

Optimasi Kinerja Pengaturan Posisi Sistem Servo Hidrolik pada Mesin Press 40 Ton

Arif Krisbudiman^{1,*} dan Khairu Rezqi²

^{1,2}Balai Teknologi Mesin Perkakas, Produksi, dan Otomasi (BT MEPPPO)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gedung Teknologi 2 No 250-251, PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, Banten –
15314

*arif.krisbudiman@bppt.go.id

Abstrak

Sistem hidrolik banyak digunakan untuk memindahkan beban yang berat, sebagai alat pengangkat, mesin press, mesin perkakas, mesin uji tarik, dan industrial robot. Pada industri manufaktur banyak menggunakan aktuator hidrolik sebagai sistem penggerak, contoh pada proses penekanan benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Aktuator hidrolik memiliki kemampuan untuk memberikan kekuatan yang besar pada kecepatan yang tinggi. Aplikasi sistem hidrolik dibutuhkan kinerja dinamis yang baik sehingga diperlukan suatu sistem kontrol yang memiliki umpan balik dan kontrol elektronik yang secara umum berbasis analog. Sistem pengaturan posisi dari servo hidrolik dibentuk oleh satu sistem kontrol tertutup yang terdiri dari sistem pengaturan posisi, pengaturan kecepatan, pengaturan flow, piston hidrolik, sensor tekanan dan sensor linier scale pada tekanan hidrolik yang diinginkan. Komputer memberikan perintah ke sistem servo amplifier untuk membuka servo valve hidrolik sehingga dapat menggerakkan piston hidrolik ke posisi yang diperintahkan pada tekanan tertentu. Sensor linear scale digunakan sebagai sensor umpan balik yang memberikan data posisi piston hidrolik. Sistem servo amplifier dan sistem servo hidrolik menjaga posisi piston hidrolik dengan membandingkan posisi sebenarnya dari sensor linear scale dengan posisi yang dikehendaki sesuai perintah dari komputer serta melakukan koreksi kesalahan dengan mengatur arus listrik yang dikirimkan ke sistem servo valve sehingga piston hidrolik dapat mencapai posisi yang diperintahkan pada tekanan tertentu. Pengaturan posisi pada sistem servo hidrolik yang dikembangkan dapat mencapai ketelitian sensor linier scale kurang dari 10 μm , hal ini dapat dicapai dengan menerapkan pengaturan parameter yang optimal.

Kata kunci : Servo hidrolik, mesin press, sistem kontrol, *linier scale*, respon sistem.

Pendahuluan

Salah satu bagian terpenting dari sistem mesin *semisolid metal forging* adalah hidrolik yang berfungsi sebagai pembentuk (menekan/ *pressing*) benda kerja sesuai dengan cetakan (*dies*). Dan untuk mendapatkan hasil yang presisi maka sistem hidrolik pada mesin *semisolid metal forging* harus memiliki ketelitian pergerakan posisi yang akurat sehingga didapatkan benda kerja yang sesuai dengan gambar rancangan kerja awal. Tujuan dari penelitian ini untuk

meminimalkan posisi dan kecepatan kesalahan gerakan pada hidrolik dan dapat memiliki tingkat keberhasilan dengan menggunakan penyesuaian parameter dalam sistem yang dapat dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error*.

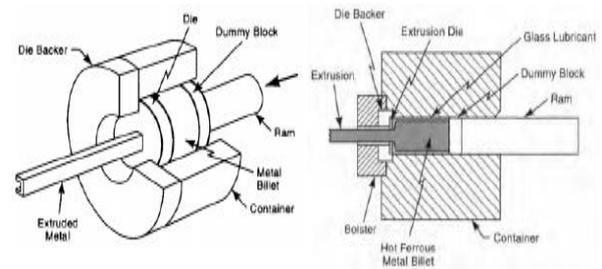
Sistem hidrolik mesin *semisolid metal forging* menggunakan *servo valve* dan kontrol digital (Aerotech A3200) yang disebut dengan sistem kontrol servo hidrolik, untuk mendapatkan ketelitian dan kecepatan pergerakan yang diinginkan. Dan parameter kontrol hidrolik seperti (K_{pos} , K_{pi} , dan K_{i}) digunakan untuk memperbaiki

