

## REVITALISASI MESIN BUBUT

Oleh :

Dedy Haryanto, Sagino, Riswan Djambiar  
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir

### ABSTRAK

**REVITALISASI MESIN BUBUT.** Mesin bubut pada awalnya dioperasikan secara manual. Untuk meningkatkan presisi produk yang dihasilkan maka mesin bubut dikembangkan menjadi otomatis dengan menambah dua buah motor servo. Kegiatan revitalisasi ini meliputi beberapa aspek yaitu mekanik, aspek rancang bangun catu daya dan kontrol serta aspek pemrograman. Pada aspek mekanik terdiri dari kegiatan rancang bangun *support* motor dan *ball screw*. Sedangkan aspek rancang bangun catu meliputi kegiatan perancangan dan penginstalasian catu daya. Aspek pemrograman meliputi kegiatan pemrograman sistem operasi dan pemrograman pengoperasian mesin untuk pembuatan benda kerja. Hasil uji coba menunjukkan bahwa gerakan mata bubut dapat dikontrol baik dalam arah radial maupun aksial dengan tingkat kepresisian hingga  $\pm 0,01$  mm menggunakan motor *servo* dan *software* Turbotek. Hal ini dapat dicapai karena satu putaran motor *servo* dibagi ke dalam 1200 pulsa dan setiap putaran mewakili lebar ulir poros sebesar 10 mm. Penggantian *screw* konvensional dengan *ball screw* juga memberikan efek yang menguntungkan karena *backlash* berada pada angka konstan 0,09 mm. Desain *support ball screw* disesuaikan dengan desain eretan pembawa sehingga mengakibatkan *ball screw* tidak terletak tepat ditengah *support*, dan hal tersebut tidak memberikan efek yang berarti.

Kata kunci : *support ball screw*, mesin bubut,

### ABSTRACT

**REVITALIZATION LATHES.** *The lathe machine was initially manually operated. To increase the precision of product, the lathe machine is developed to become automatic by adding two servo motors. This activity covers some aspects that are mechanic, design of power supply and control also programming. On the mechanical aspects consists of design activities the motor and ball screw supports. While the design aspect of the power supply includes the planning and installation of power supply. Programming aspects consists of programming activities include operating systems and programming operation of the machine for the manufacture of the workpiece. The test indicates that movement of the lathe blade can be controlled both in radial and axial directions with the accuracy of  $\pm 0,01$  mm by servo motor and software Turbotek. This is reachable because one rotation of the servo motor is divided into 1200 pulses and each rotation equals to 10 mm. The replacement of conventional screw by ballscrew also gives a profiting effect due to the constant backlash at 0.09 mm. Design of ball screw support tailored to the carrier sled design so that ball screw is not located right in the middle support and it does not provide a meaningful effect.*

*Key words: ball screw support, lathes*

### PENDAHULUAN

Tingkat presisi dan keakuratan yang baik sangat diperlukan dalam pembuatan komponen untuk menunjang kegiatan desain reaktor inovatif di Pusat Teknologi Keselamatan Reaktor dan Nuklir (PTRKN-BATAN). Saat ini untuk menghasilkan komponen dengan tingkat presisi yang baik tidak dapat dipenuhi dengan meng-

gunakan mesin bubut tipe ALPine-350 buatan Italia tahun 1987 yang tersedia di PTRKN dengan kondisi seperti sekarang. Hal tersebut dikarenakan adanya *backlash* akibat pemakaian poros berulir dan pengoperasian secara manual yang rentan dengan kesalahan operasi (*human error*) sehingga perlu dilakukan revitalisasi pada mesin bubut untuk meningkatkan kinerja

