Vol 7 (1) 2024, 36-48

Retrofit Mesin Emco CNC VMC-200

Basuki Rachmat¹

¹ Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, basukirachmat@ugm.ac.id

Submisi: 30 Agustus 2022; Penerimaan: 26 Februari 2024

ABSTRAK

Mesin Emco CNC VMC-200 yang dimiliki Departemen Teknik Mesin dan Industri sejak tahun 1990 termasuk dalam golongan mesin kelas industri, meskipun dengan skala terbatas, kondisi saat ini Controller yang ada sudah tertinggal untuk mengikuti perkembangan teknologi. Perubahan besar dari sistem elektonik yang terjadi sehingga modul-modul untuk mengontrol gerakan motor listrik menjadi lebih sedehana, cukup diwakili 2 buah controller yang masing-masing berfungsi sebagai CPU dan Interface controller yang berfungsi memberi perintah kepada motor listrik di setiap sumbunya serta servo motor utama. Pemeriksaan kembali juga pada mekaniknya karena usia mesin dan terjadi keausan, sehingga komponen yang ada sudah tidak berfungsi secara normal. Komponen mekanik sering terjadi kerusakan karena gesekan pada kopling encoder masing-masing sumbu dan sistem ATC, pada ballscrew karena terjadi gesekan antar komponen sehingga aus atau pecah. Berdasarkan hal-hal tersebut, maka perlu di-retrofit pada controller atau elektronik dan pemerikasaan ulang pada mekanik yang harus diganti dengan yang baru sehingga mesin dapat digunakan lagi dengan hasil yang lebih baik. Setelah kedua bagian diperbaiki mesin ini dapat dioperasikan lebih mudah untuk proses kirim data dan hasil pemesinan sesuai dimensi dan ketelitian yang dikendaki.

Kata Kunci: CNC; ATC; Elektronik; Mekanik; Retrofit

LATAR BELAKANG

Mesin Emco CNC VMC-200 yang dimiliki Departemen Teknik Mesin dan Industri Sejak 1990 bersamaan perguruan tinggi se Indonesia dan UGM menjadi center trainingnya. Kondisi mesin yang satu paket bantuan yang banyak ditemui di Perguruan tinggi se-Indonesia umumnya adalah pada kondisi rusak ringan atau sedang, yang diakibatkan oleh lama jam pengunaan dan usia mesin. Mesin CNC VMC-200 ini digunakan untuk praktikum matakuliah pilihan, oleh mahasiswa ataupun dosen untuk penelitian, tugas akhir

dan pengerjaan proyek yang berkaitan dengan desain dan manufaktur. Konsumsi tegangan listrik yang digunakan ada 2 jalur, 1 phase untuk menghidupkan control dan monitornya ini hanya sedikit yang digunakan, sedang jalur yang satunya cukup tinggi yaitu listrik 3 phase 380v ~400v dengan daya 35A pada 50/60 Hz. Digunakan servo motor dc untuk sumbu x, sumbu y, dan sumbu z serta 1 servo motor dc dengan kapasitas lebih besar untuk putaran pada sumbu utama dan atc yang mempunyai 12 tempat revolver dapat dipegang pada rumah alat iris (holder).

Vol 7 (1) 2024, 36-48

Putaran sumbu utama pada motor ini bisa mencapai maksimal 4500 *rpm* dan kecepatan pengumpanan *(feedrate)* bisa dimasukkan sampai 3000 mm/menit. Matreal yang digunakan bebas memilih dengan kekerasan yang tinggi dan dapat dilaksanakan dengan diimbangi jenis alat iris yang disesuaikan.

Kondisi mesin VMC-200 saat sebelum diperbaiki atau diretrofit masuk dalam kategori rusak ringan dan sedang, pada saat on control unitnya diberikan reaksi dengan tampilan di modul serta monitor dengan beberapa alarm peringantan dikarenakan batre bios yang terpasang sudah tidak lagi dapat menyimpan memori default dari mesin. Untuk ini harus dilakukan pemeriksaan untuk semua modul elektronk sampai selesai terlebih dahulu dan bisa digunakan memerintah motor untuk menggerakkan bagian lain. Dalam Jurnalnya, Islahudin, I., & Isnaini, M. (2020). Menyampaikan: Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pemanfaatan laboratorium virtual berbasis electronics workbench untuk menunjang pemahaman konsep mahasiswa pada perkuliahan elektronika dasar I.

