

SISTEM KENDALI ANTI SWAY OVERHEAD CRANE

ANTI SWAY CONTROL SYSTEM OVERHEAD CRANE

Mohammad Joko Akbar¹, Mohamad Ramdhani², Agung Surya Wibowo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹jokoakbar@students.telkomuniversity.ac.id, ²mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id,

³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Persaingan yang ketat dalam bidang industri membuat banyak perusahaan berlomba-lomba berinovasi untuk meningkatkan produktivitas pabriknya. Salah satunya dalam hal mobilitas alat berat, yaitu pengoperasian crane. Sway merupakan permasalahan yang kerap timbul pada saat pengoperasian crane. Sway adalah ayunan dari beban yang ditimbulkan saat motor crane melakukan percepatan atau perlambatan. Pengoperasian crane yang aman dan terkendali merupakan sesuatu yang diinginkan oleh perusahaan.

Anti Sway Overhead Crane merupakan suatu inovasi yang dibutuhkan oleh perusahaan yang berlatar belakang alat berat dalam pengoperasian crane. Anti Sway Overhead Crane merupakan prototipe yang menggunakan sistem anti sway dalam mengatasi sway yang terjadi pada beban yang diangkut oleh crane pada saat pengoperasiannya. Sistem anti sway bekerja dengan cara memanipulasi pergerakan motor crane. Sistem anti sway dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja dan mengurangi resiko kerusakan properti perusahaan. Prototipe yang dibangun menggunakan mikrokontroler sebagai pengendalinya. Untuk meningkatkan kinerja prototipe dalam memindahkan barang dengan kecepatan yang tetap, metode yang dipakai adalah sistem kendali Proportional Derivative.

Sistem anti sway akan bekerja untuk mengurangi osilasi yang terjadi pada beban. Sistem anti sway juga akan mempercepat kestabilan beban pada prototipe overhead crane.

Kata Kunci : Overhead Crane, Arduino Uno, Kendali PD.

Abstracts

Intense competition in the industry makes many companies competing to innovate to improve the productivity of the factory. One of them in terms of machine mobility, the operation of cranes. Sway is a problem that often arises during the operation of the crane. Sway of the load generated when the motor crane accelerates or decelerates. The safety of controlled operation crane is something the company wants.

Anti Sway Overhead Crane is an innovation needed by companies with heavy equipment background in crane operation. Anti Sway Overhead Crane is a prototype that uses anti sway system in overcoming sway that occurs on loads transported by crane at the time of operation. The anti sway system works by manipulating the movement of the crane motor. The anti sway system can reduce the level of workplace accidents and reduce the risk of property damage. The prototype is built using a microcontroller as its controller. To improve the performance of prototypes in moving at a constant speed, the method used is the Proportional Derivative control system.

The anti sway system will work to reduce the oscillations that occur in the load. The anti sway system will also accelerate the stability of the overhead crane prototype.

Keywords : Overhead Crane, Arduino Uno, PD Controller.

1. Pendahuluan

Crane merupakan alat yang sangat populer dalam bidang industri. Pengoperasian crane biasanya dilakukan untuk memindahkan dan mengangkut barang berat. Perusahaan yang banyak menggunakan crane salah satunya adalah perusahaan mobil, perusahaan besi, perusahaan mesin dan sebagainya. Tentunya perusahaan ini menginginkan crane yang aman dan mudah untuk dikendalikan dalam pengoperasiannya. Inovasi terkait crane yang diinginkan perusahaan pun terus berkembang.

