

KAJIAN APLIKASI ROBOT DALAM INDUSTRI PERKAPALAN

Robot Application in Shipbuilding Industry

Edy Utomo¹, Buana Ma'ruf²

¹Pascasarjana, Teknik dan Produksi Material Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS-Surabaya

²Peneliti Utama, UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika BPPT, Surabaya
Email: ¹edyutomo99@gmail.com, ²buamaruf@yahoo.com

Diterima: 5 Juni 2015; Direvisi: 18 Juni 2015; Disetujui: 23 Juli 2015

Abstrak

Paper ini membahas tentang aplikasi sistem robot dalam proses pembangunan kapal. Aplikasi yang ditinjau untuk pekerjaan *welding*, *blasting* dan *painting*, baik untuk struktur terbuka atau struktur tertutup (*double hull*). Beberapa kelebihan dan kekurangan pada aplikasi robot akan dibahas untuk mengembangkan aplikasi penggunaan robot yang sudah ada, salah satunya adalah dengan menggunakan konsep humanoid. Studi ini juga mengusulkan beberapa modifikasi aplikasi robot yang sudah ada dalam pembangunan kapal. Hasil dari usulan konsep membutuhkan studi analisis lanjut baik mengenai struktural mekanik pada body robot maupun kajian sistem yang lebih tepat untuk diterapkan.

Kata kunci : Robot Industri, Industri Galangan Kapal, Otomatisasi Manufaktur, CAD-CAM.

Abstract

This paper discuss about the application of robotic system in shipbuilding process. The application is reviewed for welding, blasting and painting, either for open structure or closed structure (double hull). Several advantages and disadvantages of existing robotic application are reviewed for development application usage existing robot, such as using the humanoid concept. This study also propose several modification of existing robot application in shipbuilding. The result of the proposed concepts are equipped with analysis study whether in structural mechanic of the robot's body and the most suitable system which can be applied.

Key words : *Robotic for Industry, Shipbuilding Industry, Manufacturing Automation, CAD-CAM.*

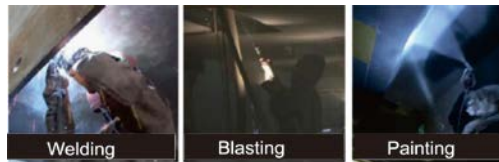
PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju beberapa tahun terakhir ini dapat memberikan keuntungan-keuntungan dari segala aspek dalam kehidupan manusia. Seperti pada perkembangan ilmu komputerisasi yang memberikan pengaruh untuk melakukan suatu kegiatan secara otomatis. Dengan tujuan untuk memberikan kemudahan dan mengefektifkan kegiatan manufaktur, teknologi CAM (*Computer Aided Manufacture*) diterapkan dengan melibatkan komputer. Salah satu cakupan yang paling penting dari CAM adalah penggunaan NC (*Numerical controller*), NC merupakan teknik menggunakan instruksi yang diprogram untuk mengontrol mesin, selain daripada itu fungsi signifikan lain dari CAM

adalah dalam pemrograman sebuah robot (artikelcad.com, 2014).

Industri dengan sistem robot menjadi bagian penting dari proses CAD CAM. Robot untuk industri dapat didefinisikan sebagai kendali komputer dengan manipulator yang dirancang untuk meniru gerakan manusia, seperti gerakan untuk melaksanakan sejumlah tugas industri yang berbeda tanpa campur tangan manusia (Hawkes, B, 1988).

Seperti halnya pada proses pembangunan kapal, beberapa proses pekerjaan saat ini telah dilakukan secara otomatis dengan menggunakan sistem robot, seperti pada pekerjaan *welding*, *blasting* dan *painting* (Lee, D, 2014), Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses *welding*, *blasting* dan *painting*.

(Sumber : Donghun Lee, 2014)

Gambar.1 menunjukkan proses pekerjaan *welding*, *blasting* dan *painting* pada konstruksi kapal. Paper ini membahas tentang aplikasi penggunaan sistem robot pada proses manufaktur dalam industri pembangunan kapal dari beberapa penelitian sebelumnya. Bentuk kekurangan dan kelebihan dari beberapa sistem robot yang telah digunakan diberikan dan dilengkapi dalam bentuk konsep pengembangan sesuai dengan referensi-referensi terkait.

