

**RANCANG BANGUN MANIPULATOR TIPE SILINDER UNTUK ROBOT  
PEMANEN BUAH DALAM GREENHOUSE  
(DESIGN OF THE CYLINDRICAL MANIPULATOR FOR FRUIT HARVESTING  
ROBOT INSIDE GREEN HOUSE)**

**I Dewa Made Subrata<sup>1</sup>, Alimuddin<sup>2</sup>, Basuki Setyadi G<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratorium Instrumentasi dan kontrol, bagian Ergotronika, IPB,  
Institut Pertanian Bogor. Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor.

<sup>2</sup>Departemen Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,  
Jl. Jendral Sudirman Km 03 Kampus Fak. Teknik UNTIRTA-Cilegon, Banten

email : [dewamadesubrata@yahoo.com](mailto:dewamadesubrata@yahoo.com), [alimuddin@ft-untirta.ac.id](mailto:alimuddin@ft-untirta.ac.id)

**Abstrak.** Robot bioproduksi yang dibangun dan dilengkapi dengan sistem visi, manipulator, akhir-efektor, perjalanan perangkat, dan sistem kontrol dengan algoritma yang tepat dapat diterapkan untuk presisi pertanian untuk meningkatkan efisiensi produksi. Untuk meningkatkan efektivitas penerapan robot, manipulator harus dirancang secara spesifik sesuai dengan jenis produk pertanian yang robot akan dikendalikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang manipulator tiga derajat bebas tipe koordinat silinder telah dibuat untuk robot pemanen buah yang ditanam dalam lingkungan *greenhouse*. Hasil dan Pembahasan, pertama, Tiap *joint* yang menyusun manipulator telah dikalibrasi untuk mendapatkan hubungan antara nilai masukan dengan nilai pergerakan *joint*. Hubungan antara nilai sudut putar *joint* ( $X$ ) dalam derajat dengan jumlah step motor stepper ( $Y$ ) pada *joint* 1 dapat dinyatakan dengan persamaan :  $Y = 96.359 X + 158.93$ . Hubungan antara jarak translasi ( $X$ ) dengan nilai encoder ( $Y$ ) pada *joint* 2 dan 3 secara berurutan dapat dinyatakan dengan rumus berikut :  $Y = 3008.9 X - 3057.7$  dan  $Y = 13.248 X + 21.639$ . kedua, Dari hasil pengujian pergerakan point to point secara berurutan menuju ke enam titik tujuan didapatkan rata-rata simpangan untuk ketiga sumbu kartesius (sumbu- $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) sebesar  $\pm 5$  mm dengan simpangan maksimum sebesar  $\pm 9$  mm.

**Kata kunci:** Manipulator, panen, buah, rumah kaca.

**Abstract.** *Bioproduction Robots that were constructed and equipped with the vision system, the manipulator, the end-effectors, traveling device, and the control system with appropriate algorithm can be applied for precision farming to increase production efficiency. To increase the effectiveness of the robot application, their manipulators have to be designed specifically according to the kind of the agricultural product that the robot will be handled. Purpose of this research was to design the three degree of freedoms of the cylindrical coordinate manipulator for greenhouse application of the harvesting robot. Every joint was calibrated to find out the relationship between input-output quantities. For rotational joint (Joint 1) the relationship between step input ( $Y$ ) and angle output ( $X$ ) can be calculated using the equation:  $Y = 96.359 X + 158.93$ . For the vertical translation joint (Joint 2) and horizontal translation joint (joint 3) the relationship between encoder reading value ( $Y$ ) and translation distant ( $X$ ) were  $Y = 3008.9 X - 3057.7$  and  $Y = 13.248 X + 21.639$  respectively. The complete experiments including basic movement and point to point movement have been done to test the positioning accuracy of the free end manipulator. The experimental result shows that the average positioning error of the free end manipulator was about 5 mm in every coordinate axis.*

**Keywords:** Manipulator, harvesting, fruit, greenhouse.

## I. Pendahuluan

Pertanian merupakan salah satu sektor yang membutuhkan banyak tenaga kerja sehingga cukup memberikan lapangan kerja bagi negara berkembang seperti Indonesia yang jumlah penduduknya tinggi. Dilain pihak peningkatan efisiensi, kuantitas dan kualitas produk pertanian tidak bisa hanya mengacu pada ketersediaan tenaga kerja yang melimpah tetapi perlu juga disertai dengan sentuhan teknologi yang sesuai.

Dewasa ini perkembangan teknologi disegala sektor sangatlah cepat termasuk perkembangan teknologi robotika. Teknologi robotika sangat penting terutama untuk menangani pekerjaan yang berbahaya, berulang-ulang, membutuhkan akurasi yang tinggi dan membutuhkan pengambilan keputusan yang tepat. Robot juga dapat dipergunakan untuk *precision farming* yaitu suatu teknologi yang bekerja secara spesifik sehingga sangat sesuai untuk tujuan efisiensi.

