

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem pengendalian orientasi berdasarkan mekanisme pergerakan terdiri dari pengendalian pasif dan pengendalian aktif. Pada kendali pasif, respon diberikan berdasarkan *set point* variabel yang sudah dirancang dan ditetapkan. Sedangkan dalam kendali aktif, respon diberikan oleh kontrol variabel dengan bantuan alat pendeteksi. Kontrol aktif membutuhkan pendeteksi untuk secara aktif memperkirakan gangguan dan ketidakpastian secara *real time*. Masing-masing sistem ini mempunyai kelebihan dan kekurangan terutama yang terkait dengan instalasi dan pengoperasian seperti biaya, keandalan, konsumsi energi, pemeliharaan serta kinerja secara keseluruhan [1].

Kendali pasif sudah populer dan telah diterapkan secara luas, seperti pada bidang kendali struktur dan orientasi. Perangkat pasif secara *inheren* stabil, tidak memerlukan energi eksternal untuk beroperasi dan relatif mudah diimplementasikan dan umumnya terdiri dari struktur yang sederhana, harga lebih murah dan membutuhkan lebih sedikit peralatan untuk instalasi [2]. Namun, kinerja kontrol pasif kurang optimal, karena tidak dapat beradaptasi terhadap eksitasi yang selalu berubah [3].

Berbeda dengan sistem kendali pasif, sistem kendali aktif bergantung sepenuhnya pada daya eksternal untuk mengoperasikan aktuator dan suplai untuk sistem kendalinya. Dalam banyak aplikasi, sistem seperti ini membutuhkan sumber daya yang besar dan rentan terhadap kegagalan daya. Masalah kritis lainnya dengan kontrol aktif adalah ketahanan stabilitas sehubungan dengan kegagalan sensor terutama pada sistem pengontrol terpusat.

Pengendalian orientasi menggunakan kendali aktif umumnya menggunakan motor listrik sebagai aktuator utama. Aktuator ini diberi sinyal input berupa nilai dan arah orientasi. Sistem kendali aktif relatif lebih kompleks karena membutuhkan sensor dan komponen pengontrol [4].

Sistem aktif banyak digunakan pada pengendalian orientasi yang memiliki kecepatan rendah dan tidak membutuhkan keakuratan, seperti pengendalian orientasi *platform* yang diaplikasikan pada panel surya [5][6][7]. Strategi pengendalian orientasi *platform* panel surya terdiri dari pengendalian *loop* tertutup dan *loop* terbuka [8][9]. Sistem *loop* terbuka disebut juga sebagai *Chronological tracker* [10]. Masing-masing strategi ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama, seperti motor arus searah [11][12][13][14], motor stepper [15][16] dan motor servo [17][18][19].

Konsumsi energi sistem kendali orientasi merupakan isu utama dalam pengembangannya, sehingga menimbulkan minat yang tinggi untuk terus mengembangkan sistem ini. Penggunaan sistem kendali berorientasi terhadap rendahnya konsumsi energi menjadi alasan dikembangkannya sistem pengendali pasif [2], [27] – [30]. Namun di sisi lain pengendali pasif memiliki kekurangan terutama ketidakmampuan dalam merespon gangguan yang muncul dan kemampuan yang rendah untuk melakukan perubahan orientasi pada simpangan yang besar [2], [27] – [29].

Penggunaan motor listrik sebagai aktuator utama pada kendali aktif, menjadi salah satu faktor utama akan tingginya konsumsi daya. Pengendalian orientasi *platform* panel surya, konsumsi rata-rata energi harian aktuator sumbu tunggal diperkirakan sekitar 2% - 3% dari energi yang dihasilkan [24]. Konsumsi energi ini akan dibutuhkan untuk setiap kondisi cuaca yang berbeda [25]. Penggunaan aktuator sebagai penggerak utama sangat perlu menjadi perhatian, terutama pada pengendalian orientasi bermassa besar akan membutuhkan aktuator berdaya relatif besar.

