

Sistem kontrol gerak kinematika robot gripper manipulator

Wayan Widhiada¹⁾, Putu Agus Suryawan²⁾ dan Beny Maximin Messakh³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem robot manipulator ini merupakan mekanisme lengan yang terdiri dari serangkaian segmen yang digunakan untuk menangkap dan memindahkan benda dengan beberapa derajat kebebasan. Dalam perkembangannya, robot manipulator telah digunakan dalam melaksanakan misi tertentu dan membantu operasi di ruang angkasa. Robot biasanya berinteraksi dengan sistem tangan, dan dalam kegiatan industri tangan biasanya disebut sebagai gripper. Penulis menggunakan metode simulasi teknik yang dapat menentukan sistem gerak kinematika robot. Simulasi teknik adalah metode yang digunakan untuk mendesain dan menganalisa gerakan robot dimana hasil dari respon gerakan robot yang didapat mendekati hasil dalam keadaan sebenarnya. Simulasi juga dapat menghemat waktu dan biaya yang digunakan dalam mendesain robot gripper manipulator lima jari dengan elemen prismatic. Dengan menggunakan kontrol PID diharapkan respon gerak kinematik dari setiap joint robot manipulator mencapai performance yang terbaik seperti overshoot yang kecil, dan kondisi tenang (steady state) dalam waktu yang singkat disertai dengan kesalahan penggerak yang kecil. Melalui proses Advance tuning pada PID kontrol selesai didapatkan parameter penguat pada PID kontrol yaitu $K_p = 0.7194$, $K_i = 8.306$ dan $K_d = 0.0061$ sehingga tercapai performance gerakan kinematika robot gripper manipulator yang terbaik sesuai yang dikehendaki oleh user dengan rise time yang singkat 0.52 detik, waktu puncak yang singkat 0.52 detik, maksimum overshoot yang kecil 1,8%, kesetebailan response dicapai pada 0.76 detik dan kesalahan penggerak yang sangat kecil 0.32%.

Kata kunci: Robot gripper manipulator, PID control, gerakan kinematika

Abstract

A robot gripper manipulator system mechanism comprising a series of segments that are used to capture and move objects with multiple degrees of freedom. In the process, the robot manipulator has been used in carrying out the specific mission and assist operations in space. Robot manipulator are usually interact with the system, and in industrial activity is usually referred to as a gripper hand. The author uses the method of simulation techniques to determine the robot kinematics motion systems. Simulation technique is a method used to design and analyze the movement of the robot where the results of robot movement response to the result obtained in actual circumstances. Simulations can also save time and costs used in designing the robot gripper manipulator five fingers with prismatic elements. By using the PID control is expected kinematic motion response of each joint robot manipulator achieve best performance as small overshoot, and calm conditions (steady state) within a short time accompanied by a small driving kesalahan. Advance through the process of tuning PID parameters obtained complete control amplifier at PID control is $K_p = 0.7194$, $K_i = 8,306$ and $K_d = 0.0061$ so that the best performance kinematic motion for robot gripper manipulator is achieved as desired by the user with a short rise time of 12:52 seconds, time 0:52 seconds short peak, small overshoot maximum 1.8%, kesetebailan response was achieved in 0.76 seconds and a very small driving mistakes 12:32%.

Keywords: Robot gripper manipulator, PID control, kinematics motion

1. Pendahuluan

Robot manipulator adalah perangkat yang digunakan untuk memanipulasi bahan tanpa kontak langsung. Sistem robot manipulator ini merupakan mekanisme lengan yang terdiri dari serangkaian segmen, biasanya geser atau jointed, yang menangkap dan memindahkan benda dengan beberapa derajat kebebasan. Dalam perkembangannya, robot manipulator telah digunakan dalam melaksanakan misi tertentu dan membantu operasi di ruang angkasa. Robot biasanya berinteraksi dengan sistem tangan, dan dalam kegiatan industri tangan biasanya disebut sebagai *gripper* [1]. Robot gripper yaitu robot yang berfungsi memegang suatu benda layaknya tangan manusia, dimana desain bentuk menyerupai tangan manusia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Widhiada pada tahun 2010

menghasilkan sebuah robot gripper tiga jari dengan kontrol PD (Proporsional-Diferensial) [2].

