

Pengembangan *Computerized Numerical Controller* berbasis *Personal Computer* untuk Mesin Perkakas dengan Teknologi *High Speed Machining*

Nasril

Balai Mesin Perkakas, Teknik Produksi dan Otomasi - MEPPPO
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi – BPPT
Gedung Teknologi 2, PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15314.
Email : nasril65@gmail.com

Abstrak

Pembangunan industri manufaktur yang merupakan penyokong utama industri mesin atau industri engineering memerlukan mesin perkakas sebagai barang modalnya. Nilai import mesin perkakas nasional tahun 2013 sebesar US\$ 1.220 billion. Untuk mengurangi ketergantungan produk mesin perkakas dari luar negeri perlu dikembangkannya suatu kemandirian teknologi dalam negeri pada industri mesin perkakas dan industri pemasoknya. Perlu adanya pengembangan sistem pengaturan numerik dengan teknologi *high speed machining* berbasis *personal computer* untuk mesin perkakas yang dapat digunakan oleh industri dan meningkatkan tingkat kandungan dalam negeri. Pada tulisan ini dilakukan rancang bangun perangkat lunak *computerized numerical controller* dan perangkat keras sistem pengaturan numerik berbasis *personal computer* yang terdiri dari sistem *windows application (human-machine interface, g-code interpreter, programming interfaces)*, *servo drive* dan *servo motor*. Sistem pengaturan numerik dengan teknologi *high speed machining* ini telah diterapkan pada mesin perkakas buatan Balai MEPPPO - BPPT “*High Speed and High Precision Machine Tools for Intra Ocular Lens Manufacturing*” dengan resolusi 0.001 mm dengan ketelitian dibawah 0.010 mm. Pengembangan sistem pengaturan numerik berbasis *personal computer* dengan teknologi *high speed machining* ini akan sangat berguna bagi perkembangan industri mesin perkakas nasional dan dapat memicu perkembangan teknologi yang lebih canggih lagi di masa yang akan datang.

Kata Kunci : Mesin perkakas, *high speed machining*, sistem pengaturan numerik, *computerized numerical controller*, berbasis *personal computer*, sistem *servo*.

Latar belakang

Persaingan dalam dunia industri pada saat ini sangat tinggi sekali, terutama dalam hal produktivitas dan kualitas produk yang dihasilkan. Persaingan tersebut bertujuan untuk memperoleh produk dengan harga yang murah dengan kualitas yang baik. Salah satu cara untuk menaikkan produktivitas produksi dengan tetap mempertahankan kualitas adalah dengan menerapkan sistem otomasi pada peralatan produksinya.

Dalam penerapan sistem otomasi ini beberapa pekerjaan yang dikerjakan oleh operator dapat digantikan oleh suatu sistem otomasi, sehingga campur tangan operator dapat dikurangi. Peralatan yang mempunyai sistem otomasi membutuhkan suatu sistem yang mempunyai kemampuan untuk dapat memulai melakukan kemudian mengatur dan memberhentikan suatu proses pekerjaan. Sistem tersebut juga dapat mengukur variabel-variabel yang terlibat dalam proses untuk menghasilkan

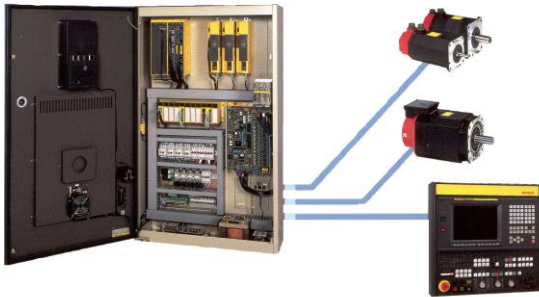
produk yang diinginkan. Sistem yang mempunyai kemampuan diatas dinamakan sistem pengaturan.

Penerapan sistem pengaturan numerik atau *numerical controlled* berbasis *personal computer* dengan kinerja yang tinggi dan teknologi *high speed machining* pada mesin perkakas dapat meningkatkan produktivitas dan ketelitian hasil pemotongan benda kerja. Saat ini sistem pengaturan mesin perkakas masih sangat tergantung pada beberapa merek terkenal dunia.