pegerakan sistem hidrolik. Posisi kontrol sistem yang dibentuk dalam sistem kontrol servo hidrolik terdiri dari kontrol posisi sistem tertutup, kecepatan control, kontrol aliran, piston hidrolik dan linier sensor skala. Komputer memberikan perintah kepada servo amplifier untuk membuka katup servo hidrolik dalam mendorong piston hidrolik ke posisi yang diperintahkan. Linier sensor skala digunakan sebagai umpan balik sensor yang menyediakan data posisi piston hidrolik [3]. Amplifier sistem servo mempertahankan posisi piston hidrolik dengan membandingkan posisi sebenarnya skala sensor linear ke posisi yang diinginkan sesuai dengan instruksi dari komputer. Dan servo amplifier melakukan koreksi kesalahan dengan menyesuaikan arus listrik yang dikirim ke katup sistem servo sehingga piston hidrolik dapat mencapai posisi yang diperintahkan.

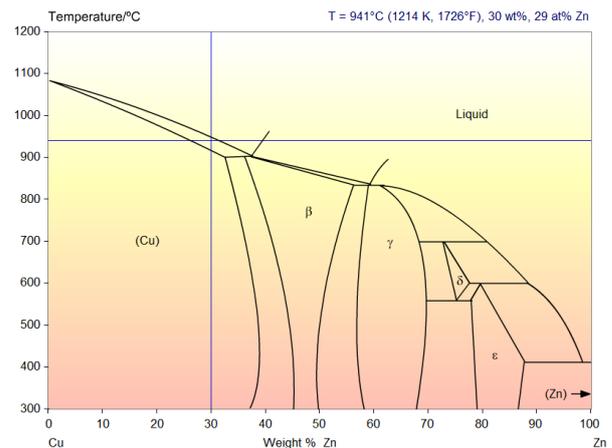
Pembentukan Material

Proses pembentukan material ini menggunakan proses ekstrusi (pada gambar 1) *semisolid metal forging* [5], yaitu material didorong melewati cetakan (*dies*), dan hasil pembentukan sesuai dengan cetakan dimana kondisi material yang dibentuk masih dalam batas rentang temperatur daerah *semisolid* (campuran antara padat dengan cair).

Material yang digunakan adalah logam kuningan dengan komposisi 70/30 berdasarkan standar ASTM B36-C26000. Dan pada gambar 2 di bawah ini adalah diagram fase biner CuZn yang menjelaskan fase padat dan cair dari material kuningan dengan komposisi CuZn tertentu dan temperature tertentu.



Gambar 1. Proses Ekstrusi [7]

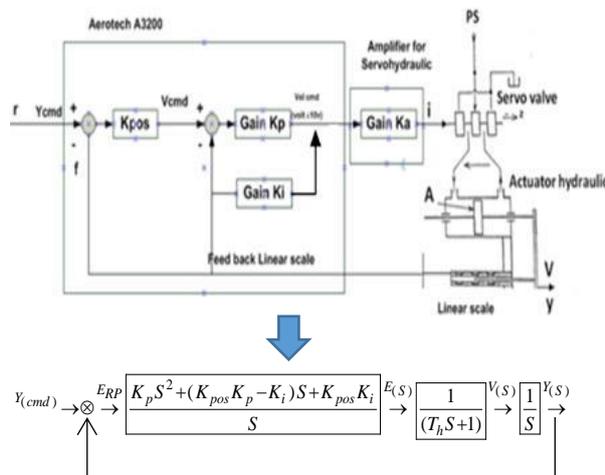


Gambar 2. Phase-diagram Cu-Zn [8]

Fase *semisolid* dari material CuZn dengan komposisi di atas adalah di range temperature $\pm 930^{\circ}\text{C}$ - 950°C . Sedangkan teknologi yang digunakan adalah *Thixocasting* yaitu untuk pembuatan bahan baku (cup brass) dalam bentuk batangan, billet, balok dengan struktur mikro yang sudah dalam keadaan *semisolid* (globular/bulat), sebelum dilakukan proses ekstrusi dengan menggunakan mesin press maka bahan baku kuningan dipanaskan terlebih dahulu sampai dengan temperatur *semisolid*.

