pembangkit listrik tetapi juga kinerja termal unit secara keseluruhan. Parameter yang bertanggung jawab atas kinerja thermal kondensor adalah laju aliran massa pendingin (CW), suhu, luas perpindahan panas, kecepatan, pengotoran tube, kotak air terisi Sebagian dan kebocoran udara. Suhu disaluran kondensor bervariasi sesuai dengan perubahan siklus suhu dari sistem intake. Dalam beberapa tahun terakhir banyak penelitian telah dilakukan yang meneliti pengaruh suhu CW, laju aliran CW, vakum kondensor pada kinerja termal kondensator uap. *Condenser* yang biasa digunakan pada PLTU adalah *Surface Condenser*/kondensor horizontal dimana *heat exchanger* pada sisi shell sebagai tempat mengalirnya air pendingin (*water cooled*) dan pada tube sebagai aliran gas bertekanan tinggi. (Gunarto; , Riyanto; Irawan, Doddy;, 2019)

2.1 *Material Carbon Steel SA 516 Gr 70*

Spesifikasi ini mencakup pelat baja karbon sering digunakan terutama untuk bejana

bertekanan (*pressure Vessel*) yang dilas,dalam penelitian kali ini digunakan untuk membuat *shell* dan *baffle*.



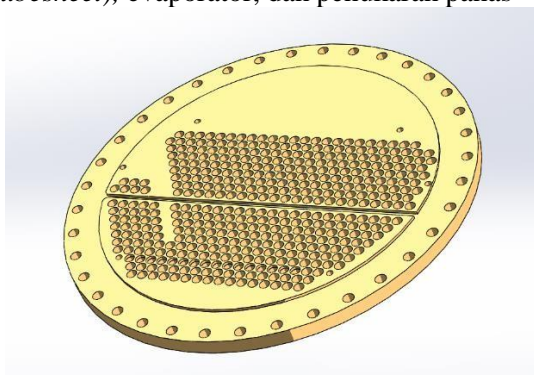
Gambar 1. Baffle

Tabel 1. Sifat Mekanis *Carbon Steel SA 516 Gr 70*

Uraian	Grade			
	55[380]	60[415]	56[450]	70[485]
Tensile strength, ksi [MPa]	55-75 [380-515]	60-80 [415-550]	65-85 [450-585]	70-90 [485-620]
Yield strength, min, ksi [MPa] ^(A)	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation in. [200 mm], min, % (B)	23	21	19	17
Elongation in. [50 mm], min, % (B)	27	25	23	21

2.2 Material *Copper Nockel SB-171 C70600*

Spesifikasi ini menetapkan persyaratan untuk tabung dan berbagai panduan tembaga digunakan dalam kondensor permukaan (*tubesheet*), evaporator, dan penukaran panas



Gambar 2. Tubesheet

Tabel 2. Sifat Mekanis *Cooper Nickel SB171 C 70 600*

Uraian	Grade			
	55 [380]	60 [415]	65 [450]	70 [485]
Tensile Strength, ksi [Mpa]	55 – 75 [360 – 515]	60 – 80 [415 – 550]	65 – 85 [450 – 585]	70 – 90 [485 – 620]
Yield Strength, min, ksi [Mpa] ^(A)	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation in 8 in, [200 mm], min % (B)	23	21	19	17
Elongation in 2 in, [50 mm], min, % (B)	27	25	23	21

2.3 Mesin *Milling CNC (Computer Numerical Control)*

Mesin CNC Milling merupakan mesin milling dimana pergerakan meja mesin (sumbu X, Y dan Z) serta spindle (rumah cutter) dikendalikan oleh program. Program tersebut berisi langkah-langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC. Program tersebut bisa dibuat langsung Pada mesin CNC (huruf perhuruf, angka perangka) yang hasil programnya disebut dengan program NC, atau dibuat menggunakan PC plus software khusus untuk membuat program NC.



