

## Alat Bantu Gerak *Plasma Cutting*

Alexander Barry Ekaputra<sup>1</sup>, Andreas Edwin Widyantoro<sup>2</sup>, Dohan Wibisono<sup>3</sup>,  
Ravi Bilath Suseno<sup>4</sup>, Archi Kun Cahyo Utomo<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>, Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145  
\*Email: alexander.20201005@student.atmi.ac.id

### Abstrak

PT. ATMI Duta Engineering (ADE) adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengerjaan sheet metal. Salah satu proses pemotongan sheet metal yang dilakukan adalah dengan menggunakan plasma cutting. Pemotongan sheet metal menggunakan plasma cutter di PT. ADE dilakukan sebagai salah satu proses pendukung sebelum sheet metal dikerjakan menggunakan mesin laser cutting. Biasanya, sheet metal yang melebihi ukuran standar (1,22 m x 2,44 m) akan dipotong terlebih dahulu menggunakan plasma cutter sebelum dikerjakan di mesin laser cutting. Pengerjaan plasma cutting di PT ADE menggunakan mesin plasma cutter manual yang dioperasikan oleh seorang operator. Proses pengerjaan manual untuk memotong sheet metal dengan ketebalan 5 mm, membutuhkan waktu 20 - 25 menit untuk setiap pelatnya. Pemotongan manual semacam ini menimbulkan beberapa permasalahan dan risiko, antara lain: hasil pemotongan yang tidak rata, ukuran yang tidak presisi, kecelakaan kerja, dan juga berisiko terhadap kesehatan operator. Untuk memperkecil risiko yang mungkin terjadi, perlu diciptakan sebuah alat bantu yang bisa mempermudah dan meringankan proses pengerjaan plasma cutting. Jenis alat bantu yang bisa mempermudah dan meringankan proses pemotongan plasma cutting manual adalah alat bantu gerak. Dengan adanya alat bantu gerak, handle mesin plasma cutter yang biasanya harus dipegang dan digerakkan oleh operator dapat digerakkan secara otomatis sesuai dengan pengaturan yang ditentukan. Dengan adanya alat bantu ini, gerak pemotongan dapat lebih stabil, ukuran pelat dapat lebih presisi, meringankan pekerjaan operator, dan mencegah kecelakaan kerja oleh karena kesalahan operator.

**Kata kunci:** alat bantu gerak, efisiensi, kecelakaan kerja, plasma cutting

### 1. PENDAHULUAN

PT. ATMI Duta Engineering adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengerjaan sheet metal menggunakan teknologi *laser cutting*. Dengan didukung mesin-mesin *laser cutting* berkapasitas besar dan canggih, PT. ADE melakukan proses produksi yang standar dan efisien demi menjamin produk yang berkualitas dan awet. Adapun produk-produk yang dihasilkan PT. ADE, antara lain: ornamen arsitektur (facade, partisi, cover lampu), souvenir, sparepart, sheet metal furniture, hardware, dan produk-produk lainnya yang berbahan *sheet metal*.

Selain pemotongan menggunakan *laser cutting*, metode pemotongan *sheet metal* yang juga digunakan di PT. ADE adalah metode *plasma cutting*. *Plasma cutting* merupakan metode pemotongan logam atau pelat menggunakan gas yang terionisasi pada suhu tinggi. Suhu yang dihasilkan dari proses ini berkisar antara 11,000°C hingga 28,000°C. Gas tersebut memotong material dengan cara melelehkan dan menyingkirkan material sisa proses pemotongan (McCarthy, 1998). Proses pemotongan *plasma cutting* menghasilkan hasil potongan yang halus dan akurat.

Pemotongan *sheet metal* menggunakan *plasma cutter* di PT. ADE dilakukan sebagai salah satu proses pendukung sebelum *sheet metal* dikerjakan menggunakan mesin *laser cutting*. Biasanya, *sheet metal* yang melebihi ukuran standar (1,22 m x 2,44 m) akan dipotong terlebih dahulu menggunakan *plasma cutter* sebelum dikerjakan di *mesin laser cutting*. Hal itu

dilakukan karena mesin *laser cutting* yang dimiliki PT. ADE hanya mampu mengerjakan pelat dengan panjang maksimal 3 meter.

