

PEMILIHAN MEKANISME SUMBU ROTASI MENGGUNAKAN ADJUSTER GLOBOID WORM GEAR PADA PERANCANGAN MESIN CNC 5 AXIS UNTUK ALUMINIUM, KAYU, NYLON, DAN ACRYLIC

FX. Seto Agung Riyanto¹, Dhani Indianto², Valentino Nata Dharma³, Wahyu Sudrajad⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: seto.agung@atmi.ac.id

Abstrak

Vurel CNC aluminium 5 axis merupakan mesin CNC yang digunakan untuk pengerjaan benda seperti aluminium, kayu, nylon, dan acrylic. Mesin CNC ini memiliki 5 sumbu yang terdiri dari 3 axis linier yaitu X, Y, Z dan 2 sumbu rotasi A dan C. Sumbu linier merupakan sumbu utama yang bergerak lurus mengikuti liniere guide, Sumbu rotasi merupakan sumbu yang paling penting dan presisi. Sumbu Rotasi merupakan sumbu bayangan dari sumbu linier X, Y, Z yang hanya dapat berputar ditempat dan tidak bergeser, mesin CNC vurel ini pada Sumbu A dapat berputar kedepan hingga 70 derajat dan kebelakang hingga 110 derajat sedangkan sumbu C dapat berputar hingga 360 derajat. Penggerak dari sumbu rotasi A dan C menggunakan motor Stepper yang dapat menghasilkan putaran yang bertahap dengan akurasi yang presisi sesuai perintah. Sumbu rotasi ini menggunakan mekanisme gear karena untuk mentransmisikan daya yang besar dan putaran yang tepat serta untuk menahan beban dari benda kerja serta tekanan dari putaran cutter. Jenis mekanisme gear yang dipakai pada mesin vurel CNC 5 axis ini adalah globoid gear drive yang bisa di setting kerapatan dari permukaan setiap gigi pada roda gigi sehingga mengurangi adanya backlash bahkan zero backlash, dan juga didapatkan mekanisme yang rigid untuk mesin CNC 5 Axis.

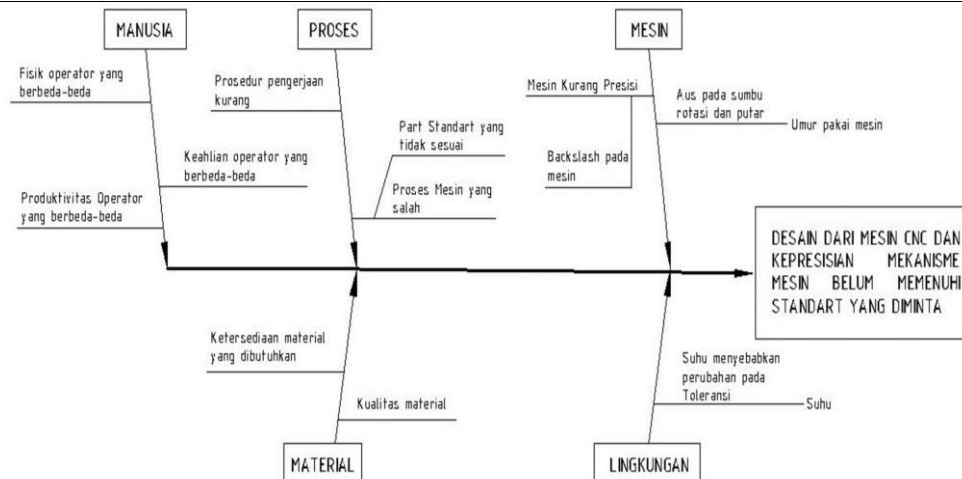
Kata kunci: Axis, CNC, Gear, Mesin, Rotasi

1. PENDAHULUAN

Computer Numerical Control, disingkat CNC, (berarti "komputer kontrol numerik") merupakan sistem otomasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya di mana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomasi sederhana menggunakan cam