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode simulasi teknik yang dapat menentukan sistem gerak kinematika robot. Simulasi telah diakui sebagai alat penting sejak awal abad ke-20 dalam teknologi robotika. Simulasi teknik adalah metode yang digunakan untuk mendesain dan menganalisa gerakan robot dimana hasil dari respon gerakan robot yang didapat mendekati hasil dalam keadaan sebenarnya. Simulasi juga dapat menghemat waktu dan biaya yang digunakan dalam mendesain robot *gripper* lima jari dengan elemen prismatic.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tsuneo Yoshikiwa 2010 [3], fungsi tangan robot diharapkan mendekati fungsi tangan manusia sesungguhnya, salah satu fungsinya adalah menggenggam dan mengambil berbagai benda. Dalam penelitian ini,

*Korespondensi: Tel./Fax.: 0361703321

E-mail: widhiwayan@yahoo.com

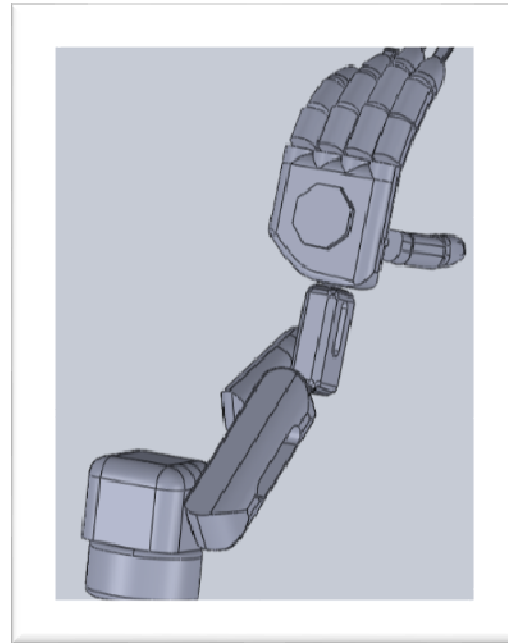
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

penulis akan mendesain robot manipulator gripper lima jari yang dilengkapi dengan prismatic elemen. Prismatic elemen bertujuan agar robot dapat mengambil benda - benda tipis. Selain mendesain, penulis juga akan menganalisa gerakan kinematika pada robot dengan menggunakan kontrol PID. Dengan menggunakan kontrol PID diharapkan respon gerak kinematik dari setiap joint robot manipulator mencapai performance yang terbaik seperti overshoot yang kecil, dan kondisi tenang (steady state) dalam waktu yang singkat disertai dengan kesalahan penggerak yang kecil.

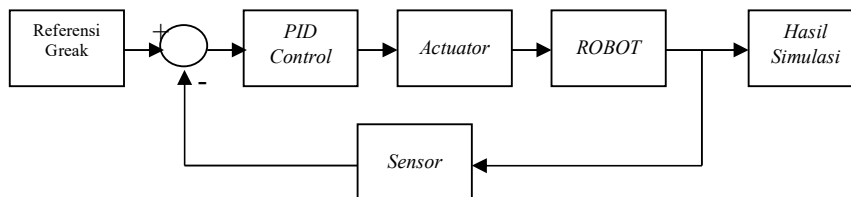
2. Metode Penelitian

2.1. Deskripsi Penelitian

Pemodelan robot gripper manipulator dengan prismatic elemen dibuat dalam program Inventor dimana ukuran-ukuran robot *gripper* lima jari disesuaikan dengan ukuran-ukuran tangan kiri penulis. Ilustrasi pembuatan robot ditunjukkan gambar 1. Peneliti menggunakan sistem kontrol PID untuk mendapatkan performance gerakan yang terbaik diinginkan user. Kontrol ini adalah merupakan substansi yang paling penting dalam distribusi system control dan juga sering diintegrasikan dengan logika, urutan fungsi-fungsi, selector, dan blok fungsi yang sederhana yang digunakan untuk membuat system yang lebih kompleks [2]. Skema kontrol pada robot diilustrasikan seperti gambar 2.



