

ROBOT BERODA DENGAN KAWALAN TANPA WAYAR MENGUNAKAN XBEE UNTUK KURSUS EMBEDDED ROBOTIC (EC603)

Mohd Faizal Mustapha ¹, Mohd Yusof Zakaria ², Ainor Izmira Mahmood ³

¹Electrical Engineering Department,
Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah

² Electrical Engineering Department,
Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah

³ Mathematic, Sciences and Computer Department,
Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah

mfm_jke@yahoo.com, yusof@polisas.edu.my, ainor@polisas.edu.my

Abstract

Bidang robotik menjadi semakin popular di kalangan pelajar termasuk di POLISAS. Robot bergerak boleh ditakrifkan sebagai mesin automatik yang mampu bergerak dalam persekitaran yang ditentukan. Terdapat tiga jenis utama robot bergerak robot di daratan, robot di udara dan robot di dalam air. Robot di daratan boleh dibahagikan kepada robot beroda dan berkaki. Interaksi antara manusia dan robot adalah menjadi aspek penting untuk dipertimbangkan dalam pembangunan robot beroda. Dalam ragam kawalan manual, manusia perlu berkomunikasi dengan robot beroda secara tanpa wayar untuk membolehkan robot bergerak bebas. Matlamat kajian ini adalah untuk membangunkan robot beroda yang boleh dikawal dari komputer melalui modul XBee. Untuk mencapai objektif ini, modul XBee OEM RF - Siri 1 telah digunakan dengan ayunan frekuensi 2.4 Ghz , jarak komunikasi sehingga 30 meter untuk persekitaran tertutup dan sehingga 100 meter untuk persekitaran terbuka. Mikropengawal PIC16F877A telah dipilih sebagai pusat kawalan robot beroda di mana 23 pin digunakan untuk di antaramukakan dengan LED , suis butang tekan, isyarat masukan analog, pemacu motor IC, LCD dan modul XBee. MPLAB IDE v8.60 dengan HI- TECH ANSI C compiler diperlukan untuk membina aturcara sebelum memuat turun kod hex ke dalam pusat kawalan robot beroda menggunakan PICKit2 v 2.61. Aplikasi perisian X- CTU membolehkan pengguna menghantar arahan pergerakan kepada robot beroda atau memaparkan status robot di tettingkap terminal. Pada akhir kajian ini, robot beroda telah berjaya dikawal oleh pengguna dengan bergerak ke hadapan apabila pengguna menekan papan kekunci I, bergerak ke belakang apabila pengguna menekan papan kekunci K, bergerak ke kiri apabila pengguna menekan papan kekunci J, bergerak ke kanan apabila pengguna menekan papan kekunci L, berputar setempat apabila pengguna menekan papan kekunci R dan berhenti bergerak apabila pengguna menekan papan kekunci S . Kesimpulannya , kajian ini membolehkan pelajar melihat secara nyata operasi robot semasa proses pembelajaran dan menjadi rujukan kepada projek-projek yang melibatkan kawalan sesuatu sistem

Katakunci: robot beroda, teknologi XBee, differential drive

1.0 Pengenalan

Robotik telah menjadi satu bidang yang sangat penting dalam bidang kejuruteraan dan pembuatan kerana kebolehannya dalam melaksanakan pelbagai tugas. POLISAS telah menjadikan robotik sebagai salah satu subjek yang wajib diambil oleh para pelajar Diploma Kejuruteraan Elektronik(Komputer). Untuk pembelajaran yang berkesan dalam subjek *Embedded Robotic*, robot asas seperti robot beroda perlu dibangunkan selain gambar yang terdapat dalam buku teks atau nota untuk menambah kefahaman pelajar. Dalam subjek ini, pelajar akan mempelajari beberapa konsep asas yang penting untuk pembangunan robot seperti jenis-jenis utama robot, pengawal mikro untuk litar robot, penderia untuk memberi isyarat kepada robot, peranti keluaran (aktuator) untuk membolehkan robot bertindakbalas terhadap persekitaran, rekabentuk dan aplikasi robot. Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia telah membangunkan Sistem Pembelajaran Kinematik Robot secara Maya [1] untuk membantu dalam proses pembelajaran. Oleh itu, robot beroda dibangunkan menggunakan komponen dan bahan yang terdapat di Jabatan Kejuruteraan Elektrik sebagai langkah penjimatan kos. Robot beroda ini bertujuan untuk membangunkan salah satu jenis utama robot iaitu robot beroda untuk membolehkan pelajar melihat secara langsung operasi robot beroda seperti perubahan putaran setiap roda mempengaruhi pergerakan, kaedah interaksi dengan persekitaran dan rekabentuk binaan robot beroda semasa mempelajari teori di dalam bilik kuliah.

