

**SISTEM KENDALI SEMI AKTIF
PADA PENGENDALIAN ORIENTASI *PLATFORM***

Disertasi



Ali Basrah Pulungan

1730912001

Pembimbing

Dr.Eng. Lovely Son

Syafii, Ph.D

Dr.Eng. Syamsul Huda

PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

2023

ABSTRAK

Sistem Kendali Semi Aktif pada Pengendalian Orientasi Platform

Oleh: Ali Basrah Pulungan (1730912001)

Promotor: Dr. Eng. Lovely Son, Syafii, Ph.D dan Dr.Eng. Syamsul Huda

Pengendalian orientasi platform umumnya dilakukan dengan mekanisme kendali aktif atau kendali pasif. Pemilihan mekanisme pengendalian ini didasarkan kepada kebutuhan sistem, seperti kecepatan dan akurasi. Kendali aktif sangat sesuai digunakan untuk pengendalian yang membutuhkan kecepatan dan akurasi tinggi. Namun, pada kecepatan rendah dan tidak membutuhkan keakuratan tinggi, kendali aktif juga banyak digunakan, seperti pengendalian orientasi platform. Selain indikator kecepatan dan akurasi, pemilihan sistem kendali juga harus memperhatikan aspek kesederhaan, kemudahan pengoperasian dan investasi yang dibutuhkan serta yang sangat penting konsumsi energi saat pengoperasian. Kendali aktif memiliki keunggulan dalam kecepatan dan akurasi, namun membutuhkan konsumsi energi relatif besar. Di sisi lain, kendali pasif memiliki keterbatasan dalam kemampuan kinerja, karena tidak dapat beradaptasi terhadap perubahan skenario dan konfigurasi operasi. Berdasarkan aspek-aspek tersebut, untuk pengendalian orientasi platform berkecepatan rendah dan tidak membutuhkan keakuratan tinggi dibutuhkan suatu mekanisme kendali yang sederhana serta konsumsi energi relatif rendah. Alternatif mekanisme pengendalian yang dapat diterapkan adalah metode semi aktif dengan teknik pengendalian parameter dinamik yaitu massa dan kekakuan. Dalam hal ini, sistem kendali semi aktif diterapkan fokus pada pengendalian orientasi platform dengan kecepatan rendah dan tidak membutuhkan presisi tinggi menggunakan *secondary driver* dengan daya kecil.

Sistem kontrol semi aktif ini menawarkan mekanisme kontrol orientasi dengan teknik pemberian momen tambahan. Pada penelitian ini, momen tersebut dihasilkan dengan dua mekanisme yaitu, dengan massa konstan posisi berubah dan massa berubah posisi tetap. Massa konstan merupakan sebuah benda padat yang memiliki berat lebih kecil dibandingkan dengan massa platform. Variasi momen tambahan pada massa konstan diperoleh dari perubahan posisi massa tambahan terhadap titik keseimbangan platform. Perubahan posisi ini diberikan oleh motor stepper yang memutar *ballscrew* sebagai tempat kedudukan dan lintasan massa tambahan. Mekanisme berikutnya adalah pemberian massa berubah posisi tetap. Mekanisme ini diberikan melalui sistem fluida berupa air yang ditempatkan pada penampung di dua sisi platform. Volume air diatur dengan mengalirkan air dari penampung satu ke penampung dua menggunakan motor DC sebagai pompa air dan *solenoid valve* sebagai pengatur arah aliran. Selain sistem massa, kontrol semi aktif ini juga dilengkapi dengan torsi pegas yang digunakan untuk menjaga keseimbangan platform. Nilai torsi pegas τ_s diperoleh dari perhitungan kekakuan rotasional ekuivalen k_r .

Optimasi parameter dilakukan dengan serangkaian uji simulasi dan eksperimen. Uji simulasi diberikan untuk mengetahui respon sistem terhadap perubahan nilai massa dan posisi massa tambahan. Respon sistem dianalisis berdasarkan kecepatan perpindahan posisi massa tambahan dan aliran air atau debit air. Uji eksperimen bertujuan mengetahui orientasi platform dan efektifitas sistem kendali orientasi dari sisi konsumsi energi aktuator. Stabilitas sistem pengendalian orientasi diperoleh dengan memanfaatkan kekakuan rotasional ekuivalen dan *inherent damping* yang berasal dari gesekan dan mekanisme didipasi energi lainnya. Rasio

inherent damping dapat ditentukan dengan metode *logarithmic degrement* berdasarkan respon sistem saat pengujian.

Hasil pengukuran percepatan sistem pada saat pengujian dianalisis menggunakan metode *logarithmic degrement* dan diperoleh rasio *inherent damping* $\zeta = 0,11$. Berdasarkan hasil simulasi, terlihat adanya *osilasi* yang diakibatkan kecepatan perpindahan massa tambahan dan aliran air. Kecepatan terbaik untuk menghindari osilasi untuk setiap nilai redaman dan setiap posisi massa tambahan adalah 0,005 m/detik. Debit air (q) = 0,045 l/s sebagai aliran air terbaik untuk menghindari osilasi berlebihan akibat perubahan nilai Δm . Gangguan eksternal hanya berpengaruh pada maksimum *overshoot*, bukan pada *steady state*. *Overshoot* maksimum pada kondisi gangguan eksternal terjadi tidak selalu pada puncak awal osilasi. Pengujian Orientasi *platform* dilakukan dengan pengaturan posisi massa pada *ballscrew* dan diputar motor stepper. Hasil pengujian, untuk $k = 6,9$ Nm/rad, $r = 0,1$ m dan $0,2$ m diperoleh orientasi maksimum sistem *platform* panel surya $25,40^\circ$ arah timur dan $25,80^\circ$ arah barat dan selisih antara hasil eksperimen dan simulasi adalah $< 10\%$ atau 5,67%. Pengujian dengan massa berubah dilakukan dengan memindahkan air dari penampung satu ke penampung dua di sisi kiri dan kanan *platform* menggunakan pompa air dan *solenoid valve* sebagai pengatur arah aliran. Untuk nilai $k_\tau = 10,45$ Nm/rad, $\Delta m = 0,69$ kg dan $0,45$ kg orientasi maksimum sistem *platform* adalah $20,74^\circ$ arah timur dan $20,76^\circ$ arah barat, selisih antara hasil eksperimen dan simulasi adalah $< 10\%$ atau 8,9%. Saat pengujian orientasi *platform*, juga dilakukan pengukuran arus, tegangan dan lama operasi untuk mengetahui konsumsi energi aktuator. Konsumsi energi pada motor stepper selama operasi relatif kecil, yaitu 0,23 Wh atau 0,11% dan pompa air selama masa operasi juga relatif kecil, yaitu 1,78 Wh atau 0,79%.

Berdasarkan simulasi dan pengujian, menunjukkan bahwa kendali orientasi berbasis sistem kendali semi aktif untuk *platform* kecepatan rendah menggunakan momen tambahan dengan mekanisme perpindahan posisi massa dan perubahan massa memiliki kinerja meyakinkan. Hal ini dapat dilihat dari respon sistem, orientasi dan konsumsi energi selama periode pengukuran.

Kata kunci; Kendali semi aktif, orientasi, platform, massa tambahan, konsumsi energi

