PENELITIAN EFISIENSI ENERGI PADA MESIN *HORIZONTAL BORING & MILLING*

Sony Harbintoro

Balai Besar Logam dan Mesin
Kementerian Perindustrian
Jl. Sangkuriang 12 Bandung - Jawa Barat
Email: sonystrada@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai efisiensi energi pada mesin *horizontal boring & milling* telah dilaksanakan di *workshop* pemesinan *Metal Industries Development Center* Bandung. Efisiensi energi pada bidang manufaktur merupakan salah satu faktor penting dalam proses mendukung *green industry*. Penelitian ini menganalisa dampak dari *retrofit* sistem kendali terhadap penggunaan energi listrik pada mesin *horizontal boring & milling*. Metode penelitian efisiensi penggunaan daya listrik dilaksanakan sebelum dan sesudah *retrofit* pada sistem kendali. Pengukuran penggunaan daya listrik dilaksanakan pada saat mesin mengerjakan benda kerja dengan material yang sama. Data dari hasil pengukuran, dianalisis untuk mendapatkan besaran efisiensi energi listrik. Dari penelitian ini ditampilkan bahwa setelah dilakukan *retrofit* sistem kendali, dapat dicapai penurunan penggunaan energi listrik sebesar 21,5%.

Kata Kunci: sistem kendali, efisiensi, energi, *horizontal boring & milling*

ABSTRACT

Research on energy efficiency in a horizontal boring and milling machine has been implemented in the machining workshop at Metal Industries Development Center Bandung. Energy efficiency in the manufacturing process is one of the important factors to support the green industry. This research analyzed the impact of the control system retrofit on the horizontal boring and milling machine for the electric energy consumption. The methods of research was conducted before and after the retrofit of the control system. Measurements was carried out on the use of electrical power was using the same workpiece material. Data from the experiment was analyzed to obtain the amount of electrical energy efficiency. This research was shown that, after the control systems retrofit, the reduction about 21.5% of electrical energy can be achieved.

Keywords: control system, efficiency, energy, *horizontal boring & milling*

PENDAHULUAN

Mesin *horizontal boring & milling* merupakan salah satu mesin perkakas yang banyak digunakan dalam proses pemesinan benda kerja yang besar sehingga dibutuhkan energi listrik yang besar untuk menggerakkan mesin tersebut. Kapasitas mesin *horizontal boring & milling* dapat dilihat dari seberapa berat meja mesin tersebut mampu mengerjakan benda kerja dan seberapa besar diameter perkakas potong yang dapat dipasang pada *quill spindle*-nya.

Workshop pemesinan *Metal Industries Development Center* (MIDC) mempunyai satu unit mesin *horizontal boring & milling* dengan kapasitas meja mesin 3 ton benda kerja dan diameter *spindle* 90 mm. Mesin tersebut merupakan mesin buatan tahun 1973 dengan menggunakan sistem kontrol yang tua

sehingga mengakibatkan mesin tersebut menjadi boros energi. Untuk mendapatkan kinerja mesin yang tetap optimal namun pemakaian energi listrik menjadi lebih efisien, maka dilakukan *retrofit* sistem kontrol dengan menambahkan fitur-fitur teknologi baru pada sistem kontrol yang lama. Sistem retrofit yang dilakukan yaitu mengganti sistem kontrol motor-generator *operated drives* menjadi variabel *speed DC drive*. Pengambilan data penggunaan energi pada mesin ini dilakukan sebelum proses retrofit sistem kontrol pada tahun 2011 dan setelah dilakukan retrofit sistem kendali pada tahun 2013. Sasaran yang dicapai dari penelitian ini adalah didapatkan data penghematan energi listrik dari mesin *horizontal boring & milling* di MIDC setelah dilakukan proses *retrofit* sistem kontrol/ sistem kendali. Hasil dari penelitian ini dapat

digunakan untuk mengidentifikasi tingkat penggunaan konsumsi energi sebagai data menuju kearah konservasi energi.

