

Retrofit Mesin Bubut Konvensional Menjadi Sistem Mesin CNC 2 Axis

Muhamad Ade Iskandar¹, Muhammad²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

¹E-mail : muhamad.ade.tpk18@polban.ac.id

²E-mail : muhammad@polban.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan mesin konvensional masih menjadi salah satu pilihan utama dalam berbagai rangkaian proses manufaktur. Penggunaan mesin tersebut dilakukan secara manual yang dilakukan oleh operator. Dengan perkembangan teknologi dari tahun-ketahunnya, hal ini berdampak terhadap mesin-mesin manufaktur pada zaman dimana mesin-mesin pada saat ini sudah menjadi mesin manufaktur dengan komputerisasi atau mesin CNC. Untuk dapat mengikuti dari perkembangan teknologi diperlukan pergantian pada mesin atau pengembangan pada mesin konvensional. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari produksi yang dilakukan. Tetapi dengan membeli mesin CNC membutuhkan biaya atau investasi yang besar. Salah satu cara yang bisa dilakukan yaitu melakukan retrofit pada mesin bubut konvensional. Retrofit ini bertujuan untuk mengembangkan dari mesin bubut konvensional menjadi layaknya mesin CNC dengan penggantian serta penambahan komponen maupun fungsi pada mesin. Metode yang digunakan untuk melakukan retrofit mesin bubut ini menggunakan metodologi perancangan pada buku "*engineering design*" karya Phal & Beitz dengan tahapan yang dilakukan yaitu tahapan merencana, tahapan mengonsep, tahapan *embodiment*, tahapan perancangan detail. Hasil yang diharapkan dari metode ini yaitu rancangan dari retrofit yang akan dilakukan, serta kebutuhan atau biaya yang dikeluarkan untuk melakukan retrofit ini. Perancangan ini diharapkan menjadi pedoman untuk melakukan retrofit pada mesin bubut konvensional menjadi sistem CNC 2 axis.

Kata kunci

Mesin bubut, CNC. Retrofit

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan teknologi semakin meningkat dari tahun-ketahunnya dengan seiring perkembangan zaman. Sehingga berdampak disegala sektor industri. Baik sektor jasa maupun sektor produksi [1]. Dari hal ini teknologi ikut andil didalamnya. Mengakibatkan sektor industri harus dapat mengikuti dari perkembangan dan kemajuan teknologi. Dari hal ini diperlukan perubahan strategi produksi pada sektor industri manufaktur untuk mengimbangi persaingan pada pasar local maupun internasional.

Dari permasalahan ini diperlukan solusi untuk memecahkan masalah tersebut salah satu solusi yaitu retrofit. Retrofit adalah istilah yang dilakukan untuk penambahan dan penggantian pada objek yang akan dilakukan retrofit. Retrofit yang telah dilakukan sebelumnya yaitu oleh Perry, Aman,

Hemanshu, Parth, dan Chinmay dimana retrofit yang dilakukan pada mesin bubut konvensional ini dilakukan pergantian komponen pada *lead screw* pada mesin bubut sebelumnya menjadi *ball screw* serta sistem kendali yang digunakan yaitu mach 3 [2]. Biaya penelitian ini membutuhkan biaya 4 kali lebih murah dibandingkan membeli mesin CNC. Penelitian kedua dilakukan oleh Ditya Kuncoro. Retrofit yang dilakukan yaitu dengan pergantian *lead screw* menjadi *ball screw* dapat mengurangi dari *backlash* dan efektifitas dibandingkan menggunakan *lead screw* [3]. Penelitian ketiga yang dilakukan oleh cakorda dan gustaman. Retrofit yang dilakukan yaitu dilakukan pergantian *lead screw* menjadi *ball screw* serta adanya Penambahan fungsi yaitu fungsi pergantian pahat otomatis dengan sistem kendali CNC GSK 928 TE II [1].

Tujuan yang akan dicapai yaitu melakukan retrofit pada mesin bubut model CO623CX1000 menggunakan kendali Mach 3 dimana mesin ini dapat melakukan pekerjaan pembubutan seperti halnya mesin CNC bubut pada umumnya.



