

DESAIN SISTEM MEKANIK *PLASMA CUTTER* MENGGUNAKAN PRINSIP *RUN STABILIZER PROCESS*

Ahmad Ridho Kistanto¹⁾, Burhan Liputo²⁾, Farid Darise²⁾

¹⁾Mahasiswa Politeknik Gorontalo, Kampus Puncak Desa Panggulo Bone Bolango

²⁾Tim Pengajar pada Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian, Politeknik Gorontalo

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi, logam dapat didaur ulang, dipotong dan disambung dengan mudah. Beberapa perusahaan asing maupun lokal telah membuktikan hal ini dengan menciptakan mesin-mesin produksi berskala besar yang dapat mengolah bahan logam dengan cukup mudah khususnya baja. Dengan memproduksi mesin yang mampu bekerja dengan skala besar inilah sehingga mesin-mesin yang berskala kecil tidak terlalu diutamakan mengingat keuntungannya yang lebih sedikit. Salah satu contoh mesin yang berskala kecil adalah mesin *cutting plasma*. Desain Sistem Mekanik *Plasma Cutter* Menggunakan Prinsip *Run Stabilizer Process* adalah suatu desain mesin penstabil yang diperuntukan untuk *plasma cutter* dalam menunjang proses pemotongan plat logam dengan ketebalan kurang dari 15 mm. *Plasma Cutter* adalah suatu komponen dari seperangkat mesin *cutting plasma* yang berguna untuk menyemburkan nyala api *plasma* untuk proses pemotongan, sementara proses operasionalnya masih sebagian besar dikendalikan oleh operator. karena beberapa aspek masih dikendalikan oleh operator berupa ketinggian antar *torch* dan benda kerja, kecepatan pemotongan, sudut pemotongan serta kelurusan pemotongan maka untuk hasil pemotongan yang rapi dan presisi sulit untuk dicapai. Pada penelitian ini didesain suatu mesin penstabil *plasma cutter* yang dapat mengoptimalkan kualitas hasil potongan dari proses pemotongan *cutting plasma*. Desain mesin ini sendiri memiliki 3 bagian utama yaitu lengan pengatur titik potongan, badan mesin dan rel mesin. Mesin ini menggunakan 4 susun *planetary gearset* dengan rasio total adalah 1 : 2210.8615 sebagai pereduksi putaran motor dc guna meningkatkan torsi mesin dalam menjaga kestabilan pemotongan. Jarak tempuh mesin yang didapatkan adalah 361.1 mm/menit dengan kecepatan pemotongan yaitu 6.01 mm/s.

Kata Kunci: Desain, Sistem Mekanik, *Plasma Cutter*, *Run Stabilizer Process*, *Planetary Gearset*.

ABSTRACT

In a row expansion of technology, metal can be able to recycle, cutting and connected with easily. Some of the local and foreign enterprices has proved this thing with created a big scale production machines that can recycle a metal with easily in particularly a steel. In manufacturing a big scale production machines a little scale production machines is little bit ignored considering a smaller profit. The example of a little scale production machines is a plasma cutting machine. The Mechanical System Design of Plasma Cutter Using Run Stabilizer Process Principal is a stabilizer machine design for a plasma cutter to stabilizing a metal plate cutting process with a plate thickness is less than 15 mm. Plasma Cutter is the one component from a set of Plasma Cutting Machine that useful to produce a plasma flame for a cutting process, and the operational system is still controlled from the operator. Because a few aspect is still controlled from the operator like a distance between the torch from a metal surface, cutting speed, cutting angle and the cutting alignment then for a neat and precision result is more difficult to reach. So the writer take the initiative to design a plasma cutter stabilizer machine which can optimize the cutting quality result with plasma cutting process. This machine design is have 3 primary part that is the arm cutting point arranger, machine body and machine rail. This machine is using 4 row of planetary gearset with a total ratio is 1 : 2210.8615 as a

circle velocity reducer from the dc motor in order to increase machine torsion to keeping the cutting process stabilization. The movement distance result is 361.1 mm/minute with the cutting speed is 6.01 mm/second.

Keyword: Design, Mechanical System, Plasma Cutter, Run Stabilizer Process, Planetary Gearset.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, logam dapat didaur ulang, dipotong dan disambung dengan mudah. Beberapa perusahaan asing maupun lokal telah membuktikan hal ini dengan menciptakan mesin-mesin produksi berskala besar yang dapat mengolah bahan logam dengan cukup mudah khususnya baja. Dengan memproduksi mesin yang mampu bekerja dengan skala besar inilah sehingga mesin-mesin yang berskala kecil tidak terlalu diutamakan mengingat keuntungannya yang lebih sedikit.

Salah satu contoh mesin yang berskala kecil adalah mesin *cutting plasma* yang memanfaatkan nyala api plasma untuk mencairkan logam dan hembusan udara bertekanan tinggi untuk proses pemotongan. Mesin *cutting plasma* adalah mesin yang terbilang cukup mudah digunakan yaitu hanya dengan menyetel arus listrik untuk pemotongan, menjepit kabel masa pada benda kerja, mengatur jarak *torch* pada logam yang akan dipotong kemudian menekan tombol yang ada pada *plasma cutter* untuk menyalakan busur api dan memulai proses pemotongan.

Sebagian besar proses operasional mesin ini masih mengandalkan tenaga manusia seperti untuk penyetelan mesin berupa arus pemotongan hingga proses pemotongan berlangsung berupa kecepatan potong, kelurusan dan jarak pemotongan. Karena mesin ini masih sebagian besar menggunakan tenaga manusia, ada beberapa aspek yang terabaikan yaitu keseragaman ketinggian pemotongan, perbedaan kecepatan pemotongan dan kelurusan pemotongan yang nantinya akan berpengaruh pada kualitas hasil potongan berupa tingkat kehalusan.

Untuk mengatasi masalah kestabilan saat proses pemotongan ini penulis berinisiatif untuk mendesain suatu mesin yang dapat menstabilkan *plasma cutter* agar presisi dan ketepatan proses dapat tercapai.

Dalam proses mendesain ini penulis akan menggunakan bantuan beberapa fitur dari aplikasi *design engineering* untuk

mempermudah proses desain dari tiap-tiap komponen alat.

TINJAUAN PUSTAKA

Plasma Arc Cutting

Dalam proses pemesinan dikenal 2 jenis proses, yaitu pemesinan konvensional dan pemesinan nonkonvensional. Salah satu jenis pemesinan nonkonvensional ini adalah *Plasma Arc Cutting*.

Perkembangan dunia industri saat ini tidak terlepas dari peran teknologi yang terus maju dan berkembang pesat searah dengan perkembangan zaman. Semua jenis material baik logam maupun non-logam dapat digunakan oleh industri setelah mengalami berbagai proses pengolahan seperti; peleburan, pengecoran, pencetakan, pengelasan, perlakuan permukaan, pengerjaan panas, pengerjaan dingin, pemotongan dan perakitan.