Pengerjaan *plasma cutting* di PT ADE menggunakan mesin *plasma cutter* manual yang dioperasikan oleh seorang operator. Proses manual untuk memotong *sheet metal* dengan ketebalan 5 mm dan ukuran 1,22 m x 2,44 m membutuhkan waktu 20 - 25 menit. Pemotongan manual semacam ini menimbulkan beberapa permasalahan dan risiko, antara lain: hasil pemotongan yang tidak rata, ukuran yang tidak presisi, kecelakaan kerja, dan juga berisiko terhadap kesehatan operator.

Oleh karena itu, untuk memperkecil risiko dan kecelakaan kerja perlu diciptakan sebuah alat bantu yang bisa mempermudah dan meringankan proses pengerjaan *plasma cutting* di PT. ADE. Jenis alat bantu yang bisa mempermudah dan meringankan proses pemotongan *plasma cutting* manual adalah alat bantu gerak. Dengan adanya alat bantu gerak, handle mesin *plasma cutter* yang biasanya harus dipegang dan digerakkan oleh operator dapat digerakkan secara otomatis sesuai dengan pengaturan yang ditentukan. Dengan adanya alat bantu ini, harapannya, gerak pemotongan dapat lebih stabil, ukuran pelat dapat lebih presisi, meringankan pekerjaan operator, dan mencegah kecelakaan kerja oleh karena kesalahan operator.

## 2. METODOLOGI

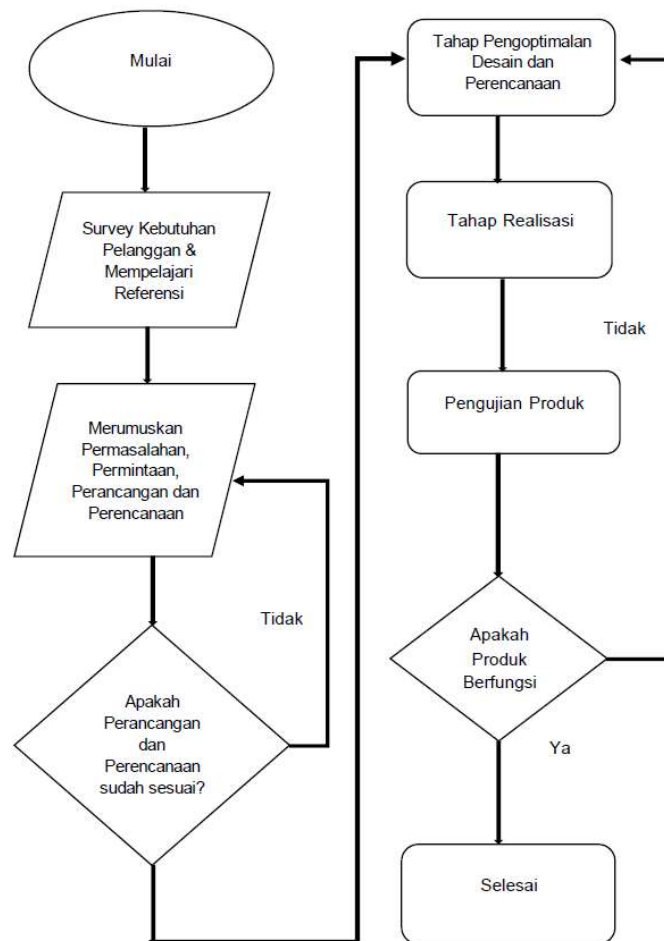
Agar alat bantu *plasma cutting* dapat terealisasi dengan baik, maka dibutuhkan metode yang membantu proses perancangan dan juga realisasi alat bantu ini. Ada pun beberapa metode yang harus diperhatikan tersebut antara lain yang akan dijelaskan pada bagian berikut.

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data-data dan juga perancangan mesin alat bantu gerak *plasma cutting* ini adalah metode survei dan eksperimen. Data-data banyak diambil di PT. ADE dengan observasi dan wawancara langsung. Sementara itu, untuk mendapatkan produk yang maksimal, eksperimen sederhana dilakukan beberapa kali.

