

RANCANG BANGUN ALAT TES USAP BERBASIS ROBOTIK UNTUK PENENTUAN TINGKAT KONTAMINASI RADIOAKTIF PERMUKAAN

(The Design of Robotic Smear Test Devices for Surface Radioactive Contamination Determination)

Faridah¹, Ester Wijayanti²

ABSTRACT

Smear test is a method to measure the level of surface radioactive contamination. The objective of this research is to design and develop a mobile robot manipulator which is used to put the smear test device on its monitoring position. This robot minimizes the contact between human and radioactive contamination area.

This mobile robot manipulator consists of a mechanical system with two main bodies, i.e. arm and platform, and an electrical system as telecontroller for manipulator motion. Joystick analog signal is converted to digital by ADC. Rx/Tx transmits this signal by using radio wave at frequency of 27 MHz and Amplitude Shift Keying (ASK) modulation. This signal is used to generate the PWM (Pulse Width Modulation) pulse to control the platform DC motor velocity and arm DC motor ON/OFF.

The result of this research shows that the robotic smear test device can perform smear tests with spiral and 'S' smear method on the top of table, part of wall, and floor, appropriate with command of joystick input from distance of 5 meter.

Keywords: smear test device, surface contamination, mobile robot manipulator

PENDAHULUAN

Dalam instalasi nuklir yang menggunakan zat radioaktif dan atau radiasi, sangat dimungkinkan terjadi paparan radiasi maupun kontaminasi radioaktif pada pekerja radiasi maupun lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan tingkat radioaktivitas instalasi secara rutin demi keselamatan pekerja dengan menggunakan peralatan pemantau yang praktis namun akurat, serta seminimal mungkin terjadi kontak antara manusia dan zat radioaktif.

Tes usap (*smear test*) adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mengetahui tingkat kontaminasi radioaktif permukaan secara tidak langsung. Selama ini tes usap dilakukan secara manual dengan mengusapkan kertas usap pada permukaan yang dipantau dengan gerakan melingkar dan setelah itu sampel kertas usap dicacah. Kelemahan cara manual tersebut adalah adanya ketidakpastian fraksi kontaminan yang terbawa ke kertas usap karena perbedaan tekanan dan luas tangan pengambil sampel. Selain itu, cara tersebut juga menyebabkan orang yang melakukan tes terkena radiasi yang dapat membahayakan kesehatannya.

Peranan robot dalam bidang teknologi nuklir telah lama dimanfaatkan dan selanjutnya dapat dipastikan akan semakin digiatkan, karena dengan aplikasi yang tepat guna akan meningkatkan efektivitas dan produktivitas. Pada fasilitas dengan bahaya kontaminasi, robot digunakan untuk menggantikan fungsi kerja manusia sebagai salah satu bentuk proteksi atas pekerja dari bahaya radiasi.

Wijayanti, dkk (2003) telah membuat alat tes usap untuk mengetahui tingkat kontaminasi radioaktif pada suatu permukaan. Alat telah berhasil dibuat dan diuji dengan hasil memuaskan tetapi hanya dapat digunakan pada permukaan yang rata dan datar sehingga kurang fleksibel. Sistem pelepasan kertas usap dan peletakan alat pada daerah yang terkontaminasi masih dibantu tangan, serta dasar alat perlu dilengkapi dengan bahan sekali pakai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem alat tes usap berbasis robotik yang digunakan untuk penentuan tingkat kontaminasi permukaan. Sistem ini terdiri dari alat tes usap yang merupakan pengembangan alat tes usap sebelumnya, dan sebuah robot manipulator bergerak yang berfungsi untuk meletakkan alat usap pada posisi pemantauan. Alat usap dan robot manipulator bergerak akan dikendalikan dari jarak jauh melalui sebuah *joystick*. Alat ini diharapkan dapat menggantikan fungsi kerja manusia sebagai salah satu bentuk proteksi atas pekerja dari bahaya radiasi. Alat ini dirancang bangun untuk skala Laboratorium Teknologi Kimia Nuklir Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik UGM.

