

## Perancangan Sistem Servo Elektrohidrolik dengan Teknik *Variable Speed Pumping*

**Indrawanto, Teguh Setiarso, Elvin Subhianto**

Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa 10 Bandung, 40132  
Email: indrawanto@tekprod.ms.itb.ac.id

### ABSTRAK

*Pengendalian posisi menggunakan sistem elektrohidrolik banyak digunakan di dunia industri karena sistem ini mampu menangani beban gaya atau torsi besar. Teknik pengendalian sistem elektrohidrolik yang dapat digunakan antara lain adalah penggunaan katup servo dan variable speed pumping. Sistem elektrohidrolik dengan teknik variable speed pumping mempunyai kelebihan dalam kesederhanaan konstruksi sistem sehingga biaya instalasi dan perawatan akan lebih rendah bila dibandingkan dengan penggunaan katup servo.*

*Penelitian ini tentang perancangan, pembuatan, identifikasi dan perancangan algoritma kendali untuk mengendalikan posisi aktuator hidrolik. Variable speed pumping diperoleh dengan mengatur laju putaran motor pompa. Untuk mendapatkan model dinamik sistem dilakukan identifikasi dengan memberikan sinyal acak ke pengendali putaran motor dan mengukur perpindahan aktuator hidrolik. Model dinamik hasil identifikasi digunakan untuk merancang kompensator sistem kendali posisi.*

*Pengujian perangkat kendali posisi sistem elektrohidrolik menunjukkan bahwa sistem servo elektrohidrolik dengan teknik variable speed pumping yang telah dirancang dapat mengendalikan posisi aktuator dengan baik.*

*Kata kunci: aktuator elektrohidrolik, variable speed pumping, sistem servo.*

### Pendahuluan

Sistem elektrohidrolik digunakan secara luas dalam aplikasi industri modern karena kemampuannya untuk menangani beban torsi atau inersia yang besar. Komponen utama dari sistem ini adalah catu daya hidrolik sebagai penyedia fluida kerja, katup pengatur yang digunakan untuk mengatur aliran atau tekanan fluida kerja, dan aktuator hidrolik sebagai sistem yang dikendalikan. Penggunaan sistem ini adalah seperti pada sistem suspensi aktif, pengendali robot industri, industri pengolah plastik, pengendali turbin, dan dalam peralatan militer. Dari segi pengendalian, sistem elektrohidrolik dapat digunakan untuk mengendalikan posisi, kecepatan, atau torsi atau gaya. Dalam penelitian ini elektrohidrolik digunakan untuk mengendalikan posisi dari aktuator yang berupa silinder langkah tunggal (*single acting cylinder*).

Dalam praktiknya, terdapat beberapa teknik yang dapat digunakan untuk mengendalikan sistem elektrohidrolik diantaranya adalah teknik pengaturan katup servo (*servo valve*) dan teknik *variable speed-pumping*. Pada teknik pengaturan katup servo, fluida kerja dialirkan oleh pompa pada tekanan yang tetap dan pengendalian tekanan atau aliran fluida yang dibutuhkan aktuator dilakukan oleh katup servo dengan mengatur bukaan katup. Sedangkan pada pengaturan teknik *variable speed-pumping*, fluida kerja dialirkan oleh pompa pada tekanan yang dibutuhkan

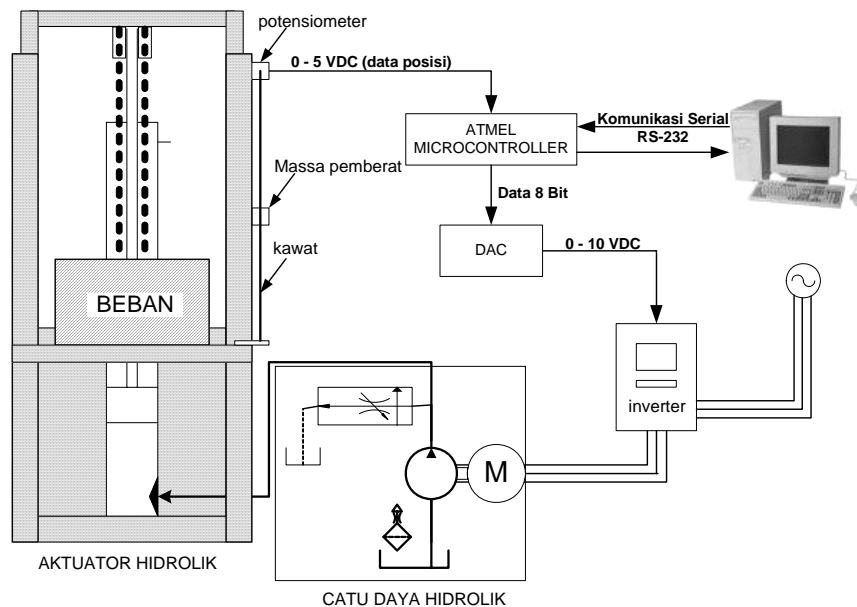
aktuator dengan mengatur kecepatan putar pompa. Penelitian sistem servo dengan metoda *variable speed pumping* diantaranya dilakukan di [7].