Desain Sistem dan Model Matematika

Pemodelan matematika transfer fungsi sistem hidrolik, Aerotech A3200 dan sensor skala linear akan digunakan dalam analisis kesalahan posisi dari gerakan piston hidrolik. Kesalahan posisi yang disebabkan oleh sistem servo hidrolik sebagian karena kecepatan respon dari gerakan mekanisme piston hidrolik.



Gambar 3. Blok diagram sistem hidrolis [1,2]

Diagram blok sistem hidrolis seperti pada gambar 3 di atas terdapat tiga bagian dalam sistem pengontrolan yaitu *Plant* (sistem fisik hidrolis), *drive power* (amplifier), dan *controller* (Aerotech A3200). Berdasarkan model diagram blok tersebut maka perlu dibuat model matematika yang akan digunakan sebagai bahan analisa dari sistem kontrol mesin hidrolis *semisolid metal forging*.

$$G_p^0(s) = \frac{K_p s^2 + (K_{pos} K_p - K_i) s + K_{pos} K_i}{T_s s^2 + (1 + K_p) s^2 + (K_{pos} K_p - K_i) s + K_{pos} K_i} \quad (1)$$

Pada persamaan (1) di atas dapat dilihat bahwa pengontrolan yang akan dilakukan adalah pengontrolan posisi dan kecepatan. Pengontrolan posisi tersebut diperlukan karena ada batas minimal tinggi dari *cup brass* yang akan dihasilkan. Selain itu faktor kecepatan juga mempengaruhi kualitas dari produk *cup brass* itu sendiri. Kecepatan dari sistem hidrolis harus mampu memenuhi batasan *strain rate* (perubahan bentuk material terhadap waktu) yaitu $10^{-5} \div 10^{-1}$, dan dapat dilakukan perhitungannya dengan menggunakan formula sebagai berikut :
Besarnya regangan
waktu peregangannya

Pada tahap awal perlu dilakukan penentuan kecepatan apakah dengan nilai tersebut sudah memenuhi *strain rate* dari material tersebut. Selanjutnya nilai tersebut akan dilakukan validasi dengan sistem kontrol dari *servo valve* yang digunakan pada sistem hidrolis. Dan jika berhasil maka produk *cup brass* yang dihasilkan akan sesuai dengan rencana gambar desain awal.

Percobaan

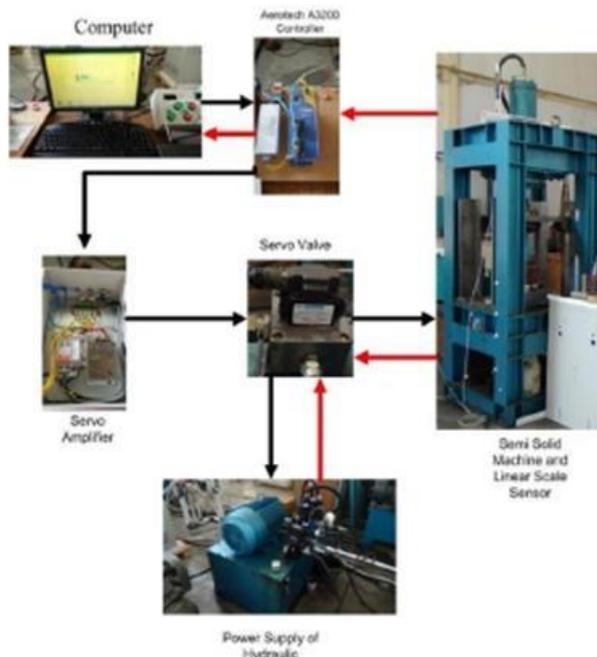
Percobaan yang dilakukan diperlukan dalam membuktikan teori teori kontrol posisi dan kecepatan untuk mengetahui karakteristik dari sistem hidrolis. Dan percobaan kali ini dibutuhkan peralatan sebagai berikut :