Berikutnya untuk komponenkomponen mekanik yang juga dimungkinkan terjadi kerusakan ataupun aus pada bagian yang bergesekan. Oleh karenanya peneliti akan memeriksa, mengecek, dan memperbaikinya.

METODE PENELITIAN

Retrofit dilaksanakan di Laboratorium CNC CAD/CAM DTMI FT UGM pada Mesin CNC VMC-200 tahun pengadaan 1990.

Metode Pengerjaan

Langkah yang dilaksanakan untuk mengetahui terjadinya kerusakan Elektronik pada Mesin VMC-200 ini antara lain:

- 1. Pemeriksaan / Pengecekan
 - Pemeriksaan dengan menyalakan mesin dan melihat tampilan alarm pada monitor dan pada modul.
- Pembongkaran dilajutkan perbaikan dan melakukan penggantian pada modulmodul elekroniknya sampai dengan penggantian pada servo motor AC 3phase 220v pada sumbu X, Y dan Z serta servo motor AC pada sumbu utama
- 3. Pemilihan bahan pengganti
 - Merancang produk yang akan dibuat sekaligus mengevaluasinya. Dalam Jurnalnya Anggraini, Lydia, and Ivan Junixs menyampaikan: Permasalahan yang diungkapkan dalam penelitian ini adalah tentang parameter Optimasi mesin pemrograman CNC milling pada waktu proses dan pengaruhnya terhadap efisiensi, Perancangan Produk pengganti Menurut Darmawan (2004), perancangan itu terdiri dari serangakaian kegiatan yang beruntun, karena itu disebut sebagai proses perancangan. Metode perencanaan membuat bentuk dengan konsep pendekatan proses produksi
- 4. Perakitan kembali
 - Dirakit kembali modul dengan modul yang baru, maka akan ditampilkan Machine Saving Data (MSD) karena untuk mengisi data mesin yang sesuai parameter yang dimiliki oleh mesin agar dapat berfungsi normal seakan-akan Install data baru sesuai pabrikan, dan diicoba menyimpan dan memanggil program, sampai disini proses retrofit elektronik sudah selesai maka perlu dilakukan simulasi menjalankan program, periksa program melalui G code dan M code untuk memastikan program basic mesin (data pso, data

Vol 7 (1) 2024, 36-48

tools dan area kerja) bisa dimasukkan pada koordinat sekaligus periksa gerakan manual sumbu X, Y dan Z serta putaran mesin.

Langkah berikutnya yang dilaksanakan untuk memeriksa terjadinya kerusakan / aus pada VMC-200 mekanik Mesin ini membongkar mekanik pada sumbu X, Y dan Z serta sumbu utama dilanjutkan penggantian kopling encoder pecah atau sudah rapuh ini harus dibuat sendiri bila pesan akan butuh waktu lama, dilanjutkan pembongkaran ballscrew didapati ballstell nya sebagian terjadi aus dan harus diganti, ballstell bisa langsung beli dipesankan. Material pengganti sudah diperoleh dan dirakit kembali bersihkan serta pelumasan ulang menggunakan grease.

Komponen Elektronik yang digunakan antara lain:

1. MELTA C2000



Gambar 1. MELTA C2000

Modul Data controller ini berfungsi sebagaimana cpu komputer yang biasa digunakan, untuk menyimpan dan mengolah data yang dimasukkan melalui papan keyboard ataupun data dari flashdisk, memori yang dimiliki juga sudah lebih dari 100Gb sehingga mampu menyimpan file ataupun program yang banyak. System yang digunakan sudah

setara OS 2015 sehingga memudahkan untuk copy paste atau pindah ke flashdisk. Fasilitas pengiriman data juga dapat dilakukan dengan jaringn internet.