Gambar 1. 3D Robot gripper manipulator



Gambar 2. Skema Kontrol Pada Robot Dalam Penelitian

Setiap aktuator akan dikontrol oleh kontrol PID. Sistem control PID dengan advance tuning strategy dengan menaikan derivative action dan dapat digunakan dengan beberapa cara seperti yang telah digunakan oleh Widhiada [2]. Advance PID tuning mampu menyesuaikan parameter gain system dinamik secara cepat dan tepat untuk mendapatkan disain yang robust dengan response waktu yang ideal serta dapat digunakan pada single dan multi-loop PID tuning methods.

2.2. Diagram Alir Penelitian

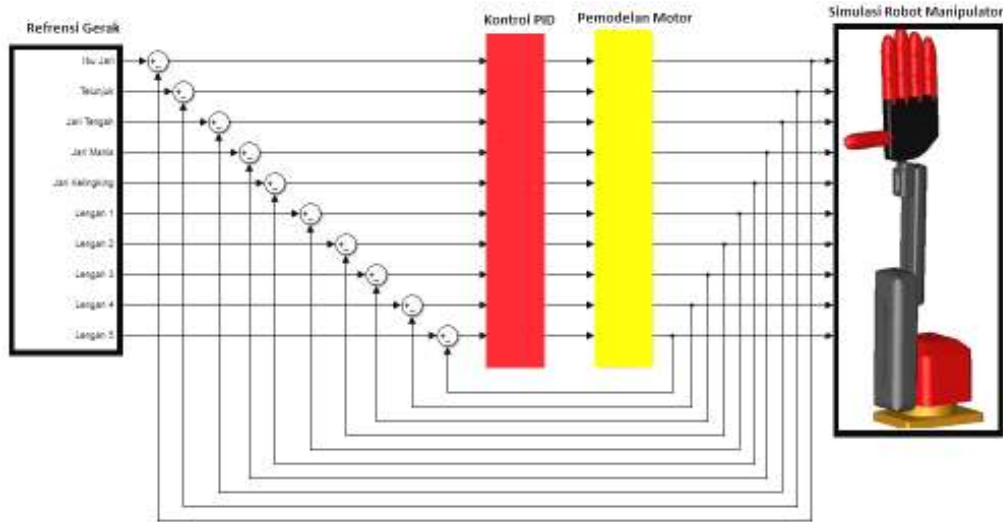
Tahapan kegiatan pembuatan pemodelan dan system control robot gripper manipulator dengan

menggunakan program Simulink/MATLAB. Pada tahap berikutnya adalah pengujian *prototype gripper* lima jari.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Simulasi

Pengujian simulasi dari robot gripper manipulator dapat dilakukan dengan menggunakan *SimMechanic* pada program SIMULINK/MATLAB. Pemasangan model matematika dari motor servo dan sistem kontrol PID pada *joint* motor setiap jari, dapat dilihat pada gambar 4.