1. Matlab
2. Komputer
3. Aerotech A3200
4. *Servo Amplifier*
5. *Servo Valve*
6. Mesin *Semisolid*, Sensor *Linear Scale*
7. dan Motor AC

Spesifikasi teknis dari alat-alat tersebut di atas adalah :

- *Power pack* untuk menjaga tekanan kerja konstan pada 70 bar.
- *Servo valve*: vickers tipe SM4-15(15)57-20/200-10 dengan spesifikasi tekanan maksimum 210 bar dan mempunyai kapasitas 57 L/min.
- Piston dengan diameter 35 mm dan panjang 300 mm.
- *Linear Scale* menggunakan magnascale type GB-060ER 600 mm, resolusi 0.5 μ m dan accuracy $\pm(0.0025+0.0025.L/1000)$ mm.
- Amplifier *servo valve* hidrolis Vickers Power Amplifier untuk Servo Valve EHA-PAM-291-A-20, arus ± 200 mA.
- Sistem kontrol : Aerotech A3200 Ndrive

- Jenis Fluida yang digunakan adalah minyak hidrolik DOT-4

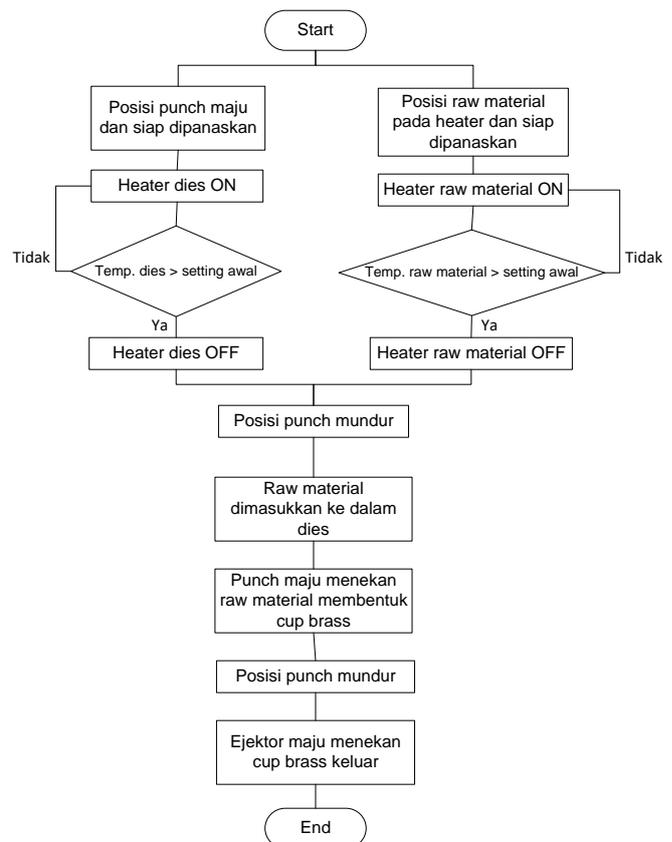


Gambar 4. Rangkaian percobaan sistem hidrolik

Rangkaian percobaan sistem hidrolik seperti pada gambar 4 di atas ada dua garis yang berbeda, yaitu merah dan hitam. Garis merah adalah sinyal output dan garis hitam adalah sinyal input. Dan dapat dijelaskan juga bahwa komputer memberikan perintah kepada amplifier sistem servo untuk membuka katup servo sehingga piston hidrolik bisa pindah pada posisi yang diperintahkan. *Powerpack* hidrolik akan menguras minyak untuk dialirkan ke katup servo yang selanjutnya mengendalikan posisi dan kecepatan piston dari mesin press hidrolik. Skala sensor linear digunakan sebagai umpan balik sensor yang menyediakan data posisi dari piston hidrolik. Amplifier sistem servo dan *servo valve* hidrolik menjaga posisi piston hidrolik dengan cara membandingkan posisi yang sebenarnya dari sensor linear yang terbaca dengan posisi yang diinginkan oleh user apakah sudah sesuai dengan instruksi pada komputer dan melakukan koreksi kesalahan dengan cara menyesuaikan arus