Salah satu proses pengolahan bahan baku industri tersebut yaitu dengan proses pemotongan. Secara konvensional, proses pemotongan dapat dilakukan dengan mesin bubut, mesin freis, mesin gerinda dan lain-lain. Selain secara konvensional, proses pemotongan bisa dilakukan secara nonkonvensional yang memanfaatkan teknologi canggih.

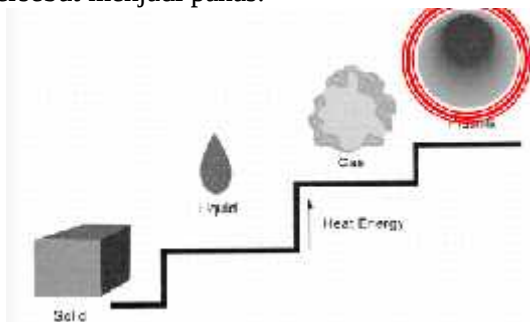
Plasma Arc Machining yang merupakan salah satu proses pemesinan nonkonvensional yang memanfaatkan gas yang terionisasi menjadi penghantar listrik dan dialirkan menuju busur wolfram dengan suhu yang sangat tinggi yang digunakan untuk memotong material yang umumnya terbuat dari logam.

Pengertian Plasma

Plasma (Akhmad, 2009: 51-52) adalah suatu bentuk fase zat ke-4 setelah fase padat, cair, dan gas. Jika ditambahkan kalor, es akan berubah wujud dari padat ke cair, dan jika diberikan kalor berlebih maka zat cair tersebut akan berubah menjadi uap. Jika uap tersebut ditambahkan kalor lagi maka akan berubah.

Jika air ditambah sejumlah energi kalor maka air tersebut akan menguap dan mengurai menjadi dua gas yakni oksigen dan hidrogen (Gambar 1). Dengan menambah

sejumlah energi lagi pada fase uap air tersebut, akan didapatkan sejenis karakteristik fase yang mudah terpengaruh terhadap temperatur dan elektrisitas. Proses ini disebut proses Ionisasi, yaitu terjadinya ion dan elektron bebas melalui atom gas. Jika Keadaan ini terjadi maka fase zat tersebut telah berubah menjadi Plasma, yang memiliki efek konduktifitas yang sangat tinggi terhadap listrik karena banyak elektron bebas yang tersebar dan berpotensi untuk menyerap arus listrik. Fenomena alam yang mengaplikasikan secara langsung pemanfaatan fase plasma ini dapat dilihat pada fenomena terjadinya petir/halilintar. Banyak prinsip yang mengaplikasikan konduktifitas yang sangat tinggi pada plasma untuk diterapkan pada material terutama logam. Contohnya, jika pada sejenis logam tidak efektif mengantarkan arus listrik maka dapat disimpulkan bahwa jenis logam tersebut berhambatan tinggi. Tegangan listrik yang tinggi diperlukan untuk memberikan gaya pada elektron-elektron arus listrik untuk dapat melalui jenis logam yang berhambatan tinggi tersebut, dimana akibat dari penambahan tegangan listrik tersebut, logam tersebut menjadi panas.



Gambar 1. Tingkatan fase molekul pada air dalam beberapa kondisi (Akhmad, 2009: 52)



Gambar 2. Fenomena alam yang melibatkan prinsip fase plasma (Akhmad, 2009: 52)

Fenomena alam yang melibatkan prinsip fase plasma tersebut sama dengan plasma yang terjadi pada logam yang akan dipotong (Gambar 2).

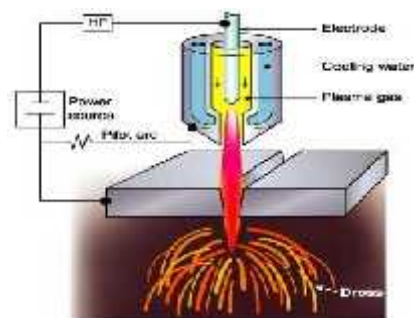
Prinsip Kerja Plasma Arc Cutting

Proses *Plasma Arc Cutting* (Akhmad, 2009: 52) diawali dengan terbentuknya busur wolfram (*arc*) di antara elektroda dan benda kerja dari hasil reaksi ionisasi listrik terhadap gas potong yang sangat konduktif. Gas dipanaskan oleh busur wolfram hingga suhunya meningkat sangat tinggi lalu gas akan terionisasi dan menjadi penghantar listrik. Gas dalam kondisi ini disebut plasma. Plasma ini dialirkan melalui nosel untuk melakukan pemotongan benda kerja. Akibat konsentrasi energi dari plasma maka bagian benda kerja tersebut akan mencair dengan cepat. Ketika aliran gas meninggalkan nosel, gas berkembang cepat membawa serta logam cair, sehingga proses pemotongan berjalan terus. Suhu plasma ini bisa mencapai 33.000°C, kira-kira 10 kali suhu yang dihasilkan oleh reaksi oksigen dan asetilin.



Gambar 3. Salah Satu Bentuk Mesin Plasma Arc Cutting (Akhmad, 2009: 52)

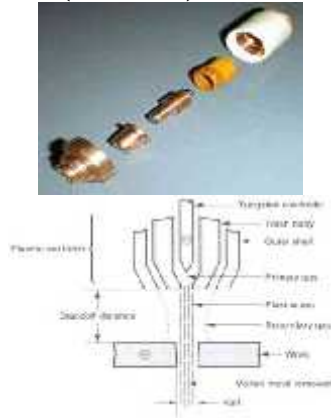
Proses pemotongan dengan plasma secara skematis dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Prinsip dasar proses pemotongan dengan plasma (Akhmad, 2009: 53)

Torch pada Plasma Arc Cutting

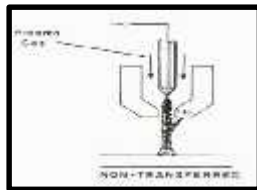
Torch adalah wadah proses ionisasi gas primer oleh elektroda tungsten yang akan dialirkan melalui *nozzle* (Gambar 5).



Gambar 5. Komponen Torch pada *Plasma Arc Cutting*
(Akhmad, 2009: 53)

Ada dua macam tipe *torch* yang digunakan di dalam mesin busur plasma (*Plasma Arc Machine*) yaitu (Pandey dalam Akhmad, 2009: 53):

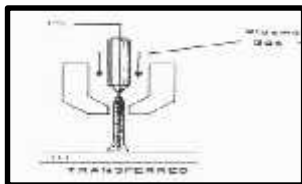
Non-transferred arc torch



Gambar 6. *Non-Transfer Arc Torch*
(Pandey dalam Akhmad, 2009: 53)

Pada *Nontransfer Arc Torch* (Gambar 6) kutub negatif (-) berada pada *tungsten electrode*, sedangkan kutub positi (+) berada *torch body*.

Transfer arc troch, terdiri dari :



Gambar 7. *Single Transfer Arc Torch*
(Pandey dalam Akhmad, 2009: 54)

Pada *Transfer Arc Torch* (Gambar 7) kutub negatif (-) berada pada *tungsten electrode*, sedangkan kutub positif (+) berada pada benda kerja.