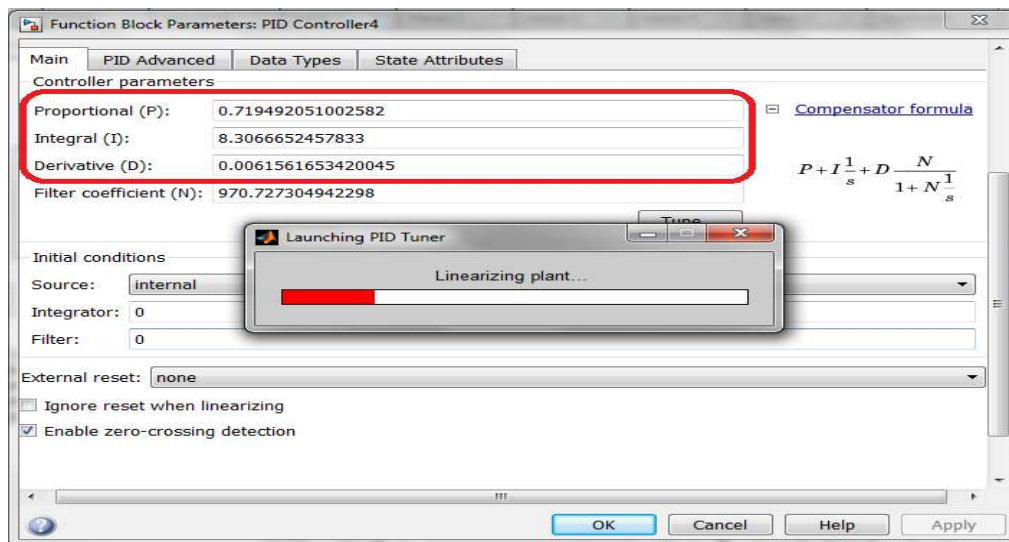


Gambar 4. Pemasangan kontrol PID dan motor servo

3.2. Sistem PID Kontrol

Sistem kontrol dan model motor servo dipasang pada simulasi *Robot* dalam bentuk diagram blok. *Advance PID tuning* pada blok diagram adalah dengan mengklik tombol *tune*. Kemudian program MATLAB akan mengidentifikasi *plant* yang dibuat dan memberikan parameter-parameter PID yang sesuai dengan *plant* pada gambar 5. Kontrol PID akan

mengontrol posisi, kecepatan sudut, dan percepatan sudut pada setiap *joint* jari *gripper*. Setelah proses *Advance tuning* pada PID kontrol selesai akan didapatkan $K_p = 0.7194$, $K_i = 8.306$ dan $K_d = 0.0061$. Tanggapan dari sistem yang menggunakan parameter – parameter tersebut akan diperlihatkan pada simulasi masing- masing jari. Pengujian simulasi dilakukan selama 10 detik.



