

## PENGUJIAN KEKUATAN MEKANIK DISAIN *SUPPORT BALL SCREW* PADA OTOMATISASI MESIN BUBUT

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

### ABSTRAK

**PENGUJIAN KEKUATAN MEKANIK DISAIN *SUPPORT BALL SCREW* PADA OTOMATISASI MESIN BUBUT.** Pengujian kekuatan mekanik pada desain *support ball screw* perlu dilakukan sebelum dilakukan pabrikan terhadap desain tersebut. Penggunaan *support* ini untuk mendukung digunakannya *ball screw* yang bertujuan untuk menghilangkan *backlash* yang lazim terjadi pada ulir trapesium. Dengan tidak adanya *backlash* maka kepresisian mesin akan dapat ditingkatkan. Desain *support ball screw* disesuaikan dengan desain eretan pembawa sehingga mengakibatkan *ball screw* tidak terletak tepat ditengah *support*. 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 di daerah elastis material tersebut. Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan maka desain *support ball screw* dapat digunakan sebagai acuan untuk pabrikan.

**Kata kunci :** support ball screw, mesin bubut, tegangan mekanik, translational displacement.

### ABSTRACT

**TESTING OF THE MECHANICAL STRENGTH FOR DESIGN OF BALL SCREW SUPPORT LATHES AUTOMATIZATION.** Testing mechanical strength on ball screw support design needs to be done before any fabrication of the design. Use of this support to support the use of ball screw which aims to eliminate the backlash that commonly occur in trapezoidal screw. With the loss of the backlash the precision of machine will be increased. Design of ball screw support tailored to the carrier sled design so that ball screw is not located right in the middle support. The results of simulation testing has been done using the software CATIA Version 5 Release 19 of the largest gain in support of translational displacement of 0.0184 mm and the largest mechanical stresses the support of  $9.71 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Stress happens to the ball screw support smaller when compared with the yield strength of material Carbon Steel AISI 1040  $3.53 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  and are still in the area of elastic material. Based on the results of testing that has been obtained so the design of ball screw support can used as a reference for manufacturing.

**Key words:** ball screw support, lathes, mechanical stresses, translational displacement

### PENDAHULUAN

Mesin bubut sebagai sarana pendukung untuk pembuatan komponen dan sampel uji dalam kegiatan penelitian memerlukan kepresisian dan keakuratan. Saat ini untuk menghasilkan komponen dengan tingkat presisi yang baik tidak dapat dipenuhi dengan menggunakan mesin bubut tipe AlPine-350 buatan Italia tahun 1987 dengan kondisi seperti sekarang. Hal tersebut dikarenakan adanya *backlash* akibat pemakaian poros trapesium berulir

dan pengoperasian secara manual yang rentan dengan kesalahan operasi (*human error*). Oleh karena itu perlu dilakukan revitalisasi pada mesin bubut untuk meningkatkan kinerja mesin tersebut.

Kegiatan revitalisasi yang dilakukan meliputi pemasangan *ball screw* 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

atau berbasis CNC (*Computer Numeric Controller*).

