

KONTROL POSISI PADA PENGGERAK KOLEKTOR ENERGI SURYA

ABSTRAK

Efektifitas pengumpulan energi matahari sangat ditentukan oleh presisi dari posisi kolektor energi surya. Dengan tidak tepatnya posisi arah kolektor terhadap arah matahari, maka energi yang dikumpulkan tidak maksimal. Untuk mengatasi masalah ini salah satu cara yang dapat digunakan yaitu mengatur posisi arah kolektor energi surya. Dengan perkembangan teknologi, maka semakin banyak bidang yang menggunakan sistem kontrol posisi. Salah satu penerapan sistem kontrol posisi di bidang telekomunikasi adalah pada pengaturan arah antena-satelit, sehingga satelit dapat dikendalikan dari bumi agar selalu berada pada orbitalnya dan dengan mengatur arah antena, maka antena dapat menerima informasi dari satelit. Pada bidang militer, kontrol posisi digunakan untuk mengontrol posisi peluru kendali. Hal tersebut sangat dibutuhkan agar peluru kendali dapat mengenai sasaran dengan tepat. Pada industri modern, pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi dan tidak mungkin dilakukan oleh manusia, seperti pembuatan semikonduktor maka digunakan mesin yang dilengkapi dengan kontrol posisi.

Pendahuluan

Secara umum sistem kontrol yang diinginkan adalah sistem yang dapat memberikan respon yang cepat dan stabil. Pada sistem kontrol posisi, idealnya sistem yang digunakan dapat bergerak dengan cepat untuk mencapai posisi akhir setelah mendapatkan gangguan dan tidak berisitasi (stabil).

Rancangan sistem kontrol posisi pada penelitian ini dibatasi pada kontrol posisi untuk gerakan dua dimensi. Dengan anggapan intensitas cahaya konstan, maka pada pengujian rancangan digunakan sebuah lampu pijar sebagai sumber cahaya. Penggerak yang digunakan adalah sebuah motor dc dengan pengaturan tegangan armatur.

Analisa yang umumnya dilakukan terhadap sebuah sistem kontrol adalah stabilitas, sensitivitas, ketelitian dan respon transien. Penelitian ini lebih ditekankan pada stabilitas dari sistem untuk mendapatkan performansi sistem yang diinginkan, maka pengaturan dilakukan dengan merubah nilai konstanta penguatan.

Untuk mendapatkan besaran tertentu, seperti tegangan keluar sensor, tegangan pada motor dan kecepatan putar motor, diukur dengan menggunakan komputer. Antar muka (interface) yang digunakan adalah analog to digital converter dan digital to analog converter yang dikemas dalam *Card* pada PC.

Untuk memudahkan memplot dan membaca grafik, data data yang didapat diolah dengan Microsoft Excel. Dari grafik dapat dibahas performansi dari rancangan dan membandingkannya dengan literatur. Dengan demikian sistem kontrol dengan performansi yang diinginkan dapat tercapai.

Masalah Penelitian

Pengumpulan energi surya pada kolektor tidak dapat diusahakan maksimal karena posisi matahari selalu berubah setiap saat. Mengarahkan kolektor pada posisi arah matahari yang tepat secara manual tidak mampu memberikan hasil yang maksimal. Dengan menggunakan rancangan ini diharapkan pengumpulan energi surya lebih optimal bila dibandingkan dengan kolektor energi surya yang digerakkan secara manual. Prototipe sistem kontrol posisi ini digerakkan secara otomatis, sehingga mampu mendeteksi dan menggerakkan kolektor hingga mencapai posisi arah matahari.

Pentingnya penelitian dan hasil yang diharapkan

Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui kontrol pada sebuah objek yang perlu pengontrolan untuk memaksimalkan hasil secara otomatis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan pengalaman pada Lab. Control di Program Studi Electro FT-UA dalam mengembangkan kontrol di segala bidang yang dapat dikontrol.

Tujuan

1. Merancang dan membuat sebuah dasar sistem kontrol posisi pendeteksi cahaya.
2. Menganalisa pengaruh konstanta penguatan terhadap performansi sistem dan menentukan batasan performansi rancangan.
3. Merencanakan sistem kontrol posisi, sehingga sistem tersebut dapat beroperasi sesuai dengan performansi yang diinginkan, yaitu respon cepat dan stabil.