Dalam bidang pertanian, tomat dan paprika merupakan jenis sayuran yang cukup digemari oleh masyarakat baik masyarakat Nasional, Regional maupun masyarakat Internasional. Tomat dan paprika merupakan produk pertanian yang umum dibudidayakan dalam *greenhouse* dimana kematangan buahnya tidak serempak dalam satu pohon. Oleh karena itu kegiatan pemanenan perlu dilakukan secara selektif.

Supaya dapat diterapkan dalam *greenhouse*, maka robot perlu memiliki kemampuan untuk beroperasi pada ruang kosong yang terletak diantara dua baris tanaman. Tanaman paprika sebagai contoh, termasuk ke dalam famili *Solanaceae* karena mempunyai bentuk bunga seperti terompet. Berbeda dengan tanaman cabai lainnya seperti cabai besar, cabai keriting, atau cabai rawit, tanaman paprika tumbuh lebih kompak dan rimbun. Tanaman paprika memiliki ketinggian antara 60-70 cm. Ukuran buah tiap jenis bervariasi dalam hal panjang dan diameter. Panjang buah terkecil sebesar 9 cm, dimiliki oleh varietas Beauty Bell, dan panjang terbesar dapat mencapai 18 cm yang dimiliki oleh varietas Jumbo Sweet. Diameter paprika dari semua varietas yang ada berkisar antara 3.7 – 9 cm. Bobot buahnya pun bervariasi antara 30 – 200 gram (Prihmantoro et al., 2003). Paprika mulai dipanen pertama kali pada saat berumur 60 hari setelah tanam. Pemanenan dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu panen buah matang hijau dan panen buah matang berwarna (merah,

kuning, putih atau krem, dan ungu). Penggolongan ini disesuaikan dengan permintaan pasar dan harga di pasaran.

Untuk dapat melakukan pemanenan secara selektif, maka robot harus dilengkapi dengan sistem pengindera yang bekerja mirip dengan pengindera manusia. Untuk menggerakkan tangan pemetik ke posisi buah paprika, maka diperlukan manipulator sederhana namun cukup memadai. Untuk mengatasi keperluan tersebut maka perlu dikembangkan mekanisme manipulator yang sangat sederhana.

Menurut Groover *et al.*, 1986 anatomi robot berhubungan dengan konstruksi fisik dari badan, lengan, dan pergelangan tangan pada mesin. Badan terpasang di dasar dan lengan terpasang pada badan. Pada akhir lengan ada pergelangan. Penggabungan badan, lengan dan pergelangan biasanya disebut manipulator. Bagian yang terpasang pada pergelangan robot adalah tangan. Nama teknik untuk tangan adalah *end-effector*. Menurut Kondo *et al.*, 1998 secara umum dikenal adanya empat jenis manipulator yaitu: Manipulator Tipe koordinat *Cartesian*, manipulator tipe koordinat *Cylindrical*, manipulator koordinat polar, dan panipulator tipe anthropomorphic. Untuk manipulator dengan 3 derajat bebas, maka manipulator tipe *cartesian* mempunyai 3 sambungan prismatic tanpa sambungan putar. Manipulator tipe Koordinat *cylindrical* mempunyai 2 sambungan *prismatic* dan 1 sambungan putar. Manipulator tipe *spherical-coordinate* mempunyai 1 sambungan *prismatic* dan 2 sambungan putar, dan manipulator Tipe *Articulated / Anthropomorphic* mempunyai 3 sambungan putar tanpa sambungan prismatic.

Kondo *et al.* (1993) merancang robot pemanen buah tomat besar dan buah tomat *cherry* yang dioperasikan dalam lingkungan *Greenhouse*. Robot ini terdiri dari 4 komponen yaitu: manipulator, *end-effector*, sensor visual, dan *travelling device*. Manipulator memiliki tujuh derajat bebas atau DOF (*Degree of Freedom*) sehingga memiliki manipulatability tinggi ketika menemui rintangan dalam pemanenan. Panjang dari lengan atas dan lengan depan masing-masing 250 mm dan 200 mm, sedangkan panjang langkah dari *prismatic joint*-nya adalah 200 mm pada arah datar dan 300 mm pada arah tegak.

Kondo (1995) meneliti pemakaian robot bioproduksi untuk pemanenan buah anggur. Robot ini memiliki manipulator jenis koordinat polar dengan lima derajat bebas. Ujung bebas dari manipulator ini dapat digerakkan dengan kecepatan konstan pada bidang datar di bawah kisi-kisi tempat buah anggur menggantung. Panjang lengan robot ini 1.6 m, dan panjang langkahnya 1 m. Robot dilengkapi *travelling device* tipe crawler untuk pergerakan dari satu lokasi ke lokasi lainnya.

Kondo *et al* (1995b) melakukan penelitian terhadap robot pemanen buah mentimun. Manipulator yang digunakan adalah tipe articulated manipulator dengan 6 derajat bebas. Robot ini menggunakan kamera TV *monochrome* dengan penyaring bauran panjang gelombang 850 nm, yang digunakan untuk mengenali buah dari pantulan spektral.