Gambar 3. CNC Chevalier FVM-104160DC

2.1.1 Spesifikasi Mesin *Milling CNC Chevalier FVM-10410DC*

Tabel 3. Spesifikasi Mesin CNC Chevalier 104160DC

2.1.2 Parameter Mesin Milling CNC

Feedrates	
Rapid on X, Y & Z axes	10/10/12m/min
Cutting Feedrate	1-7m/min
Accuracy	
Positioning	±0.005mm(0.0002")/300(12")
	±0.015mm(0.0006")Full Stroke
	P:0.03(0.0012) P:0.045(0.0018)
Repeatability	±0.003mm(0.0012)
	PS:0.025(0.001) PS:0.035(0.0014)
Tool Changer	
Tool Capacity	40(opt.60)
Max. tool length	127mm(5) with adjacent tool length
Max. tool length	215mm(8.5) without adjacent tool length
Max. tool weight	20kg (44lbs)
Guide Way	
LM Guide Size (LxW)/P.C	8100x55 /2 8100x45 /2
Guide Way P.C	12 set
Y/Z axis box waywidth	175mm(6.8")/ 70mm(2.7")
Motor	
Spindle motor	30HP (22.5KG)/ opt:35HP (26)kg
Coolant unit motor	2kw
Air Unit	
Air system tank	1500L
Air system pressure	6kg/cm ²
General	
Lub. Tank (2 sets)	4/12L
Coolant tank	750L
Requid Electrical Power	50KVA
Installation area (LxWxH)	11000x5900x5700mm
Machine weight (net/gross)	49000/51000kgs

Parameter pada proses *machining* Mesin Frais adalah dasar-dasar perhitungan yang digunakan untuk menentukan perhitungan-perhitungan dalam proses pemotongan mesin Frais, Ada beberapa parameter dari mesin cnc *milling* yang dapat diatur oleh operator sebelum melakukan pekerjaannya, putaran tersebut adalah putaran *Spindle* (n), *Cutting speed* (Vc) dan *Feed Rate* (Vf). untuk putaran spindle dapat diatur melalui program yang sudah dibuat oleh programmer, dan operator dapat mengaturnya juga melalui *Control panel* yang ada pada mesin. Sama seperti putaran *spindle*, untuk gerak makan juga dapat

diatur oleh programmer dan oleh operator.

1. *Cutting Speed* (V_c)

Yang dimaksud *cutting speed* adalah kemampuan alat potong menyayat spesimen sehingga menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu.

Rumus perhitungan *Cutting Speed*, yaitu :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

Dimana :

V_c : *Cutting Speed* [m/min]

d : *Diameter Tools* [mm]

n : *Spindle speed* [Rpm]

2. *Spindle Speed* (n)

Spindle Speed adalah kemampuan kecepatan putar mesin CNC *Milling* untuk melakukan pemotongan atau melakukan penyayatan dalam satuan putaran/menit.

Rumus perhitungan *Spindle Speed*, yaitu :

$$n = \frac{V_c \times 318}{d}$$

Dimana :

n : *Spindle Speed* [Rpm]

V_c : *Cutting Speed* [mm/min]

d : *Diameter tools* [mm]

Selain parameter pada mesin CNC *Milling*, setiap proses *machining* mesin CNC mempunyai parameternya sendiri. Berikut

adalah rumus tiap proses *machining* mesin CNC *Milling* :

Rumus perhitungan proses *drilling* yaitu :

1. Feed Rate (V_f)

Feed Rate merupakan suatu proses pemfraisan, ditentukan dengan mempertibangkan beberapa faktor di antaranya adalah kekerasan material bahan, kedalaman penyayatan dan sudut-sudut alat potong.

Rumus *Feed Rate*, yaitu :

$$V_f = F_n \times n$$

Dimana :

V_f : *Feed Rate* [mm/min]

F_n : *Feed Per revolution* [mm/min]

n : *Spindle Speed* [Rpm]

2. Material Removal Rate (Q)

Material Removal Rate adalah jumlah material yang terbuang pada saat proses *machining*.

