

## Kontrol PID Pada Miniatur Plant Crane

E. Merry Sartika<sup>1)</sup>, Hardi Sumali<sup>2)</sup>

Jurusan Teknik Elektro

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Suria Sumantri 65 Bandung , 022-2012186 ext 1239

e-mail: erwanimerry@gmail.com, hardi.sumali@gmail.com

### Abstrak

*Crane merupakan alat bantu mekanis untuk memindahkan benda dari suatu titik ke titik lainnya. Pengendalian crane masih banyak dilakukan oleh manusia, sehingga keahlian operator sangat berperan dalam pengendalian sebuah crane. Pada penelitian ini, dilakukan pengontrolan PID menggunakan PLC pada sebuah miniatur tower crane agar dapat memindahkan benda dari satu titik ke titik yang diinginkan dengan ayunan dan waktu seminimal. Metoda tuning Ziegler Nichols digunakan sebagai tuning awal untuk mendapatkan acuan nilai parameter, dilanjutkan dengan metoda tuning Trial and Error untuk mendapat nilai parameter PID yang lebih baik. Berdasarkan hasil percobaan, pengontrolan miniatur plant crane pada sumbu horizontal lebih cocok menggunakan pengontrol PD dengan nilai parameter  $K_p = 25$  dan  $T_d = 0,2$ , sedangkan pada sumbu vertikal lebih cocok menggunakan pengontrol P dengan nilai parameter  $K_p = 0,1$ . Pengendalian posisi beban dengan menggunakan cara direct menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan cara step by step.*

**Kata kunci:** Crane, PID, PLC, SCADA

### 1. Pendahuluan

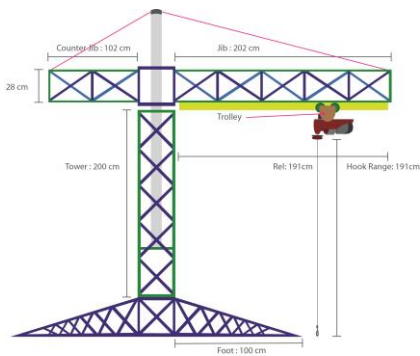
*Crane* merupakan alat bantu mekanis untuk memindahkan benda dari suatu titik ke titik lainnya. *Crane* bekerja dengan menggunakan tali sebagai pemindah benda, oleh sebab itu, kemungkinan terjadi ayunan pada benda yang diangkat oleh crane sangat besar. Pengontrol PID banyak digunakan di industri karena mudah diimplementasikan. Selain itu untuk menentukan nilai parameter PID tidak dibutuhkan model dari *plant* yang akan dikontrol. Pada penelitian ini, dilakukan pengontrolan PID menggunakan PLC pada sebuah miniatur *tower crane* agar dapat memindahkan benda dari satu titik ke titik yang diinginkan dengan ayunan seminimal mungkin dan waktu yang relatif singkat.

### 2. Metode Penelitian

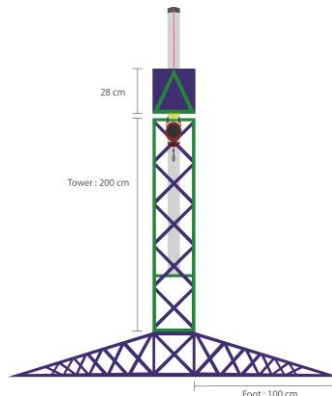
Pada penelitian ini akan dibahas tentang metoda penelitian dari sistem yang dibuat, yaitu berupa perancangan dari Miniatur Plant Crane, Sistem kontrol, dan Penalaan PID di sumbu horisontal maupun sumbu vertikal

#### 2.1. Miniatur Plant Crane

Jenis *crane* yang digunakan adalah *tower crane*. Struktur *crane* menyerupai huruf T. *Tower crane* dapat digerakkan pada porosnya (rotasi). Dimensi terlihat dari samping ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2, sedangkan realisasinya ditunjukkan pada Gambar 3. Dimensi keseluruhan minatur plant *crane* memiliki tinggi 300 cm, panjang 304 cm, lebar 200 cm. Bahan yang digunakan untuk rangka *tower crane* ini adalah besi, memiliki empat buah kaki penopang sebagai fondasi dan dua tali baja sebagai penahan *jib* dan *counter jib* [1].