Manfaat Penelitian

1. Dapat digunakan untuk melacak arah cahaya, sehingga dengan rancangan ini dapat memaksimalkan energi yang dikumpulkan.
2. Disamping untuk mengontrol posisi peralatan yang berhubungan dengan cahaya matahari, peralatan ini dapat digunakan untuk sistem kontrol posisi lain dengan mengganti sensor cahaya.
3. Pada pengembangannya, rancangan ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk merancang sistem kontrol posisi tiga arah.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik performansi sistem kontrol biasanya dinyatakan dalam daerah waktu. Sistem dengan komponen penyimpan energi tidak dapat merespon secara seketika dan akan menunjukkan respon transien jika dikenai masukan atau gangguan.

Seringkali performansi sistem kontrol dinyatakan dalam respon transien terhadap masukan tangga satuan (*unit step function*) karena mudah dibangkitkan dan cukup radial. Respon transien suatu sistem terhadap masukan tangga satuan tergantung dari pada syarat awal. Untuk memudahkan perbandingan respon transien berbagai macam sistem, hal yang biasa yang dilakukan adalah menggunakan syarat awal standar bahwa sistem mula-mula dalam keadaan diam, sehingga keluaran dan semua turunan waktunya pada awal respon sama dengan nol. Selanjutnya karakteristik respon secara mudah dapat dibandingkan.

Respon transien sistem kontrol sering menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai keadaan mantap (*steady state*). Dalam menentukan karakteristik respon transien sistem kontrol terhadap masukan tangga satuan, biasanya dicari parameter berikut:

1. Lewatan masukan (*Maximum overshoot - % OS*)

Maximum overshoot adalah harga puncak maksimum dari kurva respon yang diukur dari satu. Jika harga respon keadaan mantap tidak sama dengan satu, maka biasanya digunakan persen lewatan maksimum yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\% OS = \frac{\text{lewatan maksimum}}{\text{Nilai akhir}} \times 100 \%$$

Lewatan maksimum biasanya digunakan untuk menghitung kestabilan relatif dari sistem kontrol. Sistem dengan lewatan maksimum yang besar biasanya tidak diinginkan.

2. Waktu tunda (*Delay time*)
Delay time adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah harga akhir yang pertama kali.
3. Waktu naik (*Rise time*)
Rise time adalah waktu yang diperlukan respon tangga satuan untuk naik dari 10% sampai 90% dari harga akhirnya.
4. Waktu penetapan (*Setting time*)
Setting time adalah waktu yang diperlukan kurva respon tangga satuan untuk mencapai dan menetap dalam daerah sekitar yang ditentukan, biasanya sekitar 5%.
5. Waktu puncak (*Peak time*)
Peak time adalah waktu yang diperlukan respon tangga satuan untuk mencapai puncak lewatan yang pertama kali.

Spesifikasi daerah waktu di atas adalah cukup penting karena sebahagian besar sistem kontrol merupakan sistem daerah waktu, yang berarti sistem harus menunjukkan respon waktu yang dapat diterima atau sistem kontrol harus dimodifikasi hingga respon transiennya memuaskan.

Perlu diperhatikan bahwa tidak semua spesifikasi ini diperlukan untuk setiap kasus, misal pada sistem redaman lebih, persyaratan waktu puncak dan lewatan maksimum tidak digunakan.

Dalam penerapan tertentu yang tidak mengizinkan adanya osilasi, diinginkan bahwa respon harus cukup cepat dan redaman yang cukup. Untuk respon transien pada orde kedua, rasio redaman ζ harus terletak antara 0,4 dan 0,8. Harga $\zeta < 0,4$ menghasilkan lewatan berlebih pada respon transien dan sistem dengan harga $\zeta > 0,8$ akan memberikan respon yang lambat.

Natural frequency (ω_n) dan damping faktor (ζ) merupakan parameter yang menentukan kriteria respon sistem. Bila ζ di ubah dari nol hingga mendekati satu, maka osilasi akan berkurang dan menjadi lebih teredam dan osilasi tidak akan terjadi pada saat ζ besar dari satu.