Kelebihan sistem pengendalian posisi aktuator dengan menggunakan teknik *variable speed-pumping* yang dirancang ini bila dibandingkan dengan penggunaan katup servo antara lain adalah sistem yang lebih sederhana sehingga dapat menghemat biaya instalasi dan perawatan. Tetapi sistem ini memiliki respon yang lebih lambat bila dibandingkan dengan sistem yang menggunakan katup servo. Pengaturan laju pemompaan dilakukan dengan mengatur putaran motor listrik penggerak pompa. Pada penelitian ini motor listrik yang digunakan adalah motor induksi asinkron sehingga dalam pengaturan kecepatan putar dilakukan dengan mengendalikan frekuensi tegangan masuk dengan menggunakan *inverter*. Besarnya nilai frekuensi yang dikeluarkan oleh *inverter* diatur oleh persamaan kendali yang terdapat pada program pengendali. Penelitian ini meliputi rancang bangun, identifikasi model, perancangan sistem kendali posisi dan pengujiannya.

### Perangkat Percobaan

Perangkat pengendali sistem elektrohidraulik dirancang dan dibuat untuk memenuhi beberapa kriteria yaitu kesederhanaan dan murahnya biaya instalasi sistem elektrohidrolik untuk keperluan gerak tertentu dari aktuator. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat dijadikan alternatif selain penggunaan katup servo yang umum digunakan saat ini sebagai pengendali sistem elektrohidraulik [3,6].

Perangkat pengendali sistem elektrohidraulik terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras pada sistem pengendalian elektrohidraulik tersusun atas perangkat mekanik dan perangkat elektronik. Sedangkan perangkat lunak terdiri dari program yang terdapat di dalam pengendali mikro (*microcontroller*) dan program yang berjalan di dalam komputer. Secara umum sistem pengendalian elektrohidraulik yang digunakan dalam penelitian ini dapat digambarkan secara skematik seperti pada Gambar 1.

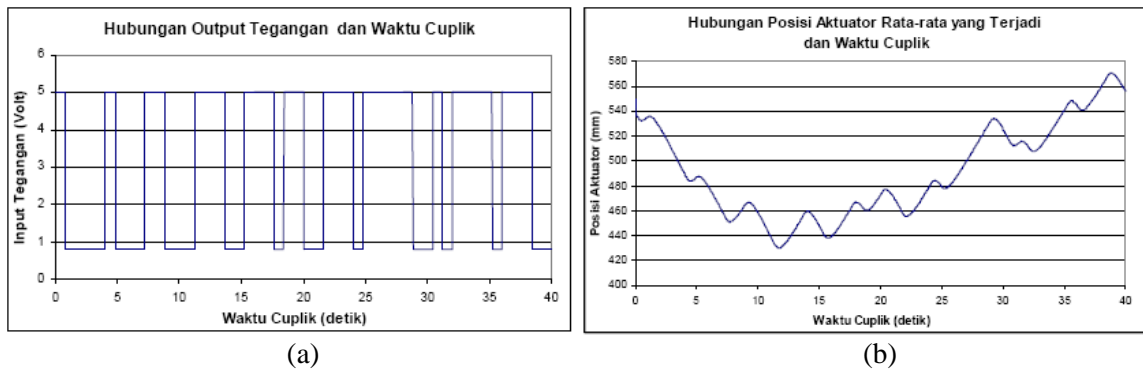


Gambar 1 Skematik perangkat percobaan sistem servo elektrohidraulik teknik *variable speed-pumping*

Perubahan posisi aktuator diukur dengan menggunakan potensiometer yang akan menghasilkan tegangan analog antara 0 sampai 5 volt.

### Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem diperlukan untuk mendapatkan model matematik sistem elektro hidraulik ini yang akan digunakan untuk perancangan kompensator sistem kendali posisi. Identifikasi sistem dilakukan dengan memberikan perintah gerak ke sistem berupa sinyal acak seperti ditunjukkan pada Gambar 2.a. Pengujian dilakukan dengan mengatur besarnya nilai output tegangan yang akan dihasilkan oleh rangkaian DAC dan posisi awal fungsi eksitasi dijalankan sehingga pada saat pengambilan 10 set data yang masing-masing set berjumlah 2000 data posisi aktuator tidak menyebabkan aktuator berada di luar posisi maksimum atau minimumnya. Gambar 2.b menunjukkan respon posisi aktuator terhadap input perintah eksitasi.



Gambar 2 Sinyal identifikasi sistem  
 (a) Sinyal eksitasi berupa tegangan acak (b) Respons posisi aktuator

Dari identifikasi sistem, diperoleh model fungsi alih waktu diskrit (frekuensi sampling 50 Hz),  $H(z)$ , sebagai berikut [2,5]:

$$H(z) = \frac{(z - 1.4521)(z - 0.98)}{(z - 0.9998)(z - 0.9864)(z - 0.9577)} \quad (1)$$

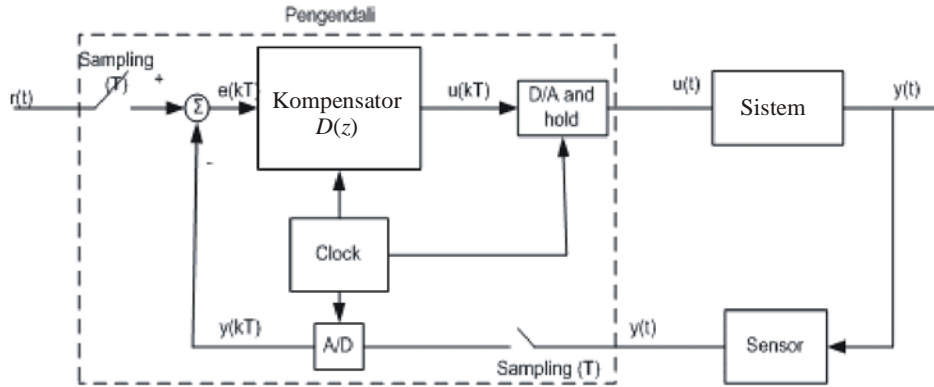
Fungsi alih  $H(z)$ , Pers. (1), memiliki :

- pole:  $z_1 = 0.9998, z_2 = 0.9864, z_3 = 0.9577$
- dan
- zero:  $z_4 = 1.4521, z_5 = 0.98$

Frekuensi sampling dipilih dengan mempertimbangkan lebar frekuensi kerja yang dapat direspons oleh sistem [1].

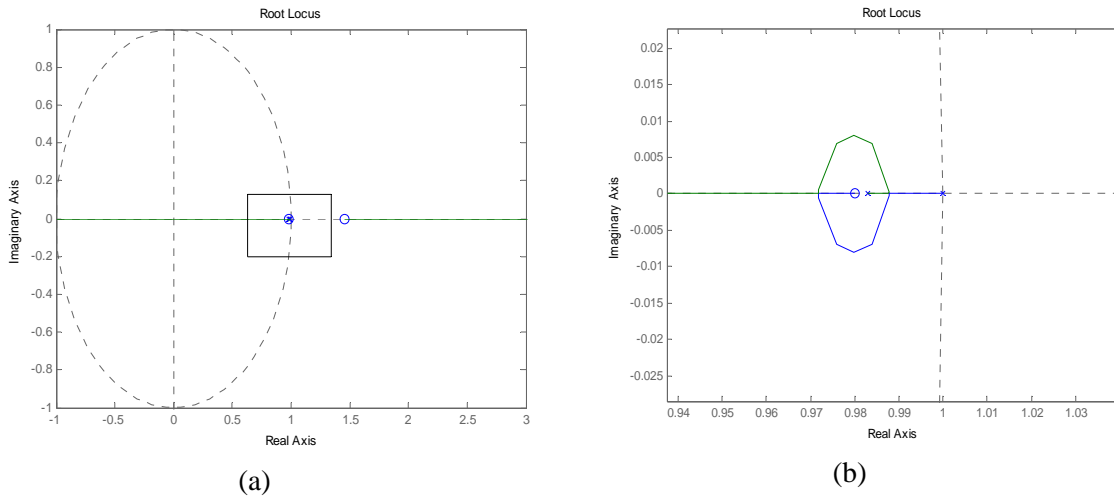
### Perancangan Sistem Kendali Servo Elektrohidraulik

Algoritma kendali dirancang berdasarkan model hasil identifikasi sistem. Gambar 3 menunjukkan gambar skema sistem kendali yang dirancang. Sistem kendali yang dirancang adalah kendali digital dengan memanfaatkan mikrokontroler pengendali sistem.