Gambar 1. Tampak samping



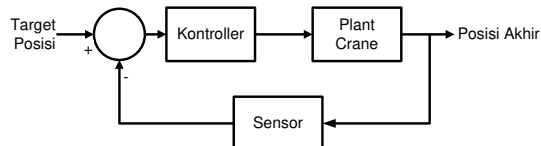
Gambar 2. Tampak depan



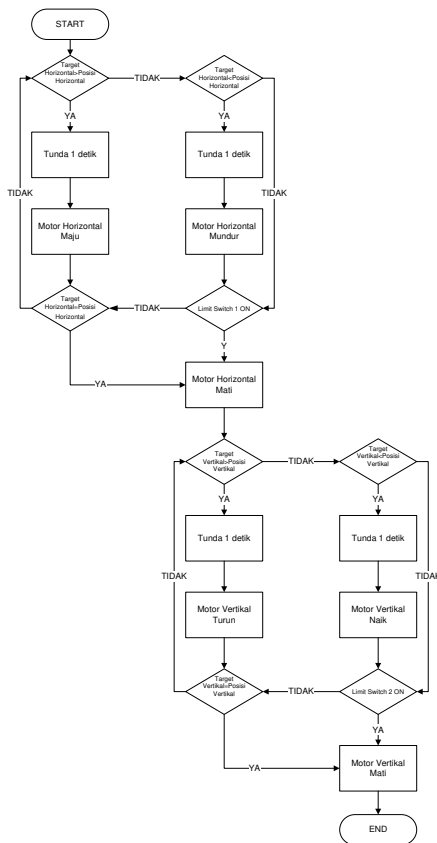
Gambar 3. Plant miniatur tower crane

## 2.2. Sistem Kontrol Miniatur Plant Crane

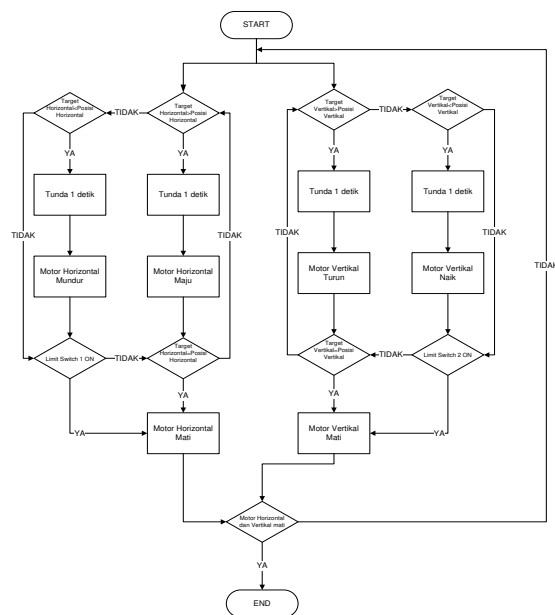
Blok sistem kontrol miniatur *Plant Crane* ditunjukkan pada Gambar 4. Target posisi adalah *set point* dari posisi yang diinginkan, posisi *crane* dibaca terus menerus oleh sensor untuk dibandingkan dengan target posisi, sehingga *error* dapat dibaca oleh pengontrol PID yang diolah dalam *controller PLC* [2] yang kemudian akan mengeluarkan sinyal kontrol untuk mengatur inverter agar menggerakkan putaran motor pada crane agar bergerak menuju target posisi yang diinginkan.



Gambar 4. Blok sistem kontrol miniatur *Plant Crane*



Gambar 5. Diagram alir cara *step-by-step*



Gambar 6. Diagram alir cara *direct*

Pengontrolan untuk mencapai *set point* (posisi) dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah cara *step-by-step* yaitu dengan menggerakkan aktuator pada sumbu horizontal terlebih dahulu. Setelah *set point* untuk sumbu horizontal tercapai, dilanjutkan dengan menggerakkan aktuator sumbu vertikal. Diagram alir cara *step-by-step* ditunjukkan pada Gambar 5. Cara kedua adalah cara *direct* yaitu dengan menggerakkan aktuator pada kedua sumbu secara bersamaan. Diagram alir cara *direct* ditunjukkan pada Gambar 6 [1].