### 2.2. Proses Penelitian

Proses pengerjaan alat bantu gerak *plasma cutting* ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Flowchart Pengerjaan Alat Bantu Gerak *Plasma Cutting*

### 2.2.1. Pengumpulan Data

Ada beberapa data utama yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembuatan alat bantu gerak *plasma cutting*. Ada pun data-data tersebut antara lain daftar permintaan PT. ADE dan beberapa batasan yang menjadi dasar perancangan. Untuk mendapatkan data itu, maka dilakukan wawancara dan juga observasi langsung di PT. ADE.

#### No. **Permintaan PT. ADE atas Alat Bantu Gerak *Plasma Cutting***

1. Alat bantu hanya mendukung proses pemotongan lurus pada sumbu y dan memotong pelat menjadi beberapa bagian
2. Alat bantu ini cukup dioperasikan oleh satu operator
3. Pergerakan pemotongan dapat dilakukan secara otomatis
4. Sumbu z dapat diatur secara manual dengan menggunakan engkol
5. Alat bantu ini bersifat *portabel* dan dapat dipindahkan sesuai kebutuhan

**Tabel 1.** Permintaan PT. ADE mengenai alat bantu gerak *plasma cutting*

Berdasarkan permintaan yang disampaikan oleh PT. ADE dan beberapa observasi, ditemukanlah bahwa proses pemotongan *plasma cutting* di PT. ADE yang dikerjakan secara manual oleh operator memiliki beberapa permasalahan. Permasalahan tersebut mempengaruhi proses dan hasil produksi, baik dari sisi kualitas, durasi, maupun efektivitas.

Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat bantu yang bisa menyelesaikan permasalahan tersebut. PT. ADE belum memiliki alat bantu *plasma cutting* yang mampu meningkatkan produktivitas dan mempermudah proses pemotongan *sheet metal*.

Ada pun beberapa batasan yang dapat mendukung dan memfokuskan perancangan dan realisasi alat bantu gerak *plasma cutting*, antara lain:

- a) Hal yang dibutuhkan oleh PT. ADE adalah alat bantu gerak yang dapat memudahkan proses pemotongan menggunakan *plasma cutter* yang sudah ada.
- b) Proses pemotongan *plasma cutting* di PT. ADE menggunakan *plasma cutter* manual yang dioperasikan oleh operator. Mesin *plasma cutter* yang digunakan di PT. ADE adalah OTC Tipe A-70. Mesin ini merupakan mesin *plasma cutter* tiga fasa dengan dimensi 360 x 560 x 550 mm. Berat dari mesin ini 102 kg. Mesin ini bersifat portabel dan dapat dipindahkan sesuai kebutuhan.
- c) Proses pemotongan manual dilakukan di ruangan terbuka dengan posisi pengerjaan yang tidak aman bagi kesehatan.
- d) Alat bantu gerak yang dibutuhkan PT. ADE adalah alat bantu yang mampu menggerakkan *handle plasma cutter* pada sumbu x. Sumbu x bergerak secara otomatis dengan bantuan motor.
- e) Panjang langkah sumbu z pada alat bantu gerak *plasma cutting* dapat disesuaikan secara manual oleh operator menggunakan engkol.
- f) Proses pemotongan *plasma cutting* di PT. ADE berfokus pada pemotongan lurus yang bergerak pada sumbu x dan memotong material hingga terbagi menjadi beberapa bagian.
- g) Penggunaan *plasma cutting* di PT. ADE merupakan proses pendukung pengerjaan *laser cutting*. *Sheet metal* di atas ukuran 1,5 m x 3 m, tidak bisa langsung dikerjakan pada mesin *laser cutting* karena terbatasnya area potong.
- h) *Sheet metal* yang dipotong menggunakan *plasma cutting* memiliki ukuran maksimal 1,5 m x 6 m. Pemotongan pada umumnya membagi sebuah pelat menjadi 2 - 3 bagian, dengan toleransi ukuran paling besar 10 mm.
- i) Tebal *sheet metal* yang diproses menggunakan *plasma cutter* di PT. ADE antara 3 - 12 mm.
- j) Material yang dipotong menggunakan mesin *plasma cutter* di PT. ADE adalah pelat *stainless* dan besi.
- k) Dimensi dari alat bantu gerak ini adalah 1500 mm x 300 mm x 250 mm.