KAJIAN PUSTAKA

Penggunaan sistem robot pada proses maufaktur pembangunan kapal, terbagi menjadi 2 bagian, yaitu penggunaan sistem robot pada struktur terbuka dan sistem tertutup (Lee. D, 2014).

Beberapa penelitian yang telah dipublikasikan dalam penerapan sistem robot dalam proses manufaktur pembangunan kapal, seperti: *Aqua blasting 2.500*, yang memiliki paket *air-diesel* yang dioperasikan secara manual ; *Nelco system*, dirancang dengan *ride-on blasting* dengan sistem tembak, memiliki *crane hydraulic* yang digunakan pada bagian lambung kapal luar ; *Android system*, yang dikembangkan dengan sistem *mobile* dengan jangkauan kontrol 35 meter, memiliki tuas lengan manipulator, *nozzle blasting* dan sistem vakum yang difungsikan sebagai pembersih ; *Blastman system*, dikembangkan oleh *Rutarauukki*, memiliki ruangan untuk menghindari kontaminasi debu akibat pekerjaan *blasting* (Lee. D et al, 2010).

Bahkan, beberapa konsep sistem robot otomatis terbaru mulai disimulasikan untuk melengkapi kekurangan-kekurangan dari aplikasi penggunaan sistem robot yang telah ada sebelumnya, seperti penerapan yang dilakukan *Seoul National University*, *Mechanical Aerospace Engineering*, *Naval Architecture and Ocean Engineering* yang bekerja sama dengan *Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering* pada bentuk sistem robot otomatis yang mengerjakan pekerjaan *blasting* pada struktur tertutup untuk konstruksi *double-hull* pada kapal (Lee. D et al,

2010).

Selama beberapa dekade terakhir, penelitian tentang robotika telah memberikan dampak yang cukup besar pada bidang industri. Secara singkat prestasi didapatkan dari penelitian robotika dalam aplikasi dunia industri memberikan dampak baik dalam hal menciptakan hasil pekerjaan yang jauh lebih bersih, sisi keamanan yang memiliki resiko bahaya yang kecil dan kesulitan dalam proses pekerjaan. Seperti penerapan pada galangan kapal, yang memungkinkan pekerjaan jauh lebih cepat dikerjakan dengan tingkat resiko yang jauh lebih kecil (Lee. D, 2014).

Selain dari pada itu, kapal-kapal yang mengangkut muatan cair atau muatan curah seperti LNG (*liquefied natural gas*), LPG (*liquefied petroleum gas*) bahkan tipe-tipe kapal *bulk carriers* yang dibangun dengan menggunakan konstruksi *double-hull* menimbulkan permasalahan yang kompleks dalam beberapa proses manufaktur, seperti proses *blasting* pada struktur tertutup konstruksi *double-hull* dan menimbulkan permasalahan kesehatan bagi para pekerja, jika dipaksakan untuk melakukan pekerjaan secara manual (Lee. D at al, 2010). Maka dari itu beberapa sistem robot untuk pengaplikasian pekerjaan pada pembangunan kapal terbagi menjadi sistem robot untuk struktur terbuka dan sistem robot untuk struktur tertutup.

Robot Untuk Struktur Terbuka

Untuk membangun sebuah blok kapal secara terbuka, semua bagian sisi dari gelagar melintang, pengaku memanjang dan pelat bawah dilas dengan tujuan untuk menyatukan bagian-bagian komponen struktur kapal tersebut baik dilakukan secara manual maupun dengan menggunakan robot las otomatis. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.

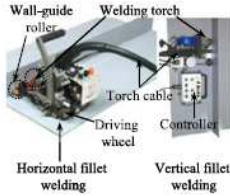



Gambar 2. *Welding carriages* in shipbuilding industry.

(Sumber: Donghun Lee, 2014)

Dalam situasi pekerjaan ini (seperti yang ditunjukkan pada Gambar.2), *welding carriages* memberikan peran utama dalam efisiensi dan mengoperasikan ketahanan las untuk bagian yang panjang pada arah horizontal dan vertikal. *Welding carriages* merupakan alat mekanis yang memiliki 1 sumbu atau 2 sumbu untuk tujuan yang beragam dalam pengelasan. Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1 (a). 1 sumbu horizontal *fillet welding carriage* akan menyatukan pertemuan batas pada penegar dan pelat bawah dengan setiap gerakan pada *torch* las arah lintasan horizontal.