LANDASAN TEORI

Tes Usap

Tes usap dilakukan secara manual dengan mengusapkan kertas usap pada permukaan yang dipantau seluas $\pm 100 \text{ cm}^2$ dan setelah itu dilakukan pencacahan terhadap kertas usap. Dari hasil pencacahan kertas usap dapat dihitung tingkat

¹Faridah, ST, MSc., Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada.

²Ester Wijayanti, Ir., MT., Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika, Universitas Gadjah Mada.

kontaminasi daerah yang dipantau. Proses pengambilan sampel dengan kertas usap diulang hingga seluruh daerah yang diduga terjadi kontaminasi telah dipantau semuanya. Pada saat pengambilan sampel, kemungkinan fraksi kontaminan yang pindah ke kertas usap antara 0% sampai 100%. Tetapi pada umumnya faktor pindah berkisar antara 10% sampai 20% (International Atomic Energy Agency, 1970).

Robot Manipulator Bergerak

Industri nuklir banyak menggunakan robot dalam kegiatannya dalam daerah yang berbahaya (*hazardous*) bagi pekerja manusia. Robot banyak digunakan pada aplikasi penanganan bahan bakar dan limbah radioaktif. Tipe manipulator yang paling umum digunakan adalah *master-slave*, yaitu tangan robot yang dapat dikendalikan oleh manusia dengan tongkat kendali dan komputer. Dengan menggunakan manipulator ini, para pekerja dapat melakukan sebagian besar kegiatan yang dapat dilakukan manusia tanpa resiko terkena efek radiasi.

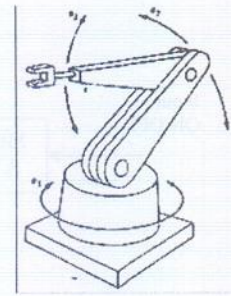
Manipulator adalah sebuah mekanisme, terdiri dari suatu segmen, *joint* (sendi) yang saling berhubungan satu sama lain untuk tujuan *grabbing* (menggenggam) dan memindahkan objek, biasanya memiliki beberapa derajat kebebasan. (Ben – Zion Sandler 1998; 2)



Gambar 1. Manipulator Bergerak
(<http://www.enme.ucalgary.ca/%7Earamirez/AR2S-Lab-Projects.html>, 2007)

Ada beberapa jenis robot manipulator (Koivo 1989;6-10), yaitu:

- a. Rectangular (Cartesian) Manipulator
- b. Cylindrical Manipulator
- c. Spherical (Polar) Manipulator
- d. Revolute (Articulated) Manipulator



Gambar 2. Revolute (Articulated) Robot Manipulator
(Koivo 1989;10)

METODOLOGI PENELITIAN

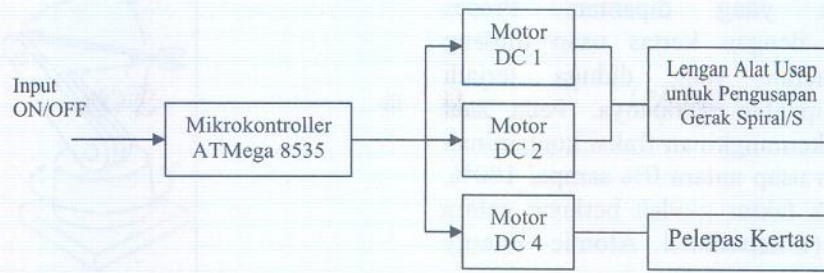
Sistem alat tes usap berbasis robotik yang digunakan terdiri dari alat tes usap, dan sebuah robot manipulator bergerak yang meletakkan alat usap pada posisi pemantauan. Sistem ini diharapkan bisa melakukan tes usap pada bagian atas meja, sebagian dinding dan lantai, serta bisa dikendalikan dari jarak jauh oleh operator. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, pelaksanaan penelitian dilakukan dalam 5 tahap, yaitu :

Rancang bangun alat tes usap.