Perkembangan mesin CNC di Indonesia sangat pesat, sebagian industri besar menggunakan mesin CNC untuk kegiatan produksi maupun kegiatan belajar. Dunia pendidikan terutama di SMK maupun perguruan tinggi jurusan teknik mesin juga menggunakan Mesin CNC sebagai alat praktik untuk belajar bagi para siswa dan mahasiswa. Mesin CNC yang berbasis Pendidikan dibutuhkan untuk menunjang kegiatan belajar di dunia pendidikan khususnya jurusan teknik mesin. Mahasiswa dari salah satu institusi pendidikan di kota Surakarta pernah mendesain dan merealisasikan mesin CNC 5 axis yang digunakan untuk belajar dan praktek bagi para mahasiswa dan siswa teknik. Mesin CNC 5 axis ini belum sempurna masih ada kekurangan sehingga saat digunakan masih kurang maksimal seperti *backlash* sumbu rotasi, kepresisian mesin, desain dari mesin, dll.

Masalah utama yang ada pada mesin CNC 5 axis yang sudah ada adalah kualitas dan desain mesin yang kurang proporsional dan presisi, yang dimaksud dengan kurang proporsional adalah desain dari mesin CNC, seperti ukuran mesin, pemilihan material untuk rangka mesin, penempatan mekanisme yang tidak sesuai dll. Masalah yang lain adalah kurang presisi, pada mesin CNC ini masih terdapat *backlash* (speleng) pada sumbu rotasi yang menyebabkan kepresisian berkurang. Yang dijelaskan seperti pada *Fishbone diagram* dibawah ini.



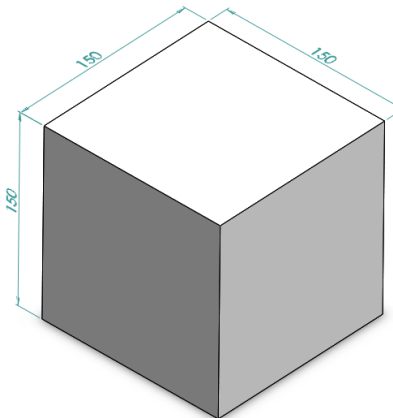
Gambar 1. Fishbone Diagram

Banyaknya kelemahan dan kekurangan pada mesin CNC ini, maka perlu dilakukan perancangan ulang untuk mesin CNC ini, seperti mendesain ulang mekanisme. Memperbarui komponen pada mesin CNC supaya lebih optimal dan efisien, menambah tingkat kepresisian pada sumbu rotasi dan linier.

1.1 Spesifikasi Input

Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah. Input dari mesin CNC aluminium 5 axis adalah G-Code yang dibuat dengan feature cam, MTS, atau solid cam kemudian ditransfer ke dalam mesin CNC menjadi bahasa pemrograman.

Material yang digunakan untuk input mesin CNC ini adalah Aluminium alloy dengan kekerasan 81 HB, kayu, *acrylic*, dan nilon dengan dimensi seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. Dimensi benda kerja

1.2 Spesifikasi Output

Output mesin CNC 5 Axis adalah dan produk jadi yang terbuat dari kayu, nilon, *acrylic*, dan aluminium kemudian ada *cooling* Bekas dan *chip* atau beram.



Gambar 3. Output proses mesin

1.3 Batasan Proses

Batasan proses yang ada di mesin CNC aluminium 5 axis adalah :

- 1) Proses pemasangan dan pelepasan alat potong (*cutter*) masih manual.
- 2) Pada saat proses berjalan *cutter* tidak dapat diganti atau tidak ada *Tool Changes*.
- 3) *Setting zero* benda pada mesin CNC 5 axis masih manual

2. METODOLOGI

Proses perancangan sumbu rotasi A dan C unit mesin CNC 5 Axis memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah. Menggunakan perbandingan model ragam solusi perancangan unit