Kelebihan dan Kekurangan *Plasma Arc Cutting*:

Kelebihan:

-) Mudah dioperasikan bagi operator yang baru menggunakan.
-) Dapat memotong plat logam hingga ketebalan 150 mm.
-) Biaya perawatan dan operasi yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenis pemotongan *laser* maupun *gas oxy-acetylene*.
-) Dapat memotong berbagai macam logam seperti Baja Karbon, *Stainless Steel*, besi cor, Aluminium, kuningan, tembaga, titanium, nikel, tungsten, dan *zirconium*.

Kekurangan:

- ↳ Memiliki area *HAZ* (*Heat Affected Zone*) yang luas.
- ↳ Permukaan hasil pemotongan lebih kasar dibandingkan dengan proses pemotongan yang lain.
- ↳ Asap yang dihasilkan banyak serta suara pemotongan yang bising.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian Plasma Arc Cutting:

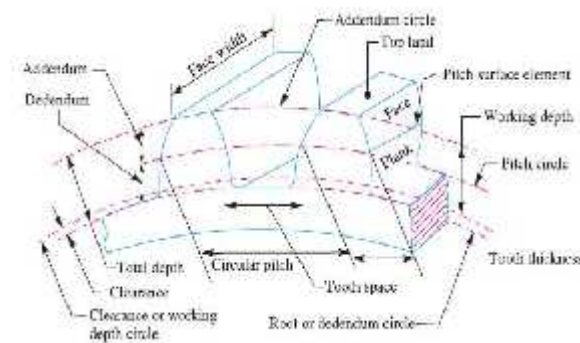
-) Jarak antara *Torch* dan benda kerja harus konstan selama proses pemotongan berlangsung.
-) Peralatan K3 yang harus memadai bagi operator (sarung tangan, penutup telinga (ear plug), kacamata pelindung (*safety glasses*), jaket/apron, *safety shoes*).

Roda Gigi

Roda gigi pada umumnya dimaksudkan (Hantoro dan Tiwan, 2006: 13) adalah suatu benda dari logam atau non logam yang bulat dan pipih pada pinggirnya bergerigi. Roda gigi sangat berguna untuk memindahkan gaya dari suatu roda gigi ke gigi yang lain. Pada umumnya roda gigi dibuat dari bahan logam untuk memindahkan beban yang berat, kalau gaya yang dipindahkan tidak berat dapat digunakan roda gigi dari bahan non logam. Teknik pembuatan roda gigi dapat dikerjakan dengan cara dicor, dikerjakan pada mesin *frais*, dan *hober*. Transmisi yang berubah – ubah berangsur-angsur juga dapat diperoleh menggunakan roda-roda gigi. Salah satu maksud tersebut adalah dipergunakan pada perkakas pemindah kecepatan, dan merubah beban yang berat menjadi seringan mungkin. Roda gigi dipergunakan pada kendaraan atau mesin yang memiliki gerakan putar.

Bagian-bagian roda gigi

Bagian-bagian dan penamaan roda gigi (Prasetyo, 2010: 9-10) digambarkan sebagai berikut :



Gambar 8. Bagian-bagian roda gigi

Keterangan gambar:

- Lingkaran jarak bagi (*Pitch circle*)
Lingkaran jarak bagi (*Pitch circle*) adalah lingkaran khayal tanpa slip
- Modul
Modul adalah perbandingan antara lingkaran jarak bagi dengan jumlah gigi, atau dirumuskan sebagai berikut:

$$m = \frac{d}{z} \quad \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- m = modul (mm)
 d = diameter jarak bagi (mm)
 z = jumlah gigi

(1) Prasetyo, 2010: 9

- Jarak bagi lingkaran (*circular pitch = Pc*)
Jarak bagi lingkaran yaitu jarak sepanjang lingkaran jarak bagi antara profil dua gigi yang saling berdekatan. Jarak bagi lingkaran dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m \quad \dots \dots \dots (2)$$

(2) Prasetyo, 2010: 9

Dua buah roda gigi akan bertautan dengan benar jika dua roda gigi tersebut mempunyai jarak bagi lingkaran yang sama. Jika d_1 dan d_2 adalah diameter roda gigi yang bertautan dan memiliki jumlah gigi Z_1 dan Z_2 , maka:

$$Pc = \pi \frac{d_1}{z_1} = \pi \frac{d_2}{z_2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Pc = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

(3) - (4) Prasetyo, 2010: 9

- Tinggi kaki
Tinggi kaki adalah jarak radial pada sebuah gigi antara lingkaran jarak bagi ke bagian bawah gigi.
- Tinggi Kepala
Tinggi kepala adalah jarak radial pada sebuah gigi antara lingkaran jarak bagi ke bagian atas gigi.
- Kelonggaran
Kelonggaran adalah celah antara lingkaran kepala dan lingkaran dasar/kaki dari roda gigi pasangannya.

Standar Ukuran Roda Gigi

Untuk roda gigi yang saling berkaitan (Prasetyo, 2010: 10) menurut standar perbandingan gigi mempunyai tiga sistem perbandingan yang dikatakan dengan *pitch*, yaitu sistem jarak bagi, sistem jarak bagi diametral, sistem modul. Pada dasarnya ketiga sistem tersebut mempunyai hasil yang sama. Dalam perhitungan pada umumnya digunakan sistem modul yaitu:

- Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*)

$$Pc = \frac{\pi \cdot d}{z} \quad \dots \dots \dots (5)$$

- Modul (m)

$$M = \frac{d}{z} \quad \dots \dots \dots (6)$$

- Clearance (C)

$$C = 0,167 m \quad \dots \dots \dots (7)$$

- Diameter Luar

$$D_o = (z + 2)m \quad \dots \dots \dots (8)$$

- Tinggi Gigi (h)

$$h = 2m + C \quad \dots \dots \dots (9)$$

- Lebar Muka Gigi (b)

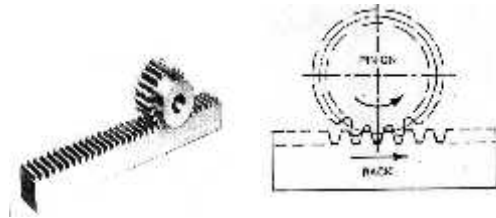
$$b = 8m \quad \dots \dots \dots (10)$$

(5) - (10) Prasetyo, 2010: 10

Roda Gigi Rack dan Pinion

Roda gigi rack (Rahdiyanta: 4) merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggerakannya dinamakan pinion. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak putar roda gigi menjadi gerak lurus. Pinion pada

umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun helik. Beberapa contoh penggunaan rack dan pinion ini adalah: pada penggerak eretan di mesin bubut, mekanisme kecepatan pada mesin planning, dan pengatur ketinggian pada mesin bor.