METODOLOGI PENELITIAN

- a. Rancangan Kontrol Posisi
Rancangan terdiri dari beberapa bahagian, yaitu: sensor cahaya, AD-DA converter, PC, penguat arus, sensor kecepatan (terdiri dari transistor foto dan celah cahaya) dan motor dc (satu unit motor dc dengan gigi).
- b. Rancangan Sensor
Rancangan sensor berdasarkan prinsip pembagian tegangan dengan memanfaatkan sifat dari LDR, yaitu memiliki resistansi yang tergantung pada intensitas cahaya yang mengenai permukaannya.
- c. Rancangan Penguat Arus
Dalam rancangan ini, penguat yang digunakan merupakan penguat yang telah umum digunakan untuk menguatkan arus dc.
- d. Rancangan Sensor Kecepatan

Kecepatan motor dihitung berdasarkan perubahan terang gelap pada celah cahaya yang dipasang sedemikian rupa sesumbu dengan motor. Perubahan terang gelap yang terjadi diterjemahkan menjadi besaran digital satu-nol oleh transistor foto dan gerbang logika.

ANALISA RANCANGAN

Ide dasar rancangan ini adalah membandingkan beda tegangan yang dihasilkan oleh dua buah sensor yang mendeteksi pengaruh cahaya. Setiap sensor terdiri dari sebuah *light dependent resistor* (LDR), beberapa tahanan dan sumber tegangan. LDR di pasang sedemikian rupa pada poros, sehingga posisi LDR satu relatif konstan terhadap LDR yang lain, sehingga dapat bergerak secara serentak sesuai arah putaran poros. Tegangan yang dihasilkan sensor akan diubah menjadi besaran digital pada *card analog to digital converter* (ADC). Dengan adanya ADC maka pengolahan data dari sensor dapat dilakukan dengan memanfaatkan *personal computer* (PC).

Keluaran yang diinginkan berupa tegangan yang akan di gunakan untuk menggerakkan motor dengan arah searah putaran jarum jam (CW) atau berlawanan (CCW). Untuk mendapatkan tegangan tersebut, maka data dari PC diubah menjadi besaran analog dengan *card digital to analog converter* (DAC).

ADC yang digunakan pada penelitian ini mempunyai batas tegangan masuk sebesar ± 10 volt terhadap netral. Sehingga untuk membatasi tegangan masuk digunakan pembagian tegangan.

V_{out} merupakan tegangan pada R_2 . R_1 adalah (LDR) dengan tahanan saat terang sekitar 200Ω dan lebih kurang $6 M\Omega$ pada keadaan gelap. Untuk mendapatkan V_{out} 10 Volt dengan $V_{cc} = 12$ Volt, maka pada jalan keluar diberi tahanan R_2 ($15 k\Omega$) seri dengan R_1 . Nilai R_2 dapat dihitung dengan prinsip pembagian tegangan.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_1 + R_2} V_{cc} \text{ [Volt]}$$

$$10 = \frac{R_2}{15 \cdot 10^3 + 200 + R_2} 12$$

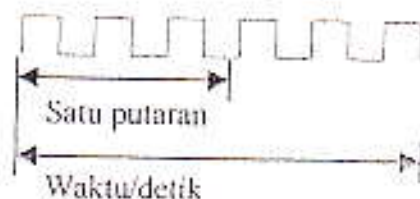
$$R_2 = 75100 \Omega$$

Karena tahanan sebesar $75.7 k\Omega$ tidak tersedia, maka R_2 dapat diganti dengan tahanan sebesar $68 k\Omega$ sehingga pada saat gelap tegangan keluaran maksimum adalah

$$V_{out} = 9.98 \text{ Volt}$$

Pencacah Putaran

Pada dasarnya media ukur kecepatan dan arah putar mencacah peralihan terang ke gelap yang terdiri dari sebuah saluran cahaya, sebuah rangkaian logika sederhana di hubungkan pada PC melalui *Parallel Port*. Sinar saluran cahaya dari LED ke transistor foto secara berkala di putus oleh celah gerigi.



Frekuensi keluaran gerbang N sebanding dengan kecepatan putar motor dengan amplitudo konstan (kurang lebih 4,8 volt). Kecepatan motor dapat dikonversikan dari sinar digital (biner) menjadi desimal dengan menghitung jumlah perubahan satu-nol dalam satuan waktu (detik) dan di bagi dua kali banyak gerigi pada sensor. Pada rancangan di gunakan empat pasang gerigi, sehingga kecepatan putar sama dengan jumlah peralihan terang gelap di bagi delapan. Dalam rancangan ini kecepatan putar motor di bagi sebesar 40 rps (2400 rpm).

Konstanta penguatan (K_m) dan konstanta waktu motor (T_m) diperoleh secara grafis dari percobaan dengan sistem lup terbuka. Dari grafik (lampiran 6) maka di dapat $K_m = 0,454$ dan $T_m = 1,02$.