2.0 Kajian Literal

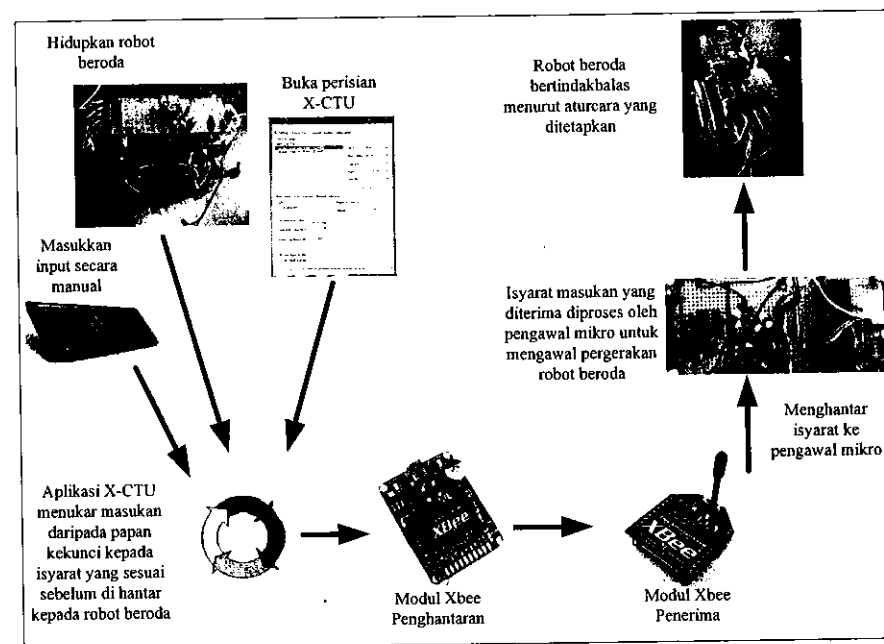
Dalam tempoh dua dekad yang lalu, robot semakin banyak digunakan dalam industri dan bidang perkhidmatan. Oleh sebab itu, kebanyakan institusi pendidikan tinggi memperkenalkan subjek robotik dalam silibus pengajian. Semasa proses pembelajaran, pelbagai inisiatif dilakukan untuk menarik minat dan membantu pelajar memahami teori berkaitan bidang robotik. Kajian [2] telah membangunkan robot beroda yang boleh diprogram melalui komputer yang menggunakan LINUX sebagai OS untuk digunakan di dalam makmal bagi membolehkan pelajar membuat aturcara menggunakan C/C++ atau Phyton. Robot pemadam kebakaran [3] telah dibangunkan untuk membolehkan pelajar menyertai pertandingan sekaligus memupuk minat dan menambah kemahiran pelajar dalam bidang robotik. Ada juga kajian yang menggunakan robot untuk mengetahui minat, tumpuan dan motivasi pelajar di dalam kelas [4] manakala robot humanoid telah digunakan untuk membolehkan kanak-kanak berumur antara tiga hingga enam tahun melalui proses pembelajaran menggunakan teknik belajar sambil mengajar [5].

Untuk kajian yang dijalankan, sebuah robot beroda dibangunkan di mana pergerakannya berdasarkan huruf yang ditekan pada papan kekunci. Robot beroda ini berkomunikasi dengan komputer menggunakan protocol XBee secara tanpa wayar bagi membolehkannya bebas bergerak. Bahagian seterusnya akan membincangkan proses penghasilan robot beroda ini bermula dengan rekabentuk mekanikal sehinggalah aturcara yang dibangunkan. Hasil dapatan juga diterangkan untuk membolehkan pelajar yang mempelajari subjek *Embedded Robotic* mengaitkan teori yang dipelajari dengan sistem yang sebenar.