Studi Pustaka

Mesin Horizontal Boring & Milling

Mesin *horizontal boring & milling* merupakan gabungan mesin *boring* dan mesin *milling* dengan konstruksi *horizontal*. Mesin *horizontal boring & milling* merupakan salah satu mesin perkakas yang banyak digunakan dalam pengerjaan benda kerja berat seperti *engine frames*, *steam engine cylinders*, *machine housing*, dll. Benda kerja yang dapat dikerjakan pada mesin *horizontal boring & milling* merupakan benda kerja yang spesifik yang tidak bisa dikerjakan pada mesin bubut atau mesin *drilling*. Dengan menggunakan alat bantu yang terdapat pada mesin itu, mesin ini dapat difungsikan sebagai mesin bubut, mesin *drilling*, *face milling* atau *gear cutting*⁽¹⁾. Pada mesin *horizontal boring & milling*, benda kerja ditempatkan pada meja sedangkan perkakas potong/*tools* berputar pada sumbu *horizontal*. Dengan *tools* yang sesuai, mesin dapat melakukan berbagai operasi pemesinan seperti *boring*, *reaming*, *turning*, *threading*, *facing*, *milling* dan *grooving*. Gambar 1 berikut ini menunjukkan mesin *horizontal boring & milling*.

Gambar 1. Mesin *horizontal boring & milling*

Tipe mesin *horizontal boring & milling* dapat dikategorikan menjadi empat yaitu: (a) *Table type*, (b) *Floor type* (c), *Planer type* dan (d) *Multiple head type*. Bagian-bagian utama dari mesin *horizontal boring & milling* antara lain:

(1) *Bed*: *bed* merupakan bagian dari mesin yang terpasang pada lantai *workshop*, fungsi *bed* yaitu menyangga *columns*, meja, dan bagian lainnya dari mesin.

(2) *Headstock supporting column*: bagian ini berfungsi menyangga *headstocks* dan menuntunnya dalam gerakan naik turun melalui *guide ways* pada *column*.

(3) *End supporting column*: bagian ini dipasang pada *bed* sebagai tumpuan *boring bar*, penempatan bagian ini dapat diatur mendekati atau menjauhi *headstock* tergantung pada seberapa panjang *boring bar* yang digunakan.

(4) *Headstocks*: bagian ini terletak pada *column* dan dapat bergerak naik-turun. Pada bagian ini terdapat *spindle* untuk memutar perkakas potong/*tools* sedangkan untuk melakukan operasi *long drilling* dapat digunakan *quill* yaang dapat bergerak longitudinal.⁽¹⁾

(5) *Saddle* dan *table*: *table* berfungsi untuk menempatkan benda kerja yang akan dikerjakan. Pada *table* terdapat *T-slots* untuk pemasangan baut pencekam benda kerja. *Saddle* merupakan bantalan/tumpuan yang mana *table* dapat bergerak transversal atau longitudinal, pergerakan *table* dilaksanakan dengan motor *servo*.

(6) *Boring bars*: bagian ini digunakan pada saat melakukan operasi memperbesar lubang/*boring* dengan diameter *tools* yang besar, sedangkan untuk melakukan operasi *facing mill* langsung dipasang pada *taper spindle nose*.⁽²⁾

Ukuran mesin *horizontal boring & milling* ditentukan oleh seberapa besar diameter *spindle* (mm), diameter *spindle* bervariasi dari 75 s.d. 355 mm. Untuk spesifikasi yang lebih lengkap dapat dilihat dari seberapa besar daya motor *spindle*, tinggi *columns*, ukuran *table*, kecepatan putaran *spindle*, *feeds* dan panjang dari *feeds*, total luas lantai yang diperlukan, berat mesin dll.

Mekanisme mesin *horizontal boring & milling* yaitu: (a) *headstock* dapat bergerak naik turun dengan digerakan oleh motor *servo*. (b) *Spindle* dapat memutar *tools* dengan kecepatan yang bervariasi digerakan oleh motor *spindle*. (c) *Quill spindle* dapat bergerak masuk atau keluar dengan digerakan manual atau motor *servo*. (d) *Saddle* dan *table* dapat digerakan arah longitudinal atau transversal dengan tenaga motor *servo*. Pada tabel 1

ditampilkan harga kecepatan potong mesin *horizontal boring & milling* Pegard.