Rumus MRR, yaitu :

$$Q = \frac{d \times F_n \times V_c}{1000}$$

Dimana :

Q : *Metal Removal Rate* [cm³/min]

d : *Diameter cutting tools* [mm]

F_n : *Feed per revolution* [mm/min]

V_c : *Cutting Speed* [mm/min]

3. Power (P_c)

$$P_c = \frac{F_n \times V_c \times d \times K_c}{240 \times 10^3}$$

Dimana :

P_c : *Power* [kW]

V_c : *Cutting speed* [mm/min]

d : *Diameter cutting tools* [mm]

K_c : *Nilai material* [N/mm²]

5. Torsi (Nm)

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

Dimana :

M_c : *Torsi* [Nm]

P_c : *Power motor* [kW]

π : 3,14

n : *Spindle speed* [Rpm]

Untuk proses *contour* menggunakan

rumus *Milling*, yaitu :

1. Feed Rate (V_f)

Feed Rate merupakan suatu proses pemfraisan, ditentukan dengan mempertibangkan beberapa faktor di antaranya adalah kekerasan material bahan, kedalaman penyayatan dan sudut-sudut alat potong.

Rumus perhitungan *Feed Rate*, yaitu :

$$V_f = F_z \times z \times n$$

Dimana :

V_f : *Feed Rate* [mm/min]

F_z : *Feed Per Tooth* [mm]

z : *Jumlah gigi pada tools*

n : *Spindle Speed* [Rpm]

2. Feed Per Revolution (F_n)

Feed per Revolution adalah kecepatan pemakanan *drilling* per-revolusi.

Rumus perhitungan *Feed Per Revolution*, yaitu :

$$F_n = F_z \times z$$

Dimana :

F_n : *Feed Per Revolution* [mm/min]

F_z : *Feed per tooth* [mm/min]

z : *Jumlah gigi pada tools*

3. Material Removal Rate (Q)

Material Removal Rate adalah jumlah material yang terbuang pada saat proses *machining*.

Rumus perhitungan MRR, yaitu :

$$Q = \frac{A_s \times A_s \times V_f}{1000}$$

Dimana :

- Q : Metal Removal Rate [cm³/min]
- A_p : Axial Depth cut (mm)
- A_e : Radial Depth cut (mm)
- V_f : Feed Rate (mm/min)

4. Power motor (P_c)

Power motor adalah kekuatan putaran yang ada pada spindle.

Rumus perhitungan Power, yaitu :

$$P_c = \frac{A_p \times A_e \times V_f \times K_c}{60 \times 10^3}$$

Dimana:

- P_c : Power motor [kW]
- A_p : Axial Depth cut (mm)
- A_e : Radial Depth cut (mm)
- V_f : Feed Rate (mm/min)
- K_c : Nilai material (N/mm²)

5. Torsi (M_c)

Torsi merupakan gerakan atau gaya tekan pada saat proses machining.

$$M_c = \frac{A_p \times A_e \times V_f \times K_c}{60 \times 10^3}$$

Dimana :

- M_c : Torsi [Nm]
- ae : Radial depth of cut [mm]
- ae : Axial depth of cut [mm]
- V_f : Feed rate (m/min)
- K_c :Spesifikasi nilai material [N/mm²]

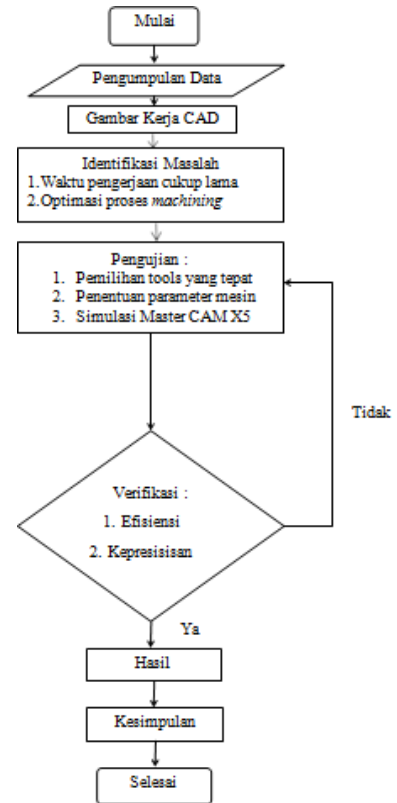
3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan Metode sebagai berikut:

1. Mencari informasi dengan engineering dan meneger produksi mengenai sheel and tube surface condenser
2. Melakukan observasi dengan berupa mengamati bagian-bagian surface condenser, mengikuti kegiatan asembli surface condenser, berperan aktif mengikuti pneumatic test, hydrostatic test dan dimensi cek.
3. Melakukan dokumentasi terhadap surface condenser mencatat data yang sudah

diperoleh, serta berkas atau dokumen yang terkait dengan penelitian ini.