Permasalahan lain pada sistem pengendalian orientasi yang dapat mempengaruhi kinerja *platform* yaitu berupa osilasi akibat adanya gangguan dari luar seperti angin. Angin dapat menghambat arah gerakan dan angin juga akan dapat menyebabkan *platform* berputar berlawanan arah dengan arah seharusnya [2].

Berdasarkan beberapa permasalahan pada sistem kendali orientasi berkecepatan rendah dan tidak membutuhkan keakuratan tinggi, dibutuhkan suatu mekanisme kendali yang relatif sederhana dan mudah dioperasikan serta konsumsi energi relatif rendah. Alternatif mekanisme pengendalian yang dapat diterapkan adalah metode semi aktif dengan teknik pengendalian parameter dinamik yaitu massa, redaman dan kekakuan [26].

Salah satu teknik semi aktif adalah penggunaan peredam cairan MR (Magnetorheologis fluida). Teknik pengendalian getaran menggunakan pengaturan nilai redaman dan kekakuan telah banyak diterapkan pada kendali semi aktif, seperti pada bangunan sipil dan kendaraan bermotor, yakni *Semi-Active Stiffness Dampers* (SASD) yang terdiri dari silinder berisi cairan, piston, dan katup yang dikendalikan motor. Motor mengatur bukaan katup, sehingga mengontrol aliran cairan kental (paling umum oli) dan menyesuaikan koefisien redaman secara real time [27]. *Semi-Active Stiffness Dampers* (SASD) ini telah dikembangkan dengan *Resetting Semi Active Stiffness Dampers* (RSASD) [28]. Sistem ini bekerja dengan menambahkan kekakuan pada sistem ketika katup ditutup dan menghilangkan energi yang diserap ketika katup terbuka. *Semi-Active Stiffness Dampers* (SASD) yang terdiri dari silinder berisi cairan, piston, dan katup yang dikendalikan oleh motor. Motor mengatur bukaan katup untuk mengontrol aliran cairan kental (seperti oli) dan mengatur koefisien redaman secara *real-time* [27].

Selain pada struktur sipil dan kendaraan, kendali semi aktif juga digunakan pada kendali orientasi, khususnya pada kendali robot manipulator. Sistem manipulator robot semi aktif dirancang untuk interaksi robot manusia yang aman menggunakan mekanisme aktuasi berbasis fluida magnetorheological (MR) [29]. Kendali arus input dilakukan untuk mengendalikan sifat-sifat cairan MR di dalam aktuator. Metode ini memberikan akurasi operasional yang tinggi dan strategi kontrol lebih sederhana dibandingkan dengan metode lainnya.

Pada penelitian ini, sistem kontrol semi aktif yang dikembangkan fokus pada pengendalian orientasi *platform* dengan kecepatan rendah dan tidak membutuhkan presisi tinggi. Sistem ini menggunakan *secondary driver* dengan daya kecil. Kebaruan yang ditawarkan pada penelitian ini adalah lebih sederhana dan lebih hemat energi. Mekanisme kontrol orientasi dilakukan dengan teknik pemberian momen tambahan. Momen tersebut dihasilkan dengan dua mekanisme yaitu, dengan massa konstan posisi berubah dan massa variabel 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*. Mekanisme berikutnya adalah pemberian massa variabel dengan posisi tetap. Massa variabel ini diberikan melalui sistem fluida berupa air yang ditempatkan pada tabung penampung yang terletak di kedua sisi *platform*.

Perubahan posisi dan berat massa tambahan pada sistem mengakibatkan ketidakseimbangan *platform* sehingga terjadi perubahan orientasi. Penetapan nilai massa dan kekakuan yang tepat dilakukan untuk mendapatkan operasi sistem efektif. Sedangkan redaman sistem diperoleh dari *inherent damping* yang berasal dari gesekan dan mekanisme disipasi energi lainnya sehingga *platform* tetap dalam posisi stabil.