Tabel 1. Commercial welding carriages

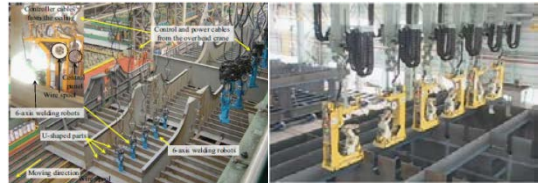
(a) 1-axis carriage (left) and 2-axis welding carriage (right)	(b) Vertical weaving carriage for fillet welding, V-ROD
	

Sumber: *Robots in the ship building industry*, Donghun, 2014.

Hal yang perlu diperhatikan adalah bagian sistem *carriage* ini yang membutuhkan penginstalan yang sangat hati-hati sehingga dapat dengan tepat berada pada lintasan alur pekerjaan las yang diinginkan. Sistem robotik ini memerlukan instalasi dan re-instalasi untuk benda yang berbeda. Bahkan untuk benda kerja yang sama, posisi antara benda kerja dan robot diinstal akan bervariasi tergantung pada bagaimana kondisi keperluannya. Dengan demikian, keadaan ini memerlukan set fleksibilitas dan penyesuaian dari sistem sensorik, termasuk algoritma pelacak hasil las yang lebih efektif, yang memungkinkan robot untuk mengatur jalannya di sepanjang lintasan pengelasan.

Meskipun *Carriage* memiliki sifat yang baik dari ukuran, berat yang ringan dan desain modulator kontroler. *Carriage* tidak cocok digunakan pada pekerjaan-pekerjaan yang lebih rumit, seperti pengelasan lintasan berbentuk “U”, dan *Carriage* memiliki keterbatasan pada derajat kebebasan yang dimilikinya. Dengan demikian beberapa galangan menambahkan 6 sumbu manipulator pada robot yang dikombinasikan dengan fasilitas tambahan seperti

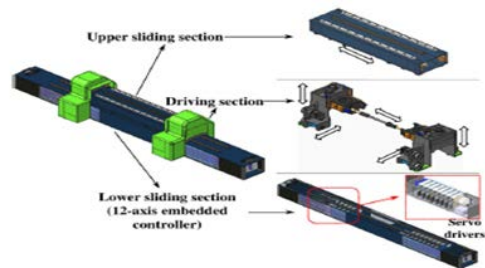
Gantry crane dan *Overhead crane* dengan pertimbangan aksesibilitas dalam keadaan yang kompleks pada blok terbuka. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, 6R artikulasi *welding robot* yang dihubungkan pada *Overhead crane*.



Gambar 3. 6R articulated welding robots connected to overhead crane, (Sumber : Donghun Lee, 2014)

Metode sistem robot ini tidak mendukung gerakan ke segala arah setelah instalasi robot di depan lokasi pengelasan, yang kemudian pada bagian-bagian sulit dilakukan oleh pekerja las. Selain dari pada itu instalasi ulang robot harus membutuhkan bantuan dari pekerja. Oleh karena itu perbaikan dalam metode efisiensi produksi diperlukan.

Selain daripada itu, dikarenakan sistem robot ini tidak dapat melakukan pekerjaan pada bagian struktur tertutup, maka penggunaan *platform* yang dapat bergerak secara otomatis sangat membantu dalam otomatisasi pekerjaan pengelasan, seperti penggunaan *Platform RRX* (Lee. D et al, 2010). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Struktur RRX mobile platform (Sumber : Donghun Lee et al, 2010)

Robot Untuk Struktur Tertutup

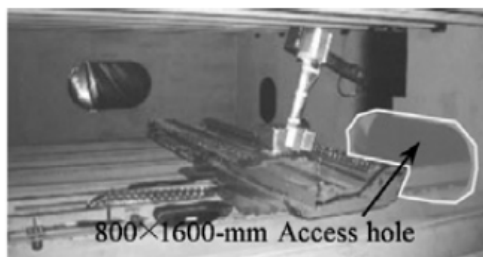
Beberapa permasalahan dalam penerapan robot otomatis pada pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan di dalam struktur tertutup, seperti pekerjaan *blasting* dengan menggunakan pasir silika pada ruang tertutup yang akan menghasilkan debu yang cukup besar, hal ini apabila dilakukan secara manual dengan menggunakan operator manusia, maka akan mengakibatkan penyakit pada operator. Seperti

penyakit *Pneumoconiosis* yang disebabkan akumulasi debu dari karat di paru-paru, sehingga hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan kinerja otomatis berdasarkan sistem robot yang dapat bergerak di dalam blok tertutup untuk melaksanakan pekerjaan *blasting* pada keseluruhan komponen konstruksi dari penegar melintang dan memanjang pada struktur tertutup (Lee, D et al, 2010).