listrik yang dikirim ke sistem *servo valve* sehingga piston hidrolik dapat mencapai posisi yang diperintahkan.

Alur proses dari mesin press *semisolid* yang dirancang, perlu dibuat untuk mendapatkan data yang akurat. Dan pada gambar 5 dibawah ini dapat dilihat alur proses pada percobaan kontrol posisi dan kecepatan menggunakan mesin press kapasitas 40 ton.



Gambar 5. Alur proses percobaan *semisolid metal forging*

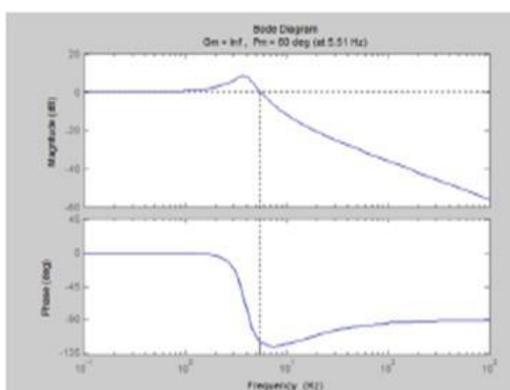
Berdasarkan alur proses pada Gambar 6, kontrol kecepatan dan posisi dilakukan *setting* ketika *punch* akan bergerak ke bawah untuk proses ekstrusi dan ketika *punch* naik ke atas kecepatan dan posisi menggunakan *default setting* dari kontrol Aerotech A3200.

Hasil Percobaan

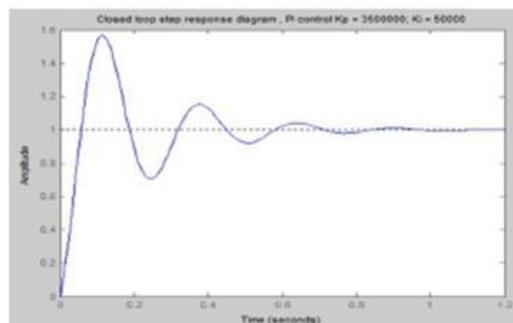
1. Simulasi

Simulasi parameter K_p dan K_i menggunakan perangkat lunak pemrograman. Simulasi digunakan untuk mencari respons loop langkah dan plot pertanda. Hal ini dilakukan untuk membuat program menghitung minimum kesalahan dan membuat grafik trend kesalahan sebagai pedoman dalam sistem yang sebenarnya. Hasil simulasi akan digunakan untuk mendapatkan kesalahan nyata dari mesin.

Proses *Autotuning* adalah program utilitas dari Aerotech A3200, yang digunakan untuk membuat sistem bekerja pada fasa (PM) = 60° [4], diperoleh uji eksperimental $K_{pos} = 60$, $K_p = 3.500.000$ dan $K_i = 50000$. Dan dari hasil autotuning, nilai T_h (Hydraulic waktu konstan) dapat ditemukan dari persamaan (1). Pendekatan ini dilakukan untuk menemukan nilai PM dari persamaan grafik. Dan dengan nilai PM tersebut yang didapatkan dari hasil *autotuning*, bisa digunakan untuk percobaan selanjutnya. Analisa dilakukan menggunakan simulasi perangkat lunak pemrograman dan dengan *programming plot* untuk menentukan nilai T_h . Dan dari hasil program tersebut didapatkan nilai T_h yaitu sebesar 350000.