4. Metode pengumpulan data ini dilaksanakan agar peneliti mendapatkan semaksimal mungkin informasi mengenai tentang *surface condensor*, guna mendapatkan data yang valid dan reliabel.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Tahap Pembuatan Alat

Berikut adalah proses atau tahap pembuatan alat :

1. Mendesain menggunakan software Solidwroks dan master CAM
2. Simulasi menggunakan master CAM
3. Mengconvert G-Code pada mesin CNC milling
4. Pemilihan cutting tools
5. Setting material
6. Pengecekan kembali setiap proses machining mesin CNC Milling.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis Surface Condensor (Shell & Tube)

Condenser merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap

keluaran turbin. Uap yang bertekanan langsung menuju kondensor untuk diubah menjadi air (dikondensasikan), kondensor merupakan komponen utama yang sangat penting, condenser bertujuan mengkondensasikan uap keluaran turbin, sehingga perpindahan panas antar fluida pendingin dengan uap keluaran turbin dapat maksimal dan mengkondensasikan terjadi dengan baik.

4.1.1 Data Teknis Dan Hasil Perhitungan Tubesheet

Berikut adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan Tubesheet berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

No	Jumlah	Spesifikasi
1	Lubang 341	Berkedalaman 41mm diameter 19,85
2	Lubang 36	Berkedalaman 30 mm diameter 22

1. Hasil Perhitungan Drilling Pada Tubesheet

Proses drilling Ø19,85 mm, dept cuts (kedalaman pemakanan) 41 mm.

No	Uraian	Hasil
1.	Spindle Speed	1.002 Rpm
2.	Feed Rate	0,55 m/min
3.	Metal Removal Rate	2,58 cm ³ /min
4.	Net Power	2,8 Kw

2. Hasil Perhitungan Milling Pada Tubesheet

Proses milling pada bagian tenggan Tubesheet menggunakan Flat endmill Ø10 mm dengan kedalaman 5 mm.

No	Uraian	Hasil
1.	Spindle Speed	3180 Rpm
2.	Feed Rate	318 m/min
3.	Metal Removal Rate	11,9 cm ³ /min
4.	Net Power	0,12 Kw

4.1.2 Data Teknis Dan Hasil Perhitungan Baffle

Berikut adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan Baffle

berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

No	Uraian	Jumlah	Spesifikasi
1	Lubang diameter 19,85	341	Berkedalaman 9,5mm
2	Lubang diameter 14	6	Berkedalaman 9,5mm

1. Hasil Perhitungan Drilling Pada Baffle

No	Uraian	Hasil
1.	Spindle Speed	2.803 Rpm
2.	Feed Rate	895 m/min
3.	Metal Removal Rate	277 cm ³ /min
4.	Net Power	2,86 Kw

2. Hasil Perhitungan Milling Pada Baffle

No	Uraian	Hasil
1.	Spindle Speed	2035 Rpm
2.	Feed Rate	763 mm/min
3.	Metal Removal Rate	190,8 cm ³ /min
4.	Net Power	1,97 Kw

4.1.3 Data Teknis Dan Hasil Perhitungan Shell

Berikut adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan Shell 1 berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

No	Uraian	Jumlah	Spesifikasi
1.	Shell	1	Panjang shell 1182 mm Ketebalan 20 mm

Berikut adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan Shell 2 berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

No	Uraian	Jumlah	Spesifikasi
1.	Lubang diameter 64,3	3	Berkedalaman 9,5 mm
2.	Lubang diameter 93	1	Berkedalaman 20 mm
3.	Lubang diameter 37,5	1	Berkedalaman 20 mm

4.	Lubang diameter 563	1	Berkedalaman 20 mm
5.	Lubang diameter 407	1	Berkedalaman 20 mm
6.	Shell 2	1	Panjang Shell 1702 mm

Berikut adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan *Shell 3* berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