Selain dari permasalahan kesehatan untuk operator, permasalahan lain yang mendasari diciptakannya robot otomatis ini adalah sebagai berikut :

- Akses lubang yang sempit melalui *manhole* untuk masuk sistem robot.
- Kebutuhan ruang kerja.
- Cukup banyaknya komponen struktur yang ada di dalam struktur tertutup.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, hanya terdapat beberapa laporan penelitian yang tersedia untuk sistem robot yang dapat difungsikan pada pekerjaan struktur tertutup, seperti :*Painting robot*, yang dikembangkan oleh *Hitachi-Zosen*, sebuah galangan kapal di Jepang yang difungsikan untuk melakukan pekerjaan pengecatan pada bagian dalam struktur tertutup (Lee, D et al, 2010). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.



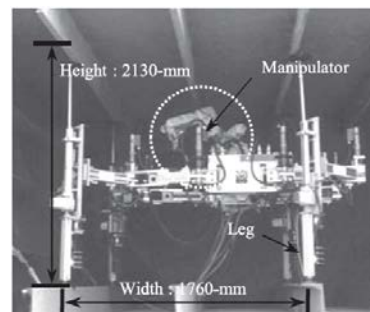
Gambar 5. *Hitachi's painting robot, Japan*
(Sumber : Donghun Lee, 2014)

Namun, *painting robot* membutuhkan akses masuk lebih besar yaitu 800 x 1600 mm, dengan *manhole* pada struktur tertutup yang berukuran 600 x 800 mm, maka robot ini perlu dibongkar menjadi beberapa bagian sebelum ditempatkan ke dalam struktur tertutup yang kemudian disatukan (Lee, D et al, 2010).

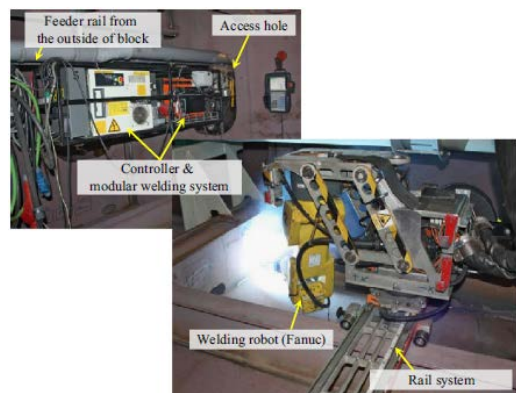
IAI (*The Industrial Automation Institute*) di Spanyol, mengembangkan *ROWER.1*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Robot ini bergerak seperti laba-laba dan memiliki empat kaki yang memperpanjang bidang kontakannya, dapat bergerak sendiri sehingga dapat mengatasi banyak kendala yang

dihadapi dalam pekerjaan pengelasan pada struktur tertutup (Lee, D, 2014). Namun robot ini harus dibongkar menjadi 7 bagian untuk dapat dimasukkan ke dalam struktur tertutup, yang kemudian di instal kembali menjadi 1 bagian di dalam struktur tertutup. Sehingga diperlukannya robot yang memiliki keunggulan kemudahan untuk dapat masuk melalui *manhole*.

RRX and Incrotech, Korea, beberapa waktu lalu dikembangkan untuk mengatasi permasalahan - permasalahan pada sistem robot las yang sebelumnya telah dikembangkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Sistem robot ini terdiri dari manipulator *fanuc* untuk pengelasan bidang "U", menggunakan sistem rel pada arah melintang untuk dapat bergerak di dalam blok struktur tertutup, sistem *box* pada rel mampu untuk mengangkut semua peralatan las seperti manipulator robot, kabel, controller, mesin las dan lain-lain (Lee, D, 2014).



Gambar 6. *IAI Rower-1, Spain*
(Sumber : Donghun Lee, 2014)



Gambar 7. *Inrotech's commercial autonomous welding robotic system possible to be placed into the closed blocks by feeder rail system* (Sumber : Donghun Lee, 2014)

Selain penggunaan untuk pekerjaan pengelasan, kombinasi dari sistem *platform mobile RRX* yang

dikombinasikan dengan manipulator *blasting robot* juga diterapkan, sehingga dapat melakukan kerja maksimal pada bagian *top plate* dan *bottom plate* pada struktur tertutup (Lee, D et al, 2010).