2. SYNTEC



Gambar 2. SYNTEC

Modul Syntec ini sebagai interface controller untuk sumbu X, Y dan Z serta putaran sumbu utama dan penggantian alat iris. Dari cpu diperintahkan secara M dan G kode maka akan diterjemahkan oleh interface controller ini dengan perintah gerakan ke masing-masing motor sumbu X, Y dan Z kearah koordinat tertentu ataupun berputar sumbu utama dengan kecepatan tertentu serta pergantian alat iris alamat tertentu secara automatis dan tepat.

3. Monitor dan Keyboard

Vol 7 (1) 2024, 36-48



Gambar 3. Monitor dan Keyboard

Paket retrofit ini juga penggantian monitor dan keyboard yang sesuai dengan produk syntec dengan kemudahan penulisan, pengiriman program serta berbagai fasilitas tambahan pada tampilannya juga colokan flashdisk serta sambungan kabel internet tertutup pada samping kiri monitor.

4. Potensio meter



Gambar 4. Potensio Meter

Perangkat ini digunakan untuk seting yang membantu agar pengguna mesin ini lebih cepat dan akurat dalam menetukan titik tengah matreal yang akan dikerjakan, dengan membawa dengan posisi dekat pada matreal diharapkan memperoleh titik acuan yang lebih tepat dan bila selesai dapat ditempelkan lagi pada dinding mesin ada system magnetiknya.

5. Panel Listrik 3 phase 220v



Gambar 5. Panel Listrik 3 phase 220v

Panel Istrik pada umumnya terdiri dari MCB, kontaktor, relay dan sekring untuk menyambungkan komponen elektronik (modul-modul) dengan motor listrik yang digunakan

6. Servo Motor AC



Gambar 6. Servo motor AC

Servo motor AC 3phase ini digunakan untuk menggerakkan sumbu X, Y dan Z sudah dilengkapi dengan encoder pada motornya, sedang spesifikasinya antara lain:

SYNTEC AC Servo motor produk China

Model: SDB-AM3-60-E12-BK-F4

Voltase: 220V 3phase

KW: 4,3 A

Putaran: 6000 rpm

Vol 7 (1) 2024, 36-48

7. Servo motor Sumbu utama



Gambar 7. Servo motor AC sumbu utama

Servo motor AC 3phase ini digunakan untuk menggerakkan sumbu utama pada mesin yang berfungsi memutar alat iris untuk penyayatan matreal, sedang spesifikasinya antara lain:

SOLPOWER AC Servo motor produk China

Model: 5VM-90MS

Voltase: 220V 3phase

KW: 5,6 A

Putaran: 15000 rpm

Mekanik yang harus diganti karena rusak, aus ataupun rapuh antara lain:

1. CNC ball screw





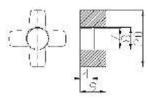
Gambar 8. CNC ball screw SFS 1616

Gerakkan meja mesin cnc agar lancar, ringan karena ditopang menggunakan bantalan tersebut. Seringnya komponen bersentuhan/bergesekan dan usia mesin sudah tua dan digunakan terus menerus akan terjadi aus pada ballnya dan berdampak hasil kerja tidak maksimal sehingga harus dilepas dan diganti semua ballnya, seperti gambar di atas kasus yang sering terjadi ada yang tergerus, menjadi ellips bahkan pecah. Ballstell yang digunakan pengganti dimensi dan sesuai aslinya yaitu diameter 4,7 mm dengan jumlah 54 buah ballstell. Sementara sumbunya dicek dengan diputar pada mesin bubut dan masih aman. Pemasangan kembali ballstell ditempel dengan grease magna-68 bertahap ada 3 sekat kemudian dikunci agar ball bisa bergerak melingkar sesuai alur dan tidak keluar. Selanjutnya sisi satu dari as dihubungkan dengan motor penggerak satu sisi terpasang pada meja mesin eretan memanjang untuk sumbu X, eretan melintang untuk sumbu Y dan vertical untuk sumbu Z, pemasangan kembali seperti pada kondisinya membongkar, dibersihkan dan diberikan grease baru.