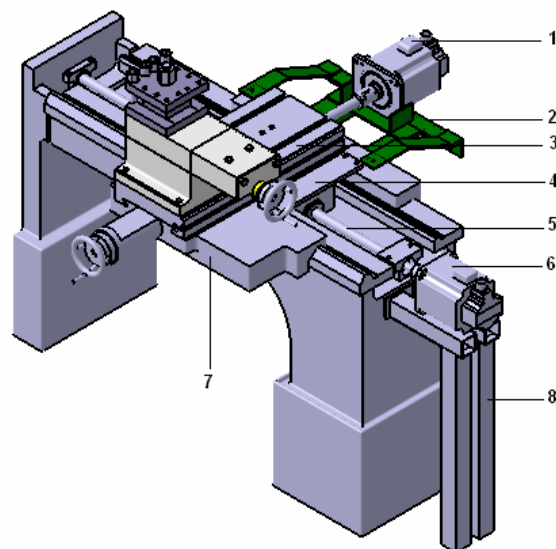
*Ball screw* digunakan sebagai transmisi untuk menggerakkan eretan pembawa ketika mesin bubut dioperasikan berbasis CNC, untuk itu diperlukan sebuah *support* untuk pemasangannya pada mesin bubut. *Support* terbuat dari material Carbon Steel AISI 1040 dan harus mampu menahan beban gaya tarikan minimal sebesar 1000 Newton yang merupakan besar gaya minimum yang diperlukan untuk menggeser eretan pembawa. Perkiraan kekuatan mekanik dari desain *support ball screw* dapat dilakukan melalui pengujian secara simulasi dengan menggunakan *software* CATIA Versi 5 Release 19.

Makalah ini membahas tentang pengujian kekuatan mekanik terhadap desain *support ball screw*. Pengujian yang dilakukan secara simulasi akan mendapatkan data tegangan mekanik dan *translational displacement* terbesar pada desain tersebut. Dengan membandingkan besaran tegangan mekanik terhadap *yield strength* material AISI 1040, melalui simulasi ini dapat ditentukan kelayakan dari desain *support ball screw*. Desain dapat diuji apakah memenuhi persyaratan sehingga dapat diaplikasikan pada mesin bubut tipe Al-Pine 350. Pembuatan gambar teknik desain mengacu pada buku panduan teknik Menggambar Mesin Menurut Standar ISO <sup>[1]</sup>. Pembuatan model 3-dimensi dan pengujian secara simulasi menggunakan *software* CATIA Versi 5 release 19 <sup>[2]</sup>.

### DESKRIPSI RANCANGAN

Kegiatan revitalisasi mesin bubut tipe Al-Pine 350 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu modifikasi di sisi mekanik dengan menambahkan *ball screw*, di sisi elektrik dengan menambahkan motor servo dan di sisi instrumentasi dengan menambahkan PLC (*Programmable Logic Controll*) beserta pemrogramannya untuk mengoperasikan motor servo. Penambahan *ball screw* bertujuan untuk meningkatkan kepresisian mesin, karena dengan adanya *ball screw*

dapat menghilangkan *backlash* yang terjadi pada ulir trapesium. Sedangkan motor servo digunakan sebagai penggerak eretan untuk pembuatan benda kerja dengan menggunakan *ball screw* sebagai transmisi. Pemrograman menggunakan *software* Turbotek berfungsi untuk mengoperasikan motor sebagai penggerak eretan mesin melalui PLC. Desain revitalisasi mesin bubut dengan cara memodifikasi mesin bubut seperti terlihat pada Gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Revitalisasi mesin bubut**

Keterangan :