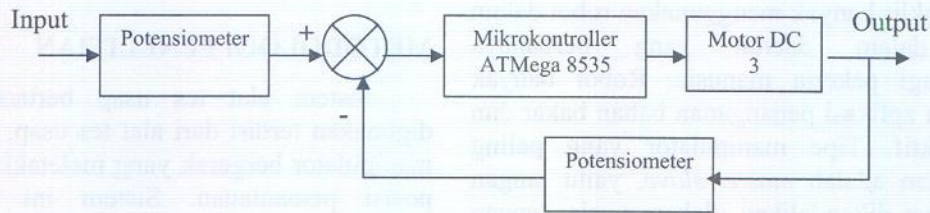
Dalam penelitian ini dirancang alat tes usap dengan dua metode pengusapan, yaitu metode spiral dan metode S. Pada alat usap ini, motor merupakan pusat penggerak utama, dimana jalan kerja dibantu dengan rangkaian elektronik Mikrokontroler ATmega 8535. Alat ini menggunakan 4 motor, yaitu 3 motor bersinergi membentuk pola gerak pengusapan dan 1 motor kecil untuk pelepasan batang pengusap (Gambar 3). Tekanan pada saat pengusapan dikendalikan secara otomatis oleh Mikrokontroler atas *feedback* dari potensiometer (Gambar 4), sehingga alat ini bisa digunakan pada permukaan yang tidak datar.

Rancang bangun sistem mekanik robot manipulator bergerak.

Rancang bangun sistem mekanik robot manipulator bergerak, meliputi bagian *platform* (tubuh robot bagian bawah) dan *arm* (lengan) untuk skala Laboratorium Teknologi Kimia Nuklir Jurusan Teknik Fisika UGM. Perancangan sistem mekanik meliputi perancangan kinematika dan dinamika. Perancangan kinematika diperlukan untuk menganalisa gerakan robot tanpa memandang efek inersia/kelembaman yang terjadi ketika robot manipulator melakukan gerakan.



Gambar 3. Diagram blok alat usap



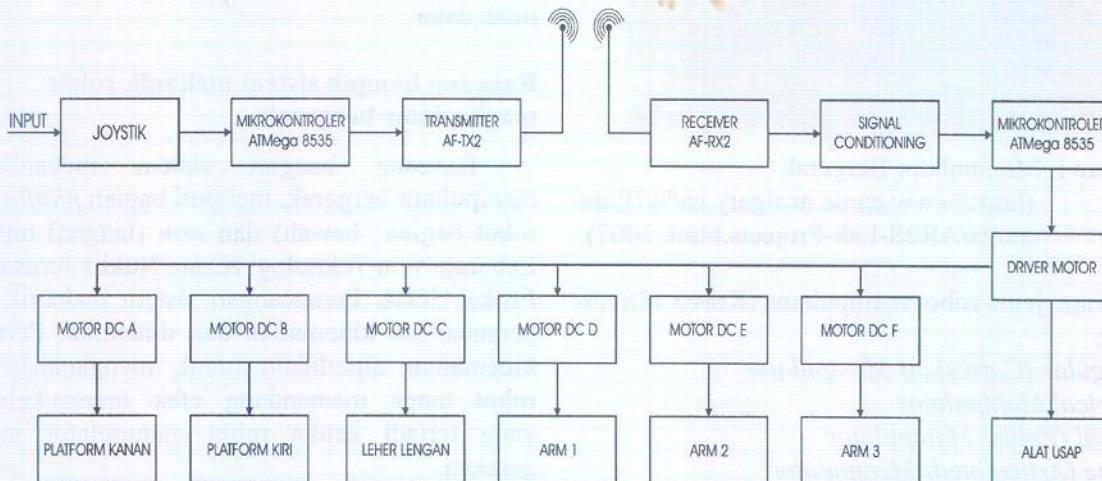
Gambar 4. Diagram sistem kendali pengatur tekanan pengusapan.

Perancangan dinamika berhubungan dengan efek inersia dari struktur robot manipulator secara fisik sebagai hasil dari gerakan yang ditimbulkan oleh torsi aktuator ketika robot melakukan pergerakan. Dari kedua perancangan ini didapatkan dimensi robot. Selanjutnya hasil perancangan dibangun dengan menggunakan komponen-komponen standar yang ada di pasaran.