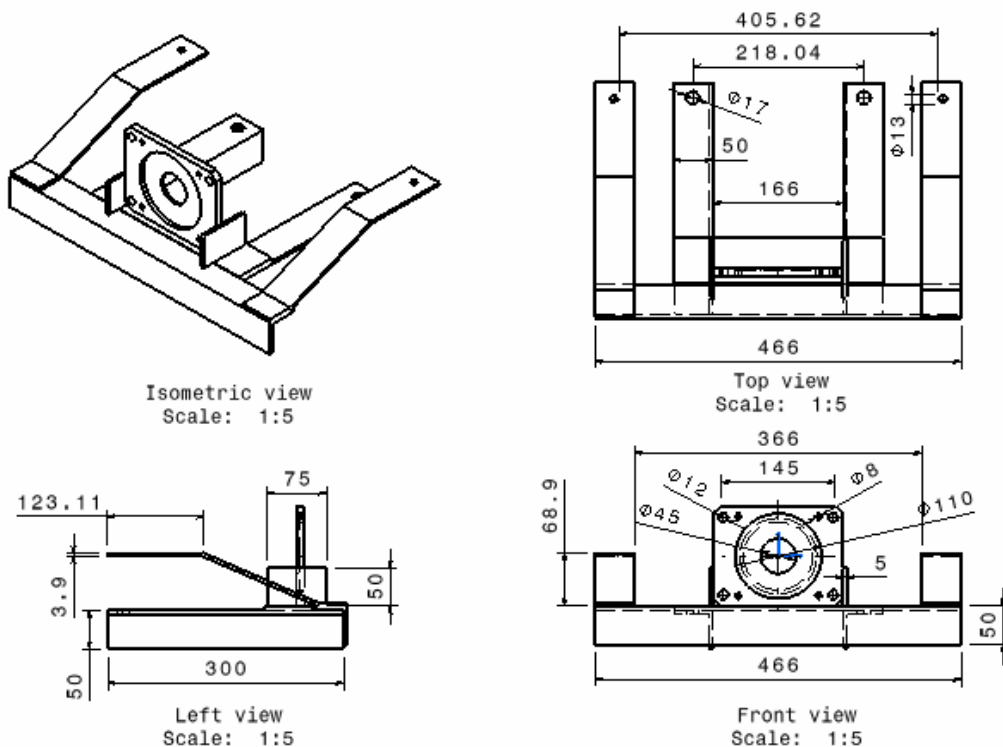
mesin tersebut. Kegiatan revitalisasi yang dilakukan meliputi penggantian poros berulir trapezium dengan *ball screw* bertipe *Hiwin Rolled Ball Screw R25-5T3-FSI-2150-2282-0,05-SW* [1] yang bertujuan untuk menghilangkan *backlash* sehingga dapat diperoleh hasil pembubutan dengan tingkat presisi yang tinggi, serta memodifikasi mesin bubut dengan menambahkan sistem pengoperasian secara otomatis berbasis CNC (*Computer Numeric Controller*) menggunakan motor *servo* bertipe SE11D 1,1 kW dan SE06M 0,6 kW [2] sebagai penggerak eretan.

Pembuatan desain mekanik meliputi desain *support motor servo* dan desain *support ball screw* yang dilanjutkan dengan pabrikasi serta pemasangannya pada mesin bubut. Pengujian kekuatan mekanik secara simulasi pada *support ball screw* perlu dilakukan untuk menjamin *ball screw* dapat berfungsi dengan baik

sebagai transmisi penggerak eretan. Sistem pengoperasian berbasis CNC yang diaplikasikan pada mesin bubut menggunakan *software* *Turbotek*, dimana *software* ini mencakup sistem pengoperasian berdasarkan PLC (*Programmable Logic Controller*) dan pembacaan *G-Code* untuk mengoperasikan motor servo sebagai penggerak eretan. Rancang bangun catu daya dan rangkaian kontrol pada komponen-komponen instrumentasi dilakukan untuk menunjang beroperasinya sistem otomatisasi mesin bubut.

### DESKRIPSI RANCANGAN

Revitalisasi mesin bubut dengan memodifikasi bagian mekanik dan elektrik meliputi pembuatan desain, pabrikasi dan instalasi bagian-bagian mekanik dan elektrik yang akan diaplikasikan pada mesin tersebut. Desain mekanik meliputi [3] :



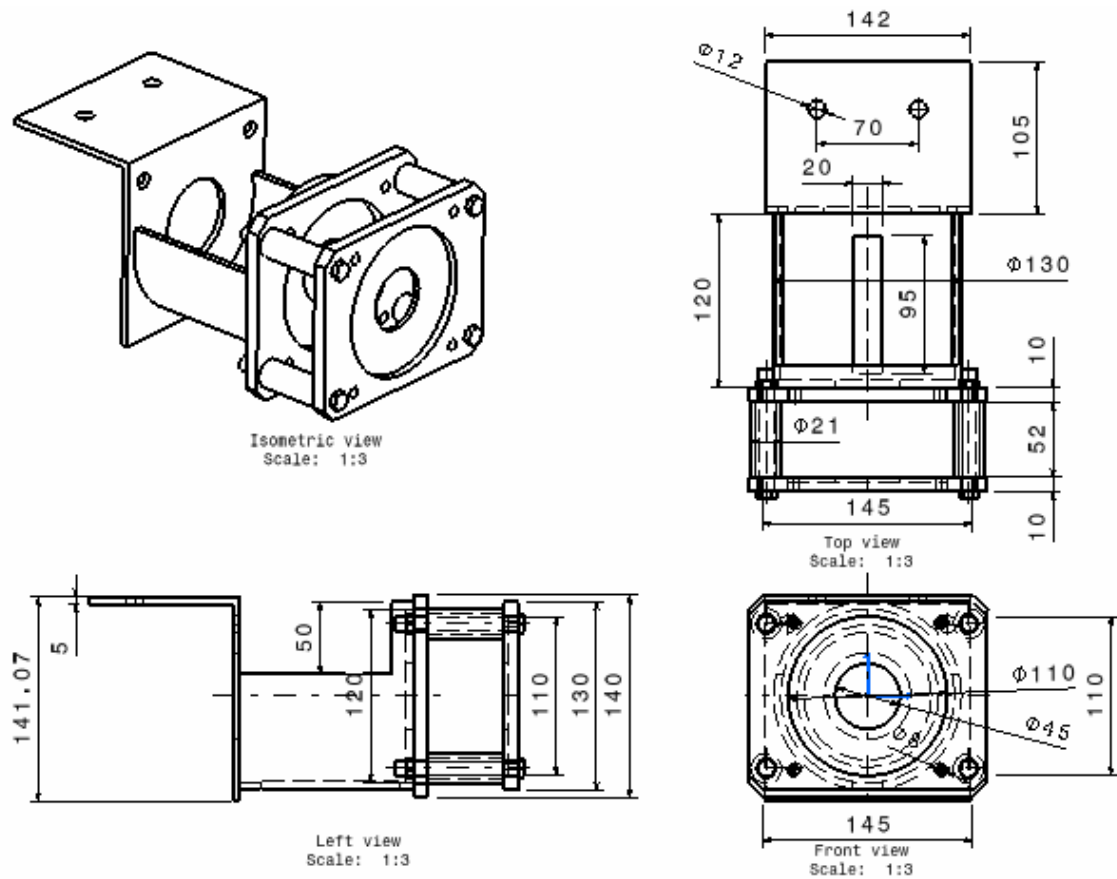
Gambar 1. Desain *support motor servo* eretan lintang