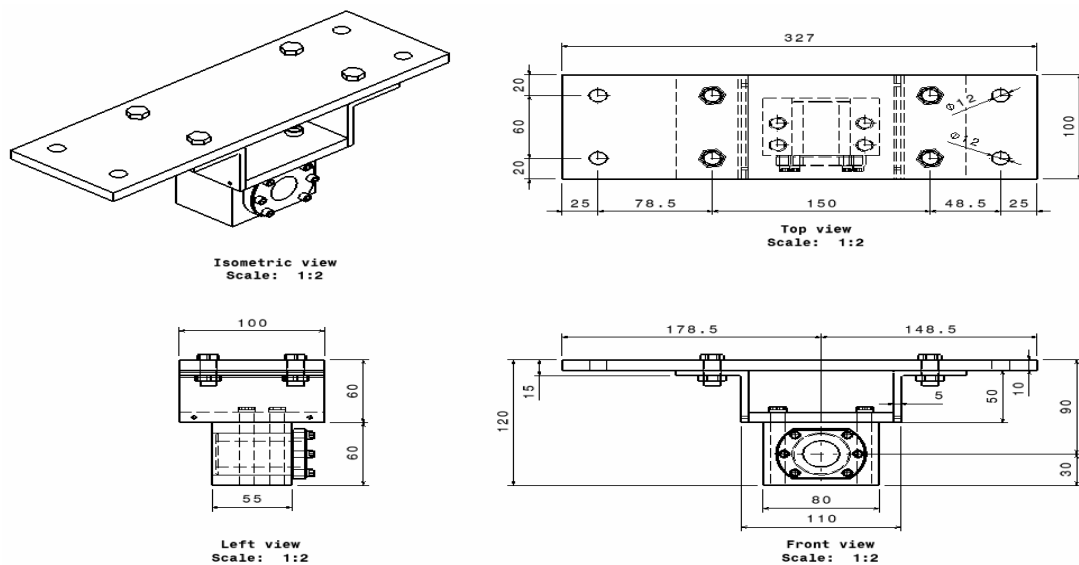
1.	Motor servo	5.	<i>Ball screw</i>
2.	<i>Support</i> motor servo	6.	Motor servo
3.	Eretan lintang	7.	Eretan pembawa
4.	<i>Support ball screw</i>	8.	<i>Support</i> motor servo

Penambahan *ball screw* pada mesin bubut memerlukan sebuah *support* sehingga *ball screw* dapat terpasang dan berfungsi dengan baik. Desain *support* tersebut terlihat pada Gambar 2 material yang digunakan adalah Carbon Steel AISI 1040 dengan data sebagai berikut <sup>[3]</sup> :

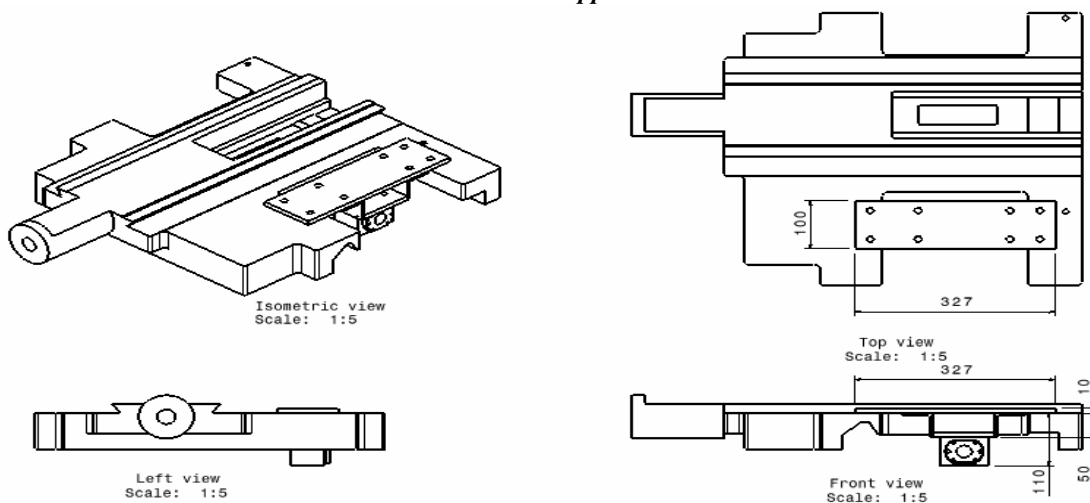
Komposisi : C 0,37 – 0,44 %, Mn 0,60 – 0,90 %, P 0,04 % (maksimum), S 0,05 % (maksimum)  
Sifat mekanik

Rancangan *support ball screw* yang akan dipasang pada eretan pembawa terlihat pada Gambar 3. Pemasangan *ball screw* tidak boleh miring karena hal tersebut dapat menimbulkan kemacetan yang mengakibatkan eretan pembawa tidak dapat bergeser.