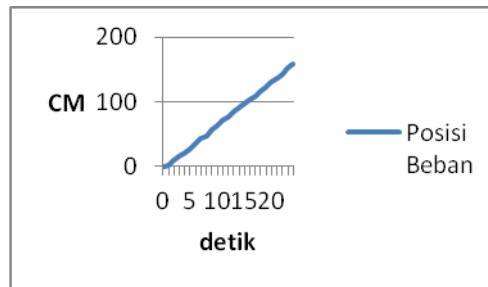
Pada perancangan sistem kontrol miniatur *Plant Crane*, diterapkan pengontrol PID untuk mengontrol pergerakan beban sehingga mencapai posisi yang diinginkan. Nilai parameter PID dapat ditentukan dengan berbagai metoda, namun pada penelitian ini dipilih metoda tuning Ziegler Nichols sebagai tuning awal, dilanjutkan dengan metoda tuning *Trial and Error* untuk menala nilai parameter PID yang terbaik.

### 2.3. Penalaan Pengontrol PID Pada Plant Crane

Karena terdapat dua pergerakan yaitu pergerakan pada sumbu horizontal dan pada sumbu vertikal, maka perlu dilakukan penalaan parameter PID untuk kedua pergerakan tersebut.

#### 2.3.1. Penalaan PID Sumbu Horizontal

Keluaran *plant* miniatur crane bila diberi input *step* ditunjukkan Gambar 7. Dari Gambar 7 dapat disimpulkan keluaran *plant* berupa integrator [3] sehingga dipilih teori Ziegler Nichols untuk mencari nilai parameter. Karena *plant* sudah bersifat integrator maka peran pengontrol integral pada PID tidak diperlukan.



Gambar 7. Keluaran *plant* miniatur crane bila diberi input *step*

Metode Ziegler Nichols untuk penalaan parameter pada sistem yang memiliki respon step open-loop berupa integrator dengan time-delay ditunjukkan pada persamaan (1).

$$g(s) = \frac{k e^{-\theta s}}{s} \quad (1)$$

Maka dapat ditentukan  $k = 1/14$  dan  $\theta = 1$ . Sedangkan untuk mencari nilai parameter PID, dapat digunakan Tabel 1 [4].

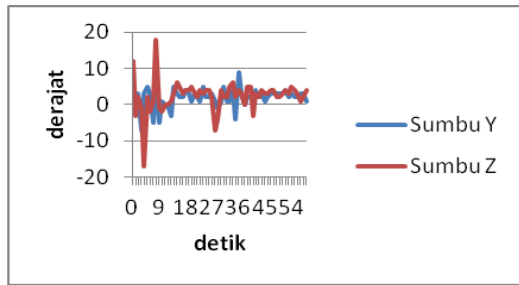
Table 1. Penalaan Ziegler Nichols Metoda Open Loop

Tipe Pengontrol	Kc	Ti	Td
P	$\frac{1}{K\theta}$ atau $\frac{\tau_p}{K_p\theta}$	-----	-----
PI	$\frac{0,9}{K\theta}$ atau $\frac{0,9\tau_p}{K_p\theta}$	$3,3\theta$	-----
PID	$\frac{1,2}{K\theta}$ atau $\frac{1,2\tau_p}{K_p\theta}$	$2\theta$	$0,5\theta$

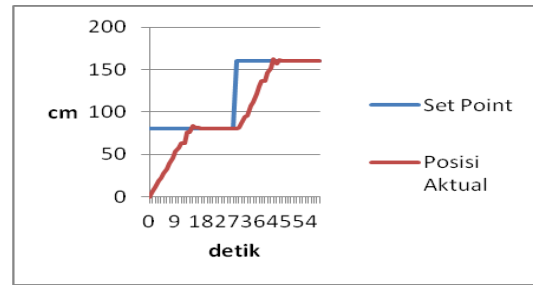
Melalui penalaan Ziegler Nichols metoda open loop, nilai parameter dari Kc, Ti, dan Td dapat dihitung sebagai nilai awal pengontrol PID. Agar hasilnya lebih baik maka nilai penalaan ditala kembali menggunakan metode *trial and error* [5].