Tabel 1. Kecepatan Potong : V (m/min)

Material To Be Machined	High Speed Steel Tools		Carbide Tipped Tools	
	Roughing	Finishing	Roughing	Finishing
Cast steel	18	30	80	120
Cast Iron	23	35	80	120
Steel 50 K	35	50	100	220
Steel 70 K	20	35	80	180
Bronze	45	80	250	500
Aluminium Alloys	65	100	150	400

Efisiensi Energi Mesin Perkakas

Mesin perkakas dilengkapi dengan beberapa motor listrik dan komponen tambahan yang memerlukan konsumsi energi yang bervariasi selama proses pemesinan berlangsung. Energi listrik yang dibutuhkan pada saat proses *milling* yaitu diantaranya untuk sistem kontrol motor *spindle* dan motor pergerakan *axis*, motor pompa untuk pendingin pada saat pemakanan (*coolant*), unit pendingin oli hidrolik (*oil cooler*) dan komponen tambahan/aksesoris yang menggunakan energi listrik seperti lampu penerangan mesin dan ventilasi udara pada lemari sistem kontrol.⁽³⁾

METODOLOGI

Benda kerja dan alat yang digunakan

Benda kerja/objek yang digunakan untuk penelitian ini adalah mesin *horizontal boring & milling* dengan kapasitas meja 3 ton, diameter *spindle* 90mm, buatan Belgia, tahun pembuatan 1973.⁽²⁾ Sedangkan alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yaitu volt meter *digital*, ampere meter, KWH meter, *clamp* meter, *power* meter dan *tools* set.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dimulai dengan melakukan pengamatan karakteristik mesin *horizontal boring & milling* dengan mempelajari *manual book*, dan penelitian sejenis yang telah dilakukan, melakukan pengambilan data awal pemakaian energi listrik pada mesin meliputi data tegangan (volt), besaran arus (ampere) dan daya listrik (watt), melakukan *retrofit* sistem kelistrikan dan sistem kendali, melakukan pengambilan data akhir, melakukan

analisa data dengan membandingkan data pengukuran awal dan data pengukuran akhir serta menarik kesimpulan.

Berikut ini ditampilkan *flow chart* dari penelitian yang dilakukan:

Gambar 2. Diagram alir penelitian yang dilakukan

HASIL PENELITIAN

Hasil pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan terhadap mesin *horizontal boring & milling* di workshop MIDC yaitu meneliti cara kerja sistem kelistrikan khususnya sistem kontrol pada motor *spindle* dan motor *axis* sebelum dan sesudah dilakukan *retrofit*. Bagian sistem kelistrikan motor *spindle* dan motor *axis* merupakan bagian yang paling besar penggunaan energi listriknya pada mesin tersebut. Sistem kontrol orisinil dari mesin *horizontal boring & milling* ini yaitu menggunakan sistem *motor-generator operated drives* dimana masukan energi listrik tegangan AC 380 volt, 3 phase digunakan untuk menggerakkan motor listrik yang dikopel dengan generator arus searah (DC), generator DC mengeluarkan tegangan listrik arus searah

yang digunakan untuk menggerakkan motor DC *servo*, untuk mengatur kecepatan motor DC *servo* digunakan *rheostat*/tahanan muka yang dapat diubah besaran tahanannya⁽²⁾. Berikut ini gambar dari sistem motor-generator *operated drives*.

Gambar 3. Sistem motor-generator

Dari gambar 3, motor listrik akan berputar dikarenakan ada daya listrik yang masuk (*power in*), poros dari motor dihubungkan/dikopel dengan poros generator sehingga generator akan berputar dan menghasilkan daya listrik (*power out*).

Pada mesin *horizontal boring* dan *milling* ini terdapat dua generator DC yang difungsikan sebagai sumber tenaga listrik untuk motor *spindle* dan motor *axis*. Gambar 4 adalah sistem motor-generator untuk penggerak motor *spindle*.