Density (x 1000 kg/m <sup>3</sup> )	=	7,845
Poisson's Ratio	=	0,27 – 0,30
Elastic Modulus (GPa)	=	190 – 210
Tensile Strength (MPa)	=	518,8
Yield Strength (MPa)	=	353,4
Elongation (%)	=	30,2
Reduction in Area (%)	=	57,2
Hardness (HB)	=	149
Impact Strength (J)	=	44,3
Thermal Expansion (10 <sup>-6</sup> / C)	=	13,6
Electric Resistivity (10 <sup>-9</sup> Wm)	=	171



Gambar 2. Desain *support ball screw*



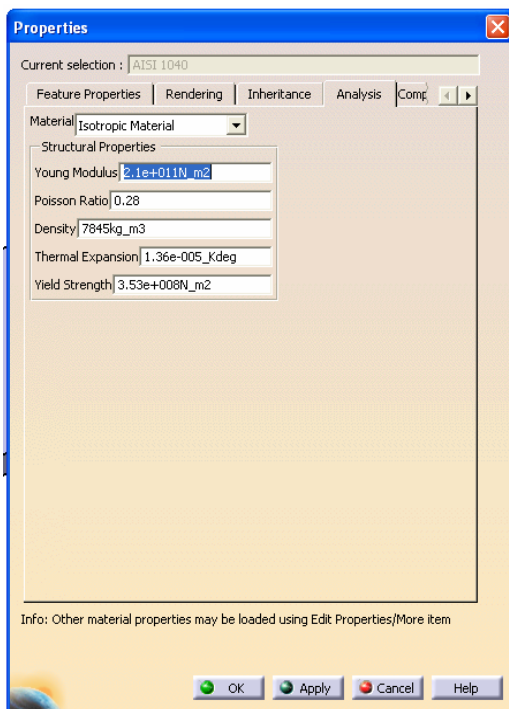
Gambar 3. Pemasangan *support ball screw* pada eretan pembawa

## TATA KERJA

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan pengujian kekuatan mekanik secara simulasi pada *support ball screw* adalah sebagai berikut ;

### Pembuatan model 3-dimensi

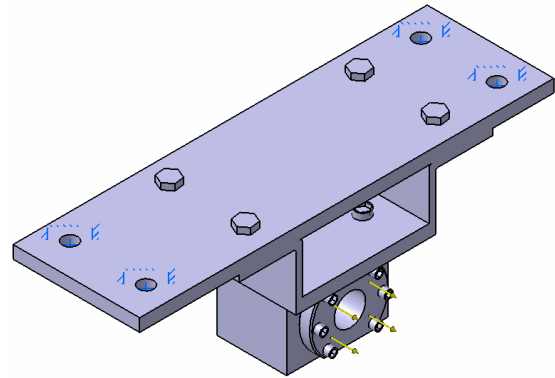
Dalam tahapan ini model *support ball screw* dibuat menggunakan *software* CATIA V5 R19. Model dibuat dalam bentuk 3-dimensi sehingga pengujian dapat dilakukan terhadap model tersebut. Model *support ball screw* dilengkapi dengan *mechanical properties* dan *thermal properties* dari bahan yang digunakan sebagai data masukan dalam program seperti terlihat pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4. Data masukan sifat-sifat mekanis bahan dalam model simulasi pemrograman**

### Pembebanan

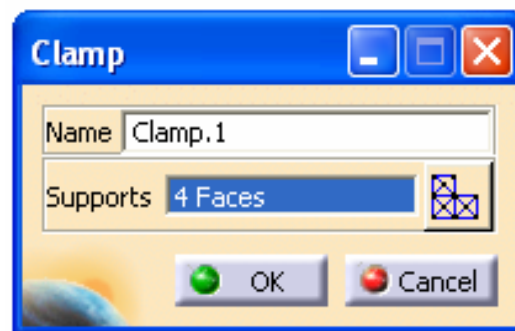
Data pembebanan berupa gaya tarikan sebesar 1000 Newton arah sumbu y positif terlihat pada Gambar 5, mensimulasikan beban berupa gaya tarik dan dorong yang dialami oleh *support ball screw*. Gaya sebesar 1000 Newton merupakan gaya minimal yang diperlukan untuk menggeser eretan pembawa.