### Desain *support motor servo* eretan pembawa

*Support motor servo* eretan pembawa bermaterial *Carbon Steel* pipa berdiameter 120 mm dengan tebal 5 mm dan *Carbon Steel Plat* tebal 5 mm. *Support* ini didesain untuk dapat

terpasang pada ujung kanan mesin bubut.

Desain *support motor servo* eretan pembawa, ditunjukkan seperti pada Gambar2.

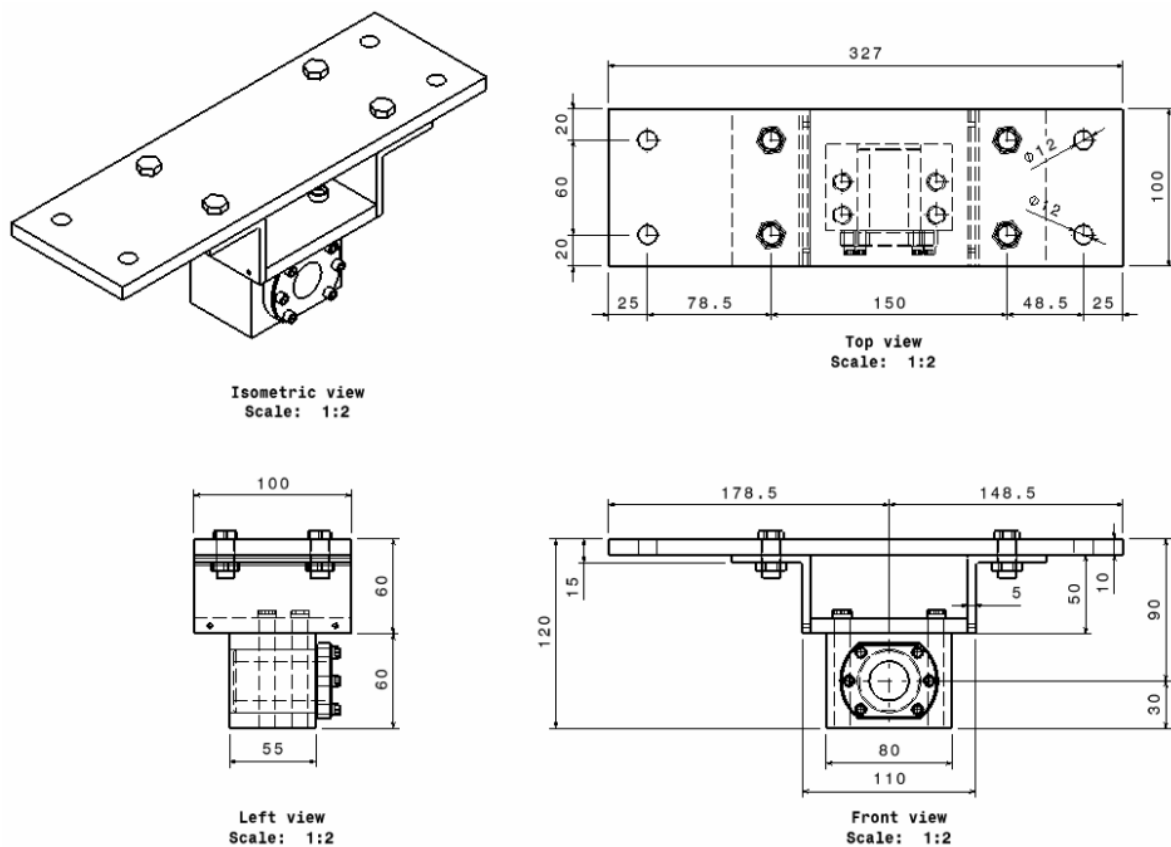


Gambar 2. Desain *support motor servo* eretan pembawa

### Desain *support ball screw*

*Support ball screw* bermaterial *Carbon Steel Plat* tebal 5 mm. *Support* ini didesain terpasang pada eretan pembawa mesin bubut. Pengujian kekuatan mekanik pada desain *support ini* telah dilakukan. Hasil pengujian secara simulasi yang telah dilakukan menggunakan software CATIA Versi 5 Release 19 mendapatkan *translational displacement* terbesar pada *support* sebesar 0,0184 mm dan