Rancang bangun sistem elektronik robot manipulator bergerak.

Rancang bangun sistem elektronik diperlukan agar platform dan arm (lengan) robot bisa melakukan gerakan seperti yang diperintahkan operator dari jarak jauh. Diagram blok dari sistem elektronik dan komunikasi data robot manipulator bergerak dapat

dilihat pada Gambar 5 yang dapat dijelaskan sebagai berikut. Operator mengendalikan gerak manipulator dari jarak jauh menggunakan joystick. Data dari joystick yang berupa sinyal analog akan diubah menjadi sinyal digital dalam format serial oleh ADC dan mikrokontroller ATMega8535 untuk selanjutnya dikirim oleh Tx (Transmitter) ke Rx (Receiver) pada pada robot manipulator bergerak, dengan memanfaatkan gelombang radio pada frekuensi 27 MHz dan modulasi Amplitude Shift Keying (ASK). Sinyal yang diterima oleh Rx digunakan untuk membangkitkan deretan pulsa PWM (Pulse Width Modulation) pada mikrokontroller untuk mengatur kecepatan motor DC pada platform dan kondisi ON/OFF motor DC pada lengan.



Gambar 5. Diagram blok sistem elektronik dan komunikasi data robot manipulator bergerak.

Integrasi dan pengujian unjuk kerja robot manipulator bergerak.

Sistem elektornik dan sistem mekanik diintegrasikan dan diuji untuk membentuk robot manipulator bergerak yang berfungsi untuk meletakkan alat tes usap pada posisi pemantauan. Pengujian unjuk kerja robot meliputi kecepatan gerak dan jarak maksimum robot bisa dikendalikan secara jarak jauh.

Integrasi dan pengujian sistem alat tes usap berbasis robotik.

Alat usap dan robot manipulator bergerak diintegrasikan dan diuji untuk mendapatkan unjuk kerja sistem alat tes usap berbasis robotik. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi tuntutan perancangan, yaitu bisa melakukan tes usap pada bagian atas meja, sebagian dinding dan lantai, serta bisa dikendalikan dari jarak jauh oleh operator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

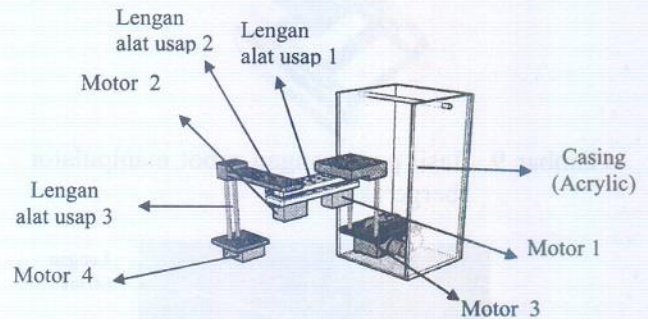
Alat Tes Usap

Hasil perancangan alat tes usap ditunjukkan pada Gambar 6. Alat didesain dan dibuat dengan alasan bisa membentuk 2 pola gerakan yaitu gerakan spiral (memutar) dan membentuk huruf 'S'. Alat ini dirancang layaknya tangan manusia yang mempunyai gerak bangun (sendi) untuk menggerakkan dan

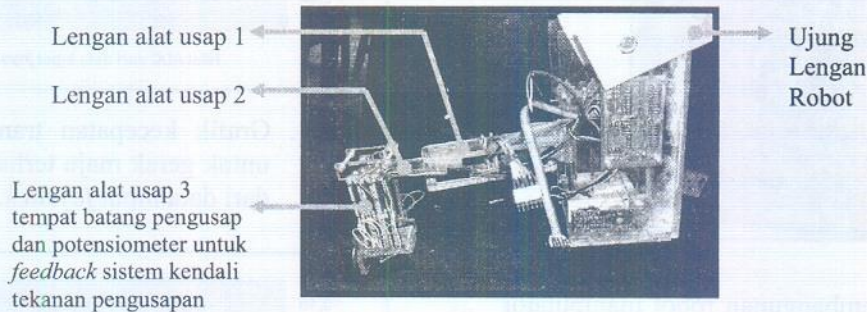
menjangkau pola gerakan pengusapan yang diinginkan. Pada bagian ujung alat merupakan pengganti jari tangan yang berfungsi sebagai pengusap.