Dari Tabel 1 dan dengan nilai  $k = 1/14$  dan  $\theta = 1$ , maka didapatkan nilai Kc awal sebesar 14. Respon *closed loop* untuk nilai Kc = 14 memiliki respon transien sebagai berikut yaitu: *delay time* 18 detik, *rise time* 35 detik, *peak time* 35 detik, *maximum overshoot* 1,25%, *settling time* 33 detik. Nilai Kc = 14 dirasa kurang baik, sehingga melalui metoda *trial and error* dipilih nilai Kc = 25.

Respon *closed loop* untuk panjang tali beban pada sumbu vertikal sebesar 500 mm dan nilai Kc = 25 ditunjukkan Gambar 8 dan Gambar 9. *Set point* horisontal diubah sebanyak 2 kali, yaitu pada 80 cm dan 160 cm.



Gambar 8. Grafik ayunan horisontal ( $K_c = 25$ )

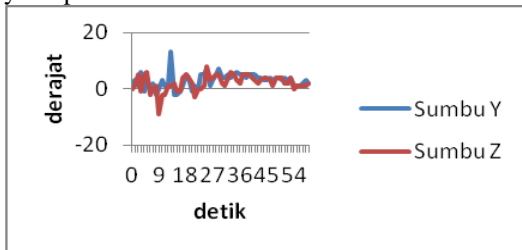


Gambar 9. Grafik posisi Horisontal ( $K_c = 25$ )

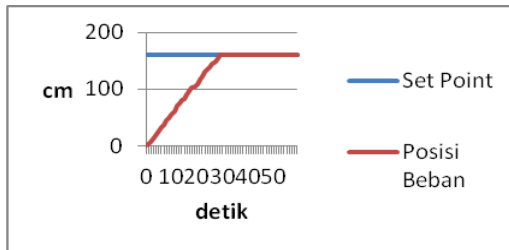
Gambar 8 menunjukkan ayunan dari beban, sedangkan Gambar 9 menunjukkan: untuk *set point* pertama, *delay time* 7 detik, *rise time* 15 detik, *peak time* 15 detik, *maximum overshoot* 5%, *settling time* 13 detik; sedangkan untuk *set point* kedua, *delay time* 7 detik, *rise time* 13 detik, *peak time* 13 detik, *maximum overshoot* 2,5%, *settling time* 13 detik.

Pada penelitian ini, jika *plant* diberikan aksi kontrol integral menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, sehingga hanya ditambahkan aksi kontrol derivatif. Maka untuk sumbu horisontal nilai parameter PID yang digunakan adalah  $K_c = 25$  dan  $T_d = 0,2$ .

Respon *closed loop* untuk panjang tali beban pada sumbu vertikal sebesar 500 mm dan nilai  $K_c = 25$  dan  $T_d = 0,2$  ditunjukkan Gambar 10 dan Gambar 11. *Set point* horisontal diubah sebanyak 1 kali, yaitu pada 160 cm.



Gambar 10 Grafik ayunan horisontal ( $K_c=25$  &  $T_d=0,2$ )

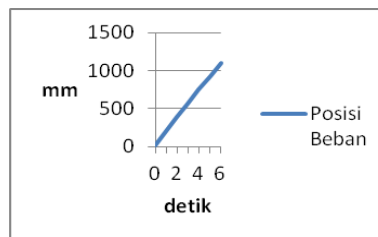


Gambar 11 Grafik posisi vertikal ( $K_c=25$  &  $T_d=0,2$ )

Hasil pengamatan lainnya menunjukkan bahwa panjang tali pada sumbu vertikal tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan sistem secara keseluruhan.