Tegangan mekanik terbesar pada *support* sebesar  $9,71 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Tegangan mekanik yang terjadi pada *support ball screw* masih lebih kecil jika dibandingkan dengan *yield strength* bahan *Carbon Steel AISI 1040*  $3,53 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  dan masih berada didaerah elastis material tersebut. Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan maka desain *support ball screw* dapat digunakan sebagai acuan untuk pabriksi<sup>[4]</sup>.



Gambar 3. Desain *support ball screw*

### Desain pemasangan *support ball screw*

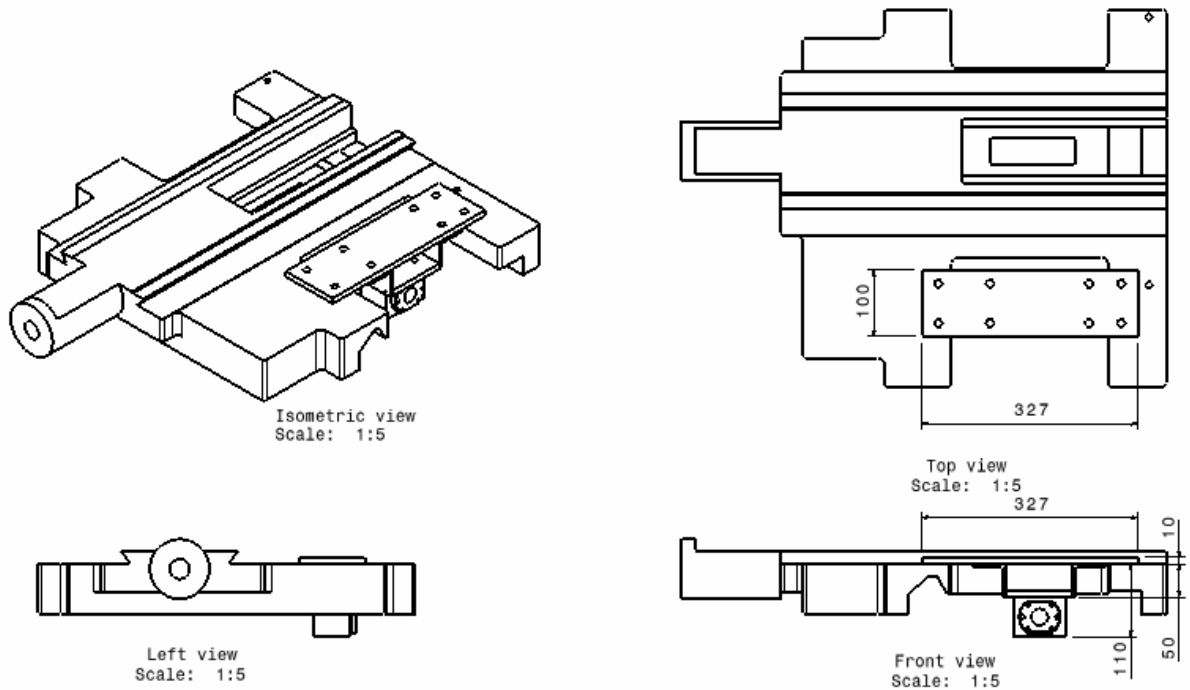
Pemasangan *support ball screw* diletakkan pada eretan pembawa dimana pada pemasangan ini sangat memperhatikan kerataan level *ball screw*. Desain pemasangan *support ball screw*, ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

Desain catu daya dan rangkaian kontrol <sup>[5]</sup> adalah

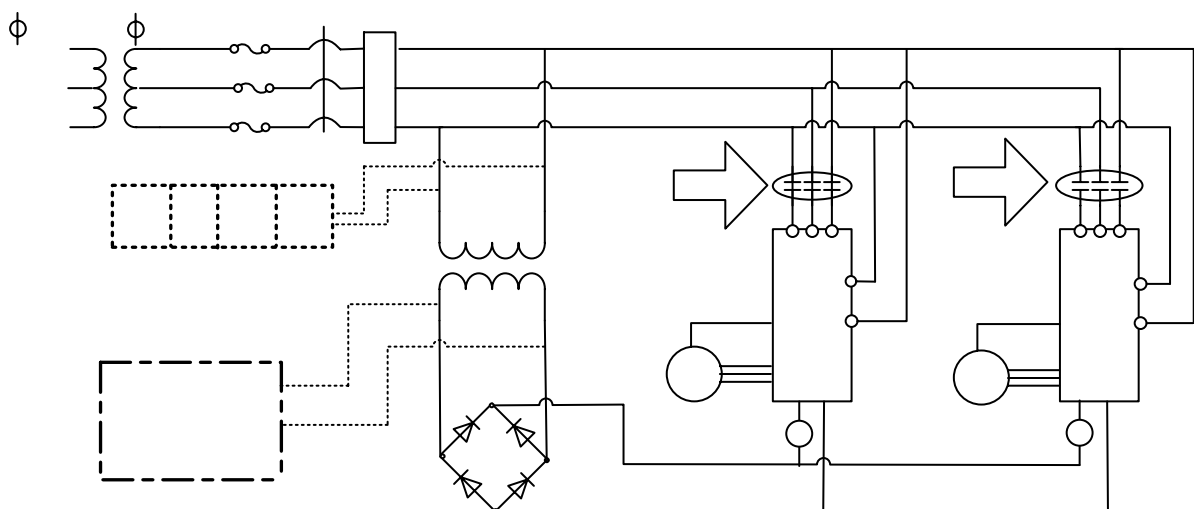
sebagai berikut :