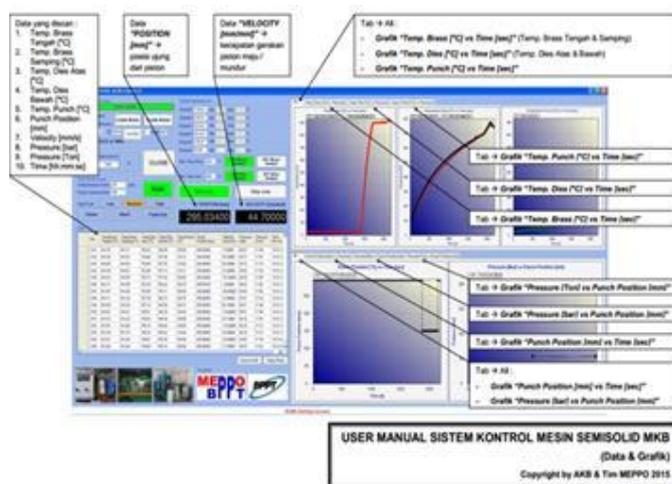
Gambar 7. Bode diagram dari autotuning



Gambar 8. Close loop step response dengan parameter PI

2. Pengambilan Data

Pengambilan data dari percobaan ini menggunakan aplikasi (pada gambar 9) yang dibuat dengan bantuan software Ms. Visual Studio dan bahasa pemrograman C#. Dan dari aplikasi tersebut data bisa langsung di konversi ke Ms. Excel yang kemudian dari Ms. Excel dapat dianalisa eror dari *servo valve* yang telah dikontrol menggunakan Aerotech A3200, eror tersebut adalah dari posisi dan kecepatan. Pada Tabel 1 dibawah ini dapat dilihat sejauh mana eror yang terjadi pada sistem kontrol posisi dan kecepatan.



Gambar 9. GUI dari monitoring proses semisolid metal forging [6]

Tabel 1. Data hasil percobaan

No	Temp. brass 1 [°C]	Temp. brass 2 [°C]	Temp. dies 1 [°C]	Temp. dies 2 [°C]	Temp. punch [°C]	Punch Position [mm]	Velocity [mm/s]
155	28.56	26.57	159.78	128.43	26.53	0	0
156	28.44	26.53	160.64	129.26	26.57	7.9595	22.89
157	28.5	26.64	161.56	129.57	26.58	53.81	21.745
158	28.5	26.61	162.57	130.72	26.58	101.71	21.77
159	28.52	26.69	163.52	131.42	26.54	148.038	21.75
160	28.54	26.66	164.44	132.23	26.6	186.177	21.825
161	28.56	26.69	165.33	132.85	26.53	230.793	21.8
162	28.46	26.76	166.22	133.54	26.6	270.289	0.785
163	28.53	26.75	167.16	134.58	26.59	271.679	0.77
164	28.5	26.81	168.08	135.36	26.59	272.711	0.11
165	28.53	26.82	168.79	136.02	26.58	272.826	0.06

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk tahap awal posisi punch yaitu 0 dan kecepatan juga 0, kemudian komputer memberikan perintah posisi untuk menurunkan *punch* pada posisi 8 mm dan kecepatan disetting dengan nilai 21 mm/s. Hasil dari monitoring data dari sensor *linearscale* memperlihatkan bahwa sistem pembacaan pada posisi 7.9595 mm dan kecepatan mempunyai nilai sebesar 22.89 mm/s. Dan dapat dilihat untuk eror posisi belum terjadi secara signifikan, akan tetapi untuk kecepatan sudah terdapat eror pada sistem sebesar 1.89 mm/s. Selanjutnya untuk mengetahui seberapa besar eror yang terjadi pada kontrol posisi dan kecepatan, *punch* diperintahkan lagi untuk turun ke posisi 53 mm dan 101 mm. Pada posisi tersebut dapat dilihat eror posisi mulai dari 0.71 - 0.81 mm, dan untuk kecepatan yang terbaca juga terdapat eror sebesar 0.745 - 0.77 mm/s. Selanjutnya *punch* diperintahkan untuk turun ke posisi 270 mm dengan kecepatan yang sama, yaitu 21 mm/s dan terjadi penurunan eror sebesar 0.5 mm.