2.1. Metode Penelitian

Metode yang dipergunakan dalam perancangan mesin CNC 5 Axis ini adalah metode survei dengan cara observasi dan wawancara dengan narasumber secara langsung. Observasi langsung dan Wawancara dilakukan oleh penulis dengan narasumber. Observasi secara langsung dan wawancara dilakukan oleh penulis untuk mengumpulkan data yang akurat dan terkini. Proses perancangan sumbu rotasi A dan C unit mesin CNC 5 Axis memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan sertabeberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Proses Penelitian

Perancangan mesin CNC aluminium 5 axis bertujuan untuk mendapatkan rancangan mesin yang memenuhi kriteria pokok rancangan. Kriteria rancangan haruslah sesuai dengan permintaan dari customer. Kinerja mesin CNC yang maksimal dipengaruhi oleh sistem atau

mekanisme yang sesuai dengan pemilihan material. Perancangan konsep haruslah memiliki kepresisian dalam setiap sumbu. termasuk berbagai kemungkinan proses yang terjadi pada perancangan mesin CNC 5 *axis*.

2.2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan *customer*, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain wawancara dengan *customer*, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung dari Batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain wawancara dengan *customer*, kami juga mencari jurnal dan data pendukung dari internet, data – data pendukung.

2.2.2. Pembuatan Matriks Kebutuhan

Sebelum melakukan proses desain, beberapa data harus ditentukan keterkaitan antara satu dengan yang lain. Pada proses penentuan matriks kebutuhan, diperlukan beberapa data seperti *requirement list* yang didapatkan berdasarkan permintaan *customer*, *engineer characteristic* yang diperlukan untuk menjawab permintaan dari *customer*, dan matriks kebutuhan untuk menentukan hubungan antara *requirement list* dan *engineer characteristic*. Pembuatan matriks kebutuhan ditunjukkan dalam hasil dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep sumbu rotasi A dan C mesin CNC 5 *Axis* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian ketiga buah konsep untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan

3.1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Tabel 1 .Tingkat kepentingan *Requirement list*

	Requirement List	T.K
1	<i>Backslash</i> pada sumbu rotasi maksimal 2°	5
2	Harga untuk mesin CNC 5 <i>Axis</i> yang terjangkau	4
3	Mesin ringan sehingga bisa dipindahkan dengan mudah	4
4	Meja atau base untuk dudukan mesin CNC supaya mesin tidak terlalu rendah	4
5	<i>Travel</i> mesin untuk sumbu <i>linier</i> X, Y, dan Z yang prc	5
6	Sumber energi menggunakan listrik PLN 1 phase 220 V	3
7	<i>Re-machining</i> atau mendesain ulang posisi dan bentuk dari sumbu rotasi (A,B,C)	4
8	<i>Posisioning spindle</i> (Vertikal atau horizontal) supaya menambah kepresisian	4
9	Pengerjaan maksimal mesin CNC adalah aluminium Alloy 81 hb, kayu, <i>acrylic</i> , nilon	5

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa data permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (nilai 5) adalah *backlash* pada sumbu *rotasi* dan *travel* pada sumbu *linier*. Sedangkan untuk permintaan *costumer* yang bersifat rata-rata (nilai 3) adalah sumber energi mesin dan pemegang pada mesin.

Tabel 2. *Engginering Characteristic*

	<i>Engineering Characteristic</i>
1	Ukuran maksimal benda kerja (mm)
2	Waktu proses pengerjaan (s)
3	Kemampuan <i>frame</i> menahan beban (N)
4	Dimensi Mesin (mm)
5	Harga mesin (rupiah)
6	Pemilihan material (rupiah)
7	Daya listrik maksimal (watt)
8	Beban mesin maksimal (kg)
9	Kepresisian (°)

Setelah ditentukan *engineer characteristic*, langkah selanjutnya yaitu merumuskan hubungan dari *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada tabel matriks kebutuhan.