1.2. Masalah Penelitian

Dalam penelitian ini dirumuskan pengembangan suatu metode baru untuk meningkatkan kinerja pengendalian orientasi melalui desain kendali semi aktif pada orientasi *platform*. Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan kendali semi aktif pada pengendalian orientasi *platform* yang didasarkan pada pengaturan torsi penggerak melalui teknik pengendalian massa konstan dan massa berubah.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menerapkan kendali semi aktif pada pengendalian orientasi *platform* yang didasarkan pada pengaturan torsi penggerak melalui teknik pengendalian massa bergerak dan massa tetap.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat meningkatkan kinerja pengendalian orientasi dengan mengurangi konsumsi energi penggerak pada saat terjadi perubahan orientasi.

1.5. Kontribusi Penelitian

Kontribusi utama penelitian ini adalah diterapkannya metode semi aktif pada sistem kendali orientasi, khususnya aplikasi pada sistem bermassa besar dengan kecepatan rendah dan tidak membutuhkan presisi tinggi seperti *platform*. Sistem semi aktif yang diterapkan terdiri dari sistem massa dan torsi pegas. Sistem ini menawarkan mekanisme kontrol orientasi kecepatan rendah dengan teknik pemberian momen tambahan. Momen tambahan ini diperoleh dari sistem massa konstan posisi berubah dan sistem massa variabel posisi tetap. Kedua mekanisme ini bertujuan untuk mendapatkan variasi momen yang menghasilkan perubahan orientasi.

Sistem massa konstan merupakan sebuah benda padat yang ukuran dan berat didasarkan pada kebutuhan sistem orientasi. Variasi momen tambahan pada sistem massa konstan diperoleh dari perubahan posisi massa kontan pada *platform*. Perubahan posisi ini diberikan oleh motor stepper yang memutar *ballscrew*. Mekanisme berikutnya adalah pemberian massa berubah dengan posisi tetap. Sistem massa variabel ini diberikan melalui sistem fluida berupa air yang ditempatkan pada tabung penampung pada kedua sisi *platform*. Volume air diatur dengan mengalirkan air dari penampung satu ke penampung dua menggunakan motor arus searah 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 orientasi *platform*. Nilai torsi pegas τ_s diperoleh dari perhitungan kekakuan rotasional ekuivalen k_τ .

Optimasi parameter diperoleh dengan melakukan serangkaian uji simulasi dan eksperimen. Uji simulasi diberikan untuk mengetahui respon sistem terhadap perubahan nilai sistem massa dan perubahan posisi massa tambahan. Pada perubahan posisi massa konstan, respon sistem didasarkan pada perubahan kecepatan perpindahan posisi massa tambahan. Sedangkan pada massa variabel, kecepatan aliran air atau debit air menjadi parameter untuk mengetahui respon sistem. Simulasi dilakukan pada saat tanpa gangguan atau dengan gangguan eksternal. Selain itu, uji simulasi dilakukan untuk mengetahui kestabilan sistem terhadap perubahan nilai massa tambahan dan kekakuan rotasional. Uji eksperimen bertujuan mengetahui efektifitas sistem kendali orientasi yang dibuat dari sisi konsumsi energi aktuator.

Konsumsi energi penting diketahui, karena aktuator digunakan bukan sebagai penggerak utama namun hanya penggerak massa tambahan yang relatif kecil dibandingkan massa *platform*. Selain itu, orientasi *platform* yang diperoleh saat uji eksperimen akan dibandingkan dengan orientasi hasil simulasi dengan tujuan untuk validasi nilai k_τ . Stabilitas sistem pengendalian orientasi ini memanfaatkan kekakuan rotasional ekuivalen dan memanfaatkan *inherent damping* yang berasal dari gesekan dan mekanisme disipasi energi lainnya.