Pengadaan sistem pengaturan mesin perkakas saat ini masih dilakukan secara paket, artinya jika kita memilih sistem pengaturan mesin perkakas dari satu merek maka harus memilih perlengkapan lainnya (sistem *computerized numerical controller*, sistem *servo drive*, *servo motor* dan sistem *programmable logic controller*) dari merek yang sama dan sebagian sistem wiring juga berasal dari merek yang sama.

Perlu dilakukan pengembangan sebuah sistem pengaturan numerik dengan teknologi *high speed*

machining untuk mesin perkakas yang dapat digunakan oleh industri mesin perkakas nasional, sehingga mampu berkontribusi pada peningkatan tingkat kandungan dalam negeri dan peningkatan daya saing industri mesin perkakas nasional serta berdampak pada penurunan import barang modal nasional.



Gambar. 1 Sistem Pengaturan Numerik Mesin Perkakas. (FANUC. Ltd)

Metoda Penelitian

Pada tulisan ini dilakukan rancang bangun perangkat lunak sistem *windows application computerized numerical controller (cnc)* yang terdiri *human-machine interface (hmi)*, *G-code interpreter*, *Programming interfaces*.

Fasilitas Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah mesin perkakas yang telah dibuat oleh Balai MEPPPO-BPPT “*High Speed and High Precision Machine Tools for Intra Ocular Lens Manufacturing*” dengan resolusi 0.001 mm dan ketelitian 0.010 mm.



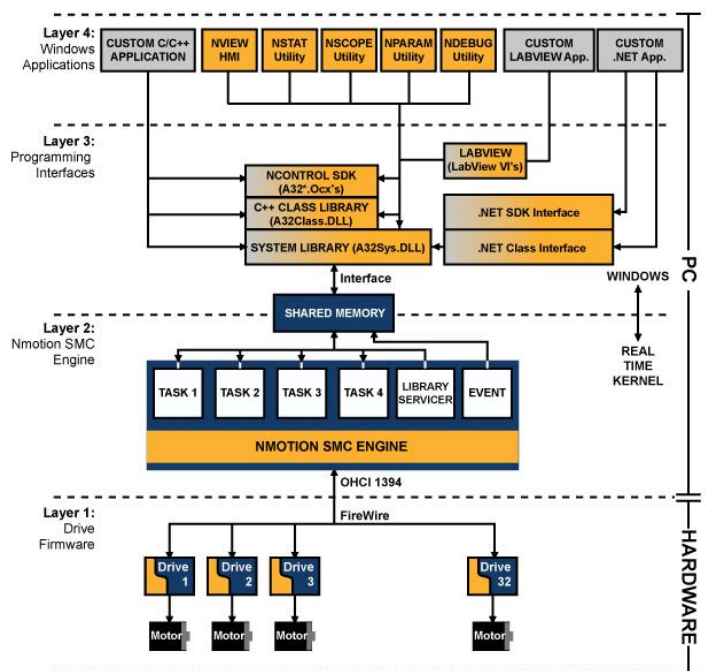
Gambar 2. Prototype Mesin Perkakas

“*High Speed and High Precision Machine Tools for Intra Ocular Lens Manufacturing*”

Skema dan Numerik

Arsitektur perangkat lunak pada sistem pengaturan numerik mesin perkakas yang berbasis *personal computer* dengan teknologi *high speed machining* yang terdiri dari level perangkat lunak (PC) dan level perangkat keras (*HARDWARE*) yang membutuhkan data *transfer rate* yang tinggi untuk memenuhi kecepatan *update rate servo loop* 8 kHz and *current loop* 20 kHz. Terdapat beberapa jenis komunikasi data antara level perangkat lunak dan perangkat keras diantaranya [8] :

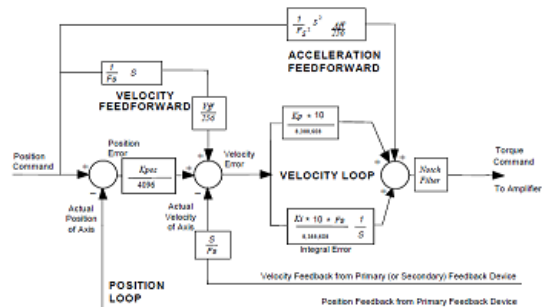
1. *PCI Bus Express* 1.0 : 1,067 Gbps.
2. *Ethernet* (1000Base-T) : 1,000 Gbps.
3. *USB Hi-Speed* 2.0 : 480 Mbps.
4. *Firewire* (IEEE 1394) 400 : 393 Mbps.