RRX platform mobile, menggunakan sensor untuk menentukan perpindahan dalam menentukan posisi awal dan akhir. Umumnya posisi robot *mobile* dapat diperkirakan melalui peta dan berbagai sensor dengan informasi CAD (*Computer Aided Design*) yang telah dibuat. Sistem ini dilengkapi dengan sensor yang berfungsi untuk melakukan *scanning* data pada bidang kerja.

Keunggulan dan Kekurangan Sistem Robot

Berikut ini ditunjukkan beberapa keunggulan secara garis besar dari pengaplikasian otomastisasi sistem robot yang sudah diterapkan pada industri perkapalan, diantaranya sebagai berikut.

- Sistem robotik yang diterapkan memungkinkan pekerjaan yang sangat otomatis, baik untuk struktur terbuka maupun struktur tertutup pada konstruksi kapal.
- Pada struktur tertutup, penerapan sistem robot dari *platform mobile RRX*, yang mampu bergerak dengan sendirinya pada bagian struktur tertutup memberikan dampak positif pada pekerjaan.
- Perkembangan teknologi robot yang digunakan semakin lama semakin lebih baik, hal ini ditunjukkan dari penambahan 7-sumbu gerakan pada satu manipulator robot, yang difungsikan untuk pekerjaan *blasting* di dalam struktur tertutup.
- Beberapa kerugian dari proses pekerjaan yang dilakukan secara manual, telah terbukti dapat dihilangkan dengan menerapkan sistem robot untuk menggantikan operator kontak langsung dengan bidang kerjanya, terutama dalam permasalahan kesehatan.
- Secara umum, bentuk struktur robot sangat sederhana, namun memiliki kekuatan kestabilan yang cukup baik, yang terbukti dari hasil pengujian stabilitas dinamis pada *blasting robot RRX platform mobile*.

Selain dari keunggulan dari sistem robot yang telah ada, terdapat pula beberapa kekurangan yang menjadi permasalahan untuk dapat dikembangkan, diantaranya adalah sebagai berikut.

- Beberapa robot, baik untuk pekerjaan *welding*, *blasting* dan *painting*, tidak ditemukannya

penggunaan kamera kontrol, untuk dapat mengontrol hasil pekerjaan dari jarak jauh. Namun dilengkapi dengan sensor untuk membaca permukaan bidang pelat hasil pekerjaan yang dilakukan.

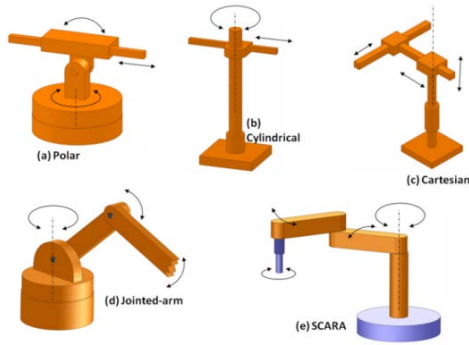
- Dimensional dari robot yang tidak fleksibel dan tidak keseluruhan dapat masuk secara sempurna ke dalam struktur tertutup. Sehingga, instalasi robot harus dilakukan di dalam struktur tertutup.
- Dengan bentuk yang sederhana namun memberikan kekuatan kestabilan yang baik, tentu saja hal ini akan menghasilkan berat manipulator yang cukup besar, sehingga akan menjadi pembebanan yang besar pada struktur lain pada sistem robot.
- Untuk *sistem robot blast cleaning RRX platform mobile*, yang dilakukan uji coba pada bangunan kapal baru struktur tertutup, perlu dikaji apakah memungkinkan untuk melakukan kegiatan pada struktur tertutup pada kapal-kapal dalam kondisi *repair* yang memiliki tingkat kekotoran lebih besar dari bangunan kapal baru.

