

Analisis Laju Perpindahan Panas pada Radiator Pemesinan CNC Plasma Cutting Plate Series 360

Abdul Malik Made¹, Wakhinuddin S², Dedy Irfan², Mukhlidi Muskhir², Abdul Cholik¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Batam, Kota Batam, Kepulauan Riau

²Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Kota, Padang, Sumatera Barat

Email: malikmade@univbatam.ac.id

Abstrak-CNC Plasma Cutting yang digunakan untuk pemotongan logam dengan suhu yang cukup tinggi dimana Torch plasma harus tetap pada suhu kerja sehingga tidak terjadi kerusakan walau digunakan pada jangka waktu lama suhu mesin tetap normal saat bekerja, penelitian ini dilakukan dengan eksperimen terhadap mesin CNC Plasma di PT. Chuck Engineering. Perpindahan kalor merupakan fenomena perpindahan energi yang terjadi di karenakan adanya perbedaan temperatur. Dalam hal ini perpindahan kalor merupakan bentuk nyata dari hukum kekekalan energi, dimana energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan. Pada penelitian ini data diperoleh dari hasil pengukuran suhu fluida radiator mesin CNC Plasma Cutting Plate Series 360 yang hasil pengukurannya sebagai data pokok untuk dianalisa. Pada proses pengujian untuk mengukur laju perpindahan panas diradiator dimana hasil penelitian menunjukkan kestabilan panas pada mesin CNC, dimana perpindahan energi yang paling tinggi terjadi di nozzle ukuran 2,3 mm dengan waktu 0-120 menit didapat hasil 0.053534 Kw. dan kondisi tersebut dalam kategori sangat baik.

Kata Kunci: CNC Plasma Cutting, Torch plasma, Radiator, Panas

Abstract-CNC Plasma Cutting which is used for metal cutting with a fairly high temperature where the plasma Torch must remain at the working temperature so that no damage occurs even though it is used for a long time the machine temperature remains normal while working, this research was conducted by experimenting with CNC Plasma machines in PT. Chuck Engineering. Heat transfer is a phenomenon of energy transfer that occurs due to a temperature difference. In this case heat transfer is a concrete form of the law of conservation of energy, where energy can neither be created nor destroyed. In this study, the data obtained from the measurement of the radiator fluid temperature of the CNC Plasma Cutting Plate Series 360 machine whose measurement results are the main data for analysis. In the testing process to measure the rate of heat transfer in the radiator where the results showed heat stability on the CNC machine, where the highest energy transfer occurred in a 2.3 mm nozzle with a time of 0-120 minutes the results were 0.053534 Kw. and the condition is in the very good category.

Keywords: CNC Plasma Cutting, Torch plasma, Radiator, Heat

A. Pendahuluan

Dalam plasma proses pemotongan busur ada berbagai proses parameter seperti tekanan, arus, kecepatan dan tinggi busur yang mempengaruhi kualitas pemotongan. Dengan memilih parameter proses yang tepat yang dapat kita capai kualitas pemotongan yang tepat.[1]

Plasma cutting adalah proses yang digunakan untuk memotong baja atau logam lain dari ketebalan yang berbeda (atau kadang-kadang bahan lain) dengan menggunakan torch plasma. Dalam proses ini, gas inert (di beberapa unit, udara terkompresi) ditiup dengan kecepatan tinggi keluar dari nozzle, pada waktu yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari nozzle ke permukaan yang dipotong, mengubah sebagian dari gas menjadi plasma. Plasma cukup panas untuk melelehkan

logam yang dipotong dan bergerak cukup cepat untuk meniup logam cair dari yang dipotong. Parameter titik fokus sinar laser, tekanan gas cutting dan cutting speed memiliki kontribusi dalam mengurangi variasi dari respon kekasaran dan laju pemotongan yaitu untuk titik fokus sinar laser memiliki kontribusi 29.01% dan tekanan gas cutting memiliki kontribusi paling besar dengan 50.36%. Sedangkan cutting speed tidak memiliki kontribusi yang signifikan dalam mengurangi variasi dari respon kekasaran dan laju pemotongan [2]



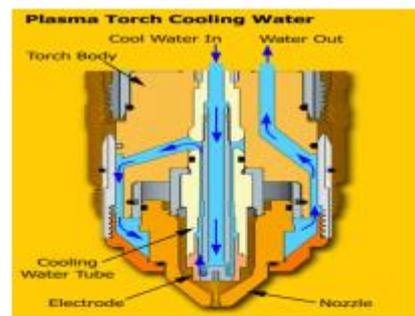
Aplikasi industri dari proses pemotongan busur plasma menyajikan banyak keuntungan unik dan teknologi hemat biaya dibandingkan dengan metode pemotongan lainnya.[3]