### Desain catu daya

Catu daya menggunakan tegangan AC 220 volt dan 24 volt, serta tegangan DC 24 volt. Desain sistem catu daya otomatis mesin bubut, ditunjukkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Desain pemasangan *support ball screw*



Gambar 5. Desain sistem catu daya otomatis mesin bubut  
Catu daya diperlukan oleh komponen-komponen pada panel kontrol dan motor servo sebagai penggerak eretan mesin bubut.

### Desain rangkaian kontrol

Disain rangkaian kontrol seperti terlihat pada Gambar 6, merupakan prinsip kerja kontrol pada otomasi mesin bubut tipe Alpine-350. Unjuk kerja sistem kontrol otomasi mesin bubut ini adalah sebagai berikut;

Apabila tombol ON (*normally open*) ditekan, maka pada koil *start* akan mendapatkan arus yang mengakibatkan *coil start* terjadi medan magnet kemudian akan menarik tuas pada *start M1* dan *start M2* bersamaan, dan arus listrik mengalir pada kontaktor *servo X* dan *servo Y*. Ry1, Ry2 dan MCX, MCY menutup sehingga jika tombol ON dilepas *servo X* dan *servo Y* masih tetap dialiri arus.

Apabila tombol OFF ditekan, maka arus yang melalui *servo X* dan *servo Y* terputus seketika itu juga MCX dan MCY terbuka. Akibatnya *servo X* dan *Y* tetap tidak berfungsi walaupun tombol OFF dilepas.

Apabila salah satu dari kedua motor *servo* mengalami gangguan (terjadi *error*) maka *servo* akan membuka saklar Ry1 pada motor *servo X* atau saklar Ry2 pada motor *servo Y* tergantung motor mana yang mengalami gangguan yang mengakibatkan motor yang mengalami gangguan berhenti.

### TATA KERJA

Kegiatan revitalisasi mesin bubut ini meliputi tiga aspek yaitu mekanik, rancang bangun catu daya dan control serta pemrograman menggunakan *software* Turbotek. Dalam setiap aspek, kegiatan diawali dengan desain yang terdiri dari desain konsep, desain awal dan akhirnya desain rinci. Dengan

mengacu pada desain rinci, kegiatan berlanjut pada tahap pengujian secara simulasi, konstruksi atau fabrikasi. Selanjutnya dilakukan uji coba dan karakterisasi hasil otomasi mesin bubut.

Aspek mekanik meliputi penggantian ulir konvensional arah radial dan aksial dengan *ballscrew* serta pemasangan motor servo. Aspek rancang bangun catu daya meliputi penyediaan instalasi catu daya dan sistem kontrol. Sedangkan pemrograman meliputi pembuatan program pengoperasian menggunakan *software* Turbotek berupa ladder PLC dan pendukungnya sehingga pengoperasian mesin bubut menjadi ergonomis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aspek Mekanik