### 2.2.1. Pembuatan Matriks Kebutuhan

Setelah mengumpulkan data permintaan dari PT. ADE, merumuskan permasalahan, dan menentukan batasan-batasan, maka dilakukanlah pembuatan matriks kebutuhan yang didasarkan pada data-data tersebut. Matriks ini digunakan untuk mendapatkan perancangan yang paling efisien dan tepat.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan alat bantu gerak *plasma cutting* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yakni pembuatan morfologi, perhitungan, dan realisasi. Berikut morfologi dan pemilihan *part* yang akan digunakan dalam pembuatan alat bantu gerak *plasma cutting*. Ada pun pemilihan *part* di bawah ini merupakan hasil pertimbangan yang didasarkan pada efisiensi dan disesuaikan dengan permintaan pelanggan.

Tabel 2. Morfologi

No.	Fungsi	Pilihan	Alasan Pemilih
1.	Rangka	Hollow SPHC	Harga murah

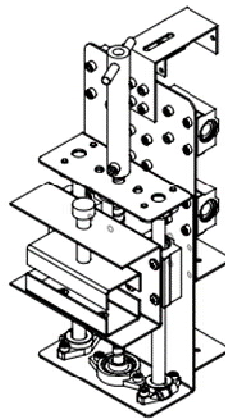
2.	Penggerak	Motor DC	Lebih efisien
3.	Transmisi	Leadscrew	Proses <i>assembly</i> lebih mudah
4.	Clamping	Magnet	Pemasangan lebih mudah
5.	Driver	PWM	Memilik sistem yang kompleks sehingga sulit terjadi gangguan

3.

### 3.1. Perhitungan

Tahap perhitungan dilakukan agar perancangan dan pembuatan mesin menjadi lebih mudah. Dengan proses perhitungan terlebih dahulu, harapannya, part yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi dan permintaan dari pelanggan.

#### 3.1.1. Perhitungan Ulir Penggerak / Leadscrew untuk Sumbu Y



Gambar 2. *jig* yang ditahan oleh *leadscrew*

*Leadscrew* yang dipilih untuk pergerakan pada sumbu Y terbuat dari material SAE 304 (*Stainless Steel*) dengan kekuatan luluh ( $\sigma_{yp}$ ) : 205 N/mm<sup>2</sup> dan angka keamanan (*sf*) 2,15. Ada pun bagian yang akan menekan *leadscrew* adalah *jig* dengan beban (*F*) sebesar 7,3 kg dibulatkan menjadi 8 kg = 78,453 N. Dari data tersebut maka diameter ulir yang tepat dapat dihitung menggunakan rumus:

$$d \geq \frac{\sqrt{4 \cdot F \cdot sf}}{\pi \cdot \sigma_{yp}}$$

$$d \geq \frac{\sqrt{4 \cdot 78,453 \cdot 2,15}}{\pi \cdot 205}$$

$$d \geq \frac{\sqrt{674,6958}}{644,0265}$$

$$d \geq 1,02553$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dipilih ukuran *leadscrew* diameter 10. Ukuran ini dipilih karena mudah untuk ditemukan di pasaran dan angkanya mendekati angka hasil perhitungan.

Diameter mayor ulir ( <i>d</i> )	: 10 mm
Beban maksimal ( <i>F</i> )	: 8 kg = 78,543 N
Koefisien gesek	: 0.51

---

Ulir square	: sq 10 = $\phi$ 10mm
Pitch (p)	: 2 mm
Diameter efektif ( $d_m$ )	: 9,026 mm

a) Sudut ulir ( $\theta$ )

$$\tan \theta = \frac{l}{\pi \cdot d}$$

$$\tan \theta = \frac{2}{\pi \cdot 10}$$

$$\tan \theta = 0,06369$$

$$\theta = 3,644^\circ$$

b) Sudut geser ( $\alpha$ )

$$180^\circ = 180^\circ = \alpha + \theta + 90^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - \theta + 90^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - (\theta + 90^\circ)$$

$$\alpha = 180^\circ - (3,644 + 90^\circ)$$

$$\alpha = 86,356^\circ$$

c) Gaya gesek

$$F_k = \mu \cdot N$$

$$F_k = 0,51 \cdot 78,453$$

$$F_k = 40,01103$$

Dari data yang ada maka dapat dihitung gaya yang akan bekerja :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_k \cdot \sin \alpha - N \sin \alpha = 0$$

$$N = \frac{F_k \sin \alpha}{\sin \alpha} \quad N = \frac{F_k \sin \alpha}{\sin \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