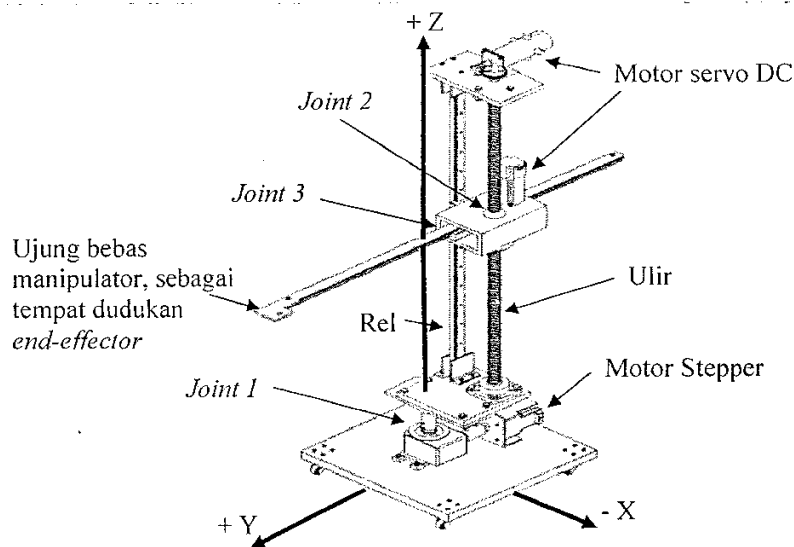
Dari beberapa pustaka di atas terlihat bahwa sebagian besar robot memiliki manipulator dengan lebih dari tiga derajat bebas. Makin besar derajat bebas yang dimiliki oleh robot, maka biaya pembuatannya juga akan semakin besar. Namun demikian robot juga bisa bekerja menangani objek menggunakan tiga derajat bebas, sehingga robot bisa dibuat dengan anggaran yang lebih murah.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang manipulator tipe silinder dengan tiga derajat bebas untuk pemanenan buah paprika dalam lingkungan *greenhouse*. Tujuan khusus dari penelitian ini secara lebih rinci adalah sebagai berikut: pertama, merancang manipulator 3DOF tipe silinder. kedua, merancang algoritme pergerakan manipulator sehingga *end-effector* yang dipasang pada ujung bebasnya mampu bergerak ke arah lokasi tiga dimensi buah paprika yang akan di panen (*target*). ketiga, Melakukan pengujian unjuk kerja manipulator hasil rancangan untuk menentukan ketelitian gerakan masing-masing joint dan menentukan ketelitian pergerakan tiga dimensi ujung bebas manipulator.

## II. Bahan Dan Metode Penelitian

Pembuatan prototipe lengan (*manipulator*) robot bioproduksi ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan kontrol, bagian Ergotronika, IPB. Pengujian prototipe dilakukan di Laboratorium lapangan Leuwikopo, Departemen Teknik Pertanian, FATETA-IPB. Waktu penelitian berlangsung dari bulan April sampai dengan November 2006.

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah : motor stepper, motor servo, motor DC, bahan-bahan aluminium untuk kerangka, rangkaian elektronik untuk pengendalian motor, oscilloscope, interface digital input-output jenis PPI 8255, serta komputer Pentium I untuk pengendalian lengan dan bahasa pemrograman C++.. Lengan robot bioproduksi yang dibuat pada penelitian ini adalah tipe koordinat silinder seperti terlihat pada gambar 1. Manipulator pada gambar 1 tersusun dari tiga *joint* yaitu *joint* 1 berupa *joint* putar dan memiliki kemampuan berputar dalam arah *horizontal*, *joint* 2 berupa *joint* translasi dan memiliki kemampuan untuk bergeser secara *vertical*, *joint* 3 berupa *joint* translasi dan memiliki kemampuan untuk bergeser ke arah *horizontal*. Untuk menjamin *joint* 2 tidak berputar pada saat ulir berputar, maka dilengkapi dengan mekanisme rel. Gerakan translasi arah *vertical* dilakukan menggunakan mekanisme rel dan ulir sedangkan gerakan translasi arah datar pada *joint* 3 dilakukan menggunakan mekanisme *rack-pinion*. Untuk menaikkan torsi dan menurunkan kecepatan putar motor, maka digunakan *gear box* pada *joint* 1 dan *worm-gear* pada *joint* 2.