Ada 4 motor pusat penggerak utama dari sistem mekanik alat ini yaitu motor 1 dan 2 merupakan bagian penggerak yang mengatur koordinasi lengan alat usap 1 dan 2 dengan sudut tertentu supaya ujung dari alat tes usap bisa bekerja membentuk pola kinematika bidang yang ingin dibentuk. Motor 3 berfungsi untuk mengatur tekanan atau naik turunnya batang pengusap dengan mengatur naik turunnya lengan alat usap berdasarkan *feedback* potensiometer pada lengan alat usap 3. Motor 4 berfungsi untuk pelepasan batang pengusap.

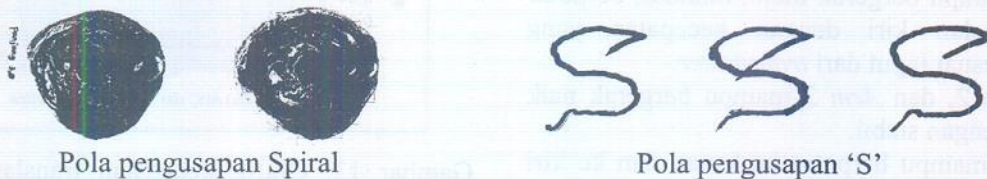
Alat dicoba dengan pengusap *cotton bud* yang dicelupkan ke tinta dengan menggunakan kertas HVS sebagai tempat pengusapan untuk mengetahui pola gerak pengusapan. Hasilnya seperti pada Gambar 8.



Gambar 6. Hasil perancangan alat tes usap



Gambar 7. Hasil pembangunan alat tes usap



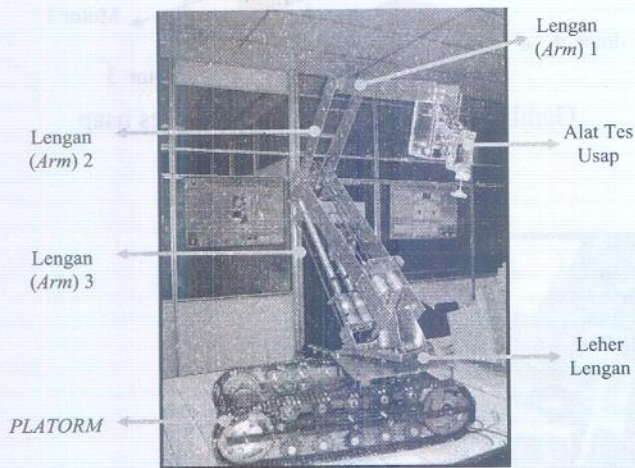
Gambar 8. Pola pengusapan alat tes usap

Robot Manipulator Bergerak

Hasil perancangan sistem mekanik robot manipulator bergerak dapat dilihat pada Gambar 9. Selanjutnya hasil perancangan dibangun dengan menggunakan komponen-komponen standar yang ada di pasaran. Desain hasil perancangan diperbaiki jika ditemui kendala pada saat pembangunan sistem mekanik robot. Kendala tersebut bisa berupa ketidaksesuaian unjuk kerja dari mekanik robot dengan apa yang diharapkan dalam perancangan. Hasil akhir pembangunan robot dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Hasil perancangan robot manipulator bergerak.



Gambar 10. Hasil pembangunan robot manipulator bergerak.