### 2.3.2. Penalaan PID Sumbu Vertikal

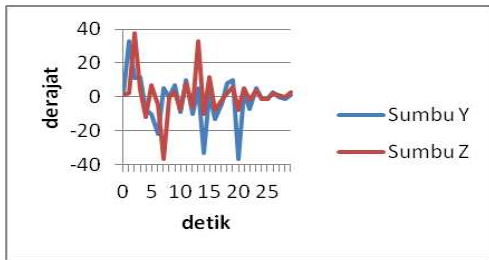
Dari Gambar 12 dapat disimpulkan keluaran *plant* berupa integrator sehingga dipilih teori Ziegler Nichols untuk mencari nilai parameter. Karena *plant* sudah bersifat integrator maka peran pengontrol integral pada PID tidak diperlukan. Dengan menggunakan teori Ziegler Nichols dapat ditentukan  $k = 1/7$  dan  $\theta = 0$ .



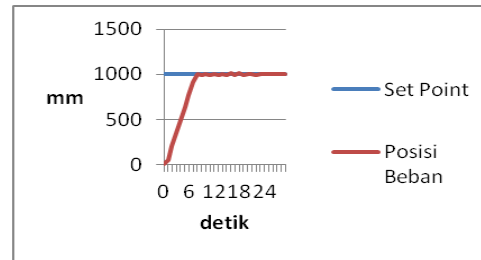
Gambar 12 Grafik pembacaan posisi beban respon *step open loop* vertikal

Dari Tabel 1 dan dengan nilai  $k = 1/7$  dan  $\theta = 0$ , maka nilai  $K_c$  awal tidak dapat ditentukan. Berdasarkan pengamatan dari Gambar 12, respon sistem terlihat sangat cepat sehingga dapat mengakibatkan osilasi. Maka dipilih nilai awal  $K_c = 0,1$  agar sistem mengalami peredaman.

Respon *closed loop* untuk *set point* 1000 mm dan nilai  $K_c = 0,1$  ditunjukkan Gambar 13, dan Gambar 14.



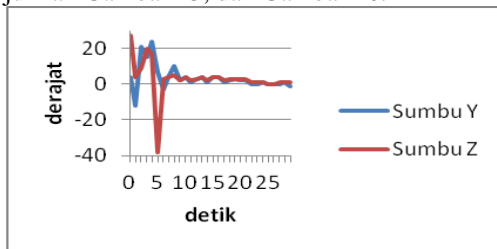
Gambar 13 Grafik ayunan vertikal ( $K_c = 0,1$ )



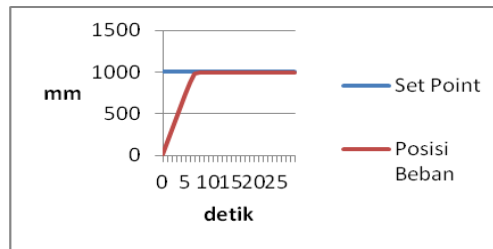
Gambar 14 Grafik posisi vertikal ( $K_c = 0,1$ )

Dari Gambar 13 terlihat ayunan dari beban. Dari hasil data pengamatan pada Gambar 14, *delay time* 4 detik, *rise time* 8 detik, *peak time* 8 detik, *maximum overshoot* 0,4%, *settling time* 7 detik.

Setelah mendapatkan nilai  $K_c$ , maka ditambahkan nilai  $T_i$  dan  $T_d$ . Pada penelitian ini, jika *plant* diberikan aksi kontrol Integral menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, sehingga hanya ditambahkan aksi kontrol derivatif. Respon *closed loop* untuk *set point* 1000 mm dengan nilai  $K_c = 0,1$  dan  $T_d = 0,1$  ditunjukkan Gambar 15, dan Gambar 16.