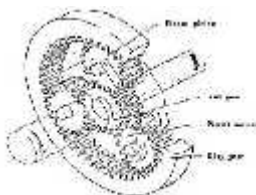


Gambar 9. Roda Gigi Rack dan Pinion
(Rahdiyanta : 4)

Planetary Gear

Planetary gear (Diyanto, 2015: 3) adalah susunan roda gigi yang terdiri dari tiga elemen, yaitu: *sun gear*, *planet gear* dan *ring gear*. *sun gear* terletak di pusat susunan *planetary gear* sebagai poros berputar, kemudian *sun gear* ini bertautan dengan *planet gear*, *planet gear* bisa berjumlah tiga, empat atau lima buah yang disusun pada rangka yang disebut *carrier*. Fungsi *planetary gear* adalah untuk mereduksi putaran sehingga hasil akhir putaran *output* menjadi lebih kecil dengan *torque* yang lebih besar.

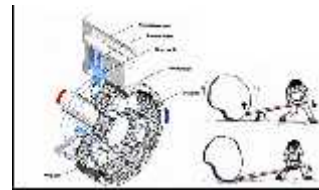
Planetary Gear Single Pinion



Gambar 10. *Planetary Gear Single Pinion Type*.
(Diyanto, 2015: 3)

Cara kerja *planetary gear single pinion* (Diyanto, 2015: 3) yaitu, apabila *ring gear* ditahan, *planet gear* akan berputar berlawanan arah terhadap *sun gear* dan *planet gear* berputar mengelilingi *ring gear*. Ini salah satu aplikasi pada *planetary gear transmission* untuk mendapatkan posisi gerak maju yaitu dengan cara menahan *ring gear*, apabila sebagai *input* adalah *sun gear* berputar ke kanan dan sebagai *outputnya planet gear*, maka *planet*

gear akan berputar ke kiri mengelilingi *ring gear*.



Gambar 11. Prinsip kerja *planetary gear*
(Diyanto, 2015: 4)

Untuk menghitung *gear ratio* / *reduction ratio* pada *planetary gear system* formulanya berbeda dengan cara menghitung *gear ratio* pada *gear* tanpa *planetary*. Apabila *Sun Gear* sebagai *input* berputar kekanan, kemudian *Ring Gear* ditahan. Maka *Carrier* akan berputar searah *sun gear* dengan jumlah putaran lebih kecil dari *Sun Gear*. Hubungan antara putaran *Sun Gear* terhadap kecepatan putaran *Planet Carrier* dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Sun Gear Speed} : \text{Carrier Speed} = 1 + (\text{Ring gear teeth} : \text{Sun gear teeth})$$

atau:

$$N_s : N_c = 1 + (R/S) \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

S = Jumlah gigi *sun gear*

R = Jumlah gigi *ring gear*

Ns = Jumlah putaran *sun gear*

Nc = Jumlah putaran *carrier*

(11) Lundin dan Mårdestam, 2010: 9

Kecepatan dan Laju

Kecepatan (Team Yayasan Pendidikan Haster, 1991: 14) merupakan besaran vektor yang ditentukan oleh besar dan arahnya, atau menyatakan berapa cepatnya dan kemana arah geraknya. Sedangkan laju adalah besaran skalar yang hanya ditentukan oleh besarnya saja, atau hanya menyatakan berapa cepatnya benda itu bergerak.

Untuk menentukan besarnya kecepatan suatu benda atau laju benda dipergunakan persamaan :

$$v = s / t \dots \dots \dots (12)$$

yang mana:

v = besar kecepatannya (mm/detik)

s = jarak yang ditempuh (mm)

t = waktu yang diperlukan (detik)

(12) Team Yayasan Pendidikan Haster, 1991:
15

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian mulai dilaksanakan pada bulan September 2016 sampai dengan Juli 2017, Program Studi Mesin dan Peralatan Pertanian.

Desain konsep mekanik

Desain konsep mekanik yaitu mendesain konsep alat yang dibuat dengan mengetahui kelebihan dan kekurangan dari alat sebelumnya, setelah mengetahui semua kelemahan dan kekurangan alat maka penulis mendesain sistem mekanik untuk *plasma cutter* menggunakan prinsip *run stabilizer process* dengan sefisien mungkin.

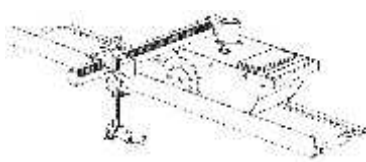
Rancangan fisik komponen mekanik

Yaitu merancang semua fisik komponen yang dibuat dalam mendesain sistem mekanik untuk *plasma cutter* menggunakan prinsip *run stabilizer process*. Dari alih bahasanya sendiri prinsip *run stabilizer process* adalah proses berjalan atau berpindahnya suatu sistem komponen pada kecepatan yang konstan dan tetap pada sumbu tertentu.

Alat ini direncanakan memiliki beberapa bagian utama yakni lengan pengatur titik potongan, mesin, dan rel. Lengan pengatur titik potongan berfungsi sebagai penunjang dalam proses persiapan dan mempertahankan kedudukan dari *Plasma Cutter* saat pemotongan berlangsung, sementara mesin berfungsi sebagai penggerak yang akan menentukan kestabilan kecepatan saat proses pemotongan berlangsung, dan rel yang berfungsi menjaga kelurusan berjalannya mesin.

Berikut adalah rancangan fisik mesin penstabil *plasma cutter*:

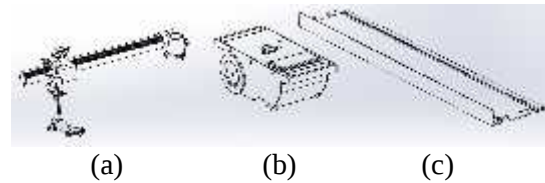
1. Gambar jadi desain mesin penstabil *plasma cutter* dalam tampilan *isometric*



Gambar 12. desain sistem mekanik *plasma cutter* menggunakan prinsip *run stabilizer*

process

2. Tiga bagian utama dari mesin penstabil *plasma cutter* yang masing-masing memiliki peran tersendiri.



Gambar 13. bagian utama Mesin Penstabil. (a) Lengan pengatur titik potongan, (b) Mesin, (c) Rel.

Dari tiap-tiap bagian utama diatas akan terbagi menjadi beberapa bagian penyusun yang tiap-tiap bagiannya juga memiliki fungsi tersendiri dan tiap-tiap bagiannya lagi tersusun dari beberapa komponen penyusun. Untuk lengan pengatur titik potongan terbagi atas:

- CPA (*Cutting Point Arranger*)
- Rel CPA Horizontal
- Engsel Primer

Sedangkan untuk mesin terbagi atas:

- Badan mesin (samping, tengah dan atas)
- Gearbox (tahap 1 dan 2)
- Coupling
- Komponen *output* (roda primer dan sepasang *spur gear*)
- Komponen pendukung (bearing, poros, roda sekunder, baut/sekrup, mur dan lain-lain).