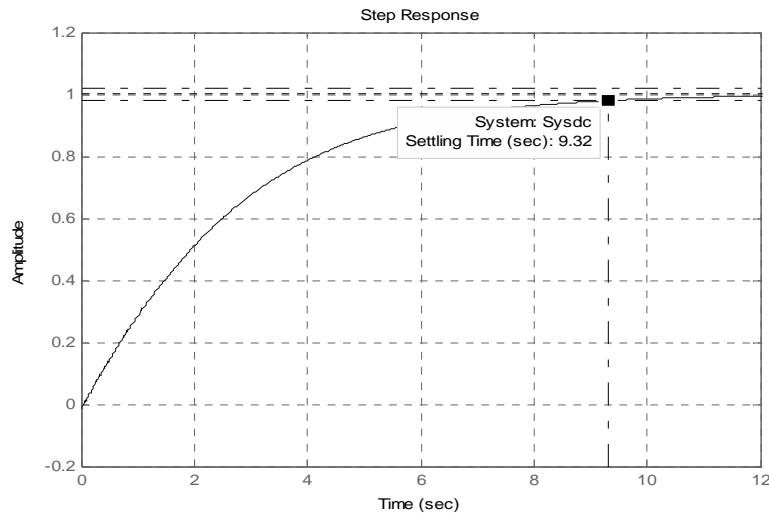
Gambar 3 Skema sistem kendali yang dirancang

Gambar 4 (a,b) menunjukkan plot *root-locus* model hasil identifikasi sistem. Plot *root-locus* ini digunakan untuk mencari besar penguatan jerat tertutup sehingga sistem masih stabil.



Gambar 4 (a,b) Plot rootlocus model hasil identifikasi, bagian (b) merupakan perbesaran dari bagian (a)

Gambar 5 menunjukkan simulasi respon model yang didapat dalam jerat tertutup dengan variable penguat jerat ( $K = 1$ ) yang didapat dari pencarian dengan menggunakan plot *root-locus*. Pada percobaan ini  $D(z)$  dipilih sama dengan 1.



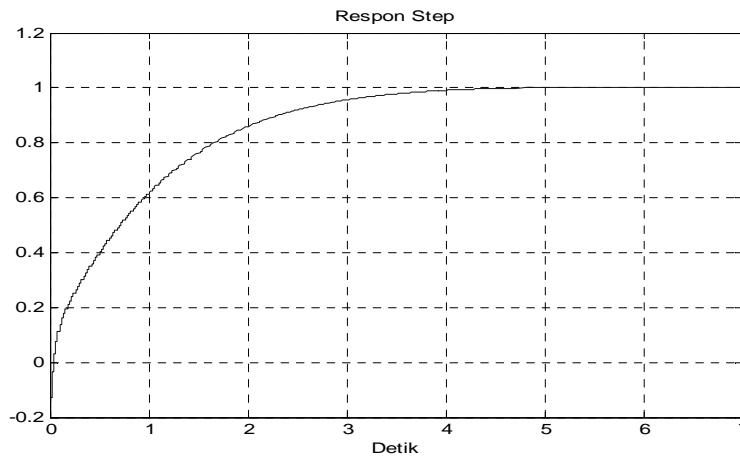
Gambar 5 Simulasi Model Jerat Tertutup Terhadap Masukan Step Sebesar 1 mm, *Settling time* = 9,32 detik.

Dari hasil simulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa sistem relatif lambat dalam merespons perintah. Pada penelitian ini, dirancang kompensator untuk menggantikan salah satu pole sistem yang lambat dengan pole yang lebih cepat. Pole yang digantikan adalah yang memiliki komponen riil 0,9864. Dari hasil simulai dan eksperiment didapatkan persamaan kompensator untuk kendali sebagai berikut [2]:

$$D(z) = K \frac{z - 0,9}{z - 0,7} \quad (2)$$

Penentuan kompensator, Pers. (2), dilakukan melalui simulasi dan percobaan. *K* merupakan variable penguat jerat yang mana harga *K* dipilih sehingga tidak akan menimbulkan saturasi keluaran pengendali. Dari hasil simulasi diperoleh harga *K* = 1.