		Ukuran maksimal benda kerja (mm)	Waktu proses pengerjaan (s)	Kemampuan frame menahan beban (kg)	Dimensi mesin (mm)	Harga mesin (rupiah)	Pemilihan material (rupiah)	Daya listrik maksimal (watt)	Beban mesin maksimal (kg)	Kepresisian (")	Pemilihan mekanisme
VOICE OF ENGINEER											
REQUIREMENT LIST											
Backlash pada sumbu rotasi maksimal 2" (Kepresisian)	5	●		●						●	●
Harga mesin CNC terjangkau	4					●	●				
Mesin CNC ringan untuk memudahkan pemindahan meja atau base untuk menopang mesin	4				●						
Travel pada sumbu linier proporsional	4					●					
Travel pada sumbu linier proporsional	5	●									●
Sumber energi menggunakan listrik PLN 1 phase 220 V	3		●					●			
Posisi dan desain ulang sumbu rotasi	4									●	●
Posisi dari spindle	4										●
Maksimal material yang bisa dikerjakan pada mesin CNC	5	●									
ABSOLUTE IMPORTANCE		70	12	23	52	45	56	27	40	86	50
RELATIVE IMPORTANCE (%)		15,2	2,6	5,0	11,3	9,8	12,1	5,9	8,7	18,7	10,8

Gambar 5. Matriks Kebutuhan

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa Kepresisian untuk mesin CNC 5 axis ini sangat penting atau berpengaruh pada kebutuhan *customer* dan karakteristik teknis mesin CNC 5 axis.

3.2. Perancangan Konsep Sumbu Rotasi

Desain morfologi unit ini akan berisikan tentang bagaimana proses pembentukan unit sumbu rotasi, mekanisme dari sumbu rotasi yang membuat *backlash* menjadi berkurang atau bahkan *zero*.

	Solusi Alternatif 1	Solusi Alternatif 2	Solusi Alternatif 3
MOTOR SUMBU ROTASI	Motor Stepper	Motor Servo	
SISTEM PENGGERAK SUMBU ROTASI	Silindris Worm Gear	Globoid Worm Gear	Hypoid Gear
CONNECTOR SUMBU ROTASI	Coupling	Set Screw	Keyway
POSISI SUMBU ROTASI	Rotary Table all Axis	Rotary Spindle 1 Axis	
BENTUK ROTARY TABLE AXIS	Vertikal Rotary B dan C	Horizontal Rotary 2 penyangga A dan C	Horizontal Rotary 1 penyangga A dan C
SENSOR	Optical Sensor	Limit Switch sensor	
Desain Konsep	KONSEP 1	KONSEP 2	KONSEP 3

Gambar 6. Morfologi sumbu rotasi

Konsep dihasilkan pada desain morfologi di atas dinyatakan dalam garis berhubungan di mana konsep 1 digambarkan dengan garis berwarna biru, konsep 2 dengan garis berwarna orange, dan konsep 3 dinyatakan dengan garis berwarna hijau.

3.3. Penilaian Konsep Sumbu Rotasi

Penilaian konsep Sumbu Rotasi dilakukan dalam 3 tahap, yaitu perhitungan kriteria pembobotan, penentuan kriterian penilaian, dan penilaian ketiga konsep.