Dan untuk rel terbagi atas:

- Rel beralur, dan
- Dudukan rel beralur

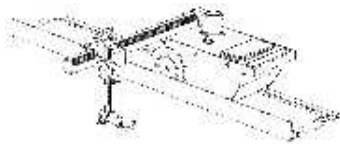
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Desain Mesin Penstabil *Plasma Cutter*

Mesin Penstabil *Plasma Cutter* adalah mesin yang membantu proses operasional dari *plasma cutter* agar hasil potongan menjadi lebih optimal, dengan cara menjaga kecepatan pemotongan, sudut pemotongan, kelurusan potongan dan jarak antar *torch* dan benda kerja agar tetap stabil, sehingga target hasil potongan yang rapi bisa tercapai dan juga dapat mengurangi biaya operasional akibat pekerjaan tambahan karena hasil potongan yang tidak rapi.

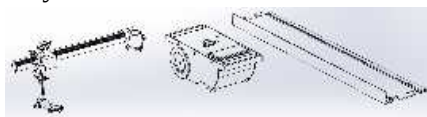
Hasil Akhir Desain Mesin Penstabil Plasma Cutter

Proses mendesain mesin penstabil ini menggunakan salah satu aplikasi *design engineering* yang bisa menjadi penunjang bagi penulis untuk mendesain mesin penstabil serta mensimulasikan beberapa prinsip kerja dari tiap-tiap komponen agar bisa lebih mudah untuk dipahami secara seksama.



Gambar 14. Hasil akhir desain mesin penstabil

Hasil akhir desain mesin penstabil ini terbagi atas tiga bagian utama yang tiap bagiannya akan terpecah lagi menjadi beberapa bagian. 3 Bagian utamanya yaitu lengan pengatur titik potongan, mesin, dan rel. Lengan pengatur titik potongan berfungsi sebagai penunjang dalam proses persiapan dan mempertahankan kedudukan dari *Plasma Cutter*, sementara mesin berfungsi sebagai penggerak yang akan menentukan kestabilan kecepatan saat proses pemotongan berlangsung, dan rel yang berfungsi menjaga kelurusan berjalannya mesin.



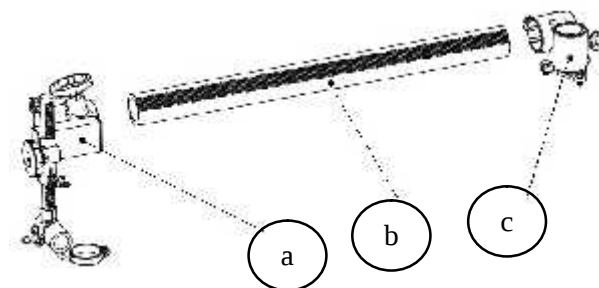
(a) (b) (c)

Gambar 15. bagian utama Mesin Penstabil.

- (a) Lengan pengatur titik potongan
(b) Mesin
(c) Rel.

Lengan Pengatur Titik Potongan

Lengan pengatur titik potongan ini tersusun atas 3 bagian, yaitu *CPA*, rel *CPA* horizontal, dan engsel primer.



Gambar 16. Bagian-bagian penyusun lengan pengatur titik potongan

- a. *CPA* (*Cutting Point Arranger*)
b. Rel *CPA* horizontal
c. Engsel primer

CPA (*Cutting Point Arranger*)

Cutting point Arranger atau pengatur titik potongan tersusun atas *CPA* Atas dan *CPA* Bawah dan disambung dengan jenis sambungan las. *CPA* Atas berfungsi untuk mengatur posisi *Plasma Cutter* secara horizontal, sedangkan *CPA* Bawah untuk mengatur posisi *Plasma Cutter* secara vertikal.



Gambar 17. *CPA* (*Cutting Point Arranger*) - dalam tampilan *isometric*

CPA ini sendiri tersusun dari beberapa komponen seperti pada gambar 18.



Gambar 18. *CPA* (*Cutting Point Arranger*) - *exploded view*

Keterangan:

1. *Handle* penyetel horizontal dan vertikal
2. Baut penahan *bearing* horizontal dan vertikal
3. Penahan *bearing* horizontal dan vertikal
4. *Bearing* horizontal dan vertikal
5. *Gear* penyetel horizontal dan vertikal (masing-masing memiliki ukuran modul 0.5mm)
6. *Wing screw* (sekrup sayap) sebagai pengunci
7. Pengganjal sekrup pengunci (*wing screw*)
8. Badan *CPA* bagian atas (horizontal)
9. Badan *CPA* bagian bawah (vertikal)
10. Pengatur sudut 1 (terdapat berbagai macam jenis sudut untuk digunakan)
11. Pengatur sudut 2 (sebagai penunjuk posisi sudut yang digunakan)
12. Sekrup pengunci

13. Rel vertikal

14. Dudukan *plasma cutter*

Rel CPA Horizontal

Rel ini adalah *rack gear* yang dibuat berbentuk silinder yang terdapat alur pada bagian bawahnya yang berfungsi agar rel maupun CPA tidak akan terpuntir saat pengoperasional.

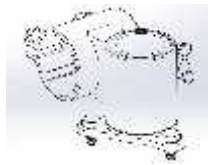


Gambar 19. Rel CPA Horizontal

Ukuran modulnya sendiri harus sama dengan *pinion* pasangannya agar kedua gear bisa bertautan dengan benar, ukuran modul yang digunakan adalah 0.5 mm dengan panjang rel keseluruhan yaitu 500 mm. Rel dibuat dalam bentuk silinder dengan harapan bisa mengurangi volume serta beban dari rel itu sendiri.

Engsel primer

Yaitu bagian yang berfungsi sebagai penghubung antara rel CPA horizontal dengan bagian atas badan mesin dengan menggunakan jenis sambungan baut.



Gambar 20. Engsel Primer - dalam tampilan *isometric*



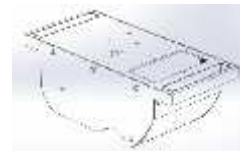
Gambar 21. Engsel Primer – *exploded view*

Keterangan:

1. Sekrup pengunci
2. Dudukan/penjepit rel CPA horizontal
3. Mur
4. *Wing screw* (sekrup sayap) sebagai pengunci
5. Badan engsel bagian luar
6. Tiang/poros engsel
7. Kaki engsel (sebagai penghubung antara lengan pengatur titik potongan dengan badan mesin bagian atas).

Badan Mesin

Badan Mesin terbagi dalam 3 bagian, yaitu bagian tengah, samping, dan atas. Badan mesin memiliki fungsi sebagai sasis untuk dudukan dari tiap-tiap komponen, dan juga sebagai penghubung dari tiap-tiap komponen yang ada. Jenis sambungan pada badan mesin ini menggunakan jenis sambungan las untuk bagian samping (kiri dan kanan) dengan bagian tengah dan sambungan baut antara bagian atas dan samping.