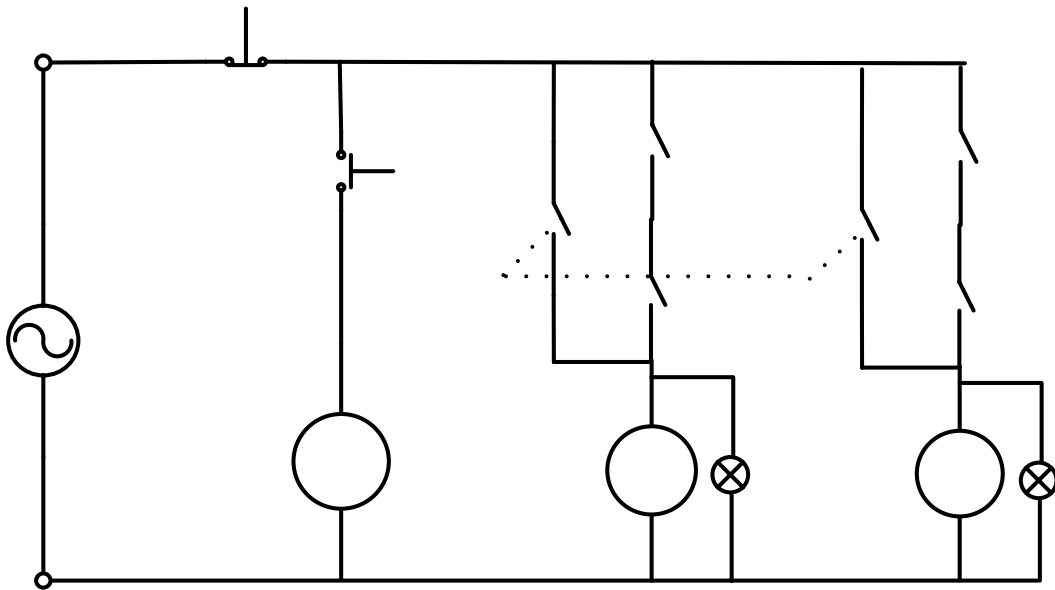
#### *Pemasangan ball screw*

Kegiatan diawali dengan membongkar dan mengevaluasi struktur lama dalam rangka mempelajari kemungkinan pemasangan *ball screw* sebagai transmisi penggerak eretan. Pada model lama, struktur hanya terdiri dari as berulir dan mur yang menempel pada eretan pembawa. Ketika engkol diputar maka meja bergerak dalam arah aksial dengan bertumpu pada gigi trapesium meja statis. Penggunaan *ball screw* memerlukan support sehingga *ball screw* dapat berfungsi dengan baik, support tersebut terdiri dari support *bearing* pada kedua ujung dan support yang menopang *nut ball screw*. *Support ball screw* dipasang pada eretan pembawa sehingga desainnya mengacu pada eretan pembawa. Saat pemasangan *ball screw* tidak diperkenankan terjadi kemiringan karena hal tersebut dapat mengakibatkan kemacetan sehingga eretan pembawa tidak dapat bergeser.

### Pemasangan motor servo

Motor *servo* arah aksial dipasang pada bagian ujung meja statis mesin bubut, sebagai penghubung antara motor *servo* dengan *ball screw* menggunakan kopling fleksibel. Sistem *support* motor *servo* arah aksial ditunjukkan dalam Gambar 7.

Mengingat gerakan manual masih diperlukan, maka pemasangan motor *servo* arah radial dilakukan pada ujung belakang. Dengan demikian, engkol penggerak manual tidak perlu dirombak. Sistem *support* *servo* arah radial ditunjukkan dalam



Gambar 6. Rangkaian sistem kontrol

off



Gambar 7. *support* motor *servo* arah aksial  
AC

24 volt



Gambar 8. *support* *servo* arah radial

start

### **Aspek catu daya dan kontrol**

Secara umum, sistem kelistrikan membutuhkan beberapa sumber tegangan: 3x220VAC, 220VAC, 24 VAC, dan 24 VDC. Sumber listrik yang tersedia adalah 3x380VAC. Sebuah transformator step down digunakan untuk menurunkan tegangan menjadi 3x220 VAC. Dari salah satu phase tersebut dapat digunakan sebagai sumber 220 VAC. Untuk mendapatkan 24 VAC digunakan trafo *step down* dan 24 VDC

diperoleh dengan menambahkan komponen diode.

Dalam kegiatan rancang bangun catu daya dan kontrol pada otomasi mesin bubut tipe Alpine-350, langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan gambar untuk merencanakan penempatan komponen-komponen yang akan dipasang pada panel kontrol. Sistem penempatan komponen pada panel, ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9. Sistem penempatan komponen pada Panel**

Langkah-langkah kegiatan yang dilakukan saat pemasangan komponen pada panel kontrol dalam penginstalasian adalah sebagai berikut; Pemasangan *servo drive* untuk motor X (arah radial) dan motor Y (arah aksial). Pemasangan kontaktor catu daya utama dan kontaktor *servo drive*. Pemasangan terminal kabel power, terminal data dan sekering.

#### **Pemasangan trafo *step down* Pemasangan perangkat PLC**

Setelah komponen-komponen tersebut terpasang dengan benar, dilanjutkan dengan kegiatan pengkabelan atau penginstalasian

sehingga seluruh komponen tersebut terhubung sesuai dengan yang direncanakan.

Sistem instrumentasi terdiri dari tiga bagian utama: *driver motor*, PLC dan pemroses data. *Driver motor* berfungsi untuk mengontrol gerakan motor *servo*. *Driver motor* ini diatur oleh PLC yang terdiri dari modul *base*, modul *input*, modul *output*, dan modul posisi. Modul *input* berfungsi untuk memungkinkan pada operator memasukkan input seperti tombol *emergency*, *start*, *stop*, *limit switch*, dan lain-lain. Modul *output* dipersiapkan untuk

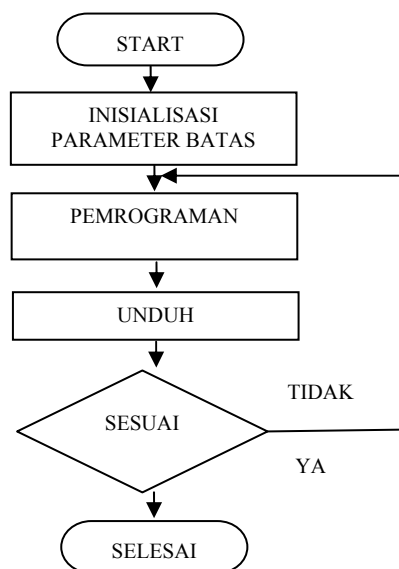


memberikan perintah atau informasi ke komponen lain seperti lampu *tower*, *spindle*, *servo-on*, dll. Bagian pemroses data berupa CPU dengan layar sentuh untuk memasukkan data dan layar yang berfungsi sebagai *display*.