Prinsip dasar dari *Plasma Cutter* adalah menggunakan aliran listrik *DC* untuk memanasi udara hingga suhu yang sangat tinggi sampai pada titik plasma (panas diatas ribuan derajat celcius) yang kemudian didorong melalui ogam yang akan dipotong. Ketika sebuah benda di salah satu sisinya diberikan suhu yang tinggi maka lama kelamaan terjadi perpindahan kalor yang menyebabkan sisi suhunya yang rendah akan mengalami kenaikan suhu secara perlahan. Perpindahan kalor tidak dapat diukur dan diamati secara langsung tetapi pengaruhnya dapat dirasakan, diamati dan diukur [11]. Plasma Cutter sangat sederhana dan hanya memerlukan pasokan udara (dari kompresor) dan Stop kontak listrik untuk beroperasi. Bagian dari *plasma cutter* terdiri dari *power supply*, klem tanah atau *Ground Negative* dan *Hand Torch*. Fungsi Utama *Hand Torch* berisi pemicu untuk mengendalikan pemotongan dan *nozzle* melalui hantaman udara dari kompresor, sehingga *hand torch* termasuk bagian dari *CNC* yang menentukan efek untuk optimalisasi respons kualitas busur plasma permesinan berdasarkan berbagai teknik optimasi. [4]

Sebuah elektroda juga terpasang didalam *Hand Torch* di belakang ujung *nozzle*, dimana *nozzle* juga memberikan efek terhadap pemotongan dimana peningkatan kecepatan dapat mengurangi lebar potong dan sudut muka tetapi dengan mengorbankan kualitas permukaan. Nozel yang lebih kecil bisa digunakan untuk memotong ketebalan yang lebih berat dengan pengurangan kecepatan yang dramatis dengan kualitas yang relatif baik. [5]

Setiap sistem pemotongan plasma menggunakan semacam cairan untuk mendinginkan obor, variasi media pendingin air dengan radiator *coolant* didapatkan nilai signifikan [6], karena suhu yang tinggi pada busur plasma dapat membuat *nozzle* cepat rusak. cairan digunakan bercampur dengan udara, dan dapat digunakan sebagai gas plasma. Semakin besar kipas yang digunakan, maka semakin naik pula nilai efektifitasnya. Hal ini dikarenakan penumbukan angin yang semakin banyak sehingga penyerapan panas pada radiator menjadi lebih cepat [7] Dengan cara seperti ini maka *coolant* membuang sifat panas yang dihasilkan sehingga tetap dingin dan tidak mudah rusak. elektroda menghasilkan sumber

panas yang besar hal yang paling berdampak besar didalam mengalir elektroda adalah *nozzle*, memberikan keuntungan yang sangat penting dan sangat mendekati yaitu meningkatkan perbedaan suhu antara air pendingin dan udara sebagai tempat pembuangan panas, kalau yang digunakan radiator, dapat dilakukan oleh radiator yang permukaannya jauh lebih kecil dan kipas angin yang lebih kecil [8], apabila tidak terjadi pendinginan secara baik maka laju elektroda terhambat dan mengakibatkan mesin berhenti beroperasi. Didalam *system coolant* pada mesin *plasma cutting* dimana cairan ini melewati setiap bagian yang ada di ujung busur dengan system sirkulasi yang baik sehingga mengoptimal kan kerja mesin dalam melakukan pemotongan



Gambar 3 Sistem *coolant* pada *CNC Plasma Cutting*
(Sumber : ESSAB)

Di dalam *plasma cutting*, hal pertama dilakukan *system pending* adalah mendinginkan bagian elektroda. Proses pendinginan terjadi dimana, cairan bergerak melalui dinding busur dan *nozzle* dengan kecepatan tinggi dan membawa pergi panas yang dihasilkan mesin. Setelah pendinginan elektroda, cairan bersirkulasi kembali ke dalam tubuh obor, dan kemudian keluar melalui lorong yang berbeda sehingga dapat mendinginkan *nozzle*. Bersirkulasi pendinginan di sekitar bagian luar *nozzle* membantu *nozzle* agar tahan terhadap panas yang dihasilkan. Dalam proses permesinan mesin *CNC* akan mempengaruhi Kekasaran permukaan, kecepatan potong, memotong arus, jarak kebuntuan, kerucut dan ketebalan potong tetapi ambang beberapa parameter seperti laju umpan dan kekasaran masuk dalam permasalahan yang diperhatikan. [9]