Gambar 22. Badan Mesin – tampilan *isometric*



Gambar 23. Badan Mesin – *exploded view*

Keterangan:

1. Gagang (bagian dari badan mesin bagian atas)
2. Badan mesin bagian atas
3. Badan mesin bagian samping (kiri)
4. Badan mesin bagian samping (kanan)
5. Badan mesin bagian tengah (terdapat dudukan untuk *coupling* dan *gearbox*)
6. Dudukan *gearbox*
7. Dudukan *Coupling*

Gearbox

Gearbox adalah bagian yang umumnya berfungsi sebagai pengubah kecepatan baik dari tinggi ke rendah maupun sebaliknya.

Sementara untuk *gearbox* pada mesin ini hanya bertujuan untuk mereduksi kecepatan dari kecepatan tinggi ke kecepatan yang rendah.

Gearbox pada mesin ini mempunyai 2 tahap, tahap pertama memiliki rasio 1:1 dan tahap kedua memiliki rasio 1 : 2210,8615, yang artinya motor penggerak perlu berputar kurang lebih 2211 kali untuk menghasilkan 1 putaran penuh pada roda penggerak.

Gearbox tahap pertama



Gambar 24. Gearbox tahap pertama dengan rasio 1:1, tanpa motor penggerak – dalam tampilan *isometric*



Gambar 25. Gearbox tahap pertama dengan rasio 1:1 – *exploded view*

Keterangan:

1. Baut pengunci badan *gearbox* tahap pertama
2. Baut pengunci badan *gearbox* tahap pertama dengan *gearbox* tahap kedua (*planetary gearset*).
3. Badan 2 *gearbox* tahap pertama
4. *Gear input* (*gear 1*), sebagai *gear* penggerak yang terletak pada poros *output* dari motor dc
5. Sekrup pengunci antara *gear input* dengan poros motor dc
6. Sekrup pengunci antara badan *gearbox* dengan motor dc
7. *Gear pinion* (*gear 2*), sebagai penghubung antara *gear input* dan *output*
8. Pin, sebagai poros dari *gear pinion*
9. Sekrup penahan *gear output* (*gear 3*)
10. Ring (*washer*) penahan *gear output* (*gear 3*)
11. *Gear output* (*gear 3*), sebagai *gear* yang digerakan dan terhubung pada *gear input* dari *gearbox* tahap kedua.
12. *Bearing sun gear*
13. Badan 1 *gearbox*, sebagai sasis atau dudukan dari motor dc dan *planetary gearset*.
14. Motor dc, AMETEK-PITTMAN-DC054B, kapasitas *input* 1-12 volt, 10 – 50 oz-in (0.0706 – 0.3530 Nm), dengan kapasitas putaran maksimal 6000 rpm.
15. Dudukan pin dari *gear pinion*
16. Dudukan *bearing sun gear*
17. *Bearing* depan *sun gear*
18. *Sun gear* (*final output*), sebagai poros untuk *gear output* (*gear 3*) juga sebagai *input* dari *planetary gearset*.

19. Mur pasangan dari Baut pengunci badan *gearbox* tahap pertama
20. Mur pasangan dari Baut pengunci badan *gearbox* tahap pertama dengan *gearbox* tahap kedua (*planetary gearset*).

Perhitungan roda gigi pada *gearbox* tahap pertama:

Gear Input:

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{35}{70} = 0.5 \text{ mm}$$

dengan :

m = modul (mm)

d = diameter jarak bagi (mm)

z = jumlah gigi

Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m = 3.14 \frac{35}{70} = 3.14 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (70 + 2) 0.5 = 36 \text{ mm}$$

Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0.5 = 0.0835 \text{ mm}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = 4 \text{ mm}$$

Untuk dimensi dari *gear output* yaitu sama dengan dimensi *gear input* baik dari diameter pitch, lebar muka gigi, jumlah gigi dan ukuran modul. Perbedaanya terletak pada dimensi lubang poros, lubang poros *gear input* menggunakan dimensi dari poros motor dc yang digunakan, sementara lubang poros pada *gear output* disesuaikan dengan ukuran dari *sun gear* atau *final output* dari *gearbox* tahap pertama.

Gear Pinion:

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{40}{80} = 0.5 \text{ mm}$$

Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m = 3.14 \frac{40}{80} = 3.14 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (80 + 2) 0.5 = 41 \text{ mm}$$

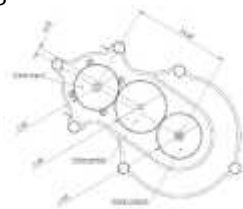
Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0.5 = 0.0835 \text{ mm}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = 4 \text{ mm}$$

Angka 35 (*input*), 40 (*pinion*), dan 35 (*output*) sebagai angka dari lingkaran jarak bagi yang ditentukan oleh penulis, angka 35 pada *gear input* ditentukan dengan tujuan agar ukuran diameter dari *gear input* tidak melebihi diameter dari motor penggerak dan dimensi dari gearbox tahap pertama bisa lebih optimal, sementara angka 35 pada *gear output* dipilih agar dimensi dari *gear output* bisa sesuai dengan dimensi dari *gear input* dengan tujuan untuk mencapai rasio akhir 1 : 1, dan angka 40 pada *gear pinion* yaitu angka yang dipilih agar *gear input* dan *gear output* bisa saling terhubung dengan benar sesuai dengan jarak pemisah yang ada.



Gambar 26. 3 buah *gear* penggerak gearbox tahap pertama

Tabel 1. Spesifikasi Roda Gigi – Gearbox Tahap pertama

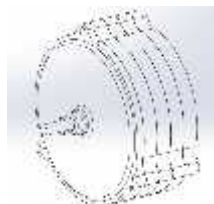
No.	Gear	Modul (mm)	Pitch Circle (Lingkaran jarak bagi)	Teeth (Jumlah gigi)
1	1 (<i>input</i>)	0,5	35 mm	70
2	2 (<i>pinion</i>)	0,5	40 mm	80
3	3 (<i>output</i>)	0,5	35 mm	70

Catatan:

Untuk dudukan motor dc, penulis menyesuaikan dengan ukuran motor dc AMETEK-PITTMAN-DC054B 1-12V dengan kapasitas putaran maksimal 6000 rpm.

Gearbox tahap kedua (*planetary gearset*)

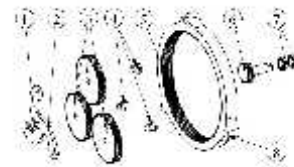
Gearbox tahap kedua ini tersusun dari 4 set *planetary gear*, dengan rasio total adalah 1:2210,8615. Gearbox tahap kedua ini merupakan bagian yang terpenting dalam mereduksi putaran motor dc karena rasio putaran yang direduksi oleh gearbox ini sangat besar.



Gambar 27. 4 susun *planetary gearset* dengan rasio total 1 : 2210,8615



Gambar 28. 1 set *planetary gear* dengan rasio 1 : 6.8571



Gambar 29. 1 set *planetary gear* – exploded view

Keterangan:

1. Poros output
2. Planet carrier, sebagai penahan dari planet pinion agar tetap berada pada posisinya
3. Planet pinion sebagai gear yang berotasi
4. Sekrup penahan planet pinion
5. Ring gear, gear yang tetap (*fix*)
6. Sun gear, sebagai gear penggerak (*input*)
7. Bearing dari sun gear
8. Lubang penghubung dengan gearbox tahap pertama juga dengan tiap set *planetary gear* lainnya.