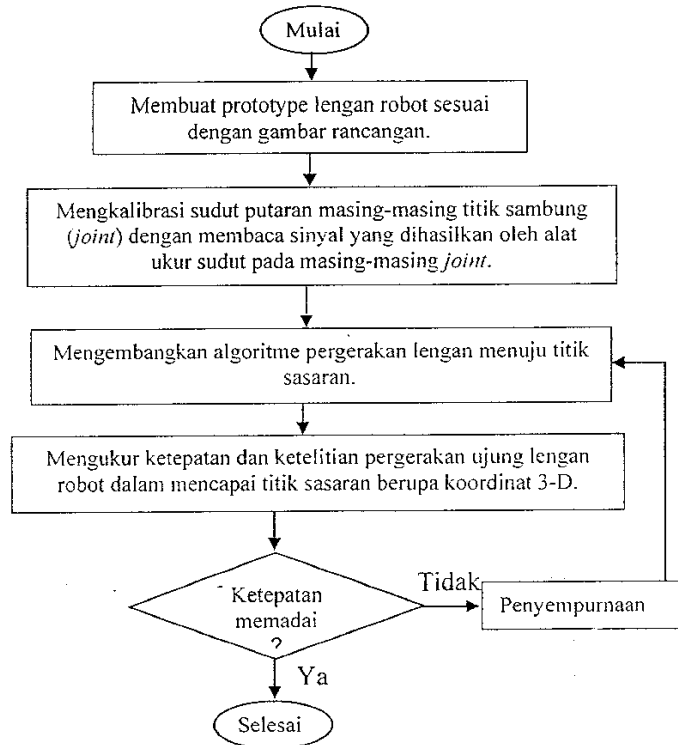
Gambar 1. Gambar rancangan lengan robot bio-produksi.

Pengujian terhadap unjuk kerja dari *manipulator* / lengan robot dilakukan sesuai diagram blok pada gambar 2. Supaya ujung bebas lengan robot mampu mencapai posisi tiga dimensi benda kerja, maka perlu dihitung nilai pergerakan masing-masing *joint*. Hubungan antara posisi ujung lengan dengan parameter *joint* (sudut putar atau jarak translasi) dapat dihitung menggunakan rumus seperti pada Gambar 3. Dalam hal ini  $\theta$  adalah nilai absolut sudut *joint* 1 terhadap sumbu-X,  $Z_p$  adalah nilai absolut jarak translasi arah tegak terhadap titik pusat koordinat, dan  $r$  adalah nilai absolut jarak translasi arah datar terhadap titik pusat koordinat. Nilai pergerakan masing-masing joint adalah nilai relatif yang mengacu kepada posisi sebelumnya yang terakhir. Nilai pergerakan = nilai absolut joint untuk mencapai target – nilai absolut joint pada posisi terakhir.

Rumus perhitungan nilai absolut masing-masing joint adalah sbb:

$$\theta = \text{atan} \frac{Y_p}{X_p} \dots\dots\dots (1)$$

$$r = \sqrt{X_p^2 + Y_p^2} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 2. Tahapan pengujian unjuk kerja lengan robot

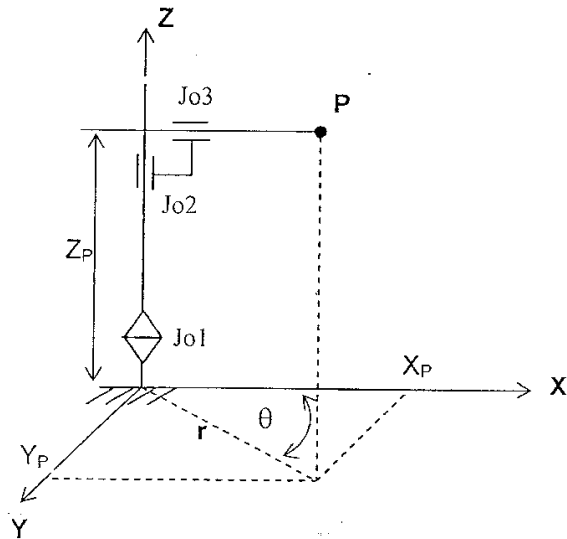
$$Z = Z_P \dots\dots\dots (3)$$

Hubungan antara putaran ulir dengan jarak translasi arah *vertical* dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Jarak translasi arah } vertical = \text{jumlah Putaran ulir} \times \text{pitch ulir}$$

Sedangkan hubungan antara putaran motor dengan jarak translasi arah *horizontal* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Jarak translasi arah } horizontal = \text{Jumlah Putaran as} \times (2\pi \times \text{radius pinion})$$



Gambar 3: Penghitungan koordinat manipulator tipe silinder.

Unjuk kerja manipulator diuji untuk dua macam pergerakan yaitu pergerakan langsung yang selalu dimulai dari posisi acuan ke koordinat sasaran dan pergerakan point to point yang dimulai dari posisi saat itu ke posisi tujuan berikutnya. Pergerakan dimulai dengan terlebih dahulu memasukkan nilai koordinat tiga dimensi target (nilai harapan) melalui keyboard kemudian komputer menghitung secara otomatis nilai pergerakan tiap joint. Komputer menggerakkan tiap joint sesuai dengan nilai hasil perhitungan. Setelah lengan berhenti bergerak, kemudian koordinat dua dimensi ujung bebas lengan diukur dengan cara menggantungkan benang yang ujungnya diberi jarum sehingga menunjukkan nilai tertentu pada kertas mm yang terpasang pada dasar robot. Sedangkan ketinggian lengan diukur menggunakan meteran dengan skala terkecil 1 mm. Ketiga nilai hasil pengukuran tersebut adalah nilai aktual dari posisi ujung bebas manipulator. Nilai posisi aktual kemudian dikurangkan dengan nilai posisi harapan untuk mendapatkan nilai simpangan yang kemudian diplot kedalam grafik.