**Gambar 5. Data masukan beban berupa gaya dengan arah sumbu y positif**

### Restrain

Restrain menggunakan *clamp* sebanyak 4 buah, mensimulasikan 4 buah murbaut yang melekatkan *support ball screw* pada eretan pembawa. Restrain harus diberikan pada model 3-dimensi karena tanpa adanya restrain maka pengujian secara simulasi tidak dapat dilakukan.

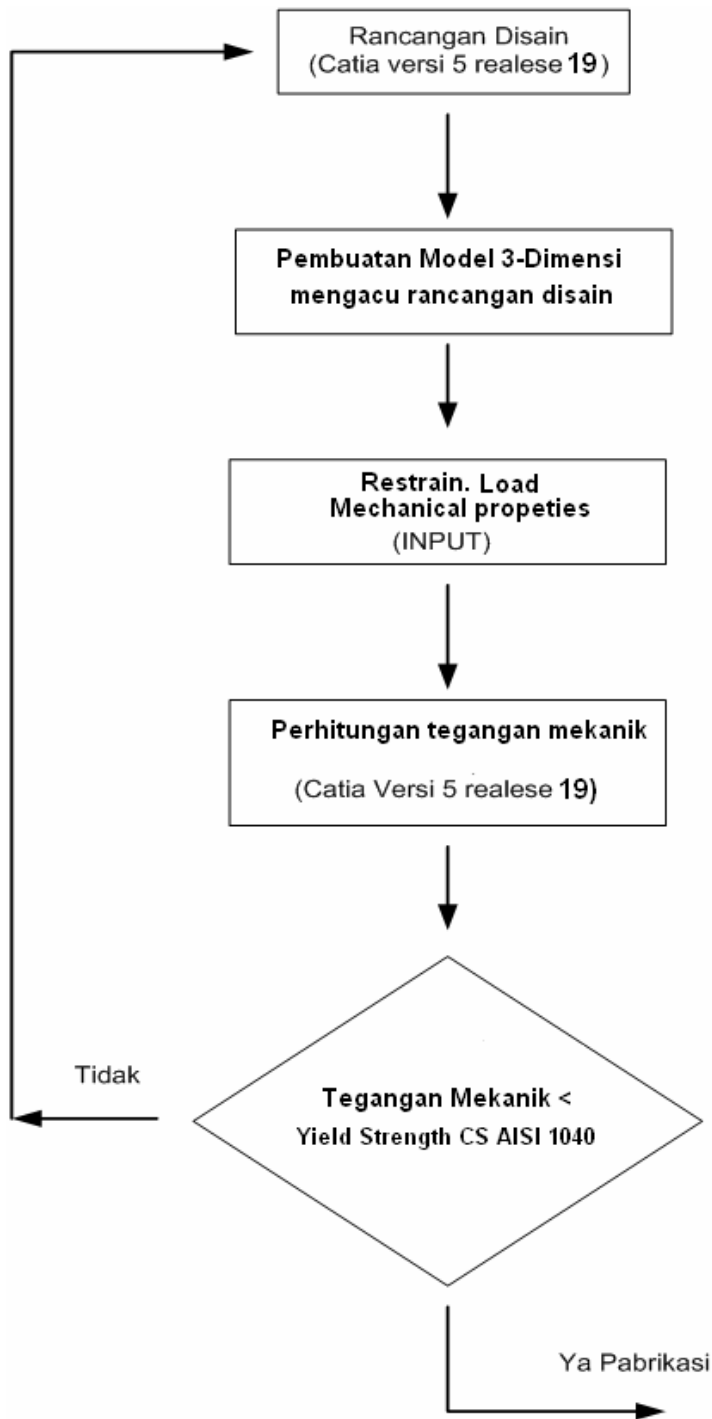


**Gambar 6. Data masukan restrain berupa clamp**

### Pengujian tegangan mekanik.

Menggunakan model 3-dimensi yang telah diperoleh mengacu dari desain *support ball screw*, dengan asumsi saat *support ball screw* dikenai beban gaya tarikan sebesar 1000 Newton dilakukan pengujian secara simulasi untuk mengetahui besaran tegangan mekanik yang terjadi. Besaran tersebut dibandingkan dengan kekuatan material yang digunakan sehingga dapat diketahui kekuatan mekanik dan keamanan *support ball screw* ketika digunakan.

Diagram alir pengujian kekuatan mekanik *support ball screw* ditunjukkan seperti pada Gambar



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian kekuatan mekanik *support ball screw*

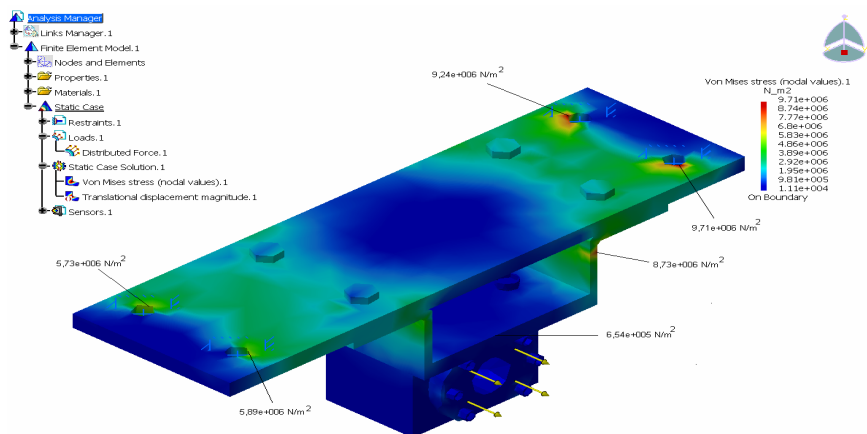