1. Jumlah kalor yang dilepaskan oleh air [10]:

$$Q_a = m_a \times c_{pa} \times (t_{a1} - t_{a2}) \dots\dots\dots [10]$$

Dimana:

Q_a = Jumlah kalor yang dilepaskan oleh air (kW).
 m_a = Massa air yang mengalir (Kg/min).
 c_{pa} = Kapasitas panas masuk (kJ/kg °C).
 t_{a1} = Temperatur air masuk (°C).
 t_{a2} = Temperatur air keluar (°C).

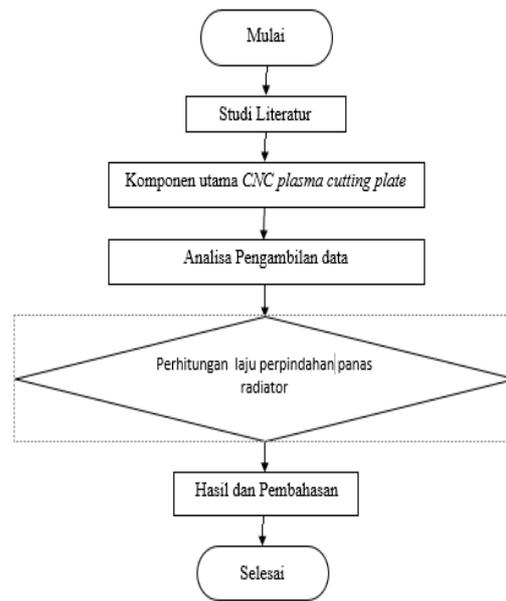
2. Jumlah kalor yang diterima oleh udara pendingin:
 $Q_u = m_u \times c_{pu} \times (t_{u2} - t_{u1}) \dots\dots\dots [10]$

Dimana:
 Q_u = Jumlah kalor yang diterima oleh udara pendingin (kW).
 m_u = Massa udara yang mengalir (kg/min).
 c_{pu} = Kalor jenis udara (kJ/kg °C).
 t_{u1} = Temperatur udara keluar (°C).
 t_{u2} = Temperatur udara masuk (°C).

Ketebalan yang berbeda (atau kadang-kadang bahan lain) dengan menggunakan busur plasma. Dalam proses ini, suatu gas inert (di beberapa unit, udara tekan) ditiup dengan kecepatan tinggi dari nozel, pada saat yang sama busur listrik terbentuk melalui gas yang dari nozel ke permukaan dipotong, mengubah sebagian dari gas itu untuk plasma. Plasma cukup panas untuk mencairkan logam yang dipotong dan bergerak cukup cepat untuk meniup logam cair jauh dari memotong. Busur plasma sangat panas dan berada di kisaran 2.500 ° C (4.500°F). Dengan *plasma arc*, paduan aluminium hingga tebal enam inci (15 cm) dan stainless steel hingga tebal empat inci (10 cm) dapat dipotong oleh proses *plasma arc machining (PAM)*. Proses pemotongan plate menggunakan *CNC Plasma Cutting* ini, besar kecilnya api di atur oleh ukuran *nozzle* dan pressure yang sudah di standarkan. Pada kali ini mesin *CNC Plasma Cutting* yang yang di gunakan dilengkapi dengan sistem pendinginnya yaitu radiator, dimana sebelumnya ada mesin *CNC plasma cutting plate* yang tidak ada sistem pendinginnya, sehingga rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh tempratur yang yang tinggi sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap kapasitas radiator yang dibutuhkan untuk menjaga tempratur kerja mesin *CNC*.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian dengan studi literatur kemudian observasi lapangan untuk mengidentifikasi komponen mesin sesuai kebutuhan data, selanjutnya analisa data dan perhitungan. Kegiatan penelitian tersebut dapat dibuatkan *flow chart* berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

C. Hasil dan Pembahasan

Komponen-komponen Torch body Plasma Cutting

1. *Holder* berfungsi untuk mendinginkan bagian yang dialirkan oleh plasma, yang dimana bagian didalam holder mengandung berupa cairan untuk mendinginkan bagian yang dilalui oleh plasma.
2. *Nozzle* berfungsi untuk mata potong didalam mesin *CNC plasma cutting* sehingga *nozzle* sangat penting untuk sistem ini, apabila *nozzle* meleleh maka akan berdampak pada hasil yang diinginkan.
3. Elektrode berfungsi pematik api plasma dengan elektrode yang digunakan kita harus tau berapa kapasistas plasma yang digunakan untuk memotong material yang kita inginkan
4. *Torch body* berfungsi untuk gagang/fullbody dari sistem dalam potong, dengan adanya *torch body* komponen yang berada didalam mesin terlindungi.