Perhitungan roda gigi pada gearbox tahap kedua (*Planetary gearset*):

Sun gear:

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{14}{28} = 0.5 \text{ mm}$$

Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m = 3.14 \frac{40}{80} = 3.14 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (28 + 2) 0.5 = 15 \text{ mm}$$

Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0.5 = 0.0835 \text{ mm}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = 4 \text{ mm}$$

Planet pinion:

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{34}{68} = 0.5 \text{ mm}$$

Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m = 3.14 \frac{40}{80} = 3.14 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (68 + 2) 0.5 = 35 \text{ mm}$$

Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0,5 = \mathbf{0.0835 \text{ mm}}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = \mathbf{4 \text{ mm}}$$

Ring gear:

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{82}{164} = \mathbf{0.5 \text{ mm}}$$

Jarak bagi lingkaran (Circular Pitch : Pc):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi m = 3.14 \frac{82}{164} = 3.14 \cdot 0.5 = \mathbf{1.57 \text{ mm}}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (164 + 2) 0.5 = \mathbf{83 \text{ mm}}$$

Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0,5 = \mathbf{0.0835 \text{ mm}}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = \mathbf{4 \text{ mm}}$$

Tabel 2. Spesifikasi Roda Gigi – 1 Set
Planetary Gear

No.	Gear	Modul (mm)	Pitch Circle (Jarak antar gigi)	Teeth (Jumlah gigi)
1	Sun (input)	0.5	14	28
2	Planet pinion	0.5	34	68
3	Ring	0.5	82	164

Dalam satu set *planetary gear* terdapat 1 buah *ring gear* dengan jumlah gigi 164 buah, 3 buah *planet pinion* dengan jumlah gigi masing-masing adalah 68 buah, dan satu buah *sun gear* atau gear matahari dengan jumlah gigi 28 buah. Komponen yang dipilih untuk tetap/*fix* adalah *ring gear*, maka formula yang digunakan untuk menghitung rasio antara *sun gear* dan *planet pinion* adalah:

$$N_s:N_c=1+(R/S) \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

S = Jumlah gigi *sun gear*

R = Jumlah gigi *ring gear*

N_s = Jumlah putaran *sun gear*

N_c = Jumlah putaran *carrier*

$$\begin{aligned} \text{Maka : } N_s : N_c &= 1 + (R/S) \\ &= 1 + (164/28) \\ &= 6.8571 \end{aligned}$$

Jadi 6.8571 putaran *sun gear* akan menghasilkan 1 putaran *planet carrier*. Jika jumlah *planetary gear* yang disusun sebanyak 4 set maka hasil *output* tiap satu set dipangkatkan 2 untuk mencari rasio hasil *output* susunan gear yang selanjutnya. hasil reduksi *planetary gearset* 4 susun adalah: 1 : 6.8571 : 47.0198 : 2210.8615

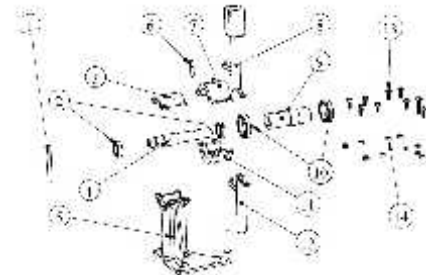
Coupling

Coupling merupakan komponen penghubung dan pemutus putaran maupun daya antara *gearbox* dengan komponen *output*.

Coupling pada mesin ini memiliki tuas atas dan bawah, yang berfungsi memindahkan kedudukan dari poros *input coupling*.



Gambar 30. *Coupling*

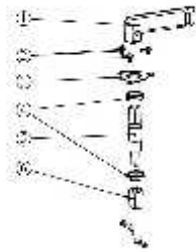


Gambar 31. *Coupling – exploded view*

Keterangan:

1. Pin penghubung tuas atas dan bawah
2. *Bearing* poros *output*
3. Penutup, yang berperan sebagai penahan *bearing* dan poros
4. Poros *output*
5. Sasis *coupling*
6. Pin penghubung poros *input* dan *output*
7. Penahan atas poros *input*
8. Tuas atas
9. Poros *input*, sebagai komponen yang terhubung dengan poros *output* dari *gearbox*
10. *Bearing* poros *input*
11. Penahan bawah poros *input*
12. Tuas bawah
13. Baut pengikat
14. Mur pengikat

Coupling juga memiliki *handle* pada bagian atasnya, *handle* ini terhubung dengan tuas bagian atas, letaknya berada di permukaan dari badan mesin bagian atas.



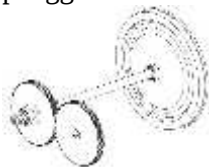
Gambar 31. *Coupling handle*

Keterangan:

1. *Handle*
2. Sekrup pengunci
3. Penahan *bearing*
4. *Bearing*
5. Poros penghubung tuas *coupling* dengan *handle coupling*
6. Tuas *coupling* bagian atas

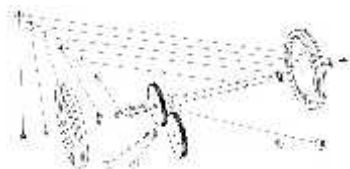
Komponen Output

Komponen *output* terdiri dari 2 buah roda primer dan sepasang *spur gear* sebagai penggerak dengan rasio 1:1 yang menghubungkan *output coupling* dengan poros roda primer/roda penggerak.



Gambar 32. *Komponen*

Output



Gambar 33. *Komponen Output – exploded view*

Keterangan:

1. Sekrup penahan roda primer
2. Ring (*washer*) penahan roda primer
3. Roda primer
4. *Bearing*
5. Poros *output* 1
6. Poros *output* 2
7. sekrup penahan *gear* 1
8. Ring (*washer*) penahan *gear* 1
9. *Gear* 1 (*input*)
10. *Gear* 2 (*output*)

gear 1 dan gear 2 output :

Ukuran Modul yang digunakan:

$$m = \frac{d}{z} = \frac{60}{120} = 0.5 \text{ mm}$$

Jarak bagi lingkaran (*Circular Pitch : Pc*):

$$Pc = \pi \frac{d}{z} = \pi \cdot m = 3.14 \frac{60}{80} = 3.14 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Diameter Luar:

$$D_o = (z + 2)m = (120 + 2) 0.5 = 61 \text{ mm}$$

Clarence:

$$C = 0.167 \cdot m = 0.167 \times 0.5 = 0.0835 \text{ mm}$$

Lebar Muka Gigi:

$$b = 8m = 8 \times 0.5 = 4 \text{ mm}$$

Tabel 3. Spesifikasi Roda Gigi – Komponen Output

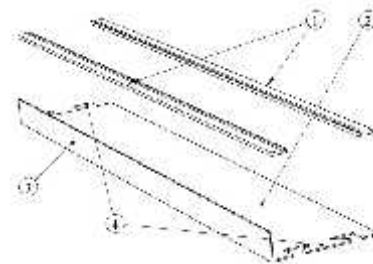
No	Gear	Modul (mm)	Pitch Circle (Lingkaran jarak bagi)	Teeth (Jumlah gigi)
1	Gear 1 (input)	0.5	60	120
2	Gear 2 (output)	0.5	60	120

Rel

Rel memiliki bagian-bagian pendukung, seperti plat beralur untuk berjalannya mesin, plat dasar untuk dudukan plat beralur, serta dinding di bagian tepinya untuk melindungi alur rel dan roda mesin dari percikan cairan logam saat proses pemotongan berlangsung. Serta mempunyai pola berupa *puzzle* di tiap ujungnya agar rel bisa disambung sesuai kebutuhan.