PEMBAHASAN

Sistem Robotik Secara Umum

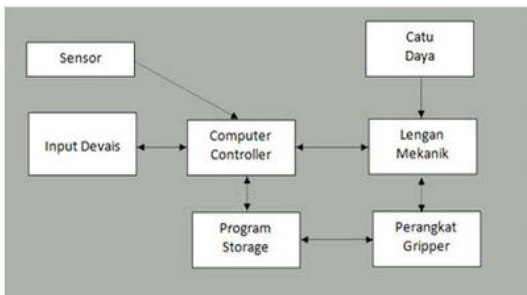
Sistem robotik dibentuk sedemikian rupa untuk menyerupai gerakan pada manusia, untuk menggantikan kerja manusia dan menghasilkan efektifitas sebuah proses produksi yang lebih baik, sebuah robot industri harus merupakan sebuah struktur mekanik (*limbs*) yang dapat melakukan beberapa gerakan dalam 3-dimensi. Gerakan-gerakan robot tersebut disebut dengan DOF (*degrees of freedom*), (Hawkes, B, 1988). Kebanyakan robot industri secara umum menggabungkan salah satu dari lima sistem konfigurasi dasar gerakan *limbs*, diantaranya adalah: *Cartesian*, *Cylinder polar*, *Spherical polar*, *Jointed-arm* dan *SCARA* (ntpel.ac.in). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Sistem robot sendiri secara umum memiliki 3 komponen dasar, yaitu; Manipulator, Kontroler, Power dan beberapa sering ditemukan menggunakan Efektor (waktunya.blogspot.com, 2012). Konsep dasar sistem komponen robot sederhana, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. *Input device* umumnya masuk ke dalam otak robot dengan berbagai cara, baik menggunakan *remote* atau diberikan sebelum robot diaktifkan, bahkan terdapat langsung pada robot melalui programnya.



Gambar 8. Basic dasar gerakan robot
(Sumber: nptel.ac.in)

Pada robot-robot industri kebanyakan mengadopsi jenis *input device* dimana begitu robot diaktifkan kemudian robot akan menjalankan apa yang sudah ditentukan.



Gambar 9. Sistem komponen robot manipulator
(Sumber: alfianreztu.blogspot.com, 2012)

Selain itu robot juga dapat menerima masukan dari bagian robot itu sendiri tanpa adanya campur tangan manusia, yaitu dengan melalui sensor. Sensor pada robot sangat membantu dalam pendeteksian benda/komponen yang merupakan objek/tujuan kerja dari robot sesuai tingkat kecerdasan dari robot itu sendiri.

Computer controller dan *Program storage*, yang merupakan otak dari sistem robot. Saat ini pengkombinasian CPU dengan memori dan I/O dapat juga dilakukan dalam tingkatan penggunaan *chip*, yang menghasilkan SCM (*single chip microcomputer*) untuk membedakannya dengan mikrokomputer. Selanjutnya SCM dikenal dengan mikrokontroler. Beberapa kendali yang diterapkan yang berhubungan dengan kontrol robot, seperti: Kendali loop terbuka (*open loop control*) dan Kendali loop tertutup (*close loop control*). Sedangkan untuk media penyimpanan data, biasanya suatu mikrokontroler menjadi sebuah tempat penyimpanan baik setelah atau sebelum program

dijalankan (tergantung program) maka semua instruksi/perintah atau program tersimpan dalam media penyimpanan pada mikrokontroler menggunakan EPROM (*errassable programmable read only memory*).

Sistem Robotik dan Pengembangannya

Beberapa teknik telah dikembangkan untuk pemrograman robot, yang paling utama seperti: *Walk-through*, dengan sistem menggunakan operator yang secara manual untuk menggerakkan robot sesuai dengan kegiatan yang akan dilakukan, *Lead-through*, mirip dengan metode pertama, dimana robot diajarkan gerakan berdasarkan program urutan gerakan yang sebenarnya, namun metode ini menggunakan operator yang menggerakkan robot melalui *control box*, *keyboard*, *joystick* atau *digester command*, *Remote computer link*, metode ini merupakan yang paling relevan dengan proses CAD-CAM. Program robot dapat di *download* dari *workstation* melalui link kabel yang hampir sama dengan prinsip DNC (Hawkes. B, 1988).