Penurunan nilai eror terjadi karena perubahan dari *gain* pada sistem kontrol Aerotech A3200. Dan dengan merubah Kp dan Ki maka eror yang terjadi pada posisi dan kecepatan bisa ditekan sekecil mungkin. Perubahan parameter pada sistem bisa dilakukan dengan menginput manual nilai parameter tersebut ke dalam sistem

kontrol yang ada di Aerotech A3200 atau bisa juga dengan menggunakan *autotuning* yang sudah ada pada Aerotech. Dan sebelum *autotuning* user sudah harus mengetahui bagian mana yang nantinya akan dioptimalisasi di sistem mesin *semisolid metal forging*.

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil percobaan dan analisis yang telah dilakukan, parameter pada simulasi dan sistem sebenarnya yang digunakan adalah nilai dari penyesuaian parameter dalam simulasi lebih besar dari pada nilai penyesuaian pada sistem yang sebenarnya. Dan dapat disimpulkan bahwa program simulasi digunakan untuk memprediksi perilaku sistem respon parameter kontrol, tetapi tidak bisa memprediksi nilai yang tepat dari sistem. Hal tersebut dikarenakan hanya pemodelan matematika dari sistem servo hidrolik saja, tidak termasuk pemodelan katup motor servo dan sifat cair seperti modulus bulk dan faktor valve kebocoran yang mempengaruhi gerakan sistem.
2. Kesalahan yang terjadi dikisaran angka 0.6118 – 1.2642 mm dengan parameter *autotune* Kp 3500000 dan Ki 50000. Hasil rata-rata kesalahan ini bisa diperbaiki dengan melakukan percobaan dengan merubah nilai parameter di atas.
3. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kinerja dan respon dari sistem kontrol hidrolik terbaik ketika tekanan minyak hidrolik adalah 135 bar dibandingkan dengan tekanan rendah 70 bar.

Referensi

- [1] Ogata, Katsuhiko, Modern Control Engineering, Fifth ed., New jersey : Pearson, 2010.
- [2] Aerotech, A3200 Nview Help, Pittsburgh, USA, 2000.

- [3] Istanto, Iwan, dkk,
Analisis kinerja pengaturan posisi
pada sistem servo hidrolik,
Proceeding Seminar Nasional
Tahunan Teknik Mesin XI
(SNTTM XI) & Thermofluid IV
Universitas Gadjah Mada (2012).
- [4] Ibrahim A., Fiqri, Makalah:
Optimalisasi Hidrolik Servo Parameter
untuk Semi-padat Mesin menggunakan
Aerotech A3200 (2015).
- [5] Sumarwijaya Siagian, Indra, Skripsi:
Analisis Sistem Kontrol Servo
Hidrolik Pada Mesin Semisolid
Metalforging Rancangan BPPT –
MEPPO (2015).
- [6] Rezqi, Khairu, Technical Report 01
“Desain Konseptual & Awal Sistem
Mekanik Mesin”, 2016.
- [7] Bralla, James, Handbook Of
Manufacturing Processes, Industrial
Press inc, New York, 2006.
- [8] Information on
[http://www.doitpoms.ac.uk/miclib/pds.swf
?targetFrame=Cu-Zn](http://www.doitpoms.ac.uk/miclib/pds.swf?targetFrame=Cu-Zn) (diakses tanggal 25-
08-2016)