Gambar 6. Konfigurasi Software

Numerical Controller – PC Based. [8]

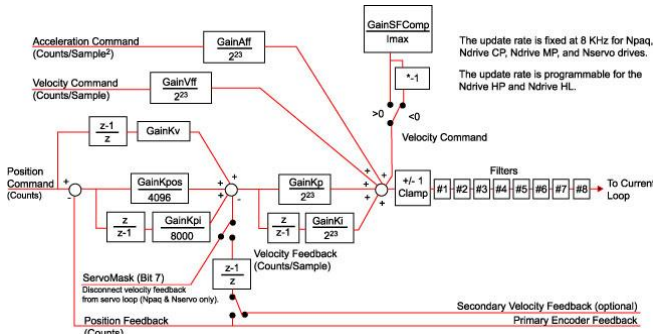
Sistem pengaturan posisi dibentuk oleh tiga rangkaian pengaturan tertutup yang terdiri dari pengaturan arus, pengaturan kecepatan dan pengaturan posisi.



Gambar 7. Aerotech PCI- U500 servo loop. [1]

Pada sistem servo digital secara umum rangkaian pengaturan posisi berada pada bagian perangkat

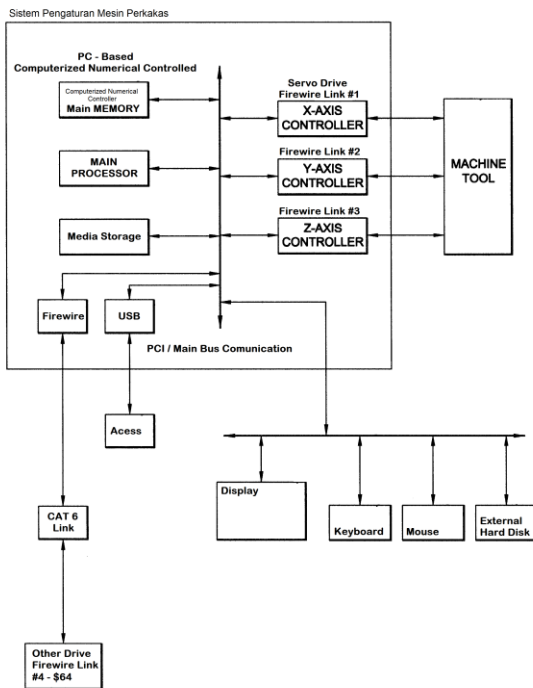
keras sistem *computerized numerical controlled*. Sedangkan rangkaian pengaturan kecepatan dan pengaturan arusnya berada pada bagian perangkat keras *servo drive*.



Gambar 8. Aerotech FireWire-A3200 Nservo third party controller.[2]

Paket perangkat lunak yang dikembangkan pada sistem *Windows Application* terdiri dari:

1. *Human-Machine Interface - HMI* merupakan bagian dari perangkat lunak yang dapat berinteraksi dengan operator.
2. *G-code interpreter* merupakan bagian dari perangkat lunak yang menterjemahkan file G-Code yang ditulis dalam bentuk data ASCII menjadi data variabel numerik dalam tabel *memory* untuk dieksekusi sebagai gerakan sumbu dan fungsi-fungsi khusus.



Gambar 9. Konfigurasi Computerized Numerical Controlled – PC Based.

3. *Programming interface* merupakan bagian dari perangkat lunak yang mengolah data variabel

numerik dalam tabel *memory* dan mengirimnya pada tabel *memory program command*.

Contoh G-code program :

```
G0 Z5.0
G0 X-2.708 Y-2.084 Z5.0
G0 Z1.0
G1 Z-0.5 F50.0
G3 X-2.451 Y-1.647 I-0.244 J0.437
G3 X-2.515 Y-1.404 I-0.5 J0.0
G2 X-2.88 Y0.0 I2.515 J1.404
G1 X-2.88 Y2.562
....
```

Tabel 1. Memory G-Code Interpreter

Block	G	X	Y	Z	I	J	F	M	..
1	0			5. 0					
2	0	- 2.70 8	- 2.08 4	5. 0					
3	0			1. 0					
4	1			- 0. 5			50. 0		
....									