Perhitungan gaya pada sumbu X, N disubstitusi persamaan (1)

$$\Sigma F_y = F - W - F_k \cos \alpha - N \cos \alpha = 0$$

$$F = W + F_k \cos \alpha + N \cos \alpha$$

$$F = W + F_k \cos \alpha + \frac{F_k \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha}$$

$$F = 78,453N + (40,01103 \cdot \cos 86,356) + \frac{40,01103 \cdot \sin 86,356}{\sin 86,356}$$

$$F = 120,9337 N$$

d) Torsi maju

$$T_{\text{maju}} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left( \frac{l + \mu \cdot \pi \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot l} \right)$$

$$T_{\text{maju}} = \frac{120,9337 \cdot 9,026}{2} \times \left( \frac{2 + 0,51 \cdot 3,14 \cdot 9,026}{3,14 \cdot 9,026 - 0,51 \cdot 2} \right)$$

$$T_{\text{maju}} = 328,6878 \text{ N.mm}$$

$$T_{\text{maju}} = 0,3286878 \text{ N.m}$$

e) Torsi mundur

$$T_{\text{mundur}} = \frac{F \cdot d_m}{2} \left( \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_m - l}{\pi \cdot d_m + \mu \cdot l} \right)$$

$$T_{\text{mundur}} = \frac{120,9337 \cdot 9,026}{2} \times \left( \frac{0,51 \cdot 3,14 \cdot 9,026 - 2}{3,14 \cdot 9,026 + 0,51 \cdot 2} \right)$$

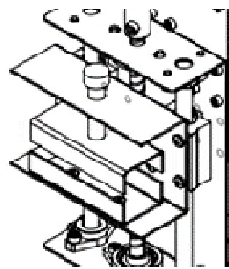
$$T_{\text{mundur}} = 231,52211 \text{ N.mm}$$

$$T_{\text{mundur}} = 0,2315221 \text{ N.m}$$

$$T_{\text{mundur}} = 0,2315221 \text{ N.m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dipilih motor NEMA 23 dengan torsi sebesar 1,8 N.m. Motor dengan spesifikasi ini dipilih karena mudah untuk ditemukan di pasaran dan torsinya mendekati angka hasil perhitungan.

### 3.1.2. Perhitungan Ulir Penggerak / Leadscrew untuk Sumbu Z



Gambar 3. *clamp handle plasma cutter*

*Leadscrew* yang dipilih untuk pergerakan pada sumbu Z terbuat dari material SAE 304 (*Stainless Steel*) dengan kekuatan luluh ( $\sigma_{yp}$ ) : 205 N/mm<sup>2</sup> dan angka keamanan 2,15. Ada pun bagian yang akan menekan *leadscrew* adalah *clamp* dengan beban (F) sebesar 2,92 kg dibulatkan menjadi 3 kg = 29,4199 N. Dari data tersebut maka diameter ulir yang tepat dapat dihitung menggunakan rumus:

$$d \geq \frac{\sqrt{4 \cdot F \cdot sf}}{\pi \cdot \sigma_{yp}}$$

$$d \geq \frac{\sqrt{4 \cdot 29,4199 \cdot 2,15}}{\pi \cdot 205}$$

$$d \geq 0,626943$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dipilih ukuran *leadscrew* diameter 10. Ukuran ini dipilih karena mudah untuk ditemukan di pasaran dan angkanya mendekati angka hasil perhitungan.