Vol 7 (1) 2024, 36-48

2. Kopling Encoder





Gambar 9. Kopling Encoder

Retrofit mesin ini hanya memerlukan 1 buah kopling untuk membaca putaran sumbu utama dan membaca posisi alat iris (atc-nya). Kopling ini berfungsi menghubungkan sumbu motor pada mesin ke encoder untuk pembacaan posisi/koordinat atau putaran mesin(rpm). Bahan yang digunakan untuk membuat kopling ini adalah polyethelin (plastik) berupa diameter 20mm dan panjang 9mm, tentunya pembelian sesuai kebutuhan agar pembuatannya tidak memakan waktu. Untuk membuat sesuai ukuran maka dibubut dengan mesin dan dipotong, kemudian dipindahkan ke mesin cnc milling dengan program yang sudah dibuat sesuai gambar di atas.

Obyek Penelitian

 Mengganti komponen elektonik yang sudah rusak dengan Controller yang baru, monitor, terminal elektronik



- serta Servo motor AC sumbu utama dan motor pada sumbu X, Y dan Z
- Membuat kopling encoder untuk sumbu utama yang menjadi satu dengan atc pada mesin CNC VMC-200
- Memeriksa/mengganti ballstell pada ballscrew yang sudah aus
- 4. Membuat benda uji dan dilakukan pengukuran dimensi x, y dan z
- 5. Membuat benda uji sesuai setelan pabrikan (default mesin)

Teknik Analisa Data

Proses *retrofit* yang dilakukan secara berurutan sesuai alur pembacaan yang dilakukan oleh system pada mesin Emco VMC – 200.

Penggantian pada *data controller* yang berfungsi sebagai *cpu* berisikan system dan parameter mesin sesuai setelan pabrik dan *controller interface* yang berfungsi sebagai penerjemahan perintah panel listrik 3phase 220V, servo motor AC untuk sumbu X, Y dan Z juga sevo motor AC pada sumbu utama.

Pemeriksaan dan penggantian komponen mekaniknya, dibongkar diamati dan digambar bagian yang diperkirakan ada kerusakan, dilanjutkan pengukuran part menggunakan jangka sorong digital kemudian didesain ulang untuk menggunakan software disimulasikan MasterCAM, diperoleh data pada simulasinya kemudian menjadi rancangan pemilihan bahan yang sesuai, peralatan yang digunakan dalam penggantian dan pembuatan komponen.

Pembuatan komponen kopling *Encoder* seperti yang sudah dijelaskan pada Gambar 9. dan penggantian *BallStell* pada Gambar 8.

Penggantian kopling encoder pada sumbu utama dan *atc*, harus benar

Vol 7 (1) 2024, 36-48

dipastikan sudutnya 0° bila terjadi pergeseran maka alat iris tidak dapat dipegang dengan baik ataupun tidak bisa ditangkap kembali oleh piringan tools turet. Menempatkan posisi 0°c pada program M19 S0 kemudian diposisikan horizontal dengan posisi kanan dan kiri pencekam ukuran sama dan dikeraskan pada pengunci encodenya, coba ganti lagi parameter perubahan sehingga posisi benar-benar sama setelah sesuai diberikan tanda goresan bagian sumbu untuk mempermudah melihat pergeseran yang akan terjadi berikutnya.

Gambar 10. Toolholder pada Mesin CNC EMCO VMC-200 Pengujian

Komponen mekanik dan elektonik dicek ulang dan dirakit menjadi satu seperti semula kemudian dapat digunakan untuk uji pemotongan matreal Aluminium cor dengan alat iris *HSS* yang sama dengan beberapa vareasi

Langkah pengecekan dan pengujian yang harus dilakukan:

- Dipastikan semua komponen mekanik sudah terpasang dengan baik, benar dan sudah dikunci dengan tepat.
- Dipastikan semua modul komponen elektronik sudah terpasang dengan baik dan benar
- On mesin sekaligus memperhatikan led alarm pada modul bila terjadi kesalahan
- Ragum sudah terpasang pada meja dan letakkan deal indikator ukuran mikrometer untuk cek gerakan plus dan minus pada sumbu x, y, z dan posisi atc nya dengan mode manual, bila belum

- sesuai bisa diseting pada parameter sesuai lokasi
- Dibuatkan program sederhana untuk pengerjaan penyayatan pada matereal yang terukur sehingga pasti dimensi dan toleransi yang dikehendaki (toleransi = dibuatkan program yang lebih rumit, kontur yang tidak bisa dikerjakan dengan mesin biasanya perjalanan point to point 3 dimensi dan panjang tahapannya menggunakan software MasterCAM untuk memastikan controller yang ada dapat berfungsi dengan baik.