Gambar 5. Parameter-parameter PID hasil indentifikasi

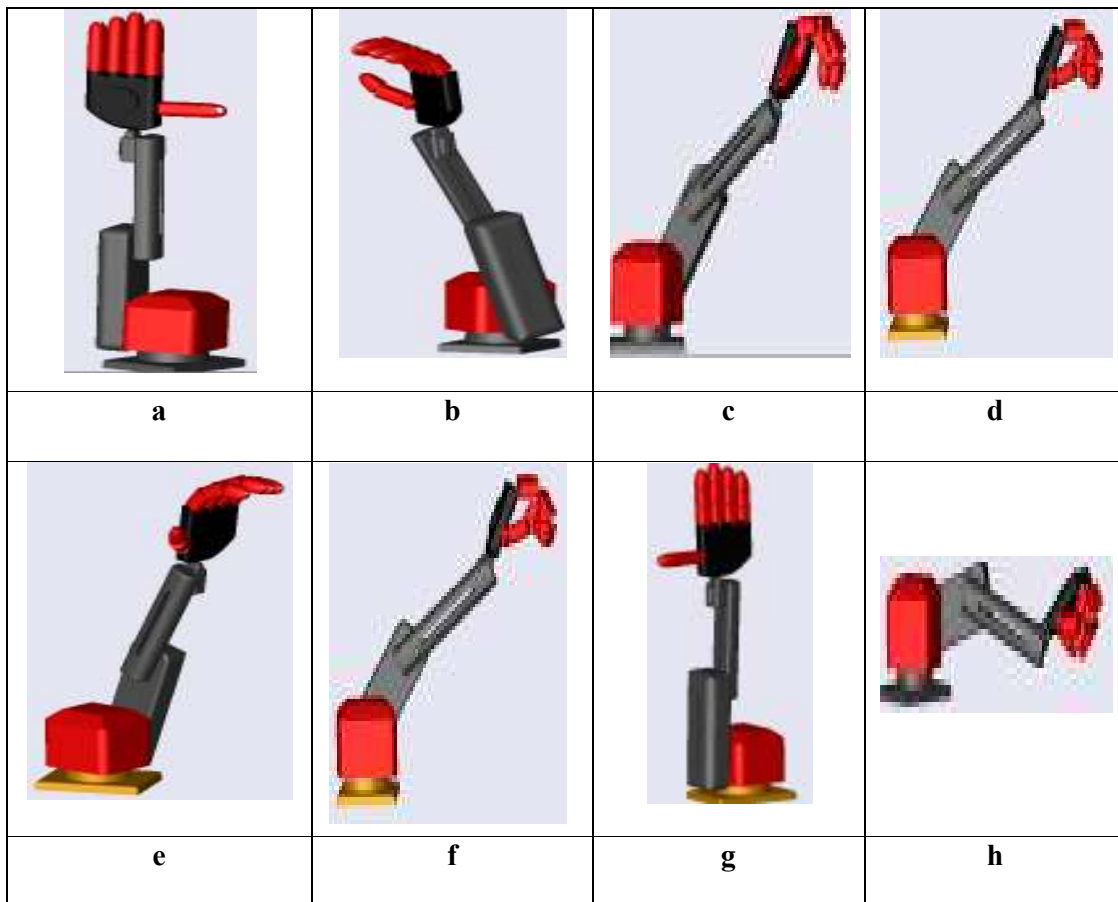
3.3. Visualisasi Gerakan

Visualisasi gerakan simulasi robot manipulator *Gripper* 5 jari dengan elemen prisma akan tampil ketika diagram blok gripper yang dibuat dijalankan (running). Seperti pada gambar 6 terlihat setiap proses pergerakan dari robot gripper dari awal mulai simulasi sampai akhir simulasi. Gerakan tersebut bergerak sesuai dengan input signal yang diberikan.

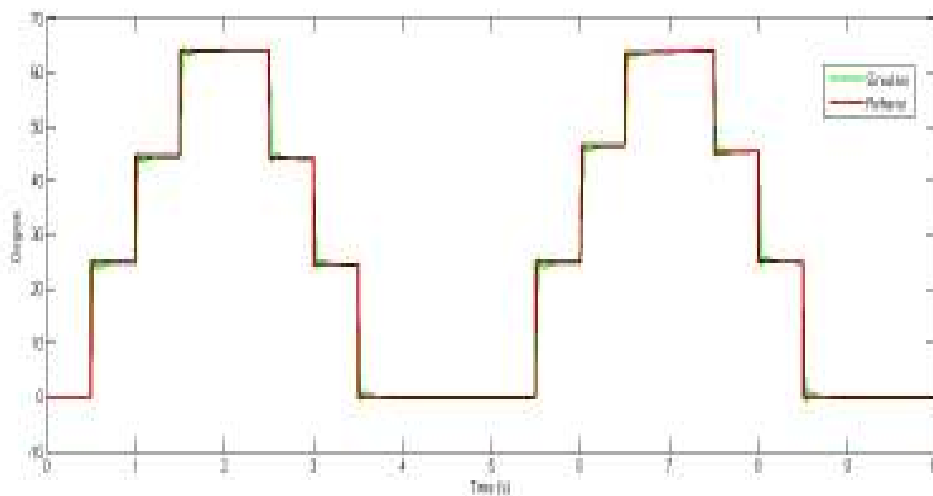
3.4. Analisa Response Gerakan Robot Manipulator

Pada paper ini hanya dimunculkan salah satu response gerakan kinematika yang terjadi pada salah satu sendi saja yaitu pada sendi ibu jari. Dari grafik pada gambar diatas garis warna merah merupakan referensi gerak yang harus dilakukan motor

penggerak, dan garis warna biru menunjukkan hasil gerakan simulasi pada motor penggerak. Pada gambar 7 diatas ibu jari sendi 1 direferensikan bergerak naik pada waktu 0.5s dan 5.5s dari posisi 0° ke posisi 25°, pada waktu 1s dan 6s dari 25° ke posisi 45°, dan pada waktu 1.5s dan 6.5s dari posisi 45° ke posisi 65°. kemudian bergerak turun dari posisi 65° ke posisi 45° pada waktu 2.5s dan 7.5s, dari posisi 45° ke 25° pada waktu 3s dan 8s, dan bergerak turun dari posisi 25° ke 0° pada waktu 3.5 dan 8.5s. Walaupun referensi yang diberikan sebesar 25°, 45°, dan 65° uji simulasi menunjukkan bahwa motor tetap mengalami overshoot sebesar 1.8% sebelum mencapai kondisi tenang (*steady*).