Diameter mayor ulir (d) : 10 mm

Beban jenis (F) : 3 kg = 29,4199 N

---

Koefisien gesek	: 0.51
Ulir <i>square</i>	: sq 10 = $\varnothing 10$ mm
<i>Pitch</i> (p)	: 2 mm
Diameter efektif ( $d_m$ )	: 9,026 mm

a) Perhitungan gaya yang bekerja pada sumbu Z

$$R_n = W_z / \cos \beta$$

$$= 29,4188 / \cos 30$$

$$= 33,97117 \quad = 33,97117 \text{ N}$$

b) Sudut ulir ( $\alpha$ )

$$\tan \alpha = p / (\pi \cdot d)$$

$$\tan \alpha = 2 / (\pi \cdot 9,026)$$

$$\tan \alpha = 0,0705675$$

$$\alpha = 4,0365^\circ$$

c) Koefisien gesek virtual

$$\mu_1 = \tan \theta = \frac{\mu}{\cos \beta}$$

$$\tan \theta = \frac{0,51}{\cos 30}$$

$$\tan \theta = 0,588897$$

$$\theta = 30,4937034^\circ$$

d) Gaya yang dibutuhkan untuk melawan gesekan

$$F = W \cdot \tan (\alpha + \theta)$$

$$F = W \cdot \left[ \frac{\tan \alpha + \tan \theta}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \theta} \right]$$

$$F = 29,4199 \cdot \left[ \frac{\tan 4,0365 + \tan 30,4937034}{1 - \tan 4,0365 \cdot \tan 30,4937034} \right]$$

$$F = 29,4199 \cdot \left[ \frac{0,071 + 0,5889}{1 - (0,071 \cdot 0,5889)} \right]$$

$$F = 29,4199 \cdot \left[ \frac{0,6599}{1 + 0,5179} \right]$$

$$F = 12,7902 \text{ N}$$

e) Torsi yang dibutuhkan untuk melawan gesekan

$$T = F \cdot \frac{d_m}{2}$$

$$T = 12,7902 \cdot \frac{9,026}{2}$$

$$T = 57,7221726 \text{ N.mm}$$

$$T = 0,0577221726 \text{ N.m}$$

### 2.2.2. Perhitungan Daya Motor

Ada pun motor yang direncanakan untuk menggerakkan *leadscrew* adalah *motor stepper*

NEMA 23 dengan spesifikasi berikut :  
 $n = 750 \text{ rpm}$   
 Jari – jari = 5 mm = 0,005 m

a) Torsi yang dibutuhkan

$$F = m \cdot g$$

$$F = 8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 78,4 \text{ kg.m/s}^2$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 78,4 \cdot 0,005 \text{ m} \quad T = 78,4 \cdot 0,005 \text{ m}$$

$$T = 0,392 \text{ N.m}$$

b) Daya yang dibutuhkan pada *motor stepper* adalah

Kecepatan sudut ( $\omega$ )

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 750}{60}$$

$$\omega = 78,5 \text{ rad/detik}$$

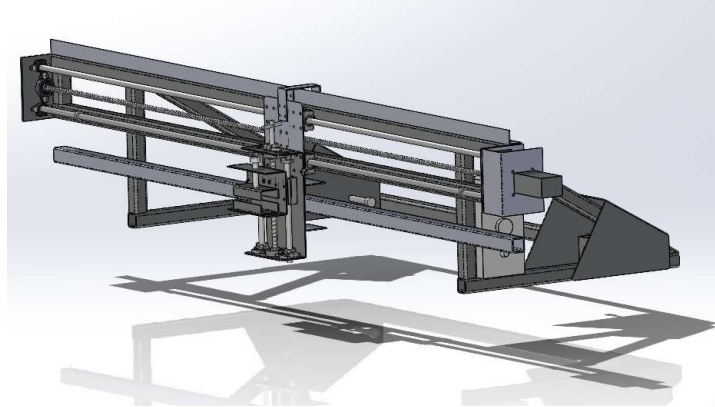
$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 0,392 \text{ N.m} \cdot 78,5 \text{ rad/detik}$$

$$P = 30,772 \text{ Watt}$$

### 2.3. Pembuatan Desain

Tahap pembuatan desain merupakan tahap yang vital dan penting dalam sebuah proses perencanaan. Setelah melakukan perhitungan dan mendaftar *part – part* yang dibutuhkan, maka desain pun dibuat berdasarkan data-data tersebut. Setelah desain disetujui maka proses permesinan dapat dilanjutkan.