Holder dan Sistem Pendingin

Holder berfungsi sebagai alat pertukaran panas untuk mendinginkan elektroda yang berada pada diatas *nozzle* dengan bantuan air *coolant* yang masuk kedalam *holder* kemudian keluar melewati lubang kecil yang ada di sekeliling holder tersebut dan sekaligus sebagai alat pemegang elektroda. *Holder* yang didalam *CNC plasma cutting* yang digunakan berukuran sama, Sistem Pendingin Sistem pendingin ialah sebuah rangkaian yang bertujuan untuk mengatasi terjadinya over heating pada sebuah komponen atau mesin. Yang berfungsi untuk menurunkan temperatur suhu pada komponen

atau mesin yang terjadi akibat adanya pemanasan maupun gesekan. Berikut komponen sistem pendingin:

Coolant

Secara umum *coolant* adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses permesinan. Digunakan pula untuk melumasi alat potong sehingga memiliki umur pakai yang lebih lama. *Coolant* merupakan cairan hasil campuran *ethylene* atau *propylene glycol* dan air. Biasanya rasio perbandingan zat mineral itu berkisar 50/50. Penggantian cairan *coolant* perlu dilakukan karena pemakaian *coolant* yang terlalu lama menyebabkan timbunan pasir. Pasir yang terlalu berlebihan sanggup menutup sistem saluran pendinginan. Penggantian ini harus dilakukan karena dalam fase tertentu, kualitas *coolant* bisa menurun akibat panas dan lingkungan yang kotor. Selain itu, korosi pada radiator juga bisa mengakibatkan terjadinya pengendapan kotoran pada *coolant*. Apabila penggantian *coolant* tidak dilakukan maka pengendapan kotoran yang terlalu banyak berpotensi menutup sistem saluran pendingin, sehingga menyebabkan arus pendinginan mesin terganggu. Bila hal ini terjadi, mesin mudah panas dan memicu mogok. Rentetan masalah lebih krusial pada mesin bisa terjadi.

Radiator

Radiator adalah bagian dari sebuah sistem pendinginan mesin. Alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan.

Didalam melakukan proses pemotongan dengan menggunakan CNC plasma cutting plate langkah-langkah kerja yang harus kita lakukan antara lain: menghidupkan power panel menghidupkan power mesin, membuka katup gas, checkup selang gas, check air coolant, membersihkan rail mesin, memeriksa nozzle yang digunakan, memastikan material yang ingin di kerjakan, setting up material, input program. trail program pada material, proses pemotongan, inspek pemotongan material yang pertama, finising.

Perhitungan laju perpindahan Panas.

Tabel Percobaan laju perpindahan panas radiator

No	Ukuran Nozzle (mm)	Waktu (menit)	T _{in} -T _{out} C	Hasil (kw)
1	1,4	0	32,1 - 31,3	0,007384
2	1,4	20	36 - 33,5	0,023075
3	1,4	40	36,7 - 33,6	0,028613
4	1,4	60	37,2 - 33,9	0,030459
5	1,4	90	37,3 - 33,9	0,031382
6	1,4	120	37,4 - 33,9	0,032305
7	2,3	0	31,5 - 31,0	0,004615
8	2,3	20	37,2 - 33,2	0,03692
9	2,3	40	39 - 34	0,04615
10	2,3	60	40,1 - 34,3	0,053534
11	2,3	90	40,1 - 34,3	0,053534
12	2,3	120	40,1 - 34,3	0,053534

Bedasarkan dari hasil tabel 4.1 percobaan laju perpindahan panas radiator dengan menggunakan ukuran *nozzle* 1,4 mm dan 2,3 mm dengan waktu 0-120 menit didapat hasil perpindahan panas yang paling kecil terjadi di ukuran *nozzle* 1,4 di waktu 0 menit dengan hasil 0,007384 kW sedangkan untuk untuk perpindahan panas yang terjadi paling besar terjadi di *nozzle* ukuran 2,3 mm di waktu 60,90 dan 120 menit dengan hasil 0,053534 kW.