Gambar 1 Mesin Bubut Model CO632CX100

2. METODOLOGI

Metodologi digunakan untuk merancang dari Retrofit mesin bubut konvensional menjadi sistem CNC menggunakan kendali Mach 3 yaitu menggunakan metodologi perancangan pada buku “*Engineering Design*” oleh Phal & Beitz [4]. Tahapan yang dilakukan yaitu tahapan merencana (*planning*), Tahapan mengonsep (*conceptual design*), tahapan perancangan detail (*embodiment design*), tahapan Perancangan Detail (*detail design*). Berikut dibawah ini rincian metode perancangan yang digunakan

2.1 Tahapan merencana (*planning*)

Tahapan merencana merupakan tahapan pertama yang dilakukan pada saat merancang. Topik dari perancangan ini yaitu retrofit mesin bubut menjadi sistem CNC menggunakan kendali Mach 3. Hal pertama yang harus dilakukan yaitu kajian *eksisting product* dimana hal ini untuk melihat penelitan lainnya dalam melakukan retrofit dilakukan pergantian dan penambahan komponen apa saja, selanjutnya yaitu mengidentifikasi dari mesin bubut model CO632CX100. Pada saat proses identifikasi ini untuk dilakukan pengecekan dan pengukuran pada objek yang akan dilakukan retrofit. Hal ini diperlukan tahapan desain lanjutnya. Selanjutnya yaitu membuat dari daftar permintaan atau *requirement list*.

2.2 Tahapan mengonsep (*conceptual design*)

Tahapan mengonsep merupakan tahapan mendesain, mencari ide untuk perancangan apa

yang akan dilakukan pada mesin. Pada tahapan ini diawali mendeskripsikan dari fungsi utama dan fungsi bagian untuk mesin yang akan dilakukan retrofit, selanjutnya dari mencari ide-ide atau konsep apa saja yang cocok untuk fungsi bagian yang telah ditentukan, tahap selanjutnya yaitu mengelompokkan fungsi bagian ini menjadi variasi konsep, selanjutnya yaitu menilai dari variasi konsep yang telah dibuat. Pada hasil tahapan ini yaitu terpilihnya variasi konsep terpilih untuk retrofit pada mesin bubut model CO632CX100.

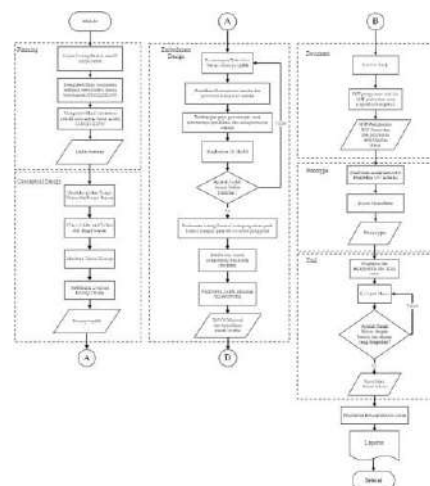
2.3 Tahapan *embodiment design*

pada tahapan *embodiment design* ini dilakukan mendetailkan dari variasi konsep terpilih dengan menentukan ukuran dan bahan yang akan digunakan serta komponen standar apa saja yang akan digunakan. Selanjutnya yaitu melakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi dari komponen standar yang akan digunakan serta perhitungan kekuatan pada desain. selanjutnya membuat aspek menghasilkan aspek perancangan diantaranya (Aspek keterbacaan, aspek keterakitan, dan aspek ekonomi,) serta perancangan sistem kendali yang digunakan. Tahapan ini *bill of material*.

2.4 Tahapan Perancangan Detail (*Detail Design*)

Pada tahapan akhir ini yaitu dokumentasi yaitu berupa hasil akhir dari perancangan yaitu spesifikasi, hasil 3D modeling serta gambar kerja dari desain, serta SOP penggunaan dan SOP perawatan.

Berikut dibawah ini merupakan diagram alir yang digunakan pada Retrofit Mesin Bubut Konvensional menjadi sistem CNC menggunakan kendali Mach 3.