Gambar 15 Grafik ayunan vertikal ( $K=0,1 \& T_d=0,1$ )



Gambar 16 Grafik posisi vertikal ( $K_c=0,1 \& T_d=0,1$ )

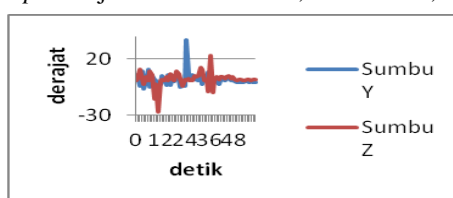
Dari Gambar 15 terlihat ayunan dari beban. Dari hasil data pengamatan pada Gambar 16, *delay time* 4 detik, *rise time* 8 detik, *settling time* 7 detik. Hasilnya tidak jauh berbeda bila diberi pengontrol proporsional saja, namun dari ayunan bebannya tampak bahwa penambahan nilai  $T_d = 0,1$  memiliki performansi yang paling baik [6].

### 3. Hasil dan Pembahasan

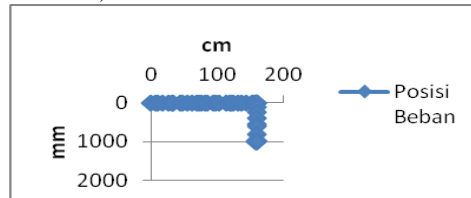
Bagian ini membahas mengenai kinerja miniatur *tower crane* berdasarkan hasil perancangan miniatur *tower crane*. Setelah nilai parameter didapat, maka diterapkan pengendalian cara *step-by-step* dan *direct*. Cara *step-by-step* adalah dengan menggerakkan beban pada sumbu horisontal terlebih dahulu, baru kemudian sumbu vertikal. Cara *direct* adalah menggerakkan beban pada kedua sumbu secara bersamaan. Koordinat posisi diberikan dalam bentuk (x,y) dengan x adalah set point beban pada sumbu horisontal dalam cm dan y adalah set point beban pada sumbu vertikal dalam mm. Nilai parameter yang digunakan untuk sumbu horisontal adalah  $K_p = 25$  dan  $T_d = 0,2$ . Nilai parameter yang digunakan untuk sumbu vertikal adalah  $K_p = 0,1$  dan  $T_d = 0,1$ .

#### 3.1 Pengontrolan step-by-step

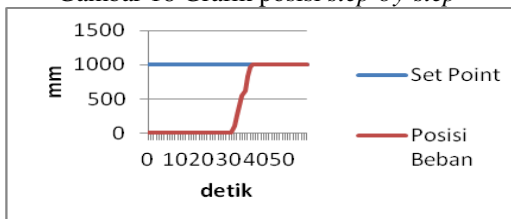
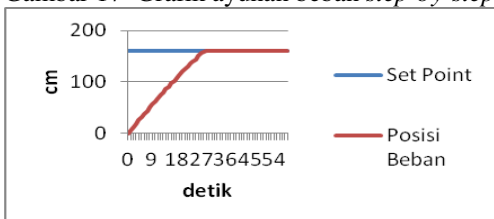
Respon *step closed loop* untuk set point dengan koordinat (160,1000) menggunakan pengontrolan *step-by-step* ditunjukkan Gambar 17, Gambar 18, Gambar 19, dan Gambar 20.



Gambar 17 Grafik ayunan beban *step-by-step*



Gambar 18 Grafik posisi *step-by-step*

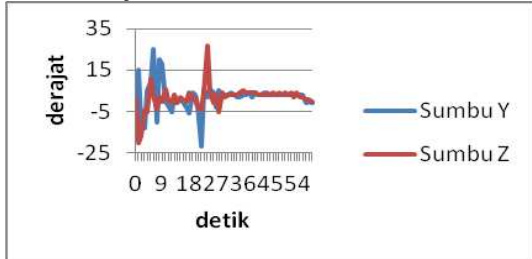


Gambar 19 Grafik posisi horisontal *step-by-step*

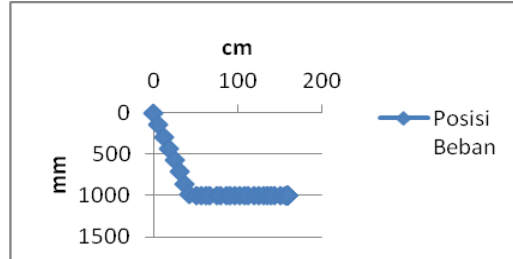
Gambar 20 Grafik posisi vertikal *step-by-step*