Pengaturan Umpan Balik

Posisi sensor dapat diatur dengan menggunakan sistem pengaturan lup tertutup. Untuk memperbaiki respon sistem, maka digunakan pengaturan konstanta penguatan (K).

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{0,454k}{1,02s^2 + s + 0,454k}$$

Untuk mendapatkan respon sistem yang terbaik ($\zeta=0,8$) dapat dilakukan dengan mengatur penguatan, K . Secara grafis pengaturan K berarti mengatur penempatan pole pada bidang kompleks sehingga di peroleh sistem yang memenuhi performansi yang di inginkan. Dengan menggunakan metode tepat kedudukan akar, maka posisi seluruh kutup lup tertutup dapat di ketahui.

Dari fungsi alih lup tertutup sistem, maka:

$$s_{1,2} = -\frac{1}{2(1,02)} \pm \sqrt{\frac{1 - 4(1,02)(0,454)K}{4(1,02)^2}}$$

$$= -0,49 \pm \sqrt{0,24 - 0,45K}$$

Sehingga di ketahui bahwa sistem memiliki dua buah kutup, yaitu dititik $s_1 = -0,49 + \sqrt{0,24 - 0,45K}$ dan titik $s_2 = -0,49 - \sqrt{0,24 - 0,45K}$ pada bidang s . Dengan mengatur nilai K , maka di peroleh tempat kedudukan akar sistem lup tertutup (tabel 1).

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa sistem dengan pengaturan konstanta penguat K akan berada pada tiga daerah operasi, yaitu: redaman lebih, redaman kritis dan redaman kurang. Daerah operasi redaman lebih terjadi pada $0 < K < 0,533$ hal ini akan mengakibatkan kutup-kutup akan bergeser sepanjang sumbu nyata. Daerah operasi redaman kritis terjadi bila konstanta penguatan $K=0,533$. Pada daerah redaman kritis ini kedua pole akan berhimpit pada satu titik di sumbu nyata. Sedangkan pada saat konstanta penguatan $K > 0,533$ maka pole-pole akan bergerak di bidang imajiner, sehingga sistem akan berosilasi.

K	Pole 1	Pole 2
0	0.00	-0.98
0.1	-0.05	-0.93

0.2	-0.10	-0.88
0.3	-0.17	-0.81
0.4	-0.25	-0.73
0.53	-0.45	-0.53
0.60	-0.49+j0.17	-0.49-j0.17
0.70	-0.49+j0.27	-0.49-j0.27
0.80	-0.49+j0.35	-0.49-j0.35
0.84	-0.49+j0.37	-0.49-j0.37
0.90	-0.49+j0.41	-0.49-j0.41
1.00	-0.49+j0.46	-0.49-j0.46
1.50	-0.49+j0.66	-0.49-j0.66
2.00	-0.49+j0.81	-0.49-j0.81

Tabel 1 Perubahan Tempat Pole Sistem dengan Pengaturan K

Kesimpulan

Dari Hasil pengujian yang telah dilakukan, maka sistem yang terbaik adalah pada saat $K = 0,8$; $\zeta = 0,82$ (lampiran 6) diperoleh :

- Lewatan Maksimum

$$\%OS = \frac{1,55 - 0,75}{5,15} \times 100$$

$$= 15,54\%$$

- Waktu Puncak

$$t_p = 0,27 \text{ detik}$$

- Waktu Naik

$$t_r = 0,12 \text{ detik}$$

- Waktu Tunda

$$t_d = 0,72 \text{ detik}$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Distefano, Joseph J. *vs. Sistem Pengendalian dan Umpan Balik (Seri Buku Schaum)*, Erlangga, Jakarta, 1985.
2. Kuo, Benjamin C., *Automatic Control Systems*, 7th edition, Printice Hall, New Jersey, 1991.
3. Nise, Norman S., *Control System Engineering*, The Benyamins/Cumings Publishing Company, Inc. California, 1991.
4. Ogata, Katshuhiko, *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*, Erlangga, Jakarta.
5. Shinner, Stanley M., *Modern Control Systems Theory and Application*, 2nd Edition. Eddison-Wesley Publishing Company, Inc. Canada. 1978.
6. Weyrick, Robert C., *Fundamental of Automatic Control*, McGraw-Hill, New Jersey, 1975