3.0 Methodologi

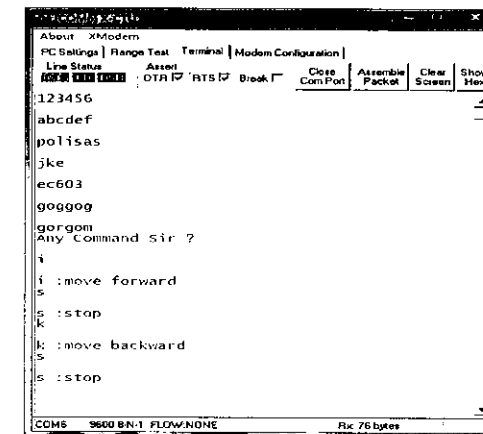
3.1 Rekabentuk Sistem

Proses keseluruhan dan perjalanan isyarat untuk kajian yang dibangunkan adalah seperti dalam Rajah 1. Antaramuka untuk memasukkan arahan dan komunikasi antara komputer-robot beroda mesti diaktifkan. Pengguna boleh mengawal pergerakan robot beroda dengan menekan kekunci I (maju ke hadapan), K (undur ke belakang), J (pusing ke kiri), L (pusing ke kanan), R (berputar setempat) atau S (berhenti) pada tettingkap *terminal* pada perisian X-CTU.



Rajah 1 : Rekabentuk Sistem

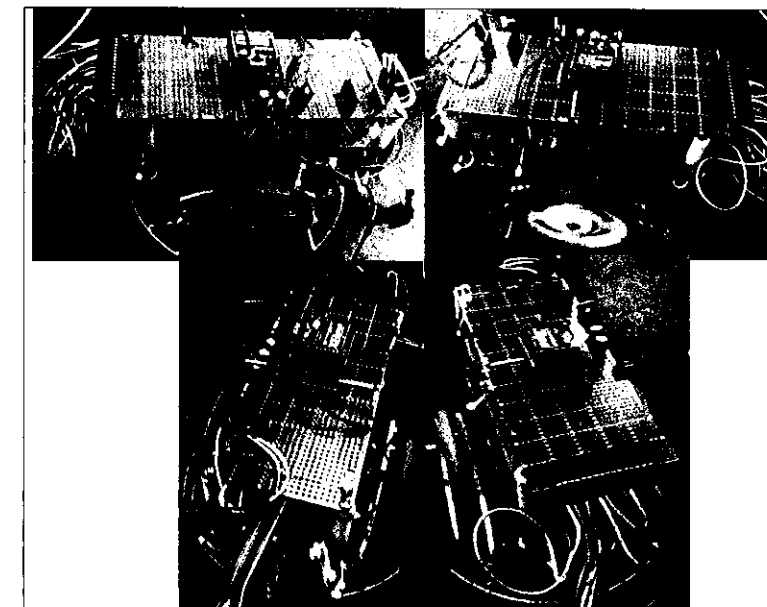
Kekunci yang ditekan akan dipaparkan pada tettingkap *terminal* bersama dengan tindakbalas yang akan dilakukan oleh robot beroda untuk mengesahkan arahan yang diberikan oleh pengguna. Perisian tersebut akan menganalisis kekunci yang ditekan untuk mengenalpasti samaada arahan tersebut adalah sama dengan tindakbalas yang telah ditetapkan dalam aturcara yang dimuatkan dalam robot beroda. Menekan kekunci selain daripada yang telah ditetapkan tidak akan dilayan oleh perisian X-CTU. Sebagai langkah keselamatan, kata laluan (*password*) mesti dimasukkan dahulu untuk membolehkan robot beroda beroperasi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Teknologi XBee akan digunakan sebagai medium untuk menghantar arahan kepada robot beroda tanpa menggunakan kabel. Arahan yang diterima akan diproses oleh pengawal mikro dan isyarat keluaran yang sesuai akan dihantar kepada pemacu motor untuk menghasilkan pergerakan yang sesuai. Buat masa ini, sistem yang dibangunkan hanya boleh memproses satu arahan untuk satu-satu masa. Oleh itu, arahan yang diberikan mestilah secara berturutan.