Banyak pengembangan yang dilakukan dalam mewujudkan crane yang sesuai. Salah satu pengembangan yang paling populer adalah pengembangan di bidang sway (ayunan) pada beban. Contoh pengembangan yang

sudah ada adalah Liji Ramesan Santhi, Laila Beebi M, (2014) “Position Control and Anti-Swing Control of Overhead Crane Using LQR”, Zhao, Y., & Gao, H. (2012). “Fuzzy-model-based control of an overhead crane with input delay and actuator saturation.” Dan masih banyak lagi. Pada saat pengoperasian crane, akan terjadi percepatan dan perlambatan motor crane. Dengan percepatan dan perlambatan yang terjadi maka timbul sway pada beban yang diangkut. Sway pada beban merupakan hal yang klasik dan paling menantang dalam permasalahan pengoperasian crane. Dikarenakan sway pada beban berisiko mengakibatkan kerusakan properti perusahaan dan meningkatkan tingkat kecelakaan kerja. Para pekerja biasanya hanya mengandalkan intuisi dan pengalaman dalam mengoperasikan crane.

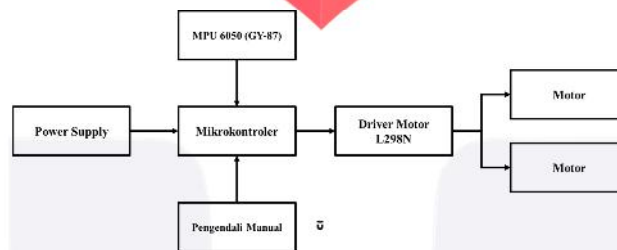
Sistem anti sway dapat menjadi solusi dalam permasalahan sway pada crane. Sistem anti sway bekerja dengan memanipulasi pergerakan motor crane. Sistem anti sway dapat dengan cepat mengurangi dan menghilangkan sway pada pengoperasian crane. Di dalam sistem anti sway membutuhkan sistem kendali yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Sistem kendali yang dibutuhkan merupakan sistem kendali yang memiliki respon yang tinggi serta dapat memproses beberapa input sekaligus.

2. Dasar Teori

2.1. Perancangan Sistem

Desain sistem atau perancangan sistem adalah merancang atau mendesain suatu sistem yang baik, yang isinya adalah langkah-langkah operasi dalam proses pengolahan data dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. Desain ini digunakan sebagai acuan gambaran umum sistem atau mendefinisikan cara kerja sistem secara singkat dan umum. Perancangan ini terdiri dari diagram blok serta fungsi dan fitur.

2.1.1. Perancangan Sistem Perangkat Keras

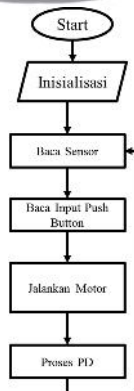


Gambar 1. Desain Perangkat Keras Sistem

Sebuah mikrokontroler digunakan sebagai otak pengoperasian sistem yang akan dibuat. Mikrokontroler akan menjadi pusat dan penghubung antara masukan dan keluaran sistem. Platform mikrokontroler yang akan digunakan adalah Arduino Mega 2560. Power supply digunakan sebagai penyuplai sumber listrik untuk mikrokontroler. Driver Motor L298N juga digunakan sebagai penghubung antara motor dan mikrokontroler. Motor yang digunakan merupakan motor DC 12 volt. Motor DC yang digunakan berjumlah 2 buah. Untuk mengendalikan pergerakan crane sistem menggunakan pengendali analog. Sensor MPU6050 juga digunakan untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan dalam perhitungan.

2.1.2. Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak sistem anti sway diprogram menggunakan bahasa pemrograman Arduino, yaitu bahasa C yang meliputi pengaturan PWM, polaritas tegangan motor DC, MPU 6050(sensor gyroscope dan sensor accelerometer), dan sistem anti sway.