### 3.2. Pengontrolan direct

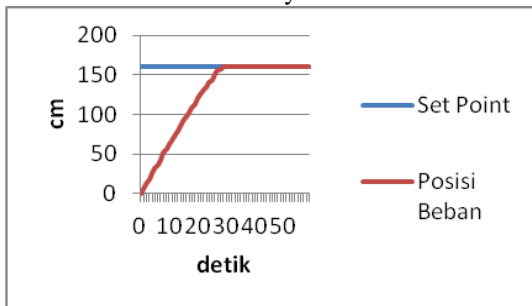
Respon *step closed loop* untuk set point dengan koordinat (160, 1000) menggunakan pengontrolan direct ditunjukkan Gambar 21, Gambar 22, Gambar 23, dan Gambar 24.



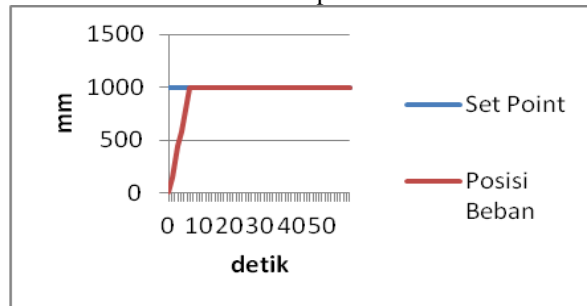
Gambar 21 Grafik ayunan cara *direct*



Gambar 22 Grafik posisi cara *direct*



Gambar 23 Grafik posisi horisontal *direct*



Gambar 24 Grafik posisi vertikal *direct*

Dari data pengamatan yang telah diambil, dapat disimpulkan pengendalian beban cara *direct* memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pengendalian beban cara *step-by-step*. Beban pada pengendalian beban cara *direct* memiliki waktu ayun yang lebih sedikit. Selain itu, pengendalian beban cara *direct* memiliki waktu yang lebih singkat dalam mencapai koordinat yang diinginkan.

Dari grafik pembacaan posisi pada sumbu horisontal mudah terganggu oleh getaran terutama pada cara *step-by-step*. Hal ini terlihat pada saat motor horisontal mati dan motor vertikal aktif. Getaran yang dihasilkan motor vertikal saat aktif mempengaruhi pembacaan posisi pada sumbu horisontal

### 4. Simpulan

Pengontrolan beban *miniature plant crane* pada sumbu horizontal berdasarkan hasil pengamatan lebih tepat menggunakan pengontrol PD dengan nilai parameter  $K_p = 25$  dan  $T_d = 0,2$ , sedangkan pada sumbu vertikal dengan nilai parameter  $K_p = 0,1$  dan  $T_d = 0,1$ .

Pengontrolan beban cara *step-by-step* dan *direct* dapat diaplikasikan pada miniatur *plant crane*. Pengontrolan dengan cara *direct* lebih baik dibanding dengan cara *step-by-step*. Pengontrolan dengan cara *direct* memiliki waktu yang lebih singkat untuk mencapai set point yang diinginkan pada kedua sumbu serta memiliki ayunan beban yang lebih sedikit.

### Daftar Pustaka

- [1] Hardi. Tugas Akhir "Perancangan dan Realisasi Sistem Kontrol Posisi Beban pada Miniatur Plant Crane dengan Kontrol PID menggunakan PLC". Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha, Bandung. 2013.
- [2] PLC TC. Modul Pelatihan Basic dan Advanced Programmable Logic Controller. Bandung. Universitas Kristen Maranatha. 2012.
- [3] Chapra, Canale. *Numerical Methods for Engineers*. Singapore. McGraw-Hill. 1989.
- [4] Bequette, B. W. *Process Control: Modeling, Design, and Simulation*. New Jersey: Prentice Hall PTR. 2002.
- [5] Ogata, K. *Modern Control Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.
- [6] Sartika, E. EEJ, Vol 5, no 1, Oktober 2014.