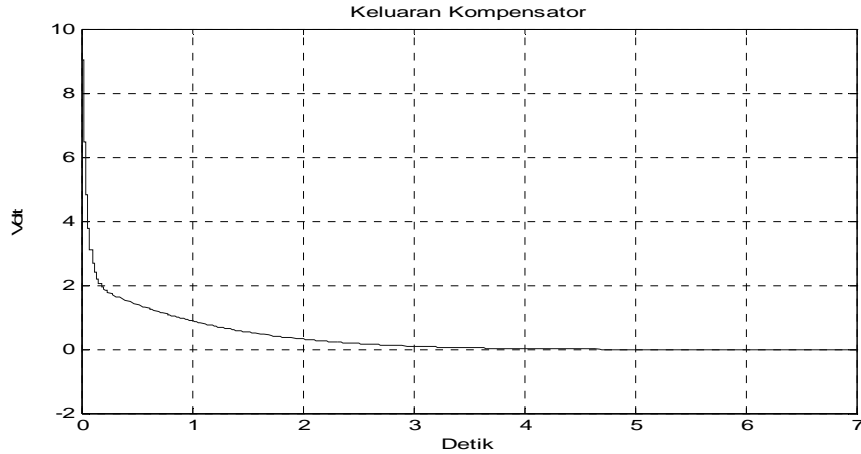
Berikut ini akan ditunjukkan oleh Gambar 6 simulasi respon sistem setelah ditambahkan kompensator:



Gambar 6 Simulasi Respon Sistem Dengan Masukan *Step* sebesar 1 mm,

Settling Time = 3,48 detik

Dari Gambar 6 respon sistem dengan masukan step lebih baik, yaitu dengan bertambah cepatnya waktu *settling* sistem kendali mendaji 3,48 detik. Gambar 7 menunjukkan simulasi keluaran kompensator terhadap waktu:

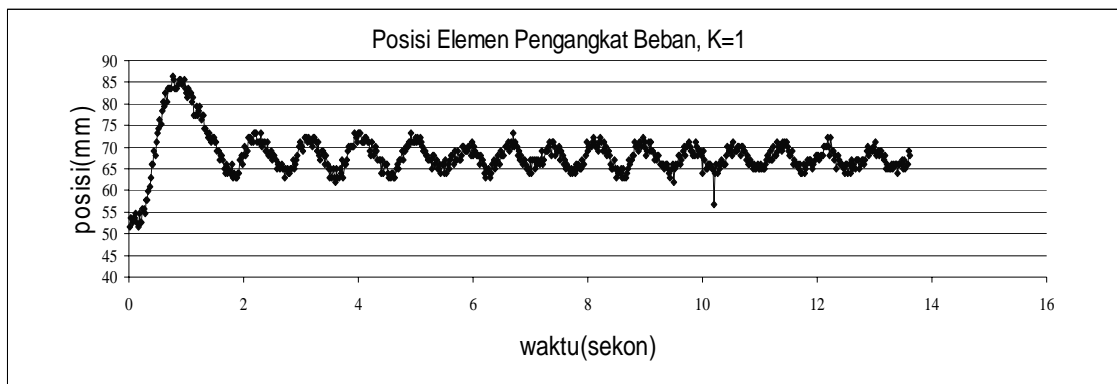


Gambar 7 Sinyal keluaran kompensator

Dari Gambar 6 ditunjukkan keluaran kompendator merupakan tidak pernah mencapai saturasi atas (9,69 Volt) maupun bawah (0,8 Volt).