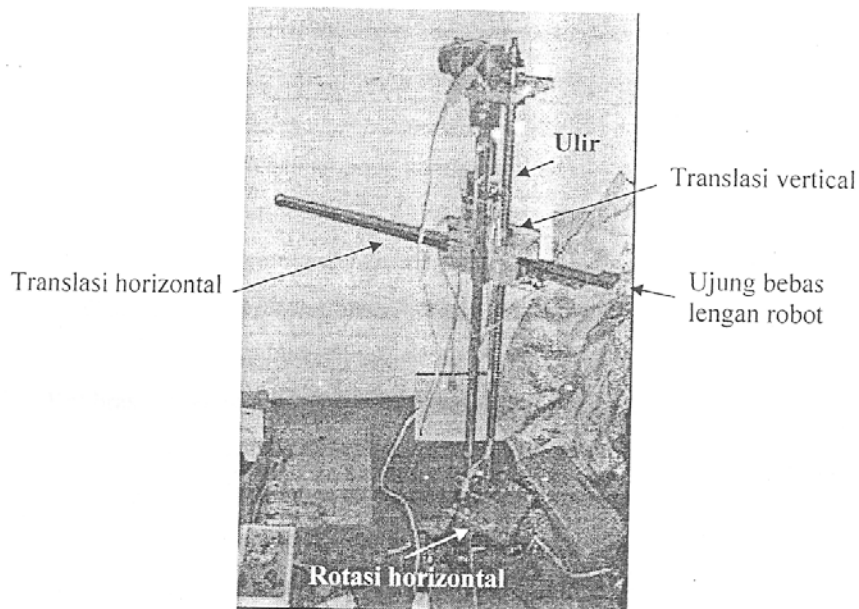


$$\text{Simpangan} = \text{abs}(\text{nilai harapan} - \text{nilai aktual}) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Ketepatan} = \frac{\text{Nilai harapan} - \text{nilai simpangan}}{\text{Nilai harapan}} \times 100 \% \dots\dots\dots (6)$$

### III. Hasil dan Pembahasan

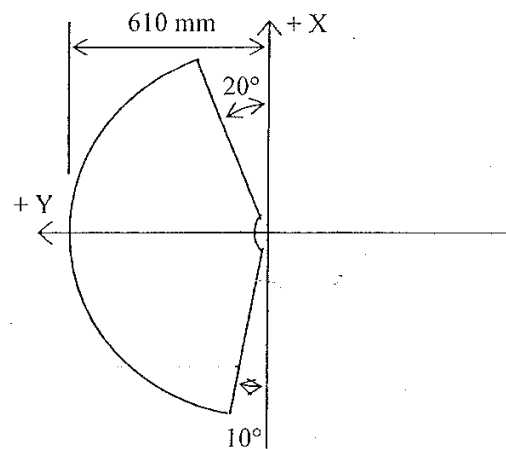
Rancangan lengan robot pemanen buah didalam lingkungan *greenhouse* (misal paprika) telah dibuat dalam bentuk manipulator tipe koordinat silinder dengan tiga derajat bebas yang terdiri dari putaran *horizontal* dengan selang sudut putar 10° sampai 160°, translasi *vertikal* mulai dari + 300 mm sampai + 900 mm, dan translasi *horizontal* mulai dari + 45 mm sampai + 610 mm seperti pada gambar 4. *Manipulator* memiliki dimensi tinggi 1270 mm dan lebar alas 400 mm.



Gambar 4. Lengan robot tipe koordinat silinder dengan tiga derajat bebas

*Manipulator* yang telah dibuat memiliki ruang kerja (daerah tiga dimensi yang masih dapat dijangkau oleh ujung bebas *manipulator*) berbentuk silinder terbelah dengan jari-jari

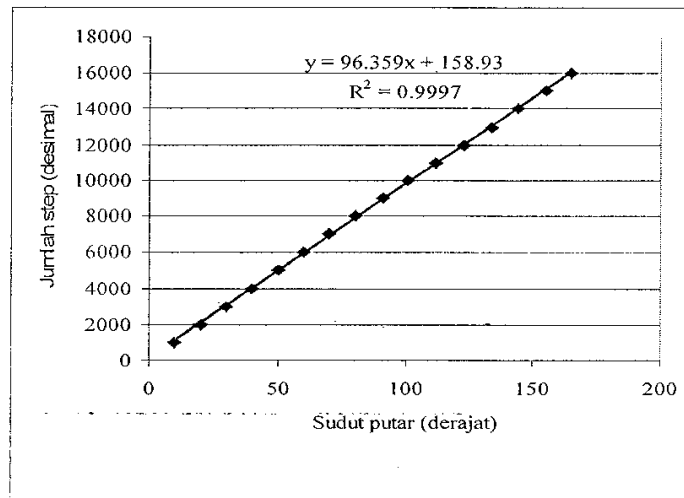
luar 610 mm dan jari-jari dalam 45 mm. Belahan silinder membentuk sudut  $10^\circ$  terhadap sumbu  $-X$  dan membentuk sudut  $20^\circ$  terhadap sumbu  $+X$  seperti terlihat pada gambar 5. Ruang kerja tersebut memiliki ketinggian minimum dari lantai 300 mm dan ketinggian maksimum 900mm. Dengan ruang operasi seperti ini jenis tanaman buah yang di budidayakan di dalam *greenhouse* yang dapat dipanen dengan *manipulator* ini yaitu paprika, cabai dan tomat.