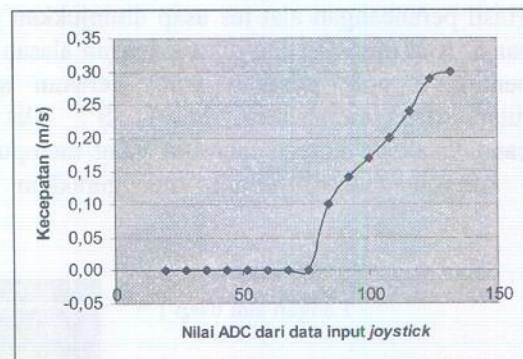
Sistem elektronik dapat mengendalikan motor DC sehingga :

- Platform* mampu bergerak maju, mundur, berputar ke kanan dan kiri dengan kecepatan yang bervariasi sesuai input dari *transmitter*.
- Arm 1*, *Arm 2*, dan *Arm 3* mampu bergerak naik dan turun dengan stabil.
- Leher *Arm* mampu berputar ke kanan dan ke kiri dengan stabil.

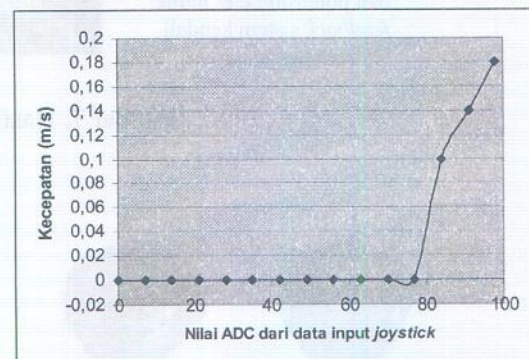
Hasil pengujian menunjukkan bahwa manipulator mampu bergerak melalui ruang antar meja, lengan dari manipulator mampu melakukan pergerakan yang dapat mencapai tinggi meja, sebagian dinding, dan lantai sesuai dengan perintah yang diberikan melalui *joystick* sejauh 5 meter.

Pengujian kecepatan putaran *Arm* dilakukan dengan mengukur waktu dan sudut putar masing-masing *arm* pada tegangan 24,7 volt. Hasil pengujian memberikan kecepatan putaran rata – rata *Arm 1* sebesar 0,03 rad/s, *Arm 2* sebesar 0,01 rad/s, *Arm 3* sebesar 0,02 rad/s, dan leher sebesar 1,61 rad/s.

Kecepatan translasi *Platform* tergantung dari besar nilai data yang diinputkan melalui *joystick*. Pengujian kecepatan translasi *Platform* dilakukan dengan memberikan nilai input *joystick* yang bervariasi dan mengukur besar kecepatan translasi *Platform* untuk gerak maju dan mundur. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh Gambar 11, untuk gerak maju, dan Gambar 12, untuk gerak mundur. Dapat dilihat bahwa *Platform* bergerak maju atau mundur pada nilai ADC data input *joystick* lebih besar dari 84 dan kecepatannya semakin besar dengan bertambahnya nilai input.



Gambar 11. Grafik kecepatan translasi *Platform* untuk gerak maju terhadap nilai ADC dari data input *joystick*.



Gambar 12. Grafik kecepatan translasi *Platform* untuk gerak mundur terhadap nilai ADC dari data input *joystick*.

Pengujian Sistem Alat Tes Usap Berbasis Robotik

Hasil pengujian unjuk kerja sistem alat tes usap berbasis robotik menunjukkan bahwa alat bisa melakukan pola pengusapan spiral dan S pada bagian atas meja, sebagian dinding dan lantai Laboratorium Teknologi Kimia Nuklir Jurusan Teknik Fisika UGM. Untuk melakukan pengusapan, alat tes usap dibawa dan diletakkan pada posisi pemantauan oleh robot manipulator bergerak yang dikendalikan oleh operator pada jarak 5 meter.