Gambar 6. Tampilan gerakan simulasi



Gambar 7. Hasil pengujian simulasi posisi ibu jari sendi 1

Dari grafik diatas pada gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan data parameter dari hasil pengujian pada ibu jari sendi 1 pada posisi 25° didapatkan,

1. *Rise time* (waktu naik) : waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir yang biasa digunakan, $t_d = 0.52$
2. *Peak time* (waktu puncak) : waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai puncak pertama overshoot, $t_p = 0.53$

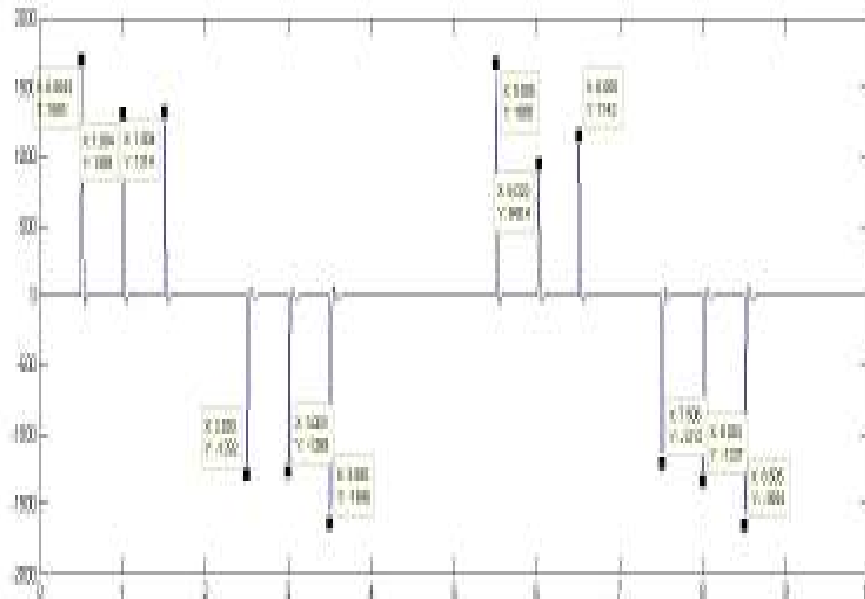
3. *Maksimum overshoot*, $M_p = \frac{25.47 - 25}{25} \times 100\% = 1.8\%$

4. *Settling time* (waktu penetapan) : waktu yang diperlukan tanggapan untuk mencapai keadaan tenang (steady), $t_s = 0.76$ second

5. *Error*, $e = \text{gerak referensi} - \text{gerak aktual}$

$$= 25 - 24.92 = 0.08$$

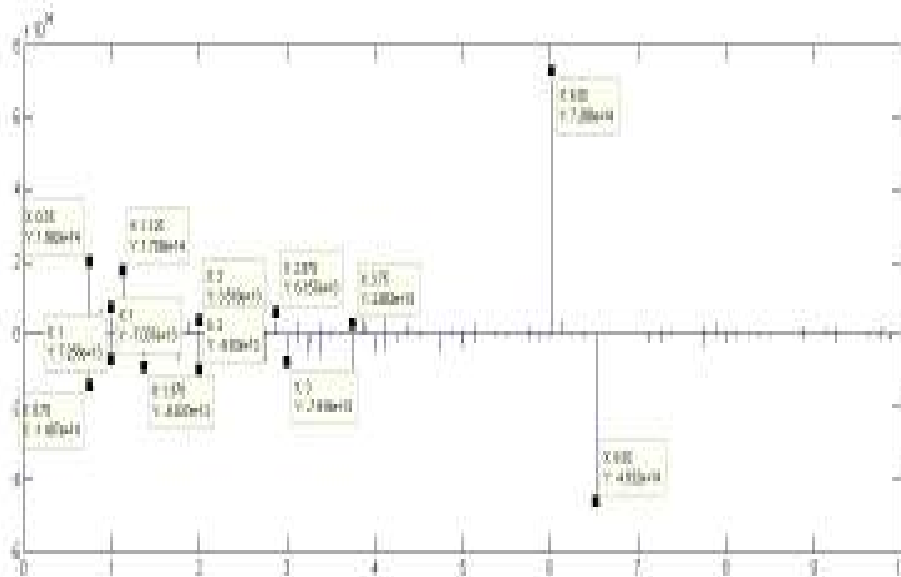
$$e\% = \frac{0.08}{25} \times 100\% = 0.32\%$$