G-Code Interpreter melakukan transformasi data dari NC program (G-Code) menjadi data variabel numerik pada tabel *memory* pada *control program* dan dikirimkan ke dalam tabel *memory program command* untuk di eksekusi dalam bentuk gerakan sumbu dan fungsi-fungsi khusus.

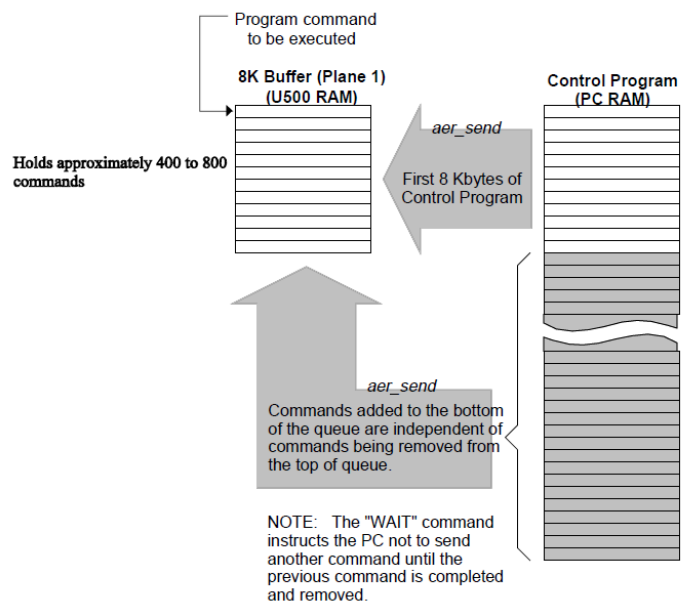


Figure 5-4. Programming Control Using a Single Plane

Gambar 7. Konfigurasi Memory Numerical Controlled. [1]

Hasil dan Pembahasan

NC Program IOL lens :
M3 ;spindle on
G0 X0 Y0 ;goto center of fixture
G0 Z5.0 ;move Z above part
M7 ;air on
G0 Z5.0
G0 X-2.708 Y-2.084 Z5.0
G0 Z1.0
G1 Z-0.5 F50.0
G3 X-2.451 Y-1.647 I-0.244 J0.437
G3 X-2.515 Y-1.404 I-0.5 J0.0
G2 X-2.88 Y0.0 I2.515 J1.404
G1 X-2.88 Y2.562
G2 X0.715 Y6.157 I3.595 J0.001
G2 X2.714 Y5.55 I0.0 J-3.595
G2 X2.88 Y5.239 I-0.209 J-0.312
G2 X2.505 Y4.864 I-0.375 J0.0
G2 X2.194 Y5.029 I0.0 J0.375
G3 X1.881 Y5.288 I-0.597 J-0.402
G3 X0.713 Y5.528 I-1.167 J-2.724
G3 X-2.25 Y2.562 I0.0 J-2.963
G1 Y1.975
G3 X-2.185 Y1.91 I0.065 J0.0
G3 X-2.136 Y1.932 I0.0 J0.065
G2 X0.0 Y2.88 I2.136 J-1.932
G2 X2.88 Y0.0 I0.0 J-2.88
G1 X2.88 Y-2.562
G2 X-0.715 Y-6.157 I-3.595 J0.0
G2 X-2.715 Y-5.549 I0.0 J3.595
G2 X-2.882 Y-5.237 I0.209 J0.312
G2 X-2.506 Y-4.862 I0.375 J0.0
G2 X-2.187 Y-5.04 I0.0 J-0.375
G3 X-1.877 Y-5.29 I0.508 J0.314
G3 X-0.715 Y-5.527 I1.162 J2.728
G3 X2.25 Y-2.562 I0.0 J2.965
G1 Y-1.975
G3 X2.185 Y-1.91 I-0.065 J0.0
G3 X2.137 Y-1.931 I0.0 J-0.065
G2 X0.0 Y-2.88 I-2.137 J1.931
G2 X-2.515 Y-1.404 I0.0 J2.88
G3 X-2.951 Y-1.147 I-0.437 J-0.244
G3 X-3.195 Y-1.211 I0.0 J-0.5
G0 Z1.0
G0 Z5 M9 ;pull-out Z, air off
M5 ;spindle off
M9 ;air off
M13 ;release clamp
G28 XYZ ;go home
M2 ;end