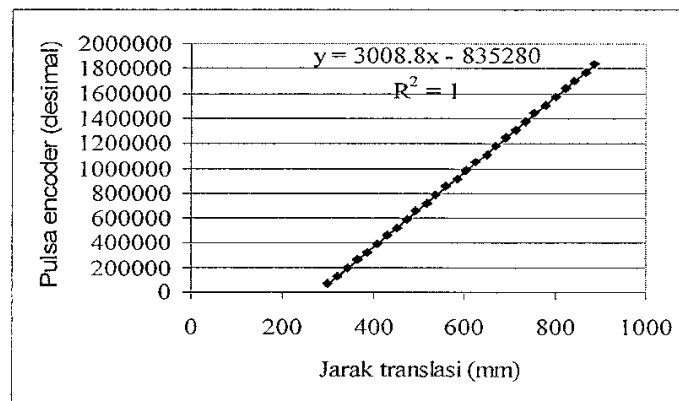
Gambar 5. Tampak atas ruang kerja manipulator tipe koordinat silinder.

Kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara nilai masukan pada komputer (nilai harapan) terhadap nilai keluaran yang sebenarnya (aktual) sebagai respon dari *joint*. Untuk *joint 1* (*joint* putar) nilai masukan berupa jumlah step dari motor stepper sedangkan nilai keluaran adalah sudut perputaran *joint* setelah perintah perputaran *joint* dieksekusi. Untuk *joint 2* (translasi *vertical*) dan *joint 3* (translasi *horizontal*) nilai masukan berupa nilai pembacaan sensor encoder sedangkan nilai keluaran berupa jarak translasi yang dihasilkan oleh *joint* setelah perintah pergerakan dieksekusi. Pada proses ini *joint* di kalibrasi satu per satu dengan memasukkan nilai jumlah step untuk *joint 1* dan nilai pembacaan encoder untuk *joint 2* dan 3. Nilai pembacaan encoder yang dimasukkan secara manual ke dalam komputer (nilai harapan) akan dibandingkan dengan nilai pembacaan

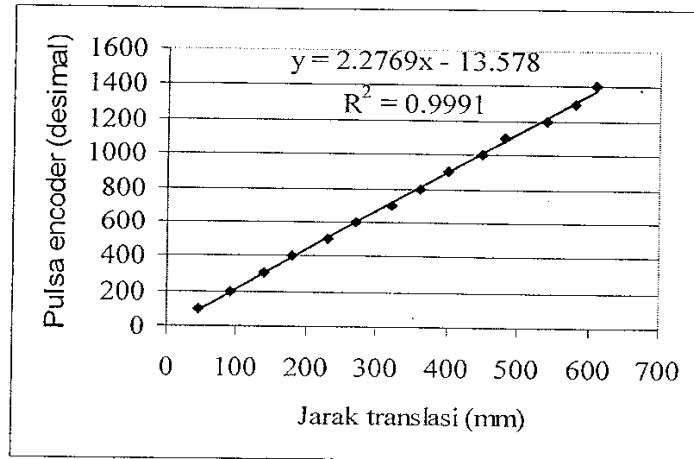
encoder yang dilakukan secara otomatis oleh komputer (nilai aktual) kemudian komputer akan menghentikan putaran motor pada saat kedua nilai tersebut sama. Hubungan antara nilai masukan dan nilai keluaran tiap *joint* dapat dilihat pada gambar 6 sampai gambar 8. Kecepatan pergerakan *joint* adalah 43.2 °/dt untuk *joint* 1, sekitar 1.5 cm/dt untuk *joint* 2 dan sekitar 37 cm/dt untuk *joint* 3.



Gambar 6. Grafik kalibrasi *joint* 1 (*joint* putar)



Gambar 7. Grafik kalibrasi *joint* 2 (*joint* translasi *vertical*)