Pengujian kekuatan mekanik secara simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* CATIA versi 5 realese 19. Data masukan *software* CATIA adalah beban berupa gaya arah sumbu y positif sebesar 1000 Newton, *mechanical properties* material Carbon steel AISI 1040 terdiri dari *young modulus*  $2,1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , *poission ratio* 0,28, density  $7845 \text{ kg/m}^3$ , *thermal expansion*  $1,36 \times 10^{-5} \text{ K}$  dan *yield strength*  $3,53 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Data masukan lain yang diperlukan adalah *restrain* berupa *clamp* sebanyak 4 buah pada ke empat lubang mur. Hasil pengujian secara simulasi adalah sebagai berikut :

### Tegangan mekanik pada *support ball screw*

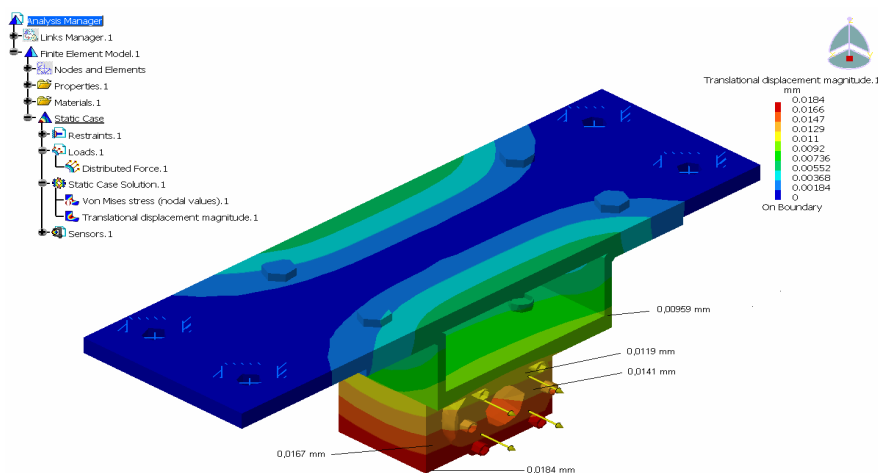
Distribusi tegangan mekanik di sepanjang permukaan *support* diperlihatkan dalam Gambar 8 di bawah ini. Tegangan mekanik terbesar terjadi pada 2 buah lubang *support* sebelah kanan yang terikat dengan eretan pembawa mesin bubut, yaitu sebesar  $9,71 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  pada lubang kanan depan dan sebesar  $9,24 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  pada lubang kanan belakang.