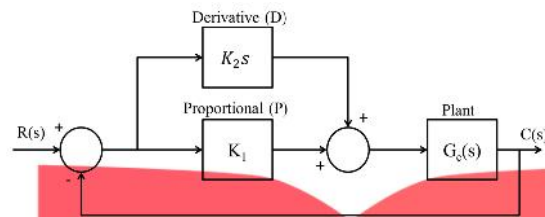


Gambar 2. Desain Perangkat Lunak Sistem

2.2. Proportional Derivative (PD)

Kendali PD merupakan sebuah sistem yang menggabungkan proportional dan derivative. Kendali PD menghitung nilai error secara terus-menerus untuk sebagai pembandingan antara set point dengan nilai variabel proses yang terukur. Pada aksi kendali proportional, keluaran sistem kendali akan berbanding lurus dengan masukan dan error, dan menghasilkan tanggapan yang cepat. Akan tetapi overshoot meningkat sehingga sistem cukup bermasalah saat awal beroperasi. Sedangkan aksi derivative bekerja sesuai laju perubahan error. Oleh karena itu, kendali ini berfungsi mereduksi laju perubahan error sehingga menjaga kestabilan sistem.^[1]

Kendali proportional adalah metode pengendali yang memberikan gain atau penguatan secara langsung kepada sistem untuk mempengaruhi keluaran sistem. Derivative digunakan bersama dengan proportional sebagai kompensator yang memperbaiki nilai keluaran sistem sehingga mempercepat respon transien sistem. Berikut Gambar 3 blok diagram sistem PD



Gambar 3. blok diagram sistem PD

$$G_c(s) = K_2s + K_1$$

(1)

Dengan:

$G_c(s)$ = Kendali

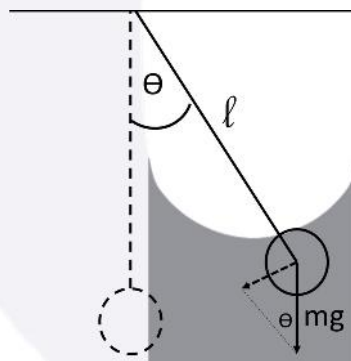
K_1 = K_p (Konstanta Proportional)

K_2 = K_d (Konstanta Derivative = $K_p \times T_d$)

T_d = Waktu Derivative

2.3. Pemodelan Pendulum

Osilasi sway yang terjadi di dalam sistem overhead crane dapat diperkirakan dengan pemodelan osilasi pada pendulum sederhana. Berikut Gambar ilustrasi gerakan pendulum sederhana.



Gambar 4. Ilustrasi Gerakan Pendulum Sederhana

Untuk gerakan rotasi, $\tau = I\alpha$, dimana $\alpha = \ddot{\theta}$ (percepatan sudut), maka

$$-(mg \sin \theta)l = I\ddot{\theta} = ml\ddot{\theta} \quad (2)$$

$$-g \sin \theta = l\ddot{\theta} \quad (3)$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (4)$$

Dimana

g = gravitasi

l = panjang tali

$\ddot{\theta}$ = percepatan sudut

θ = sudut

Untuk θ yang kecil, $\sin \theta \approx \theta$, maka persamaannya akan menjadi

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad (5)$$

Dari persamaan diatas dapat dijadikan fungsi transfer yaitu

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta = T \quad (6)$$

$$(s^2 + \frac{g}{l})\theta(s) = T(s) \quad (7)$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{(s^2 + \frac{g}{l})} \quad (8)$$

Persamaan (4) sama dengan persamaan osilasi teredam harmonik sederhana:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (9)$$

Periode osilasi untuk osilasi harmonik sederhana ialah

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (10)$$

Oleh karena itu periode untuk pendulum sederhana adalah

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (11)^{[2]}$$

Dimana

T = periode osilasi

l = panjang tali

g = gravitasi

2.4. Cara Kerja Konsep Solusi

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, cara kerja konsep solusi adalah sebagai berikut: sway (ayunan) beban terjadi karena adanya perubahan percepatan motor crane. Pada sistem yang akan diimplementasikan akan timbul kondisi sway yaitu ketika motor crane mengalami perlambatan dari kecepatan V m/s sampai ke keadaan diam. Sistem akan mengendalikan pergerakan motor crane agar mengurangi sway yang terjadi. Pada kondisi sway terjadi akibat perlambatan yang dilakukan motor crane sistem akan mengatur pergerakan yang sesuai (motor akan bergerak maju atau mundur) untuk mengurangi dan menghilangkan sway yang terjadi. Sistem akan bekerja dengan menggunakan masukan berupa sudut sway pada saat pengoperasian crane. Keluaran sistem yang dibuat berupa pengendalian pergerakan, agar terjadi pengurangan sway yang timbul akibat pengoperasian crane.