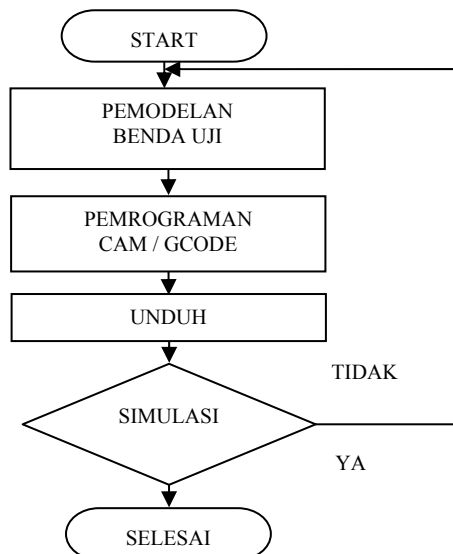
#### **Aspek pemrograman**

Karena *driver motor servo* diatur oleh *software Turbotek* maka pemrograman ladder PLC harus disediakan. Dalam ladder ini harus disediakan fasilitas-fasilitas dasar seperti tombol *emergency*, lampu *tower*, gerakan dalam arah aksial, gerakan dalam arah radial ataupun

gerakan miring yang melibatkan gerakan sekaligus aksial dan radial. Eksekusi program ladder PLC dapat dilakukan dengan dua cara: langsung dengan memberikan masukan pada ladder atau menggunakan *software Turbotek*. Dimana selain berisi PLC, *software Turbotek* juga dapat membaca *G-Code* sebagai data masukkan yang dapat diketikkan pada layar sentuh atau di *load*-kan pada CPU. Diagram alir pemrograman dan diagram alir pengoperasian mesin bubut, ditunjukkan seperti pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Diagram alir pemrograman



Gambar 11. Diagram alir pengoperasian mesin bubut

Dengan terselesaikannya ketiga aspek menggunakan layar sentuh untuk pengoperasian dalam kegiatan revitalisasi mesin bubut, maka mesin tersebut. Mesin bubut berbasis CNC, mesin bubut dapat beroperasi berbasis CNC ditunjukkan seperti pada Gambar 12.