Gambar 34 . *Rel*



Gambar 35. *Rel – exploded view*

Keterangan:

1. Rel beralur sebagai dudukan roda mesin
2. landasan rel beralur
3. dinding pelindung, berguna sebagai pelindung rel beralur dan roda mesin dari percikan logam saat proses pemotongan berlangsung
4. Ujung rel, berupa sambungan *puzzle* agar rel bisa disambung sesuai dengan kebutuhan.

Desain Roda Gigi

Dalam proses mendesain roda gigi penulis tidak sepenuhnya merancang bentuk dari setiap bagian roda gigi, melainkan memilih dan menggunakan bentuk maupun ukuran dari beberapa standar internasional yang sudah disediakan dalam aplikasi desain yang digunakan.

Dalam proses mendesain roda gigi penulis menyiapkan diameter dari *pitch circle* terlebih dahulu, untuk dimensi dari tiap-tiap bagian selanjutnya penulis mengacu pada standar ISO yang sudah disediakan.

Analisis Kecepatan Pemotongan

Dari data yang diketahui melalui percobaan, *Plasma cutter* dapat memotong plat dengan ketebalan kurang dari 15 mm dengan panjang 500 mm dalam waktu 1 menit dan 48 detik (108 detik). untuk mencari kecepatan potongnya maka digunakan rumus mencari kecepatan yaitu:

$$v = s / t \dots\dots\dots(12)$$

dimana:

v = kecepatan (mm/s)

s = Jarak tempuh (mm)

t = Waktu (s)

Jadi kecepatan normal pemotongan *plasma cutter* tanpa menggunakan mesin penstabil adalah:

$$v = 500 / 108 = 4.6 \text{ mm/s}$$

Mesin ini akan bekerja optimal apabila kecepatannya bisa sesuai atau mendekati dengan kecepatan diatas. Untuk mencari kecepatan berjalannya mesin data yang diketahui adalah:

- diameter roda primer yang bersinggungan dengan rel mesin adalah **115 mm**

- Putaran roda primer sebesar 1 rpm

Karena kecepatan roda primer senilai 1 rpm, maka jarak tempuh mesin yang dicari yaitu jarak tempuh mesin dalam waktu 1 menit.

Dan untuk mencari jarak tempuh mesin dalam waktu 1 menit maka digunakan rumus keliling lingkaran yaitu:

$$C = \pi \times d$$

Dimana:

C = keliling lingkaran

π = 3.14

d = diameter

Maka jarak tempuh mesin per menit adalah:

$$C = 3.14 \times 115 = 361.1 \text{ mm}$$

Dan untuk kecepatan mesin yaitu:

$$v = 361.1 / 60 = 6.01 \text{ mm/s}$$

Karena kecepatan mesin **6.01 mm/s** dan kecepatan potong normal tanpa mesin adalah **4.6 mm/s**, maka kecepatan mesin dapat disimpulkan mendekati kecepatan potong yang ditargetkan. dan untuk menyesuaikan kecepatan potong tersebut motor dc perlu dikontrol menggunakan potensio yang berada pada instalasi pada mesin.

PENUTUP

Kesimpulan

- Mesin penstabil terdiri dari 3 bagian utama yaitu bagian lengan pengatur titik potongan, badan mesin dan rel mesin yang mana 3 bagian utama ini memiliki beberapa bagian penyusun yang memiliki fungsi tersendiri yang saling berkaitan satu sama lain.
- Mesin penstabil menggunakan sebuah motor dc sebagai penggerak utama, sebuah *gearbox* (tahap pertama dan kedua) sebagai pengatur kedudukan motor dc serta mereduksi kecepatan putaran dari motor dc guna menghasilkan torsi yang memadai, sebuah kopling sebagai pemutus dan penghubung putaran dari *gearbox* ke bagian roda mesin, serta terdapat rel sebagai tempat berjalannya mesin dan juga lengan pengatur titik potongan sebagai tempat dudukan dari *plasma cutter*.
- Berdasarkan hasil diatas mesin dapat menempuh jarak 361.1 mm/menit dengan kecepatan konstan 6.01 mm/s. Hasil akhir ini sedikit lebih cepat dari pemotongan tanpa alat yaitu 4.6 mm/s.

Saran

- Untuk pembuatan dudukan dari motor dc pada *gearbox* tahap pertama ukuran yang digunakan tidak harus disesuaikan dengan desain yang ada, melainkan menyesuaikan dengan dimensi dari motor dc yang tersedia.
- Dalam tahap pembuatan *gearbox* tingkat ketelitian yang tinggi sangat dianjurkan karena *gearbox* adalah bagian yang akan mengalami gaya dinamis yang besar seperti gaya putaran dan disarankan untuk menggunakan toleransi sekecil mungkin.

- Sebelum proses operasional dilakukan disarankan agar tiap-tiap komponen yang memiliki kontak gesek agar diberi pelumas seperlunya agar usia dari tiap-tiap komponen bisa bertahan lama dan kinerja mesin bisa lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, Al. Antoni. 2009. *Pemesinan nonkonvensional plasma arc cutting*. Palembang : Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 9, No.2 : 51–55.
- Diyanto, Ferly. 2015. *Analisa Final Drive Planetary Gear Wheel Loader XCMG ZL 50 GN*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prasetyo, Deta. 2010. *Pembuatan Alat Praktikum Perawatan Sistem Transmisi Roda Gigi*. Proyek Akhir. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Rahdiyanta, Dwi. *Materi Kuliah Proses Pemesinan Proses Frais : Pengefraisaan Roda Gigi Lurus dan Rack*. Universitas Negeri Yogyakarta: Fakultas Teknik.
- Sirod Hantoro dan Tiwan. 2006. *Desain Profil Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat*. Yogyakarta : Jurnal Teknoin. Vol. 11, No. 1 : 13-14.
- Adam Lundin dan Peter Mårdestam. 2010. *Efficiency Analysis of a Planetary Gearbox*. Thesis. Linköpings Universitet.
- Team Yayasan Pendidikan Haster. 1991. *Ikhtisar Rumus-Rumus Fisika Lengkap Untuk SMA*. Penerbit Pionir Jaya. Bandung.