2.5. Pemilihan Konsep

Berdasarkan cara kerja konsep solusi yang telah dipaparkan sebelumnya maka konsep yang akan dipilih adalah sebagai berikut:

Mikrokontroler yang dibutuhkan untuk sistem ini adalah mikrokontroler yang dapat memproses PWM yang diinginkan, serta mudah dalam pengoperasian dan pemrogramannya. Oleh Karena itu, platform mikrokontroler yang cocok dengan spesifikasi yang disebutkan dan yang akan dipilih sebagai platform mikrokontroler untuk sistem yang dibuat adalah Arduino. Motor yang digunakan adalah motor DC 12 Volt dengan gearbox. Sebagai penghubung antara mikrokontroler dan motor DC digunakan driver motor dengan chip L298N.

Dalam pembacaan nilai umpan balik dibutuhkan sensor yang dapat membaca sudut beban. Sensor sudut yang digunakan adalah sensor gyroscope. Dibandingkan dengan sensor sudut yang lain seperti sensor encoder, sensor gyroscope memiliki dimensi yang lebih kecil serta sensitivitas yang besar. Sensor gyroscope merupakan sensor yang mengukur orientasi berdasarkan prinsip momentum sudut.

Untuk mendapatkan sistem yang memiliki respon yang tinggi, maka sistem kendali yang dipilih adalah sistem kendali Proportional Derivative (PD). Dengan sistem PD maka sistem akan memiliki rise time yang tinggi dan settling time yang tinggi.

2.6. Pengujian dan Analisis

2.4.1 Pengujian Menggunakan Pengendali Manual

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem terhadap sway yang timbul akibat penggunaan pengendali manual. Pengujian ini akan dibagi menjadi 8 pengujian. Yaitu:

- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif dan Axis Y Positif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif dan Axis Y Negatif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis Y Negatif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis Y Positif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif dan Axis Y Negatif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif dan Axis Y Positif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif
- Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif

Dari 8 pengujian diatas masing-masing akan dibagi menjadi 2 pengujian yaitu pengujian menggunakan sistem *anti sway* dan tanpa menggunakan sistem *anti sway*. Berikut adalah Tabel 1 hasil pengujian sistem *anti sway* menggunakan pengendali manual.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Sistem Anti Sway Menggunakan Pengendali Manual

No.	Pengujian	Hasil Akhir Pengujian (ms)		Perbedaan Waktu (ms)
		Tanpa Sistem Anti Sway	Dengan Sistem Anti Sway	
1	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif dan Axis Y Positif	6000	5000	1000
2	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif dan Axis Y Negatif	7000	6000	1000
3	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis Y Negatif	6240	5500	740
4	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis Y Positif	5200	4680	520
5	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif dan Axis Y Negatif	5720	4320	1400
6	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif dan Axis Y Positif	6380	5720	660
7	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Positif	4500	3000	1500
8	Pengujian Menggerakkan Motor ke Arah Axis X Negatif	5200	5200	0

Data diatas menunjukkan bahwa sistem anti sway bekerja dengan baik, yaitu mengurangi waktu yang diperlukan dari keadaan sway sampai keadaan sudut stabil. Nilai rata-rata perbedaan antara dengan menggunakan sistem anti sway dan tanpa menggunakan anti sway diatas adalah 852,5 ms.