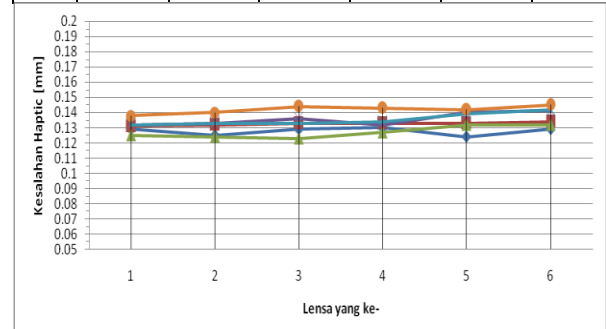
Gambar 9. Lensa Katarak, Intra Ocular Lens (IOL) dan Hasil Proses Pemesinan[13]

Waktu pemesinan yang dibutuhkan untuk memproses satu siklus pembuatan lensa *Intra Ocular Lens (IOL)* dengan menggunakan program diatas adalah 45 – 50 detik.

Table.2 Hasil Pengujian Pemesinan

Lebar Haptic : 0.130 mm Satuan : mm

No.	Lebar Haptic 1/3 dari Ujung (I) dan Pangkal (II)					
	Ia	IIa	Ib	IIb	Ic	IIc
1.	0.129	0.131	0.125	0.132	0.132	0.138
2.	0.125	0.132	0.124	0.133	0.133	0.140
3.	0.129	0.133	0.123	0.136	0.133	0.144
4.	0.130	0.133	0.127	0.132	0.134	0.143
5.	0.124	0.133	0.132	0.140	0.133	0.144
6.	0.129	0.134	0.132	0.141	0.142	0.144
max	0.130	0.133	0.133	0.140	0.140	0.144
min	0.124	0.133	0.123	0.132	0.133	0.138
dev	0.006	0.003	0.009	0.009	0.010	0.007



Gambar 8. Variasi Ketelitian Lebar Haptic.

Prototype mesin perkakas presisi tinggi dengan teknologi *high speed machining* ini mendapatkan sertifikat pernyataan tentang kualitas dan keandalan dari PT. Rohto Laboratories Indonesia. Jumlah produksi lensa yang sudah diperoleh dari 2009 hingga September 2014 adalah 280138 lensa dalam waktu pemakaian 3368 jam yang telah memenuhi kualitas export.

Kesimpulan

Sistem pengaturan numerik ini telah berhasil diterapkan pada mesin perkakas yang telah dibuat oleh Balai MEPPPO-BPPT "*High Speed and High Precision Machine Tools for Intra Ocular Lens Manufacturing*" dengan resolusi 0.001 mm dan ketelitian 0.010 mm.

Pengembangan sistem pengaturan numerik berbasis *personal computer* dengan teknologi *high speed machining* ini dapat berkontribusi pada peningkatan tingkat kandungan dalam negeri dan peningkatan daya saing industri mesin perkakas nasional serta berdampak pada penurunan import barang modal nasional.

Referensi

- [1]. Aerotech, "The Unidex 500 Motion Controller and Windows Software", Pittsburgh, USA, 2000.
- [2]. Aerotech, "Automation A3200 Software NView v2.19", Pittsburgh, USA, 2006.
- [3]. Nasril, "Penerapan Metode MTH Dalam Diagnosis Sumber Kesalahan Mesin Perkakas NC", Tugas Sarjana S-2, Jurusan Teknik Mesin, ITB, 2003.
- [4]. Nasril, Analisis kinerja sistem servo pada mesin perkakas presisi tinggi yang menggunakan teknologi *high speed machining*, proceeding seminar nasional tahunan teknik mesin XI & thermofluid IV, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012.
- [5]. Ogata, K., Modern Control Engineering, Prentice Hall, New Jersey, 1997.
- [6]. Slocum, A.H., Precision Machine Design, Prentice Hall Int, New Jersey, 1992.
- [7]. Tlusty, J, "Manufacturing Process and Equipment", Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- [8]. VDMA, "Machine Tools "made in germany": economic trends and technical prospects", Munchen, 1994.
- [9]. Weck, M., Machine Tools Hand Book, John Wiley & Sons, Ney York, 1980.
- [10]. <http://www.aerotech.com>, 2014.

[11]. <http://www.rohtolab.com>, "NeoEye Intra Ocular Lens", Jakarta, 2011.

[12]. http://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Standards_Architecture. 2014.