Gambar 2 Flowchat Metodologi Perancangan

3. Hasil

3.1 Hasil Tahapan Merencana (*planning*)

Tahap merencana merupakan tahapan awal dalam merancang. Pada tahapan ini merupakan dasar awal untuk tahapan selanjutnya. Hasil pada tahapan ini yaitu daftar tuntutan atau *requirement list*. Daftar tuntutan ini berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan pada mesin serta harapan mesin selanjutnya seperti apa. Berikut dibawah ini merupakan daftar tuntutan dari Retrofit Mesin Bubut menjadi Sistem CNC dengan kendali Mach 3:

1. Mesin dapat digunakan manual maupun otomatis (CNC).
2. Pengaturan kecepatan *spindle* dan kecepatan otomatis pemakanan sumbu X dan Z yang terdapat pada mesin dapat digunakan.
3. Pergantian *lead screw* menjadi *ball screw*.
4. *Nut ball screw* sumbu Z dapat dibuka dengan mudah dan cepat.
5. Pelepasan poros *gearbox* dengan *ball screw* dengan mudah dan cepat.
6. Motor penggerak menggunakan motor AC servo atau Stapper.
7. Penambahan fungsi pergantian pahat otomatis serta dapat berisikan 4 pahat bubut berbeda.
8. Kendali mudah diaplikasikan serta support untuk motor AC servo dan Stapper.
9. Penambahan Kendali untuk putaran *spindle*.
10. Akurasi mesin 0.001 mm

3.2 Hasil Tahapan Mengonsep (*conceptual Design*)

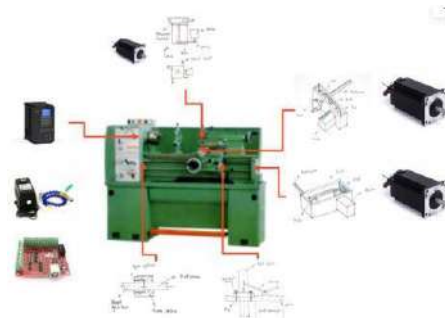
Pada tahapan ini diawali dengan mendeksripsikan dari fungsi utama dari hasil retrofit mesin bubut menjadi sistem CNC menggunakan kendali Mach 3 yaitu mesin bubut ini digunakan untuk proses pemakanan benda kerja dengan cara diputar dengan pergerakan dari pemakanan diatur oleh sistem kendali. Dari hal ini untuk tercapai dari fungsi utama maka dibuat kedalam fungsi bagian. Berikut ini merupakan fungsi bagian dari retrofit mesin bubut:

Tabel 1 Fungsi Bagian

No	Fungsi Bagian	Penjelasan
1.	Fungsi Pergantian Pahat	Fungsi pergantian pahat ini bertujuan untuk mengganti pahat secara otomatis .

2.	Fungsi Pemakanan sumbu X	Fungsi pemakanan sumbu X ini bertujuan untuk pemakanan benda kerja searah sumbu X
3.	Fungsi Pemakanan Sumbu Z	Fungsi pemakanan sumbu Z ini bertujuan untuk pemakanan benda kerja searah sumbu Z
4.	Fungsi Kendali kecepatan <i>spindle</i>	Fungsi kendali kecepatan <i>spindle</i> ini bertujuan untuk mengatur kecepatan <i>spindle</i>
5.	Fungsi Kendali CNC	Fungsi Kendali CNC ini merupakan komponen <i>board</i> CNC yang digunakan untuk menerjemahkan dari program CNC kedalam bentuk sinyal.

Selanjutnya dari fungsi bagian ini dibuat kedalam alternatif-alternatif solusi dari tiap fungsi bagian dan dari alternatif ini akan dievaluasi dan dielemenasi apabila tidak memungkinkan. Selanjut dari tabel alternatif ini atau tabel morfologi akan dikelompokkan menjadi variasi konsep. Dan tahap selanjutnya yaitu mengevaluasi dari variasi konsep yang telah dibuat. Berikut ini merupakan variasi konsep terpilih dari tahapan mengonsep.



Gambar 3 Variasi Konsep terpilih

3.3 Hasil Tahapan *Embodiment Design*

Tahapan *embodiment design* ini diawali dengan mendetail kan dari variasi konsep terpilih dan menentukan ukuran serta menentukan material dan komponen standar yang digunakan. Dan selanjutnya yaitu analisis dari aspek keterbuatan, aspek keterakitan dan aspek ekonomi.