### *Translational displacement* pada *support ball screw*

Distribusi *translational displacement* di sepanjang permukaan *support* diperlihatkan pada Gambar 9 di bawah ini. *Translational displacement* terbesar terjadi pada ujung bawah *support* yaitu sebesar 0,0184 mm.



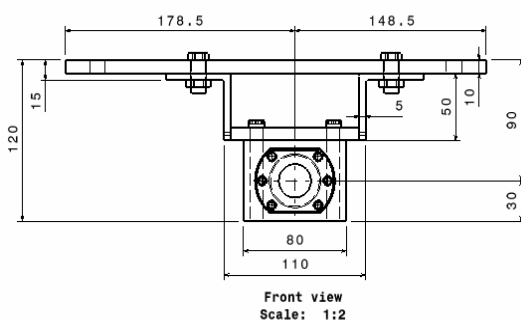
Gambar 8. Tegangan mekanik pada *support ball screw*



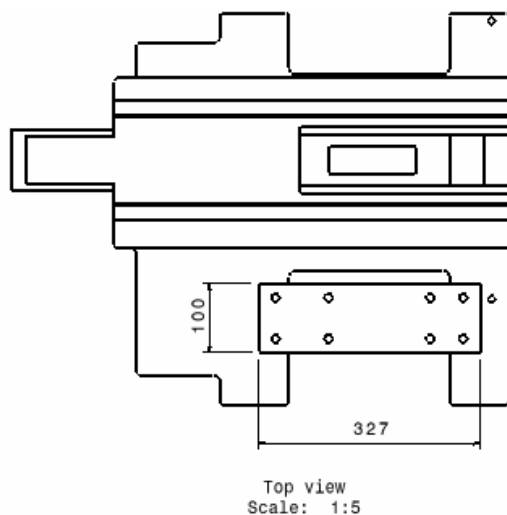
Gambar 9. *Translational displacement* pada *support ball screw*

### Pembahasan hasil pengujian

Hasil yang diperoleh menunjukkan besar tegangan mekanik terbesar pada kedua lubang sisi kanan *support* adalah  $9,71 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  dan  $9,24 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Besaran tersebut masih lebih kecil dari pada *yield strength* dari bahan Carbon Steel AISI 1040 yang digunakan yaitu sebesar  $3,53 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Besar tegangan mekanik yang terjadi masih berada pada daerah elastis material Carbon Steel AISI 1040 seperti terlihat pada Gambar 10, sehingga jika beban berupa gaya tarikan sebesar 1000 Newton dihilangkan maka *support ball screw* akan kembali ke bentuk semula. Perbedaan tegangan mekanik yang terjadi cukup besar untuk lubang sisi kanan dan sisi kiri, hal ini disebabkan karena posisi *ball screw* tidak tepat di tengah *support* tetapi agak cenderung kearah kanan. Ketidak sentrisan *support* diakibatkan