Rajah 2 : Tettingkap Terminal

3.2. Rekabentuk Mekanikal

Terdapat dua kaedah untuk memacu dan mengemudi robot beroda iaitu *Differential Drive* dan *Ackermann Steering Drive*. Dalam kajian ini, kaedah *Differential Drive* dipilih untuk menggerakkan robot beroda di mana dua motor digunakan untuk mengawal setiap roda robot seperti ditunjukkan dalam Rajah 3. Motor untuk megawal putaran roda beroda ditengah robot manakala roda kastor pasif dipasang pada setiap sisi untuk menstabilkan robot beroda. Rekabentuk ini membolehkan titik putaran robot beroda berada di antara dua motor.



Rajah 3 : Rekabentuk Mekanikal Robot Beroda

Merujuk kepada Rajah 4, robot beroda akan bergerak ke hadapan atau ke belakang apabila kedua-dua roda berputar pada arah dan kelajuan yang sama. Apabila kedua-dua roda berputar pada arah yang sama tetapi dengan kelajuan yang berbeza membolehkan robot beroda membelok manakala gerakan putaran pada titik yang sama terhasil apabila kedua-dua roda berputar pada arah berlainan dengan kelajuan yang sama.

Robot beroda bergerak ke hadapan/ke belakang,

$$V_{kanan} = V_{kiri} \quad \text{pers. 1}$$

Robot beroda bergerak ke kanan,

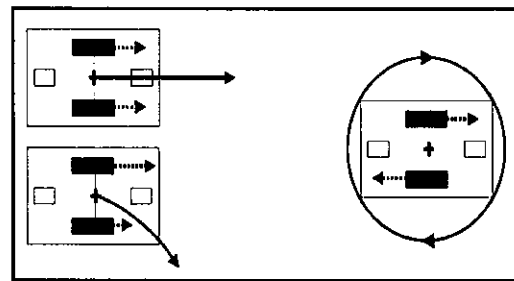
$$V_{kiri} > V_{kanan} \quad \text{pers. 2}$$

Robot beroda bergerak ke kiri,

$$V_{kanan} > V_{kiri} \quad \text{pers. 3}$$

Robot beroda berputar pada titik yang sama,

$$V_{kanan} = -V_{kiri} \quad \text{pers. 4}$$

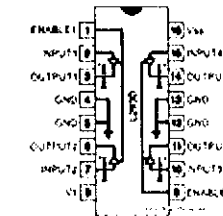


Rajah 4 :Kaedah *Differential Drive* untuk Mengemudi Robot Beroda

3.3. Pemacu motor L293D

Isyarat keluaran daripada pengawal mikro tidak mampu memicu peranti keluaran yang besar seperti motor arus terus kerana arus keluaran yang kecil. Oleh itu, komponen tambahan perlu digunakan untuk membekalkan arus yang mencukupi untuk menghidupkan peranti keluaran contohnya pemacu motor L293D. Pemacu motor L293D dipilih untuk kajian ini memandangkan kemampuannya membekalkan arus keluaran setinggi 600 mA dan julat voltan masukan dari 4.5 V hingga 36 V. Motor yang digunakan memerlukan 6V atau 8V untuk beroperasi. Voltan yang lebih tinggi akan menjana lebih banyak kuasa ke motor. Merujuk kepada Rajah 5, enam kaki (1, 2, 7, 9, 10, 15) L293D disambungkan kepada pengawal mikro dan empat kaki (3, 6, 11, 14) lagi perlu disambungkan untuk setiap motor . Untuk kawalan sebuah motor, satu sisi L293D digunakan di mana tiga kaki disambungkan ke mikropengawal dan dua kaki lagi untuk motor. Kaki 2 dan kaki 7 adalah untuk menukar arah putaran motor dan kaki 1 (disambungkan ke Pin CCP1 atau CCP2 pengawal mikro) adalah untuk isyarat PWM yang berfungsi sebagai pengawal kelajuan motor. Jika pengawalan kelajuan tidak diperlukan, kaki PWM ini perlu dibekalkan dengan 5 V untuk membolehkan motor