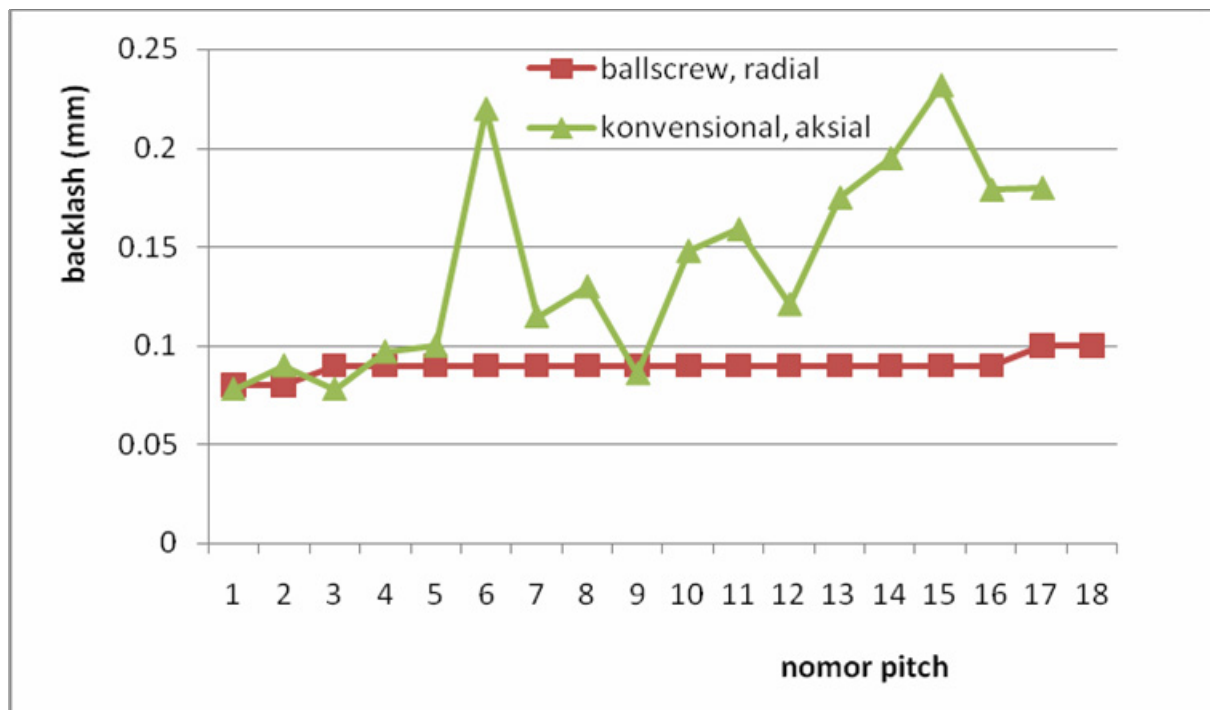
**Gambar 12. Mesin bubut berbasis CNC**

### ***Uji Coba dan Evaluasi***

Setelah konstruksi mekanik, catu daya dan control serta pemrograman selesai dilakukan, maka mesin bubut hasil modifikasi diujicoba. Gerakan arah aksial dan arah radial telah dipandu menggunakan *ballscrew* dengan peng-

gerak motor *servo* dan *software* Turbotek. Dengan telah terpasangnya motor *servo* maka kepresisian mesin bubut berhasil ditingkatkan. Ketika masih manual tingkat kepresisian pembubutan berada pada  $\pm 0.1$  mm dalam arah radial dan  $\pm 0.05$  mm dalam arah aksial.

Karakterisasi *backlash* seperti yang telah dilakukan dengan menggunakan *dial indicator*. Pengukuran dilakukan untuk setiap *pitch*. Prosedur pengukuran dilaksanakan dengan menggerakkan motor sehingga mata bubut berada pada lokasi titik ujung. *Dial indicator* dipasang dan diatur sehingga jarum menunjuk pada titik nol. Kemudian motor digerakkan maju sebanyak 100 pulsa dan kemudian kembali diberikan 100 pulsa namun dalam arah mundur. Ternyata *dial indicator* tidak kembali ke titik nol. Selisih pada *dial indicator* inilah yang menunjukkan besarnya *backlash*. Idealnya, apabila tidak ada *backlash* maka *dial indicator* menunjuk kembali ke titik nol. Pengukuran kembali dilakukan di titik berikut dengan memajukan as putar hingga satu *pitch* atau satu kali putaran. Hasil pengukuran *backlash* baik pada *screw* konvensional arah aksial maupun pada *ball screw* arah radial ditunjukkan dalam Gambar 13.



**Gambar 13.** Hasil pengukuran *backlash*

Dari hasil pengukuran *backlash* menunjukkan bahwa, efek *backlash* masih ada namun berada pada angka konstan 0,09 mm. Namun, *backlash* pada *screw* konvensional tidak konstan bervariasi dari 0,07 hingga 0,23 mm. *Backlash* yang konstan pada *ballscrew* ini memberikan prospek karena dapat dihilangkan dengan memberikan kompensasi *backlash* pada pemrograman. Namun hingga saat ini, kompensasi *backlash* belum dapat dilakukan dan akan dilakukan di masa mendatang. Sedangkan untuk *screw* konvensional, kompensasi *backlash* sangat sulit dilakukan karena *backlash* tidak konstan di sepanjang *screw* tersebut.

## KESIMPULAN

Kegiatan otomatisasi mesin bubut telah dilakukan dengan menambah dua buah motor servo dan mengganti *screw* konvensional aksial dan arah radial dengan *ballscrew*. Gerakan motor servo dikendalikan oleh komputer menggunakan *software* Turbotek. Hasil uji coba menunjukkan bahwa gerakan mata bubut dapat dikontrol baik dalam arah radial maupun aksial dengan tingkat kepresisian hingga  $\pm 0,01$  mm. Hal ini dapat dicapai karena satu putaran motor servo dibagi ke dalam 1200 pulsa dan setiap putaran mewakili lebar ulir poros sebesar 10 mm. Penggantian *screw* konvensional arah radial dengan *ballscrew* juga memberikan efek yang menguntungkan karena *backlash* berada pada angka konstan 0,09 mm.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Agus Nur Rachman dan Edy Sumarno yang telah membantu dalam kegiatan revitalisasi mesin bubut sehingga kegiatan tersebut dapat berlangsung sesuai dengan yang direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. HIWIN, Ballscrews Technical Information, HIWIN TECHNOLOGIES CORP., Taiwan, 2007
2. MECAPION User Manual (APDS-VS Standard Series) Ver 3.6, MECAPION, 2007
3. Sagino dkk, Modifikasi Sisi Mekanik Pada Revitalisasi Mesin Bubut Tipe Al-Pine 350, belum dipublikasikan
4. Dedy Haryanto dkk, Pengujian Kekuatan Mekanik Disain *Support Ball Screw* Pada Otomatisasi Mesin Bubut, belum dipublikasikan
5. Riswan Djambiar dkk, Rancangan Instalasi Listrik Pada Otomasi Mesin Bubut Tipe Al-Pine 350 Menggunakan CNC, belum dipublikasikan.