Gambar 8. Hasil simulasi kecepatan sudut pada ibu jari sendi 1

Dari gambar 8 diatas diperoleh hasil kecepatan sudut pada ibu jari sendi 1 bergerak naik pada waktu 0.5s dari posisi 0° ke posisi 25° adalah 1.685 deg/s, waktu 1s dari posisi 25° ke posisi 45° adalah 1.308 deg/s, waktu 1.5s dari posisi 45° ke posisi 65° adalah 1.314 deg/s. Kemudian bergerak turun atau kembali pada

waktu 2,5s posisi 65° ke posisi 45° adalah 1.292 deg/s, waktu 3s dari posisi 45° ke posisi 25° adalah 1.269 deg/s, dan waktu 3,5s dari posisi 25° ke 0° adalah 1.645 deg/s, dan seterusnya seperti yang terlihat pada gambar 4.8 dengan lama waktu simulasi 10s.



Gambar 9. Hasil simulasi percepatan sudut pada ibu jari sendi 1

Dari grafik pada gambar 9 percepatan sudut pada ibu jari sendi 1 didapat hasil tertinggi sebesar 7.266+14 deg/s² pada waktu 6s dari posisi 25° ke posisi 45° karena hasil yang tampil pada scope memiliki skala yang besar, jadi agak sulit untuk merinci secara detail hasil percepatan sudut pada setiap posisi.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *system control robot gripper manipulator* dapat disimpulkan sebagai berikut:

Setelah melalui proses *Advance tuning* pada PID kontrol selesai didapatkan parameter penguat pada PID kontrol yaitu $K_p = 0.7194$, $K_i = 8.306$ dan $K_d = 0.0061$ sehingga tercapai performance gerakan kinematika robot gripper manipulator yang terbaik

sesuai yang dikehendaki oleh user dengan rise time yang singkat 0.52 detik, waktu puncak yang singkat 0.52 detik, maksimum overshoot yang kecil 1,8%, kesetebailan response dicapai pada 0.76 detik dan kesalahan penggerak yang sangat kecil 0.32%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kemenristek Dikti dan LPPM Universitas Udayana, yang telah membiayai penelitian ini melalui skim PUPT 2016.

Daftar Pustaka

- [1] W. Widhiada, T. G. T. Nindhia, and N. Budiarsa, (2015), ***Robust Control for the Motion Five Fingred Robot Gripper***, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research Vol. 4, No. 3, 2015, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia
- [2] Widhiada I Watan, Douglas S.S, Jenkinson I.D, Gomm J.B, (2011), ***Design and Control of Three fingers motion for dextereous assembly of compliant elements***, International Journal of Engeneering, Science and Technology Vol 3, No. 6, 2011, pp. 18.34, Teknik Mesin Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia.

- [3] Tsuneo Yoshikawa, (2010), ***Multifingred Robot Hands: Control for Grasping and Manipulation***, Annual Reviews in Control, Department of Human and Computer Intelligence, Universitas Ritsumeikan, Kusatsu, Shiga 525-8577, Jepang.



Wayan. Widhiada, ST, MSc, PhD has worked as a lecturer in Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty of Udayana University, Denpasar, Bali, Indonesia since 1996. He was born in Badung, Bali, Indonesia on 19 November 1968. He completed Postgraduate Doctor Program

in Mechanical Engineering at School Engineering of Liverpool John Moores University-United Kingdom on November 2012.

His study research is about Robotic and control.

He focuses to develop the research in robotic and control research. He was a reviewer paper in IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2014.