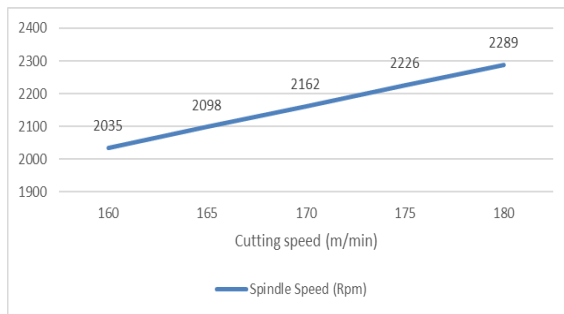
No	Uraian	Jumlah	Spesifikasi
1.	Shell 3	1	Panjang Shell 994 mm
2.	Lubang diameter 223	1	Berkedalaman 20 mm

4.2 Pembahasan Hasil Perhitungan Shell & Tube Surface Condensor.

Pembahasan hasil perhitungan *shell & tube surface condensor* adalah sebagai berikut :

4.2.1 Pengaruh Cutting Speed Terhadap Spindle Speed

Pada proses *machining milling baffle* dengan V_c menggunakan *Flat Endmill Ø25* mendapatkan hasil 3 menit 59,35 detik ,semakin besar *Cutting speed* yang digunakan maka *Spindle Speed* (n) akan semakin besar dan waktu pengerjaan semakin cepat. Pengaruh *Cutting Speed* terhadap *Spindle Speed* dapat dilihat dari grafik berikut :

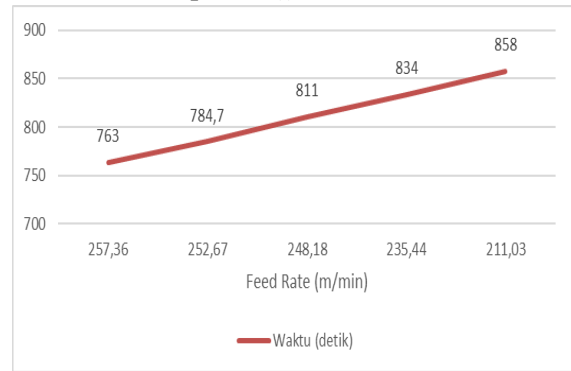


Gambar 5. Grafik Pengaruh *Cutting Speed* terhadap *Spindle Speed*

4.2.2 Pengaruh Feed Rate Terhadap Waktu

Semakin besar *Feed rate* (V_f) maka semakin cepat proses *machining*. Berikut adalah grafik

pengaruh *Feed rate* terhadap waktu pada proses *flatendmill Ø25* pada *baffle*.

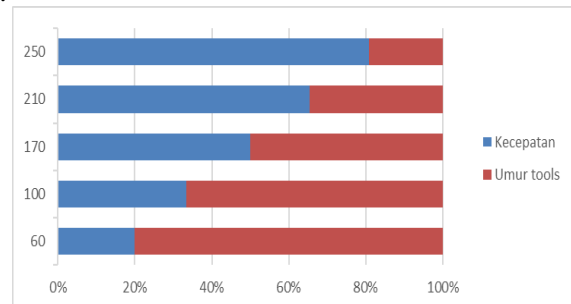


Gambar 6. Grafik Pengaruh *Feed rate*(V_f) terhadap waktu

4.2.3 Umur Tools

Untuk pemilihan *Cutting Speed* (V_c) sesuai kondisi, karena semakin besar *Feed Rate* semakin cepat proses *machining* pada mesin cnc, tetapi *tools* akan mengalami *deformasi* dan membuat *cutting tools* mudah tumpul.

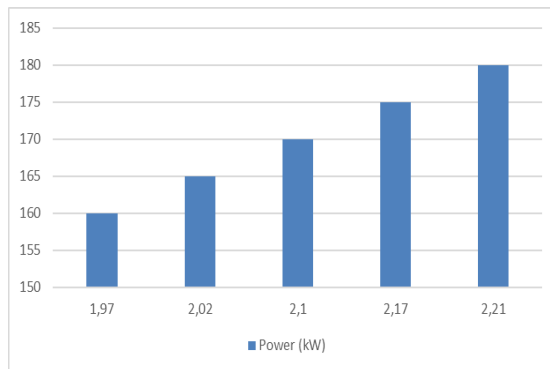
Berikut adalah grafik pengaruh *Cutting speed* (V_c) terhadap *Cutting tools* yang digunakan :