3.3.1 Perhitungan Gaya Pemakanan

Material yang digunakan untuk perhitungan ini yaitu 16MnCr4 dengan *ultimate strength* sebesar 785 Mpa dengan kedalaman pemotongan sebesar 2

mm dengan f (feeding rate) sebesar 0.4 mm/rev dan didapatkan nilai K_c sebesar 3465 N/mm².

$$F_c = K_c \times A \times C$$

$$F_c = 3465 \times 0.8 \times 1 = 2772 \text{ N}$$

Dari hasil gaya pemotongan ini didapat kan gaya aksial (F_a) dan Gaya tangensial (F_t) sebesar 1386 N dan 693 N

3.3.2 Perhitungan Torsi Ball Screw

$$F_{load} = (F_a(\text{Axis Z}), F_t(\text{Axis Z})) \times F_{ges}$$

$$F_{push}$$

$$= \frac{\sin(\theta) + \mu_k \text{ ball screw} \times \cos(\theta)}{\cos(\theta) - \mu_k \text{ ball screw} \times \sin(\theta)} \times F_{load}$$

$$r = F_{push} \times \frac{d}{2}$$

$$d = \frac{d_o + d_c}{2}$$

Ball screw yang digunakan yaitu ukuran 16 mm dan 25 mm dengan *pitch* 5 mm untuk sumbu X dan Z. dengan gaya gesek F_{ges} sumbu X dan Z dengan koefisien gesek sebesar 0.57 didapatkan sebesar 114 N dan 28.5 N. maka didapat kan gaya dorong untuk sumbu X dan Z sebesar 721.5 N dan 754.4 N. dari hal ini didapatkan torsi ball screw sumbu X dan Z sebesar 2.4 Nm dan 8.5 Nm

3.3.3 Perhitungan Torsi Penggerak Ball Screw

$$r_{motor} = \frac{r_{ball screw}}{i}$$

$$r_{motorX} = \frac{2.4}{2} = 1.22 \text{ Nm}$$

$$r_{motorZ} = \frac{8.5}{3} = 2.82 \text{ Nm}$$

Torsi ball screw sumbu X dan Z didapatkan 2.4 Nm dan 8.5 Nm dengan rasio puli Sumbu X dan Z maka didapatkan Torsi Sumbu X dan Z sebesar 1.22 Nm dan 2.82 Nm.

3.3.4 Pemilihan Sabuk dan Puli

Direncanakan belt yang digunakan yaitu tipe HTD 5M dengan lebar belt 15 mm. dengan jarak puli sumbu X dan Z sebesar 98 mm dan 105 mm. dengan jumlah gigi sumbu X 20 dan 40 sedangkan untuk puli sumbu Z dengan jumlah gigi 20 dan 60. Dari hal ini didapatkan panjang puli untuk sumbu X dan Z dengan kode HTD 350 5M dan HTD 425 5M

3.3.5 Pemilihan Komponen Standar

Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh list untuk komponen standar yang digunakan untuk retrofit mesin bubut konvensional menjadi sistem CNC menggunakan kendali Mach 3. Berikut dibawah ini list dari komponen standar yang digunakan.

Tabel 2 Daftar Komponen Standar

No	Komponen	Spesifikasi	jumlah
1.	Ball screw	SFU1605	1 set
2.	Ball screw	SFU2005	1 set
3.	Motor Stapper dan driver	Nema 34 dan DM556	1 Set
4.	Motor Ac Servo dan Driver	Yaskawa 400 watt dan driver Yaskawa 400 watt	1 set
5.	Controller	Mach 3 4 Axis	1 buah
6.	Inverter	Inverter AC 2 Phase 380 V	1 Buah
7.	Bearing	NTN 6004 dan NTN 6908	1 buah dan 1 buah
8.	Puli dan Sabuk	Puli HTD 5M 40 T dan 20 T dan sabuk HTD 350 5M	1 set
9.	Puli dan Sabuk	Puli HTD 5M 60 T dan 20 T dan sabuk HTD 425 5M	1 Set

3.3.6 Aspek Keterbuatan

Aspek keterbuatan ini merupakan pendetailan dari perancangan yang telah dibuat yaitu dengan cara membuat tahapan produksi yang akan dilakukan. Pada proses manufaktur yang akan digunakan pada retrofit mesin bubut ini yaitu menggunakan mesin milling, mesin bubut, mesin bor dan perkakas ffabrikasi lainnya seperti gerinda, alat pemotong dan lainnya.

3.3.7 Aspek Keterakitan

Aspek keterakitan ini merupakan tahapan yang harus dilakukan pada saat proses *assembly*. Dimana aspek keterakitan ini dibuatkan tahapan-tahapan dalam proses merakit yang baik dan benar agar perancangan yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.

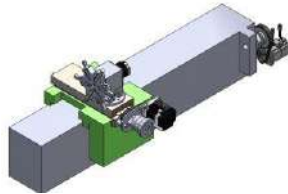
3.3.8 Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi ini yaitu meliputi dari biaya yang dikeluarkan untuk melakukan proses manufaktur dan biaya untuk membeli komponen standar dan bahan. Dari biaya proses manufaktur sebanyak Rp. 4.000.000 dan dari pembelian komponen standar dan bahan sebanyak Rp. 20.000.000 jadi total biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp. 24.000.000 .