a. Perhitungan laju perpindahan panas ukuran nozzle 1,4 mm

➤ Perhitungan laju perpindahan panas dengan waktu 0 menit dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm (*running* mesin)

$$Q = m.Cp.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ Cp &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir (m) = V/t = 12/60 = 0,2 kg/min

$$\begin{aligned} q &= m.Cp.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (32,1^\circ\text{C} - 31,3^\circ\text{C}) \\ q &= 0,007384 \text{ KW} \end{aligned}$$

maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,007384 kW

➤ Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm waktu 20 menit

$$q = m.Cp.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (36^\circ\text{C} - 33,5^\circ\text{C}) \\ q &= 0,023075 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,023075 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm waktu 40 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui:

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (36,7^\circ\text{C} - 33,6^\circ\text{C}) \\ q &= 0,028613 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,028613 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm waktu 60 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (37,2^\circ\text{C} - 33,9^\circ\text{C}) \\ q &= 0,030459 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,030459 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm waktu 90 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui:

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (37,3^\circ\text{C} - 33,9^\circ\text{C}) \\ q &= 0,031382 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,031382 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 1,4 mm waktu 120 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (37,4^\circ\text{C} - 33,9^\circ\text{C}) \\ q &= 0,032305 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,032305 kW

b. Perhitungan laju perpindahan panas ukuran nozzle 2,3 mm

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 2,3 mm waktu 0 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui:

$$\begin{aligned} V &= 12 \text{ kg} \\ C_p &= 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ T &= 60 \text{ detik (1 menit)} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$\begin{aligned} (m) &= V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min} \\ q &= m.C_p.(T_{in} - T_{out}) \\ q &= 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad (31,5^\circ\text{C} - 31,0^\circ\text{C}) \\ q &= 0,004615 \text{ kW} \end{aligned}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,004615 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran *nozzle* 2,3 mm waktu 20 menit
- $$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui:

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T = 60 \text{ detik (1 menit)}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$(m) = V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min}$$

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

$$q = 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$(37,2^\circ\text{C} - 33,2^\circ\text{C})$$

$$q = 0,03692 \text{ kW}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,03692 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran nozzle 2,3 mm waktu 40 menit

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T = 60 \text{ detik (1 menit)}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$(m) = V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min}$$

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

$$q = 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$(39,0^\circ\text{C} - 34,0^\circ\text{C})$$

$$q = 0,04615 \text{ kW}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,04615 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran nozzle 2,3 mm waktu 60 menit

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T = 60 \text{ detik (1 menit)}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$(m) = V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min}$$

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

$$q = 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$(40,1^\circ\text{C} - 34,3^\circ\text{C})$$

$$q = 0,053534 \text{ kW}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,053534 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran nozzle 2,3 mm waktu 90 menit

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T = 60 \text{ detik (1 menit)}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$(m) = V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min}$$

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

$$q = 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$(40,1^\circ\text{C} - 34,3^\circ\text{C})$$

$$q = 0,053534 \text{ kW}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,053534 kW

- Perhitungan laju perpindahan panas dengan ukuran nozzle 2,3 mm waktu 120 menit

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

Dimana diketahui :

$$V = 12 \text{ kg}$$

$$C_p = 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T = 60 \text{ detik (1 menit)}$$

Maka untuk mencari massa air yang mengalir

$$(m) = V/t = 12/60 = 0,2 \text{ kg/min}$$

$$q = m.C_p.(T_{in} - T_{out})$$

$$q = 0,2 \text{ kg/s} \times 0,04615 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} (40,1^\circ\text{C} - 34,3^\circ\text{C})$$

$$q = 0,053534 \text{ kW}$$

hasil perhitungan diatas maka didapat laju perpindahan panas sebesar 0,053534 kW

c. Pembahasan hasil perhitungan

Setelah melakukan pengujian perpindahan panas pada radiator CNC Plasma Cutting plate didapatkan hasil dimana perpindahan panas yang terjadi di nozzle ukuran 1,4 mm dengan perbedaan waktu 0 menit – 120 menit dengan hasil 0.032305 kW perpindahan panas yang dihasilkan radiator sedangkan untuk nozzle ukuran 2,3 mm dengan perbedaan waktu 0 menit – 120 menit 0.0535354 dimana pada waktu 60,90 dan 120 menit perpindahan panas yang terjadi sama. Untuk mengetahui tingkat laju perpindahan panas dengan menggunakan nozzle ukuran 1,4 mm dan 2,3 maka dapat dibuat kurva laju perpindahan panas radiator seperti dibawah ini