Pembobotan Faktor Penilaian

Pembobotan faktor penilaian dapat dilihat pada Tabel dibawah ini

Tabel 3. Faktor Penilaian

Kriteria Pembobotan	Kemudahan Maintenance	Backlash (Kepresisian)	Durability Mekanisme dan komponen	Kerumitan Konstruksi	Kekuatan Konstruksi
Kemudahan Maintenance	1	2	2	0	1
Backlash (Kepresisian)	2	1	0	0	0
Durability Mekanisme dan komponen	0	2	1	1	1
Kerumitan Konstruksi	2	2	0	1	1
Kekuatan Konstruksi	1	2	1	1	1
Total	6	9	4	3	4
Bobot	0,7	1	0,4	0,3	0,4

A. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian konsep sumbu rotasi dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Kriteria Penilaian

CNC 5 axis Sistem Proses						
No	Kriteria	5	4	3	2	1
1	Kemudahan Maintenance	Tidak membutuhkan alat khusus dan tenaga khusus, Part Standar	-	Butuh alat khusus, Tanpa tenaga khusus, Part khusus	-	Butuh alat khusus dan tenaga khusus, part khusus
2	Durability Mekanisme	< 10 Tahun	> 10 tahun	> 6 Tahun	> 4 Tahun	> 2 tahun
3	Kerumitan Konstruksi	Design simple dan compact, mudah di assembly	-	Design simple, mudah di assembly	-	Design rumit dan tidak Compact, sulit di assembly
4	Kekuatan Konstruksi	Aman menahan beban >200kg	Aman menahan beban 200-150kg	Aman menahan beban 100-150kg	Aman menahan beban 75-100kg	Aman mena-han beban <75kg
5	Backlash (kepresisian)	< 2°	2° - 3°	3° - 4°	4° - 5°	> 5°

B. Penilaian Konsep

Penilaian konsep sumbu rotasi dijelaskan pada table dibawah ini

Tabel 5. Penilaian Konsep

No	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Bobot	Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
1	Kemudahan Maintenance	0,6	5	3	3	1,8	3	1,8
2	Backlash (kepresisian)	1	5	5	5	5	5	5
3	Durability Mekanisme dan komponen	0,33	3	0,99	3	0,99	3	0,99
4	Kerumitan Konstruksi	0,3	3	0,9	3	0,9	3	0,9
5	Kekuatan Konstruksi	0,5	5	2,5	4	2	3	1,5
TOTAL		2,73	21	12,39	18	10,69	17	10,19
Peringkat			Peringkat 1		Peringkat II		Peringkat III	

Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa konsep 1 merupakan konsep yang diambil sebagai konsep pemilihan mekanisme untuk sumbu rotasi karena mendapatkan peringkat 1 serta kegunaanya sudah mampu mencukupi kebutuhan mesin yang akan dirancang

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses pemilihan menggunakan kotak morfologi didapatkan rancangan mesin dengan mekanisme yang paling tepat adalah menggunakan rancangan konsep 1 dengan skor tertinggi sebesar 21 mengalahkan konsep 2 dan 3 dengan skor 18 dan 17 dimana konsep tersebut mempunyai mekanisme pemenang dari hasil olah kotak morfologi yaitu mekanisme menggunakan *Globoid worm gear* yang secara ilmiah memiliki keunggulan dapat dimodifikasi bisa di *adjust* sudut kontakannya, pembuatan yang tidak terlalu rumit dengan biaya cost rendah, *backlash* bisa di setting bahkan bisa *zero backlash* yang menambah kepresisian mesin CNC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ant. Suroto. **Strength of Material**. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta, 1991
- B. Sudibyo, Ing. HTL. **Roda Gigi Jilid 1**. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta.
- B. Sudibyo, Ing. HTL. **Bantalan Gelinding**. Diktat, Politeknik ATMI Surakarta, Surakarta.
- Allytech. **OTT Design : worm gears without backlash**. Diambil dari:
http://www.allytech.eu/index_fichiers/Roue_et_vis_sans_fin_OTT_haute_precision.php
29 mei 2020
- Politeknik ATMI Surakarta. **Tabel Elemen Mesin**. ATMI PRESS SOLO, Surakarta.
- Juan Prasetyadi. **Fungsi Bearing dan Macam - macam Bearing**. Diakses dari //
www.teknik-otomotif.com/2017/12/fungsi-bearing-dan-macam-macam-bearing.html. 19 Juli 2019.