### Pengujian Sistem Kendali Servo Elektrohdraulik

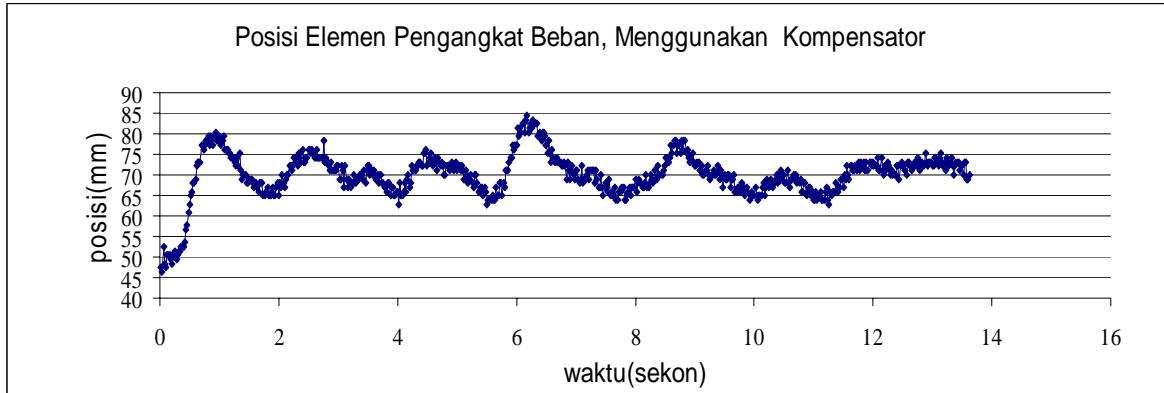
Pengujian sistem servo dilakukan dengan memberikan masukan step posisi. Gambar 8 menunjukkan grafik respon sistem terhadap masukan step sebesar 20 mm untuk sistem kendali elektrohdraulik dengan menggunakan variabel penguat jerat ( $K=1$ ) tanpa kompesator  $D(z)$ :



Gambar 8 Grafik Respon Sistem Terhadap Masukan *Step* sebesar 20 mm,  $K=1$

Posisi awal elemen pengangkat beban adalah 50 mm, kemudian diberikan posisi referensi sebesar 70 mm.

Gambar 9 menunjukkan respon sistem terhadap masukan step sebesar 20 mm untuk sistem kendali elektrohdraulik dengan menggunakan kompensator  $D(z)$ :



Gambar 9 Grafik Respon Sistem Terhadap Masukan Step, Menggunakan Kompensator  $D(z)$

Sama seperti pengujian untuk  $K=1$ , posisi awal elemen pengangkat beban adalah 50 mm dan posisi referensi sebesar 70 mm. *Overshoot* terjadi sebesar 10 mm. Dari Gambar 8 dan 9 menunjukkan penggunaan kompensator dapat memperbaiki respons sistem (*overshoot* dan osilasi berkurang). Osilasi pada kondisi tunak (*steady state*) disebabkan oleh adanya interferensi frekuensi inverter pada sensor. Disamping itu osilasi juga dapat disebabkan oleh penempatan sensor yang tidak satu tempat dengan aktuator (*non-located*).

### Kesimpulan dan Rencana Pengembangan

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap perancangan sistem elektrohidraulik dapat disimpulkan bahwa sistem servo elektrohidraulik teknik *variable speed pumping* yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Gangguan yang muncul pada sistem servo ini berasal dari frekuensi inverter yang masuk ke sensor posisi. Untuk mengurangi pengaruh frekuensi inverter pada sinyal umpan balik akan digunakan sensor digital. Disamping itu juga akan dikembangkan sistem servo aksi ganda dengan teknik yang sama

### Daftar Pustaka

- [1]. Franklin, G.F. P., Workman J.D., Michael L. 2000. *Digital Control of Dynamic System, 3<sup>rd</sup> Edition*. California : Addison-Wesley Publishing Company.
- [2]. Ljung, L. 1991. *System Identification Toolbox User Guide*. The Math Works Inc
- [3]. Munson B.R., Young D.F., Okiishi T.H. 1998. *Fundamentals of Fluid Mechanics, 3<sup>rd</sup> Edition*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. Ogata, K. 1997. *Modern Control Engineering, 3<sup>rd</sup> Edition*. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- [5]. Peeters B., Maeck J., De Roeck G., 2000. *Dynamic Monitoring of the Z24-Bridge*. European COST F3 Conference on System Identification and Structural Health Monitoring. Katholieke Universiteit Leuven.
- [6]. Pippenger J.J., Hicks T.G.. 1979. *Industrial Hydraulics, 3<sup>rd</sup> Edition*. Singapore, McGraw-Hill.
- [7]. Quan Long, Neubert T, Helduse S, 2001, *Differential Cylinder Servo System Based on Speed Variable Pump and Sum Pressure Control Principle*, Fifth International Conference on Fluid Power Transmission and Control (ICFP2001), Hangzhou, China.