3.4 Hasil Tahapan Perancangan Detail (*Detail Design*)

Tahapan ini meliputi model 3D *modeling assembly* dan *sub assembly*, gambar kerja, cara kerja alat, dan Spesifikasi akhir alat.

3.4.1 Model 3D Modeling Assembly



Gambar 4 3D model Assembly

3.4.2 Sub Assembly

Berikut ini merupakan *sub assembly* dari sumbu X dan Z serta pergantian pahat otomatis.

a Sub Assembly Axis X



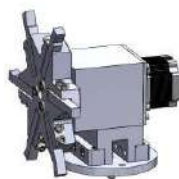
Gambar 5 Sub Assembly Axis X

b Sub Assembly Axis Z



Gambar 6 Sub Assembly Axis Z

c Sub Assembly pergantian pahat



Gambar 7 Sub Assembly Pergantian Pahat

3.4.1 Spesifikasi Akhir Mesin

Berikut ini merupakan spesifikasi dari hasil retrofit mesin bubut konvensional:

1. Material Maksimal : 16MnCr4
2. Ball Screw Axis X : SFU1605
3. Ball Screw Axis Z : SFU2505
4. Motor Sumbu X : Nema 34 4.5 Nm
5. Motor Sumbu Z : Yaskawa 400 Watt

3.4.2 Cara Kerja Alat

Berikut ini merupakan cara kerja dari retrofit mesin bubut konvensional:

1. Membuat Program CNC sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan.
2. Cekam Benda kerja pada mesin.
3. *Import* program CNC pada kontrol
4. Jalankan mesin.

4. PEMBAHASAN

Pada perancangan retrofit mesin bubut konvensional menjadi sistem CNC menggunakan kendali MACH 3 ini. Adanya perubahan yang dilakukan pada mekanisme pergerakan sumbu X dan Z dengan pergantian *lead screw* menjadi *ball screw*. Dan adanya fungsi tambahan yaitu pergantian pahat. Serta menggunakan sistem kendali menggunakan *board* CNC MACH 3. Pada perancangan ini membutuhkan biaya yang relative lebih murah dibandingkan membeli mesin CNC dipasaran sehingga. Dari perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan komponen-komponen apa saja yang diperlukan. Dari kinerja mesin perlu adanya rancang bangun serta pengujian untuk melihat dari kinerja mesin setelah dilakukan proses perancangan ini.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan pada perancangan ini yaitu perancangan untuk retrofit mesin bubut konvensional menjadi sistem CNC menggunakan kendali MACH telah selesai dirancang. Retrofit yang dilakukan diantaranya:

1. Pergantian Mekanik Penggerak Sumbu X dan Z dengan mengganti *lead screw* menjadi *ball screw*.
2. Penambahan komponen penggerak *ball screw* yaitu menggunakan motor AC servo dan motor stepper.
3. Penambahan fungsi tambahan yaitu pergantian pahat.

Perancangan yang telah dilakukan telah sesuai dengan daftar tuntutan berdasarkan kebutuhan dari

retrofit mesin bubut ini. dari hasil perancangan ini membutuhkan biaya sebesar Rp. 24.000.000

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. P. Mahandari, "RETROFIT MESIN BUBUT KONVENSIONAL MENGGUNAKAN KENDALI CNC GSK 928 TE II," vol. 8, p. 7, 2014.
- [2] P. S. Koradiya, A. H. Kania, H. S. Vankhede, and P. A. Patel, "Conversion of a Conventional Bench Lathe to CNC Machine," *Int. J. Eng. Tech. Res. IJETR*, vol. 8, no. 12, Dec. 2018, doi: 10.31873/IJETR.8.12.94.
- [3] A.K. Ditya, " Perancangan Sistem Mekanik Penggerak Sumbu Pada Modifikasi Mesin Bubut Konvensional Menjadi Mesin Bubut CNC."
- [4] G. Pahl, K. Wallace, L. Blessing, and G. Pahl, Eds., *Engineering design: a systematic approach*, 3rd ed. London: Springer, 2007.
- [5] U. Fischer, Ed., *Mechanical and metal trades handbook*, 2. Engl. ed. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer, 2010.