**Gambar 4. Desain 3D alat bantu gerak *plasma cutting***

#### **2.4. Realisasi Mesin**

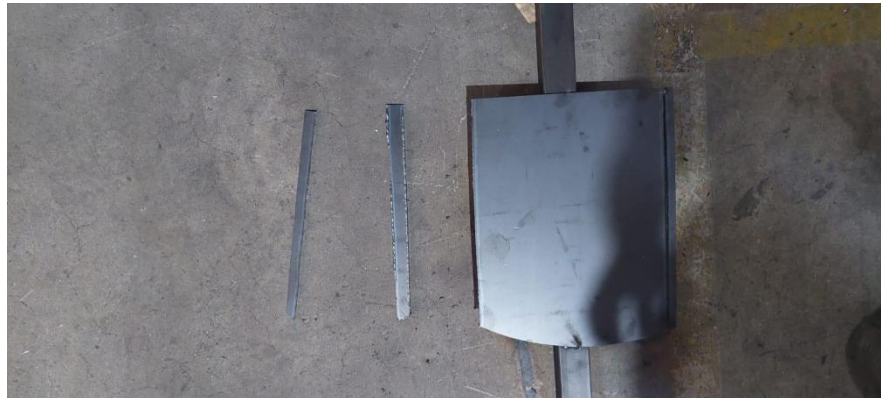
Setelah desain jadi dan disetujui, maka proses selanjutnya adalah tahap realisasi. Pada tahap ini proses *machining* dilakukan untuk membuat komponen dan *part* utama maupun pendukung. Beberapa komponen standar juga digunakan untuk menghemat dan mempercepat proses pengerjaan. Adapun hasil realisasi dari alat bantu gerak *plasma cutting* dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5. Realisasi alat bantu gerak *plasma cutting***

### **3. KESIMPULAN**

Dari proses perancangan hingga realisasi ditemukan bahwa ada banyak pertimbangan yang perlu dilakukan ketika membuat suatu produk. Alat bantu gerak *plasma cutting* yang telah dibuat berusaha sebisa mungkin menjawab kebutuhan dan keinginan dari PT. ADE. Seluruh keinginan dan permintaan dari PT. ADE sebisa mungkin diwujudkan dan dinyatakan dalam produk yang ada. Dari pengujian didapatkan bahwa alat bantu gerak ini membantu proses pemotongan, dapat bergerak secara otomatis, mempermudah proses pemotongan, dapat digunakan oleh seorang operator, dan mampu dipindahkan ke mana-mana. Pihak PT. ADE telah melihat dan mengonfirmasi hal ini juga. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pembuatan alat bantu gerak *plasma cutting* ini telah berhasil dikerjakan dengan baik.



**Gambar 6. Hasil percobaan pemotongan menggunakan alat bantu gerak *plasma cutting***

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Air Products PLC. (1999). *Welder's Handbook for Gas Shielded Arc Welding, Oxy Fuel Cutting & Plasma Cutting*. Dublin: Air Products PLC.
- Abadi, Risky. (2022). PWM adalah: Pengertian, Fungsi, Cara Kerja, Rangkaian, Jenis, Kelebihan dan Kekurangannya. Diakses 4 Desember 2022, dari <https://thecityfoundry.com/pwm-pulse-width-modulation-adalah/>
- Akhmad, Al Antoni. (2009). Pemesinan Nonkonvensional Plasma Arc Cutting. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 9. 51-56. Diakses dari <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jrm/article/view/59/pdf>
- Cahyono, E. dan B. M. Arianto. 2017. Rancang Bangun Meja Mesin Plasma Cutting Dengan Gerak 3 Axis X, Y, Z, Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino. Tugas Akhir. Program Studi Diploma III. Institut Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Farnsworth, Steven Robert. (2022). *Welding For Dummies*. New Jersey: John Wiley & So.
- Hamid, Abdul., Oyong Novarenza dan Teguh Dwi Widodo. (2018). Optimasi Proses Parameter Pemotongan Plasma Arc Cutting Pada Logam Aluminium Menggunakan Metode Taguchi. *Prosiding SNST*. 9. 13-18. Diakses dari [https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING\\_SNST\\_FT/article/view/2306/2294](https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/2306/2294)
- McCarthy, Williard J. (2020). Machine Tool. Dalam *Encyclopdia Britannica*. Diakses 5 November 2022, dari <https://www.britannica.com/technology/machine-tool/Electrical-discharge-machining-EDMns, Inc>