Dilakukan pengukuran berulang pada dimensi matereal yang dikerjakan dengan 2 jenis alat ukur, dalam Jurnalnya menyampaikan: Williams, Darren L., Pengukuran sudut kontak yang dibentuk oleh tetesan cairan yang ditempatkan pada bidang horizontal permukaan, yang disebut penurunan sessile, telah menarik bagi para ilmuwan dan orang lain setidaknya selama 200 tahun, sejak Young pertama kali melaporkan pengamatannya [1]. Dari parameter ini, banyak informasi berharga dapat dihitung, terutama nilai energi permukaan. Ini pada gilirannya dapat memberikan informasi tentang kontaminasi permukaan atau keterbasahan suatu permukaan [2]. Untuk ini alasannya, pengukuran

- sudut kontak penting dalam berbagai bidang ilmiah
- Membuat program pergantian alat iris guna memastikan sudah aman pada proses pergantian alat iris serta membuat kontur sesuai setelan dari pabrik, Membuat beberapa produk dengan vareasi program yang ada untuk membuktikan semua perintah dengan parameter sesuai setelan pabrik (default) yang ada di mesin bisa dijalankan tanpa ada alarm ataupun terhenti karena salah / kurang lengkap perintah yang diketikan pada pemrograman. Diutamakan untuk membedakan dengan control yang lama adalah memori pendukung untuk kontur 3 dimensi yang dipanggil melalui flashdish gambar yang dibuat menggunakan software MasterCAM sekaligus dan disimulasikan dibuat nyata benda kerja.

Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pengerjaan permesinan pada material selesai maka dilanjutkan dengan proses pengecekan dimensi dan pengujian menggunakan:

1. Multi meter digital dan Analog



Gambar 11. Multimeter Digital dan analog

2. Dial Indikator mikro meter



Gambar 12. Dial Indikator 3. Jangka sorong digital



Gambar 13. Jangka Sorong Digital

4. Mikrometer



Gambar 14. Mikrometer

Berikut ringkasan G code dan M code dari softcopy pdf Syntec Mill Machine Program Manual yang didalamnya berisikan Informasi Mesin, Instruksi

Vol 7 (1) 2024, 36-48

Petunjuk pengoperasian dan Instruksi G51.1/G50.1: Programmable Mirror Pemrograman yang digunakan pada Image 67 Syntec Mill Machine: G52 : Local Coordinate System G53 : Machine Coordinate System G00 : Positioning Selection G01 : Linier Interpolation G54...G59.9: Workpiece Coordinate G02/G03: Circular Interpolation Selection G02/G03: Helical Interpolation G64 : Cutting Mode G04 : Dwell G65 : Simple call G05 : High Speed & High Precision G66/G67: Macro Call Interpolation G68/G69: Coordinate Rotation G05.1 : Path Smoothing G70/G71: Unit setting off Inch/Metric : Nurbs Curve Interpolation : High Speed Peck Drill Cycle G73 G09/G61: Exact Stop G74 : Left Hand Tapping Cycle : Programble Data Input G10 G76 : Fine Boring Cycle G15/G16: Polar Coordinates Command G81 : Drilling Cycle Mode 32 G82 : Drilling Cycle of Dwell on the G17/G18/G19: Plane Selection hole bottom G28 : Return to Reference Position G83 : Peck Drill Cycle G29 : Return from Reference Position G84 : Tapping Drilling Cycle G30 : 2nd, 3rd and 4th Referce G85 : Drilling Cycle Position Return 40 G86 : High Speed Drilling Cycle G31 : Skip Function G87 : Fine Boring cycle of back side G33 : Thread Interpolation G88 : Fine Boring cycle of half Auto G37 : Automatic Tool Length G89 : Boring cycle of dwell hole Measurement - I bott G37.1 : Automatic Tool Length G90/G91: Absolute/Increment Measurement - II Command G40/G41/G42: Cutter Compensataion G92 : Setting of Work coordinate G43/G44/G49: Tool Length System 144