Gambar 4. Sistem motor-generator untuk penggerak motor *spindle*

Penggerak motor *spindle* menggunakan sistem motor – generator dengan kapasitas daya 15 KW, tegangan 380 volt, arus 28 ampere dan putaran nominal 2900 rpm dengan tipe vertikal motor-generator *coupled*. Pengaturan kecepatan putaran motor *spindle* menggunakan dua cara yaitu (1) menggunakan variabel resistor yang diatur melalui panel kendali dan (2) secara manual menggunakan tuas pengatur transmisi roda gigi.

Motor *axis* terdiri atas dua motor *servo* yang disuplai dari satu set motor-generator yang bekerja secara bergantian. Gambar motor-generator yang digunakan untuk penggerak motor *axis* pada gambar 5 di bawah ini.

Gambar 5. Sistem motor-generator untuk penggerak motor *axis*

Sumber tenaga untuk motor *axis* didapat dari motor-generator dengan kapasitas 5 KW, tegangan 380 volt dan putaran 3470 rpm, untuk pengaturan kecepatan motor *axis* hanya menggunakan variabel resistor yang diatur melalui panel kendali. Motor *axis* hanya dapat dijalankan secara bergantian antara motor *axis* meja dan motor *axis headstock* dengan perantara *magnetic coupling*. Berikut ini ditampilkan skema diagram penggerak motor *spindle* dan motor *axis*.

Gambar 6. Skema diagram penggerak motor spindle sebelum retrofit

Gambar 7. Skema diagram penggerak motor axis sebelum retrofit

Pengambilan data dilakukan sebanyak enam kali untuk mengetahui penggunaan daya listrik pada mesin *horizontal boring and milling* sebelum

dilakukan proses retrofit sistem kelistrikan khususnya pada sistem kendali didapat data sebagai berikut:

Gambar 8. Data konsumsi daya listrik sebelum retrofit

Proses retrofit sistem kelistrikan dilakukan pada bagian sistem kendali motor *spindle* dan motor *axis*. Sistem kendali untuk motor *spindle* dan motor *axis* diubah dari sistem motor-generator *operated drives* menjadi sistem variabel *speed DC drives*⁽⁵⁾ sehingga sistem motor-generator set tidak lagi

digunakan, namun tetap menggunakan motor DC *servo* yang lama (*existing*). Setelah dilakukan proses retrofit sistem kelistrikan khususnya pada bagian sistem kendali motor *spindle* dan motor *axis* maka skema diagramnya dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 di bawah ini.

Gambar 9. Skema diagram sistem kendali motor spindle setelah retrofit

Gambar 10. Skema diagram sistem kendali motor axis setelah retrofit

Pada skema diagram sistem kendali motor *spindle*, listrik arus bolak balik yang masuk (*power in*) langsung terhubung ke *drives* kemudian diubah menjadi arus searah dan dihubungkan ke motor DC *spindle*. Pada motor *spindle* terdapat *tacho* generator yang berfungsi memberikan sinyal umpan balik/*feedback* kepada *drives*. Poros motor spindle terhubung dengan rangkaian gigi transmisi pada rumah roda gigi/*gearbox*. Proses retrofit sistem kendali pada motor *axis* seperti terlihat pada gambar 10 yaitu dengan menggunakan sistem variabel *speed DC drives* untuk menggantikan sistem lama yaitu sistem motor-generator *operated drives*. Pada sistem

variabel *speed DC drives* tidak lagi menggunakan motor-generator sebagai sumber tenaga listrik untuk penggerak motor *axis* namun arus listrik tiga phase dari PLN diubah oleh DC *drives* menjadi arus searah DC sehingga dapat dihubungkan dengan motor *axis* yang merupakan motor DC *servo*.