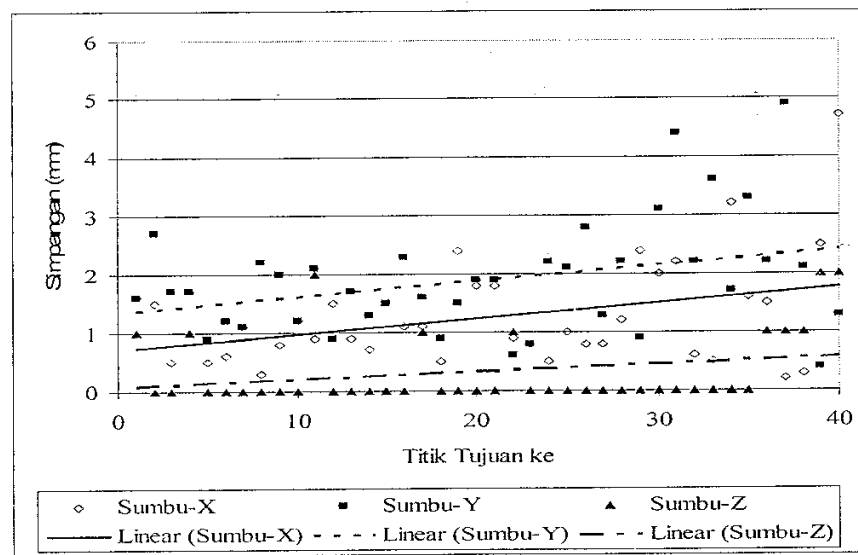
Gambar 8. Grafik kalibrasi *joint* 3 (translasi *horizontal*)

Dari grafik kalibrasi tersebut di atas dapat diketahui bahwa hubungan antara nilai sudut putar *joint* ( X ) dalam derajat dengan jumlah step motor stepper ( Y ) dapat dinyatakan dengan persamaan :  $Y = 96.359 X + 158.93$ . Persamaan ini kemudian disertakan dalam algoritme pengendalian sehingga setelah nilai sudut didapat dari persamaan (1), maka jumlah step dari perputaran motor stepper dapat segera dihitung. Hubungan antara jarak translasi ( X ) dengan nilai encoder ( Y ) pada *joint* 2 dan 3 secara berurutan dapat dinyatakan dengan rumus berikut :  $Y = 3008.9 X - 3057.7$  dan  $Y = 13.248 X + 21.639$ . Kedua persamaan ini juga disertakan dalam algoritme pengendalian sehingga setelah nilai jarak translasi diperoleh melalui persamaan 3 untuk *joint* 2 dan persamaa 2 untuk *joint* 3 maka nilai pulsa yang harus dihasilkan oleh alat ukur sudut (*Encoder*) dapat segera dihitung.

Setelah proses kalibrasi selesai dilakukan dilanjutkan dengan penyusunan program pengendalian gerakan manipulator secara utuh yaitu ketiga *joint* yang menyusun manipulator digerakkan secara simultan sehingga titik tujuan bisa dicapai dengan lebih cepat.

### Pengujian Manipulator

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa ketiga joint yang menyusun manipulator digerakkan secara serentak sehingga lokasi titik sasaran akan dicapai lebih cepat. Pada pengujian ini pergerakan *joint* manipulator selalu dimulai dari titik acuan yaitu titik dengan jangkauan terpendek dan ketinggian terendah. Pengujian dilakukan terhadap 40 titik tujuan yang ditentukan secara acak sedemikian rupa sehingga ujung bebas manipulator berada pada daerah operasinya mulai dari jangkauan terpendek ketinggian terendah sampai jangkauan terjauh ketinggian tertinggi. Dalam hal ini ujung bebas manipulator diberi beban seberat 1200 gram. Selisih antara nilai harapan yang dimasukkan melalui keyboard dengan nilai aktual yang diukur secara langsung kemudian diplot kedalam grafik seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Simpangan terhadap masing-masing sumbu kartesian

Dari gambar 9 di atas terlihat bahwa simpangan terbesar terjadi pada arah sumbu Y, menyusul pada arah sumbu X dan tekecil pada arah sumbu Z. Penyimpangan yang cukup besar pada sumbu X dan Y terutama disebabkan oleh joint 3 karena motor servo yang

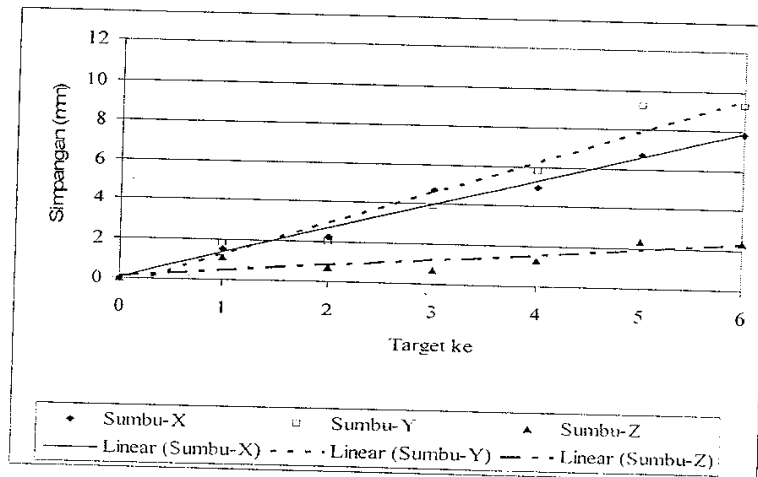
dipergunakan tidak dilengkapi dengan mekanisme pengereman sehingga kurang mampu berhenti seketika. Sedangkan motor servo yang dipasang pada joint 2 (translasi *vertical*) dilengkapi dengan mekanisme pengereman. Untuk menaikkan ketelitian pergerakan ujung bebas manipulator, maka motor yang dipasang pada joint 3 perlu diganti dengan motor servo yang dilengkapi mekanisme pengereman.