Compensataion

G51/G50: Scalling

G94/G95: Feed Unit Setting

Vol 7 (1) 2024, 36-48

G96/G97: Constan linier Velocity

on surface

control

G134 : Circumference hole cycle

G135 : Angular Straight hole cycle G136 : Arc Type hole cycle

G137.1 : Chess Type hole cycle

M code yang digunakan :

M00 : Program dwell

M01 : Selectivity program dwell

M02 : End program

M03 : Spindle rotate(CW)M04 : Spindle rotate(CCW)

M05 : Spindle stopM06 : Tool exchangeM08 : Coolant liquid ONM09 : Coolant liquid OFF

M19 : Spindle positioning, let spindle

stop at aspecified position

M30 : Program end, return to

starting

point

M98 : Call the sub-program

M99 : From sub-program return to

main program

Dalam Jurnalnya OKTRIADI, YUDI menyampaikan: Program numerical control merupakan suatu unsur program penting yang sangat dalam pengoperasian mesin perkakas CNC. Karena program tersebut merupakan program pengendali yang mengatur jalannya proses permesinan suatu produk pada mesin perkakas mesin CNC. Program NC sangat menentukan kualitas produk dihasilkan. geometri yang Apalagi dalam dunia manufaktur yang modern ini dimana mesin dituntut dengan akurasi

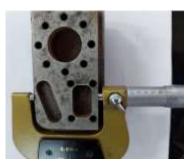
yang tinggi. Akurasi pergerakan mesin tool mempunyai pengaruh yang paling signifikan.

Penerjaan profit 2d seperti ini masih sangat mngkin dikerjakan menggunakan program yang diketik manual seperti pada profil yang disediakan oleh controller

Contoh ini diambil hasil pengukurannya menggunakan 2 alat ukur, pada gambar a digunakan jangka sorong untuk pengukuran dan gambar b digunakan mikrometer sekrup untuk mengukur.



Gambar 15a. Ukuran lebar



Gambar 15b. Ukuran lebar



Gambar 16a. Ukuran lebar alur

Vol 7 (1) 2024, 36-48



Gambar 16a. Ukuran lebar alur



Gambar 17a. Ukuran lebar kantong



Gambar 17b. Ukuran lebar kantong



Gambar 18a. Ukuran diameter dalam



Gambar 18b. Ukuran diameter dalam

Membuat produk dengan vareasi program yang yang diinginkan untuk membuktikan semua perintah parameter dan setelan pabrik yang ada di mesin bisa dijalankan. Pembuatan program menggunakan gerak interpelasi lurus G01 arc atau melingkar G02 / G03 Kontur rectangular pocket dengan G87, siklus pengeboran polar ataupun rectangular G72, G73, G74, G75, G81 dan ini juga membuktikan hasil beberapa kali pengukuran percobaan pada matreal yang dibuat seperti pada Gambar 15a sd gambar 18b. dimensi yang didapatkan sesuai program yang dibuat, dilakukan pengukuran juga diulang beberapa kali untuk memastikan dimensinya benar.

- a. menggunakan jangka sorong digital
- b. menggunakan micrometer

Pembuatan produk 3d ini harus dibantu dengan software Mastercam, karena sangat tidak mungkin kita menentukan point menuju point berikutnya dengan manual dan program yang dihasilkan sangatlah panjang kare gerakan yang dilakukan hanya pendek-pendek dan alat

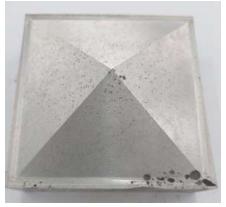
Vol 7 (1) 2024, 36-48

iris yang digunakan biasanya Ballnose endmill diameter 12mm untuk penyayatan Kasar sedang untuk finishing digunakan ballnose diameter 3mm atau 6mm tergantung area yang dituju.