Pengambilan data dilakukan sebanyak enam kali untuk mengetahui penggunaan daya listrik pada mesin *horizontal boring & milling* setelah dilakukan proses *retrofit* sistem kelistrikan khususnya pada sistem kendali. Data yang didapat dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 11. Data konsumsi daya listrik setelah retrofit

PEMBAHASAN

Dari hasil pengambilan data penggunaan daya listrik pada mesin *horizontal boring & milling* setelah dilakukan proses *retrofit* sistem kelistrikan khususnya sistem kendali motor *spindle* dan motor *axis* dapat dilihat adanya penurunan konsumsi daya listrik. Pengukuran yang dilakukan pada kondisi motor listrik yang bekerja yaitu motor *spindle*, motor *axis* Z, motor hidrolik dan motor *cooling fan* untuk *spindle*, dengan kondisi yang sama, hasil pengukuran jumlah penggunaan daya listrik dapat dibandingkan.⁽⁶⁾

Di bawah ini ditampilkan gambar proses pemesinan pada mesin *horizontal boring & milling*.

Gambar 12. Proses pemesinan pada mesin *horizontal boring & milling*.

Dari hasil pengukuran terhadap konsumsi daya listrik setelah dilakukan retrofit sistem kelistrikan khususnya sistem kendali, didapat penurunan konsumsi daya listrik per phase, hal ini diakibatkan dari perubahan sistem kendali yang asalnya dari sistem motor-generator *operated drives* menjadi sistem *variable speed DC drives*. Dari hasil pengukuran konsumsi daya listrik per phase didapat prosentase penurunan konsumsi daya listrik dari setiap phase. Penurunan daya listrik setelah dilakukan proses retrofit sistem kendali yaitu untuk (1) phase R penurunannya sebesar 30%; (2) phase S penurunan sebesar 29% dan (3) phase T penurunan sebesar 19%. Pada phase T penurunan daya listrik yang terjadi tidak sebesar pada phase R maupun S disebabkan adanya beberapa komponen listrik 1 phase yang terhubung ke phase T. Komponen listrik 1 phase yang terhubung pada phase T yaitu diantaranya, sistem lampu penerangan mesin, transformator untuk sistem DC eksitasi motor servo *spindle* dan servo *axis* serta transformator untuk *magnetic coupling*. Rata-rata Penurunan konsumsi daya listrik setelah dilakukan proses retrofit pada sistem kelistrikan lama khususnya pada sistem kendali motor *spindle* dan motor *axis* yaitu sebesar 21,5%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Bosch Rexroth yang menyatakan bahwa perubahan

motor-generator *operated drives* dengan sistem *variable speed DC drives* dapat menghemat energi hingga mencapai 50%.⁽⁷⁾

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian mengenai efisiensi energi pada mesin *horizontal boring & milling* yang terdapat di *workshop* pemesinan MIDC, dapat ditunjukkan bahwa setelah dilakukan proses retrofit pada sistem kendali, dapat dicapai penurunan konsumsi daya listrik total sebesar 21,5%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan syukur alhamdulillah kepada Allah SWT. Ucapan terima kasih kepada bapak Agus Supriatna, yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, bapak Ir. Hafid, MT. yang telah memberikan pengarahan pada saat penelitian, ibu Dewi Apriliani dan ibu Mila yang telah membantu pada saat penyusunan karya tulis ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosch Rexroth AG. 2008. *Energy Efficiency in Machine Tools*.
- Dietmair, A., Verla. 2009. *Energy Consumption Forecasting and Optimization for Tool Machines*, *Modern Machines Science Journal*.
- F. Draganescu, M. Gheorghe, C.V. Doicin, 2002. *Models of Machine Tools Efficiency and Specific Consumed Energy*, *Journal of Materials Processing Technology* 141 (2003) 9-15.
- Heidenhain. 2010. *Aspect of Energy Efficiency in Machine Tools*.
- Pegard S.A.. 1973. *Operation and Service Manual Book*. Belgium.
- S.K. Hajra Choudhury, A.K. Hajra Choudhury, Nirjhar Roy. 2006, *Element of Workshop Technology Vol. II Machine Tools*. Mumbai: Media Promoteurs & Publishers.
- Siemens. 2007. *Simoreg DC-Master, Operation Instruction*.