Gambar 7. Grafik Umur Tools

4.2.4 Pengaruh Cutting Speed Terhadap Power

Pada proses *machining Milling* selain pemilihan *cutting tools*, melihat spesifikasi *Power* mesin agar diketahui batas kapasitas pada mesin tersebut. Pada proses *Milling* menggunakan *Flat Endmill Ø25* pengaruh *Cutting speed* (V_c) terhadap *power* bisa dilihat pada grafik berikut :



Gambar 8. Grafik pengaruh cutting speed terhadap power

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil Analisa yang dilakukan pada alat *Surface Condensor* menggunakan metode perhitungan dan simulasi MasterCam masing-masing 5 variable berbeda mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar nilai *Cutting Speed* (V_c) berpengaruh terhadap umur *Cutting tools*, Semakin besar *Cutting Speed* maka semakin besar kecepatan *Spindle* yang diperlukan dan Semakin besar *Feed Rate* maka semakin cepat waktu proses *machining*.
2. *Machining Tubesheet* dengan solid *endmill* $\varnothing 10\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 300m/min, drill $\varnothing 19,85\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 250m/min, drill $\varnothing 14\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 250m/min, drill $\varnothing 22\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 250m/min dengan total proses pengerjaan yaitu: 19 menit 2,98 detik Dan *Machining Baffle* dengan solid *endmill* $\varnothing 25\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 180m/min, solid *endmill* $\varnothing 6\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 160m/min, drill $\varnothing 19,85\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 290m/min, drill $\varnothing 14\text{mm}$ menggunakan *Cutting Speed* sebesar 290m/min dengan total proses pengerjaan yaitu: 11 menit 9,38 detik.

Saran

Berikut adalah saran untuk penelitian *optimasi proses machining* mesin cnc *milling* untuk *shell & tube* pada alat *surface condensor* :

1. Dilakukan penelitian secara langsung dengan perbandingan perhitungan waktu secara teoritis dengan perhitungan waktu secara aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqshal, Mustaqiem Diinil; , Nuranto;. (2020, Oktober 3). Kegunaan Solidworks. *ANALISIS PERBANDINGAN FAKTOR KEAMANAN RANGKA SCOOTER MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK SOLIDWORKS 2015*, 167.
- Arya Mahendra Sakti. (2014). Coolant Bromus Oil. *PENGAARUH JENIS PAHAT, JENIS PENDINGINAN DAN KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP KERATAAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 42 PADA PROSES BUBUT RATA MUKA*, 27.
- ASME. (2015). *ASME CODE SECTION V DESTRUCTIVE EXAMINATION*. New York: American Society Of Mechanical Engineering.
- ASME;. (2015). *ASME SECTION IIA MATERIALS FERROUS*. Dalam A. B. Materials, *ASME Boiler & Pressure Vessel Code IIA* (hal. 930). NEW YORK: The American Society of Mechanical Engineers.
- ASME;. (2015). *ASME SECTION IIB MATERIALS NONFERROUS*. Dalam A. B. Materials, *ASME Boiler & Pressure Vessel Code IIB* (hal. 87-88). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Fransyadi, S. (2020). *Paten No. 1*. Indonesia.
- Gunarto; , Riyanto; Irawan, Doddy;. (2019, 9 3-4). Studi kasus Variasi Perubahan Tekanan Vakum Terhadap Performance Kondensor Pada PLTU Di PT.ICA TAYAN KALIMANTAN BARAT. *CONDENSOR*, 1-5.
- Holzi, Sogner. (2004).
- KENNAMETAL;. (2013). *KENNAMETAL MASTER CATALOGUE INNOVATIONS*.
- Muhammad , Fahlevi Reza; , Syahfri; Anita, Susilawati;. (2017, 10). Penjelasan Master CAM. *PERENCANAAN CAD CAM MESIN CNC MILLING ROUTER 3 AXIS DENGAN*, 3-4.
- nawang, M. (2017). *RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENGOLAHAN*

DATA. *Jurnal PILAR Nusa Mandiri*,
13(2).

Sadik, Kakac; Hongtan, Liu; Anchasa,
Pramuanjaroekij;. (2012). *HEAT
EXCHANGERS Selection, Rating and
Thermal Design*. francis: Taylor & francis
group, LLC.

SANDVIK. (2010). *SANDVIK Coromant
Technical Guide*. Sweden: Elanders.