Beberapa pengembangan robot industri dalam manufaktur kapal masih mengadopsi sistem *arm robot* yang memang diciptakan untuk keperluan industri. Beberapa perkembangan yang muncul *robot humanoid* (konstruksi mirip manusia), *animalnoid* (konstruksi mirip binatang), namun belum ada sistem *humanoid* yang digunakan untuk melakukan manufaktur kapal. Baru-baru ini sebuah laporan yang dikeluarkan oleh *New Scientist*, mengenai sebuah penelitian di *Daewoo shipbuilding and Marine engineering*, mengenai penerapan perangkat pakaian untuk pekerja galangan yang menggunakan sistem robotik berfungsi untuk membantu pekerja galangan dalam melakukan pengangkutan sendiri pada bagian komponen-komponen material yang berat secara berulang, tanpa merasakan ketegangan dari beban yang diangkat, penelitian ini dipimpin oleh *Gilwhoan Chu* (www.newsscintist.com, techexplore.com, 2014). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Namun, sistem mekanisme robot ini walaupun diciptakan untuk pekerjaan *welding*, *blasting* dan *painting* terutama untuk struktur tertutup sangat tidak efektif, dikarenakan permasalahan utama akan tetap ada, yaitu permasalahan pada kesehatan, akibat dari kontak langsung lingkungan kerja dengan pekerja. Tentu saja hal ini membutuhkan perubahan dalam pengembangannya sehingga murni robot yang melakukan pekerjaan di dalam struktur tertutup.

Beberapa robot modern ini dikembangkan dengan jenis manipulator bentuk manusia (*humanoid*), seperti yang dikembangkan tim riset dari *Keiko University, Japan*, yang dipimpin oleh *Prof. Sasumu Tachi*, dengan menciptakan *TELESAR V Robot Avatar*, yang dikemudikan dengan mikrokontroler yang terpasang pada bagian tubuh manusia. Robot ini melakukan pergerakan sesuai dengan pergerakan manusia sebagai operatornya dengan beberapa sistem mikrokontroler dan sensor yang terhubung langsung pada tubuh manusia (www.infoniac.com), namun diketahui bahwa robot ini tidak untuk keperluan suatu industri.



Gambar 10. *Roboshipbulder*, Image : *Daewo shipbuilding*
(Sumber: techexplore.com,2014)

Konsep Implementasi

Berdasarkan kekurangan-kekurangan yang ada, diberikan suatu konsep implementasi kedepan bentuk dan sistem robot yang digunakan untuk proses manufaktur kapal, seperti pada pekerjaan *blasting*, *welding* dan *painting*. Yaitu dengan menerapkan konsep sistem *humanoid*, dengan sistem kontrol yang dilakukan manusia. Seperti yang telah diadopsi *TELESAR V robot avatar*, namun pada bagian manipulator bawah belum merupakan sistem *mobile platform*.

Sehingga inovasi yang dilakukan adalah perubahan pada manipulator dasar dengan sistem mekanik, menyerupai bentuk kaki manusia, namun ditambahkan hidrolik penggerak secara vertikal sehingga dapat menambahkan tinggi robot untuk melakukan pekerjaan pada bagian-bagian atas dengan bagian lengan tangan robot yang dapat diperpanjang.

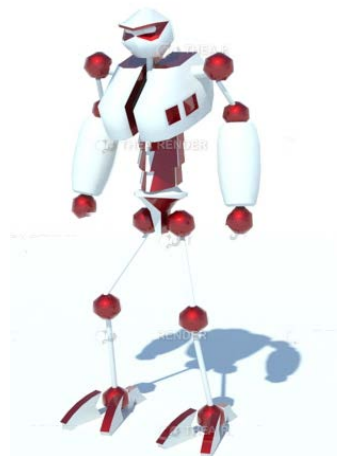
Pada bagian atas robot terdapat sensor/kamera yang berfungsi untuk merekam dan mendeteksi

bagian-bagian pekerjaan yang tertinggal, sehingga hasil pekerjaan mendapatkan hasil yang baik. Sistem kamera hanya digunakan untuk mengontrol kerja robot di dalam ruang tertutup dengan sensor yang mendeteksi hasil pekerjaan secara otomatis mengulang pekerjaan jika hasil belum masuk dalam standarisasi hasil yang di inputkan dalam *device* pada *microchip robot*.

Untuk mengatasi sistem kabel penghubung antara robot dengan kontroler yang berada di ruang kerja operator, digunakan sistem kendali jarak jauh seperti yang diterakan pada *blastman rutarauki* dengan jangkauan 35 meter (Lee. D at al, 2010).

Sistem peralatan kerja baik mesin las, *painting* maupun *blasting* merupakan bagian terpisah dari sistem robot yang diajukan, mengingat ukuran robot yang kecil sehingga tidak memerlukan instalasi di dalam ruang tertutup, melainkan berjalan sendiri masuk ke dalam struktur tertutup, dalam hal ini adalah struktur *double-hull* pada kapal, dengan sumbu DOF pada robot sebanyak lebih dari 15-sumbu putaran pada bagian manipulator, yang diadopsi dari *TELESAR V robot avatar*.