2.6.1. Pengujian Tanpa Menggunakan Pengendali Manual

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem terhadap sway yang timbul akibat dorongan manual terhadap beban. Pengujian ini akan dibagi menjadi 8 pengujian. Yaitu:

- Pengujian sudut axis x positif dan axis y positif
- Pengujian sudut axis x negatif dan axis y negatif
- Pengujian dengan axis x mendekati nol dan axis y negatif
- Pengujian dengan axis x mendekati nol dan axis y positif
- Pengujian sudut axis x positif dan axis y mendekati nol
- Pengujian sudut axis x negatif dan axis y mendekati nol
- Pengujian sudut axis x positif dan axis y negatif
- Pengujian sudut axis x negatif dan axis y positif

Dari 8 pengujian diatas masing-masing akan dibagi menjadi 2 pengujian yaitu pengujian menggunakan sistem *anti sway* dan tanpa menggunakan sistem *anti sway*. Berikut adalah Tabel 2 hasil pengujian sistem *anti sway* tanpa menggunakan pengendali manual

Tabel 2. hasil pengujian sistem *anti sway* tanpa menggunakan pengendali manual

No.	Pengujian	Hasil Akhir Pengujian		Perbedaan Waktu
		Tanpa Sistem Anti Sway	Dengan Sistem Anti Sway	
1	Nilai axis x positif (8') Nilai axis y positif (4')	7800	6400	1200
2	Nilai axis x negatif (-10') Nilai axis y negatif (-5')	9880	7800	2080
3	Nilai axis x mendekati nol (0) Nilai axis y negatif (-6')	9880	8000	1880
4	Nilai axis x mendekati nol (0) Nilai axis y positif (10')	9360	8100	1260
5	Nilai axis x positif (12') Nilai axis y mendekati nol (-3')	7280	6000	1280
6	Nilai axis x negatif (-7') Nilai axis y mendekati nol (0')	6240	3240	3000
7	Nilai axis x positif (12') Nilai axis y negatif (-10')	10260	9800	460
8	Nilai axis x negatif (-10') Nilai axis y positif (10')	9240	8160	1080

Data diatas menunjukkan bahwa sistem anti sway bekerja dengan baik, yaitu mengurangi waktu yang diperlukan dari keadaan sway sampai keadaan sudut stabil. Nilai rata-rata perbedaan antara dengan menggunakan sistem anti sway dan tanpa menggunakan anti sway diatas adalah 1.530 ms.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem kendali anti sway overhead crane ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam hasil pengujian dengan menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis x adalah sebesar 750 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik didalam pengurangan sway pada pengendalian overhead crane.
2. Dalam hasil pengujian dengan menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis y adalah sebesar 630 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik didalam pengurangan sway pada pengendalian overhead crane.
3. Dalam hasil pengujian dengan menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis x dan axis y adalah sebesar 1180 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik didalam pengurangan sway pada pengendalian overhead crane.
4. Dalam hasil pengujian tanpa menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis x adalah sebesar 770 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik dalam mengurangi sway pada pengendalian overhead crane.
5. Dalam hasil pengujian tanpa menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis y adalah sebesar 1570 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik dalam mengurangi sway pada pengendalian overhead crane.
6. Dalam hasil pengujian tanpa menggunakan pengendali manual, nilai selisih rata-rata dalam pengujian axis x dan axis y adalah sebesar 1890 ms. Yang berarti sistem anti sway bekerja dengan baik dalam mengurangi sway pada pengendalian overhead crane.

Daftar Pustaka :

- [1] Susanto, Erwin. *Kontrol Proporsional Integral Derifatif (PID) Untuk Motor DC Menggunakan Personal Computer*. 2008, Institut Teknologi Telkom Bandung.
- [2] Physics 15c, Laboratory 1. 2016. The Pendulum. ipl.physics.harvard.edu/wp-uploads/2013/03/15c_s07_1.pdf. Diakses 06 Juli 2017.