Berbeda dengan robot industri yang memerlukan ketelitian tinggi, maka robot pertanian umumnya lebih toleran terhadap ketelitian yang kurang baik karena pada beberapa robot pertanian ketidak-akuratan seperti itu bisa diperbaiki dengan menerapkan mekanisme *visual Feedback* yaitu suatu gerakan manipulator yang selalu dimonitor dan dikoreksi setiap saat berdasarkan hasil pantauan sistem pengindra.

#### **Pengujian *Point To Point***

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *manipulator* untuk bergerak dari titik koordinat yang satu ke titik koordinat berikutnya tanpa adanya koreksi ke titik acuan. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar simpangan dan ketepatan *manipulator* ketika harus bermanuver dari satu titik ke titik berikutnya tanpa harus kembali ke titik acuan. Dengan mengetahui performansi manipulator dan ketelitian yang masih bisa diterima, maka pengendalian manipulator akan bisa direncanakan dengan lebih baik. Pengujian ini dilakukan terhadap enam titik tujuan yang lokasinya ditentukan secara acak. Simpangan posisi antara nilai harapan dengan nilai aktual kemudian diplot kedalam grafik seperti terlihat pada gambar 10. Pada percobaan ini ujung manipulator diberi beban seberat 1200 gram.

Sama dengan pada pengujian sebelumnya, pada gerakan *point to point* ini juga terlihat bahwa simpangan pada arah subu X dan Y lebih besar dari pada simpangan pada sumbu Z. Hal ini tentunya disebabkan oleh performansi motor yang digunakan pada joint 3. Rata-rata simpangan dari ketiga sumbu kartesius adalah  $\pm 5$  mm dan simpangan maksimum  $\pm 9$  mm. Untuk memperkecil simpangan tersebut, maka perlu dilakukan penggantian motor pada *joint 3* dengan motor lain yang dilengkapi mekanisme pengereman.



Gambar 10. Simpangan ujung manipulator pada gerakan *point to point*.

Cara lain adalah dengan menggerakkan *joint 3* ke posisi *limit switch* lebih sering dibandingkan dengan *joint 1* dan *joint 2*. Pergerakan ke posisi *limit switch* akan mengoreksi *joint* pada nilai simpangan nol.

#### IV. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal adalah : *Pertama*, Manipulator tiga derajat bebas tipe koordinat silinder telah dibuat untuk robot pemanen buah yang ditanam dalam lingkungan *greenhouse*. *Kedua*, Tiap *joint* yang menyusun manipulator telah dikalibrasi untuk mendapatkan hubungan antara nilai masukan dengan nilai pergerakan *joint*. Hubungan antara nilai sudut putar *joint* (X) dalam derajat dengan jumlah step motor stepper (Y) pada *joint 1* dapat dinyatakan dengan persamaan :  $Y = 96.359 X + 158.93$ . Hubungan antara jarak translasi (X) dengan nilai encoder (Y) pada *joint 2* dan *3* secara berurutan dapat dinyatakan dengan rumus berikut :  $Y = 3008.9 X - 3057.7$  dan  $Y = 13.248 X + 21.639$ . *Ketiga*, Dari hasil pengujian pergerakan *point to point* secara berurutan menuju ke enam titik tujuan didapatkan rata-rata simpangan

untuk ketiga sumbu kartesius (sumbu-X, Y, Z) sebesar  $\pm 5$  mm dengan simpangan maksimum sebesar  $\pm 9$  mm.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Groover, M. P., M. Weiss, R. N. Nagel, N. G. Odrey. 1986. Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications. McGraw-Hill Book Company. Tokyo. Japan.
- [2] Kondo, N., M. Monta, Y. Shibano, and K. Mohri, 1993. Basic mechanism of robot adapted to physical properties of tomato plant. Proceedings of the international conference for Agricultural Machinery and Process Engineering, Vol. 3: 840 – 849. Seoul, Korea: Korean Society for Agricultural Machinery.
- [3] Kondo, N., 1995. Harvesting robot Based on Physical Properties of Grapevine. Japan Agricultural Research Quarterly 29(3): 171 – 177.
- [4] Kondo, N., H. Nakamura, Y. Shibano, M. Monta, and S. Arima, 1995b. Studies on visual sensor for cucumber fruit detections (2). Environ. Control Biol. 33(4):237 - 244.
- [5] Kondo, N., K. C. Ting, 1998. Robotics for Bioproduction Systems. The American Society of Agricultural Engineers, USA.
- [6] Prihmantoro, H., dan Y. H. Indriani, 2003. Paprika Hidroponik dan Nonhidroponik. Penebar Swadaya. Jakarta.





**The 1<sup>st</sup> National Conference  
on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE)  
Cilegon, 15<sup>th</sup> - 16 December 2010**



**PROCEEDINGS**