Harapan dari penerapan sistem *humanoid* ini adalah dapat meminimalisir dampak resiko kecelakaan kerja, dengan keunggulan robot yang mampu bekerja secara penuh dengan bentuk dan peralatan yang tidak rumit untuk melakukan gerakan yang dihasilkan hampir menyerupai gerakan pada manusia, sebagai operator dalam pelaksanaan pekerjaan. Secara umum bentuk rencana *humanoid* yang diajukan seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Ilustrasi sistem bentuk humanoid
(Image: Edy Utomo)

Tentunya hal ini sangat membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk dapat menerapkan sistem *humanoid* yang diberikan, baik dari segi kerumitan dalam pemrogramannya, hingga sisi kekuatan dinamis dari robot dalam operasional kegiatan. Selain itu, diharapkan penerapan sistem *humanoid*, dapat secara *multipurpose* sehingga tidak hanya digunakan untuk struktur tertutup, melainkan juga dapat digunakan pada struktur terbuka dan pada pekerjaan lainnya.

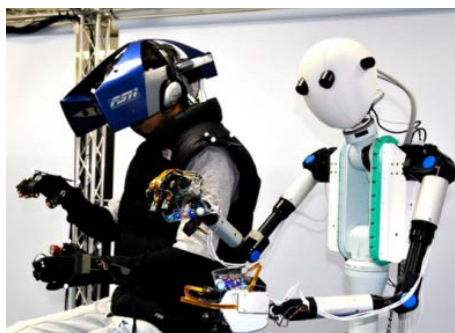
Sistem ini hanya sebagai konsep dasar suatu penerapan *humanoid*, yang difungsikan untuk menunjang proses manufaktur pada pembangunan kapal, sehingga masih banyak kekurangan yang membutuhkan kajian lebih mendalam.

KESIMPULAN

Dari beberapa penelitian sebelumnya yang telah menerapkan penggunaan sistem robot pada industri perkapalan. Namun, masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan sebagai kendala yang signifikan dalam proses pekerjaannya, terutama pada pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada struktur tertutup.

Untuk itu suatu konsep penggunaan sistem *humanoid* yang secara penuh dapat menggantikan tugas manusia namun masih dapat dikontrol dalam ruang operator, sehingga tidak serta merta hanya robot yang melakukan pekerjaan tersebut, melainkan campur tangan manusia sebagai operator dapat melakukan kendali dan monitoring jarak jauh, sebagai salah satu langkah otomatisasi pekerjaan di galangan kapal.

Dikarenakan hal ini merupakan suatu konsep dasar, maka sangat diperlukannya penelitian lebih mendalam untuk menerapkan sistem *humanoid* pada industri kapal bahkan untuk perencanaan dan pembuatan sistem *humanoid* itu sendiri perlu dilakukan analisis yang lebih jauh.



Gambar 12. TELESAR V robot avatar
(Sumber : www.infoniac.com)

DAFTAR PUSTAKA

- Arti dan definisi serta perbedaan CAD, CAM dan CAE, www.artikelcad.com/2014/09.html.
- Barry Hawkes. (1988), The CAD CAM process, pitman publishing, 128 long acre, London.
- CNC programming and Industrial Robotics, Lecture-5, Industrial Robotics-1, ntpel.ac.id/courses/112103174/module7/lec5/3.html.
- Donghun lee, Namkuk ku, Tea-wan kim, Kyu-yeul lee, Jongwan kim, Sooho kim. (2010), Self-traveling robotic system for autonomous abrasive blast cleaning in double-hulled structures of ship, Automation in Construction Journal, Seoul National University and Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co.Ltd, The automation R&D Institute, Seoul, Republic of Korea.
- Donghun lee. (2014), Review robots in the shipbuilding industry, Robotics and Computer – Integrated Manufacturing Journal, Soongsil University, Republic of Korea.
- Komponen dasar dalam robot, waktunya.blogspot.com/2013/03/html.
- Konsep sistem komponen robot manipulator, alfianreztu.blogspot.com/2012/09/html.
- Robotic suit gives shipyards workers super strength, www.newsscintist.com/article/html.
- Shipyards workers test out robot suits in south korea, techexplore.com/news/2014-08.html.
- Telesar V – Robot Avatar that sends sensations of distant environment to its operator in real time, www.infoniac.com/hi-tech/html.