Contoh 3d seperti gambar dibawah ini:



Gambar 19. 3d-Rectangel dengan kedalaman



Gambar 20. 3d-Piramida



Gambar 21. 3d-Contur



Gambar 22. 3d-Contur



Gambar 23. Contur dengan text

Pada Jurnalnya Morales-Palma, D., Martínez-Donaire, A.J., Centeno, G. and Vallellano, C., 2016. Menyanyampaikan : Karya ini bertujuan untuk menghasilkan dokumentasi digital terkait dengan sejumlah manufaktur proses pada

Vol 7 (1) 2024, 36-48

peralatan mesin yang berbeda. Proyek ini dikembangkan dengan kontribusi dari mahasiswa teknik melakukan tesis akhir mereka dalam bidang ini. Peralatan mesin yang berbeda dan permesinan dan proses pembentukan tambahan telah divirtualisasikan dengan menggunakan CAD/CAM perangkat lunak CATIA V5. Beberapa bagian yang dimodelkan akhirnya diproduksi setelah memeriksa dan pasca-pemrosesan kode NC. Dokumentasi digital dikembangkan dalam format yang berbeda

Kesimpulan

- Penggantian modul (retrofit) dan rancangan, perbaikan komponenkomponen pada mekanik ball screw (ballstell) dan kopling encoder dapat mengembalikan fungsi mesin seperti kondisi semula
- 2. Data yang diperoleh berupa bentuk pengerjaan yang berulang (siklus) yang harus ada pada setingan mesin sesuai setelan pabrik sesuai contoh siklus pembuatan kotak, lingkaran, alur serta jajaran pengeboran. Pengujian pengukuran di atas, dengan 2 alat ukur yang teliti dan berulang mendapatkan angka ketelitian sesuai dengan input program pada mesin. Sehingga hasil ini dapat digunakan sebagai acuan pembanding untuk kegiatan praktikum penelitian. ataupun perbaikan mesin yang lainnya. Di jurnalnya Muhammad, Arsyad Suyuti, and Nur Rusdi menyampaikan: Jangka sorong ikonik dan mikrometer sekrup diperlukan pembelajaran dalam sebagai alternatif media bantu yang lebih fleksibel untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep pengukuran.

Daftar Pustaka

- Syntec, Syntec Mill Machine Program Manual, 13.11.2015 Manual Pdf Control Syntec, Korea
- Darmawan H., 2004, Pengantar Perancangan Teknik, Direktorat

- Jendral Pendidikan Tinggi; Jakarta
- Williams, Darren L., et al. "Computerised measurement of contact angles." *Galvanotechnik* 101.11 (2010): 2502.
- Muhammad, Arsyad Suyuti, and Nur Rusdi. "Pembuatan Produk Benda Ukur sebagai Media Praktek Pengukuran Dimensi di Laboratorium Mekanik." *Jurnal Teknik Mesin SINERGI* 9.1 (2011): 93-104.
- Morales-Palma, D., Martínez-Donaire, A.J., Centeno, G. and Vallellano, C., 2016. Teaching experience for the virtualization of machine tools and simulation of manufacturing operations. In *Materials Science Forum* (Vol. 853, pp. 79-84). Trans Tech Publications Ltd.
- OKTRIADI, YUDI. Pengembangan dan Kalibrasi Alat Ukur Berbasis Encoder di Mesin CNC. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2018.
- Anggraini, Lydia, and Ivan Junixsen.
 "Optimation Parameters of CNC
 Milling Programming Machine
 on The Process Time and Its
 Effect on the Efficiency." Journal
 of Mechanical Engineering and
 Mechatronics 3.2 (2019): 62-81.
- Islahudin, I., & Isnaini, M. (2020).

 Pemanfaatan Laboratorium

 Virtual Berbasis Software

 Electronics Workbench (EWB)

 Untuk Menunjang Pemahaman

 Konsep Mahasiswa Pada Mata

 Kuliah Elektronika Dasar I.

 ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi

 dan Aplikasi Pendidikan Fisika,

 5(2), 96-100.