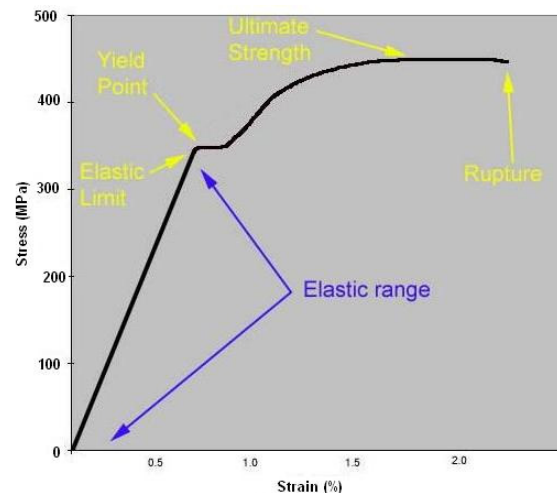
Gambar 10a. Ketidak sentrisan *support ball screw*



Gambar 10b. Posisi pemasangan *support ball screw* di eretan pembawa

oleh konstruksi eretan pembawa dimana *support* tersebut di letakkan. Celah pada konstruksi eretan pembawa tidak sentris dengan celah pada meja mesin bubut dan karena posisi *ball screw* harus tepat ditengah-tengah celah meja mesin bubut hal ini mengakibatkan ketidak sentrisan *support ball screw* seperti ditunjukkan pada Gambar 10a dan 10b.

Sehingga sebagian besar gaya tarikan akan ditanggung oleh lubang murbaut pada sisi kanan, hal ini mengakibatkan terjadinya tegangan mekanik yang cukup besar. Karena tegangan mekanik yang terjadi pada *support ball screw* masih berada di daerah elastis bahan AISI 1040 maka tidak memberikan efek yang berarti seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 11. Grafik Stress- strain material AISI

Sedangkan *translational displacement* terbesar adalah 0,0184 mm terjadi pada bagian paling bawah dari *support ball screw*. Besaran ini masih relatif kecil dan tidak mengganggu struktur lainnya. Besaran *translational displacement* tidak mempunyai batasan, selama akibat dari besaran tersebut tidak mengganggu struktur yang lain maka hasil pengujian tersebut dapat diterima. Mengacu dari hasil pengujian simulasi yang telah dilakukan maka penggunaan *support ball screw* hasil desain ini dapat diterima dan layak untuk dipabrikasi dalam rangka revitalisasi mesin bubut.

### KESIMPULAN

Penggunaan *ball screw* dalam revitalisasi mesin bubut sangat diperlukan karena dengan digunakan *ball screw* dapat menghilangkan *backlash* yang lazim terjadi jika menggunakan ulir trapesium, dimana *ball screw* tersebut membutuhkan sebuah *support*. Hasil pengujian secara simulasi besaran *translational displacement* pada *support* terbesar adalah 0,0184 mm, sedangkan tegangan mekanik terbesar pada *support* adalah  $9,71 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Besaran maksimum tersebut masih di bawah nilai *yield strength* Carbon Steel AISI 1040 sebesar  $3,53 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Berdasarkan hasil tersebut maka desain *support ball screw* ini dapat diterima dan layak untuk dipabrikasi.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Ir. Kussigit Santosa, M. T., Agus Nur Rachman A. Md. dan Edy Sumarno yang telah membantu dalam kegiatan revitalisasi mesin bubut sehingga kegiatan tersebut dapat berlangsung sesuai dengan yang direncanakan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. G. TAKESHI SATO, N. SUGIARTO H., Menggambar Mesin Menurut Standar ISO, PT. Pradnya Paramita Jakarta, 1994
2. Agus Fikri ROSJADI, Barbagi Ilmu Untuk Kemajuan Bangsa, <http://agus-fikri.blogspot.com>
3. *Properties of Carbon Steel AISI 1040*, [http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon\\_steels](http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon_steels)
4. Ach. Muhib ZAINURI, Kekuatan Bahan, CV ANDI OFFSET, Yogyakarta 2005.