

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 elektronik yang terjadi sehingga modul-modul untuk mengontrol gerakan motor listrik menjadi lebih sederhana, 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 kopleng 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 pemeriksaan 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 penggunaan 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*).

Putaran sumbu utama pada motor ini bisa mencapai maksimal 4500 rpm dan kecepatan pengumpanan (*feedrate*) bisa dimasukkan sampai 3000 mm/menit. Material 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 peringatan dikarenakan baterai bios yang terpasang sudah tidak lagi dapat menyimpan memori default dari mesin. Untuk ini harus dilakukan pemeriksaan untuk semua modul elektronik sampai selesai terlebih dahulu dan bisa digunakan memerintah motor untuk menggerakkan bagian lain. Dalam Jurnalnya, Islahudin, I., & Isnaini, M. (2020). Menyampaikan: Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pemanfaatan laboratorium virtual berbasis electronics workbench untuk menunjang pemahaman konsep mahasiswa pada perkuliahan elektronika dasar I.

Berikutnya untuk komponen-komponen 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.

2. Pembongkaran dilanjutkan perbaikan dan melakukan penggantian pada modul-modul elektroniknya 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 Junix 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 serangkaian 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 dicoba 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

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 mekanik Mesin VMC-200 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 pada *ballscrew* didapati *ballstell* nya sebagian terjadi aus dan harus diganti, untuk *ballstell* bisa langsung beli atau 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 jaringan 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 otomatis dan tepat.

3. Monitor dan Keyboard



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 menentukan 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 listrik pada umumnya terdiri dari MCB, kontaktor, relay dan sekering 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

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 material, sedang spesifikasinya antara lain:

SOLPOWER AC Servo motor produk China

Model : 5VM-90MS

Voltase : 220V 3phase

K W : 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.

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

1. Mengganti komponen elektronik yang sudah rusak dengan *Controller* yang baru, monitor, terminal elektronik



serta Servo motor AC sumbu utama dan motor pada sumbu X, Y dan Z

2. Membuat *kopling encoder* untuk sumbu utama yang menjadi satu dengan *atc* pada mesin *CNC VMC-200*
3. 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 servo 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 disimulasikan menggunakan software 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

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° pada program M19 S0 kemudian diposisikan horizontal dengan posisi kanan dan kiri pencekam ukuran sama dan dikeraskan pada pengunci encodernya, coba ganti lagi pada parameter perubahan posisi 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 elektronik dicek ulang dan dirakit menjadi satu seperti semula kemudian dapat digunakan untuk uji pemotongan material Aluminium cor dengan alat iris HSS yang sama dengan beberapa variasi

Langkah pengecekan dan pengujian yang harus dilakukan:

1. Dipastikan semua komponen mekanik sudah terpasang dengan baik, benar dan sudah dikunci dengan tepat.
2. Dipastikan semua modul komponen elektronik sudah terpasang dengan baik dan benar
3. On mesin sekaligus memperhatikan led alarm pada modul bila terjadi kesalahan
4. 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

5. Dibuatkan program sederhana untuk pengerjaan penyayatan pada material yang terukur sehingga pasti dimensi dan toleransi yang dikehendaki (toleransi = Nol), dibuatkan program yang lebih rumit, kontur yang tidak bisa dikerjakan dengan mesin cnc biasanya perjalanan point to point 3 dimensi dan panjang tahapannya menggunakan *software MasterCAM* untuk memastikan *controller* yang ada dapat berfungsi dengan baik.



6. Dilakukan pengukuran berulang pada dimensi material 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

7. 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 dan sekaligus 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

Petunjuk pengoperasian dan Instruksi Pemrograman yang digunakan pada *Syntec Mill Machine*:

G00	: Positioning	G51.1/G50.1: Programmable Mirror Image 67
G01	: Linier Interpolation	G52 : Local Coordinate System
G02/G03:	Circular Interpolation	G53 : Machine Coordinate System Selection
G02/G03:	Helical Interpolation	G54...G59.9 : Workpiece Coordinate Selection
G04	: Dwell	G64 : Cutting Mode
G05	: High Speed & High Precision Interpolation	G65 : Simple call
G05.1	: Path Smoothing	G66/G67: Macro Call
G06.2	: Nurbs Curve Interpolation	G68/G69: Coordinate Rotation
G09/G61:	Exact Stop	G70/G71: Unit setting off Inch/Metric
G10	: Programable Data Input	G73 : High Speed Peck Drill Cycle
G15/G16:	Polar Coordinates Command Mode 32	G74 : Left Hand Tapping Cycle
G17/G18/G19:	Plane Selection	G76 : Fine Boring Cycle
G28	: Return to Reference Position	G81 : Drilling Cycle
G29	: Return from Reference Position	G82 : Drilling Cycle of Dwell on the hole bottom
G30	: 2nd, 3rd and 4th Referce Position Return 40	G83 : Peck Drill Cycle
G31	: Skip Function	G84 : Tapping Drilling Cycle
G33	: Thread Interpolation	G85 : Drilling Cycle
G37	: Automatic Tool Length Measurement - I	G86 : High Speed Drilling Cycle
G37.1	: Automatic Tool Length Measurement - II	G87 : Fine Boring cycle of back side
G40/G41/G42:	Cutter Compensataion	G88 : Fine Boring cycle of half Auto
G43/G44/G49:	Tool Length Compensataion	G89 : Boring cycle of dwell hole bott
G51/G50:	Scalling	G90/G91: Absolute/Increment Command
		G92 : Setting of Work coordinate System 144
		G94/G95: Feed Unit Setting

G96/G97: Constan linier Velocity control

on surface

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 stop
 M06 : Tool exchange
 M08 : Coolant liquid ON
 M09 : 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 yang sangat penting 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 geometri produk yang dihasilkan. 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 mungkin 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



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 interpolasi 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.

- menggunakan jangka sorong digital
- menggunakan micrometer

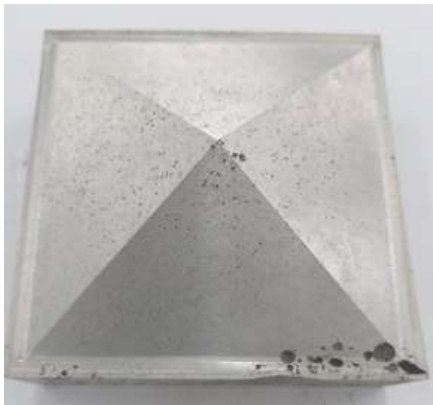
Pembuatan produk 3d ini harus dibantu dengan software Mastercam, karena sangat tidak mungkin kita menentukan point menuju point berikutnya dengan manual dan program yang dihasilkan sangatlah panjang kare gerakan yang dilakukan hanya pendek-pendek dan alat

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. Menyampaikan : Karya ini bertujuan untuk menghasilkan dokumentasi digital terkait dengan sejumlah manufaktur proses pada

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

1. Penggantian modul (retrofit) dan rancangan, perbaikan komponen-komponen 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 dan pembanding untuk kegiatan penelitian, praktikum ataupun perbaikan mesin yang lainnya. Di jurnalnya Muhammad, Arsyad Suyuti, and Nur Rusdi menyampaikan: Jangka sorong ikonik dan mikrometer sekrup diperlukan dalam pembelajaran 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. "Optimization 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.