KESIMPULAN

Telah dirancang bangun sebuah alat tes usap berbasis robotik untuk penentuan tingkat kontaminasi permukaan untuk skala Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Fisika UGM dengan unjuk kerja sistem sebagai berikut :

1. Alat tes usap mampu melakukan dua pola pengusapan, yaitu spiral dan bentuk 'S'.
2. Manipulator mampu bergerak melalui ruang antar meja, lengan dari manipulator mampu melakukan pergerakan yang dapat mencapai tinggi meja, sebagian dinding, dan lantai sesuai dengan perintah yang diberikan melalui *joystick* sejauh 5 meter.
3. Kecepatan putaran rata – rata *arm 1* sebesar 0,03 rad/s, *arm 2* sebesar 0,01 rad/s, *arm 3* sebesar 0,02 rad/s, dan leher sebesar 1,61 rad/s.
4. *Platform* bergerak maju atau mundur pada nilai ADC data input *joystick* lebih besar dari 84 dan kecepatannya semakin besar dengan bertambahnya nilai input.

SARAN

Saran yang bisa diberikan untuk penelitian lebih lanjut diantaranya adalah :

1. Perlu penelitian lanjutan yang mengkaji unjuk kerja sistem ditinjau dari sisi kepuasan penggunaan alat dalam melakukan tes usap.
2. Penambahan sensor jarak pada *platform* manipulator bergerak untuk menghindari benturan antara platform dengan obyek di sekelilingnya.
3. Sistem komunikasi data perlu dikaji ulang agar robot manipulator dapat dikendalikan pada jarak yang lebih jauh.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Erwin Junaidi, ST., Reyvanov Mujiwiyono, ST., Rizky Sultan A., ST., Janpitter L., ST., Dian Isneini, yang telah banyak membantu dalam penelitian ini, dan Program Hibah Kompetisi A2 Jurusan Teknik Fisika yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan Ghafar, 2006, *Robot Pemindah pada Sistem Pengepakan Susu Bibik Skala Laboratorium Berbasis Mikrokontroller AT89S51*, Skripsi, Yogyakarta.
- Badan Tenaga Atom Nasional, 1989, *Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi*, BATAN, Jakarta.
- Ben-Zion Sandler, 1998, *Robotics Designing the Mechanisms for Automated Machinery*, Academic Press, United States.
- Darojat, N., 1995, *Penentuan Faktor Pindah Berbasis Kertas Lokal untuk Mencari Alternatif Pengganti Kertas Usap Model RAD-WIPE SMEARS 500*, Skripsi, Teknik Nuklir UGM, Yogyakarta.
- Fu, K. S., Gonzales, R. C., Lee, C. S. G., 1987, *ROBOTICS Control, Sensing, Vision and Intelligence*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- International Atomic Energy Agency, 1970, *Monitoring of Radioactive Contamination on Surface*, Technical reports Series no 120, IAEA, Vienna.
- Iqbal, Muhammad, 2003, *Pengembangan Kendali Posisi End-Effector Robot CS-113 Berdasarkan Gerakan Tiga Derajat Kebebasan*, Teknik Fisika UGM, Yogyakarta.
- Koivo, Antti J., 1989. *Fundamentals for Control of Robotic Manipulators*, John Willey & Sons Inc., Singapore.
- Pradono R. A., 2005, *Pengembangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak pada Mobile Robot Pemadam Api Berbasis Komputer*, Skripsi. Yogyakarta.
- Pitowarno Endra, 2006, *Robotika Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan*, Penerbitan ANDI, Yogyakarta.
- Suratman, 2001, *Pemantauan Kontaminasi Radioaktif Permukaan, P3TM*, BATAN, Yogyakarta.
- Sandin. E, Paul., *Robot Mechanism and Mechanical Devices Illustrated*. McGraw-Hill, United States.
- Wijayanti. E, Suratman, Ihsan. M, 2003, *Pembuatan Alat Tes Usap untuk Penentuan Faktor Pindah pada Pemantauan Kontaminasi Radioaktif Permukaan, MEDIA TEKNIK (ISSN 0216-3012), No. 1. Th. XXV*, Yogyakarta.
- Yokobus K, 2004, *Sistem Antena pada Berbagai Spektrum Frekuensi*, Laporan Tugas Mata Kuliah Elektronika Lanjut, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
-, 2007, <http://www.enme.ucalgary.ca/%7Earamirez/AR2S-Lab-Projects.html>