Gambar 6 Kurva Laju Perpindahan Panas dengan ukuran nozzle 1.4 mm



Gambar 4.22 Kurva Laju Perpindahan Panas dengan ukuran nozzle 2.3 mm

D. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian perpindahan panas secara radiator dengan menggunakan mesin CNC Plasma Cutting maka dapat disimpulkan:

1. Pada penelitian ini terjadi laju perpindahan panas secara radiator dimana panas yang dihasilkan oleh proses pemotongan dibawa ke radiator untuk didinginkan sehingga panas yang dihasilkan mesin tetap stabil. Untuk perhitungan laju perpindahan panas di nozzle ukuran 1,4 mm dengan waktu 0 menit (Running mesin) sebesar 0,0077385 kw sedangkan diwaktu 120 menit 0,032305 kW.
2. Untuk nozzle ukuran 2,3 mm dengan waktu 0 menit (running mesin) 0,004615 Kw sedangkan untuk waktu 60,90,120 menit laju perpindahan panas yang dihasilkan sama yaitu 0,053534 kW sehingga dinozzle ukuran 2,3 mm laju perpindahan panas yang terjadi konstan/stabil

E. Saran

Perlu dilakukan pengenalan lebih lanjut terkait komponen-komponen pada mesin CNC plasma cutting.

- Perlu dilakukan pengkajian lebih dalam mengenai perawatan mesin dan keselamatan kerja.
- Harus melakukan pengujian dengan menggunakan ukuran nozzle yang lebih besar sehingga dapat diketahui besarnya laju perpindahan panas yang terjadi

Daftar Pustaka

- [1] S. Balaganesh, T. Dinesh, B. D. Kumar, S. Hariharan, N. S. Kumar. (2017) "Experimental Investigation on Process Parameters of E250 Mild Steel in Plasma Arc Cutting", *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, vol. 3(4), pp 81-88.
- [2] Rakasita R., Karuniawan B. W., Anda Iviana Juniani. (2016). "Optimasi Parameter Mesin Laser Cutting Terhadap

Kekasaran Dan Laju Pemotongan Pada Sus 316l Menggunakan Taguchi Grey Relational Analysis Method" *Jurnal Teknik Industri*, Vol. XI, No. 2, pp 97 - 106

- [3] M. Erbilen. O. Çakır. (2019) "Effects of process parameters in lasma arc cutting on steels and structural steel" *journal "machines technologies materials* pp 23-25
- [4] K. A. Pulkit, K. B. Dilip (2019), *Experimental Investigation of Cutting Parameters in Plasma Arc Cutting Using Advanced Optimization Approach: A Comprehensive Review /International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 14, Number 13, (Special Issue)
- [5] S. Kumar. (2018) "Experimental Study On Parameters Optimization in CNC Plasma Arc Cutting (AISI 206 Steel) Using Taguchi Approach", *International Journal of Technical Research & Science*, vol. 3 (VI), pp 198-205.
- [6] P. Arsana., I.N Pasek Nugraha, K. Rihendra D. (2019). "Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Baja St. 37" *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha* Vol. 7 No. 1 pp 7-17
- [7] Djoko Sulistyono, Aris Nuansa Gusti (2017). "Analisa Pengaruh Macam Macam Fluida Dan Variasi Kipas Terhadap Efektifitas Penyerapan Panas Pada Motor Bensin 135CC" *Mekanika – Jurnal Teknik Mesin* Volume 3 No. 1
- [8] Hasan M, Toto S, Nico L. (2017)" Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (Coolant) Terhadap Efektivitas Radiator Pada Engine Diesel" *Journal Automotive Engineering Education* Volume 6 No 4.
- [9] Z. Cinar, M. Asmae, Q. Zeeshan. (2018). "Developments in Plasma Arc Cutting (PAC) of Steel Alloys: A Review", *Jurnal Kejuruteraan*, vol.30(1), pp 7-16.
- [10] J. P. Holman, (1987) *Heat Transfer, Mc Graw Hill, New York*
- [11] Kreith, Frank dan Arko priyono (1997). *Prinsip-prinsip perpindahan panas*.Edisi ketiga. Erlangga:Jakarta.
- [12] D.Q. Kern, (1950). *Process Heat Transfer, Mc Graw Hill, New York*.
- [13] Incropera, F.P.dan Dewitt, D.P (2002). *Fundamental of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons*.