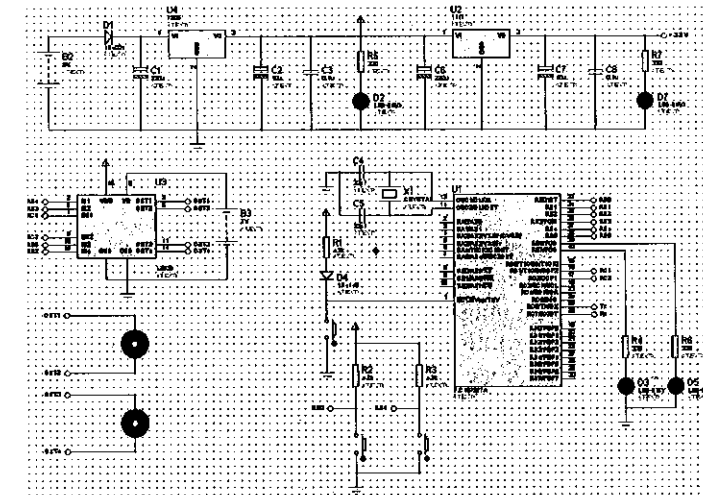
berputar. Arah putaran motor bergantung kepada sambungan terminal tetapi boleh juga ditentukan melalui aturcara yang dibangunkan. Oleh itu , program sampel perlu diubah suai mengikut robot pengguna . Dalam litar robot beroda yang dibangunkan, motor dibekalkan kuasa dari sumber yang berbeza daripada litar utama untuk mengelakkan hingar semasa motor berputar yang boleh mempengaruhi operasi pengawal mikro.



Rajah 5 : Pemacu Motor L293D

3.4. Pengawal Mikro PIC16F877A

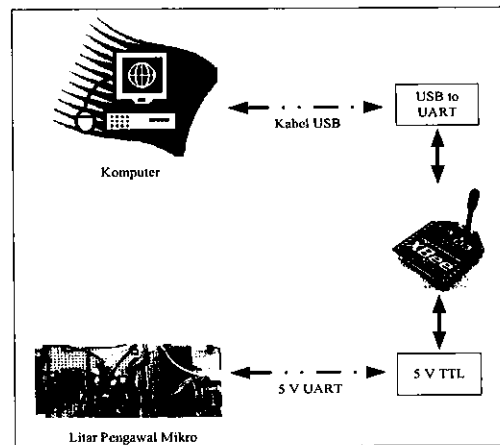
Litar pengawal mikro PIC16F877A digunakan untuk mengawal operasi robot beroda seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Maklumat yang diterima daripada modul penerima *Xbee* akan diproses oleh pengawal mikro untuk menentukan sama ada robot beroda bergerak ke hadapan, belakang, kanan, kiri atau berputar setempat. Dua sumber yang digunakan untuk membekalkan kuasa kepada keseluruhan litar kawalan dan dua motor arus terus. Pengatur IC LM1117 digunakan untuk membekalkan kuasa kepada modul penerima Xbee di mana voltan masukan diambil dari keluaran pengatur IC LM7805.



Rajah 6 : Litar Skematik Robot Beroda

3.5. Modul XBee

Digi International menawarkan komunikasi tanpa wayar yang mudah digunakan terutamanya untuk aplikasi dalam sistem robotik. Modul XBee dan XBee-PRO OEM RF telah direkabentuk untuk memenuhi standard IEEE 802.15.4 dan menyediakan kemudahan bagi yang memerlukan penggunaan rangkaian tanpa wayar dengan kos dan penggunaan kuasa yang rendah. Tiada lagi masalah untuk mencari peranti untuk aplikasi yang memerlukan penghantaran data tanpa menggunakan wayar, di mana tiada konfigurasi tambahan diperlukan bagi proses penghantaran dan penerimaan data setelah modul ini dihidupkan. Dua kelebihan yang paling penting terdapat pada modul ini ialah jarak liputan yang luas dan penggunaan kuasa yang rendah. Untuk modul XBee, jarak komunikasi sehingga 30 meter untuk persekitaran tertutup dan sehingga 100 meter untuk persekitaran terbuka. Manakala bagi XBee PRO, menawarkan jarak komunikasi sehingga 100 meter untuk persekitaran tertutup dan sehingga 1500 meter untuk persekitaran terbuka. Penggunaan kuasa untuk kedua-dua modul ini adalah kurang daripada 10 μ A.

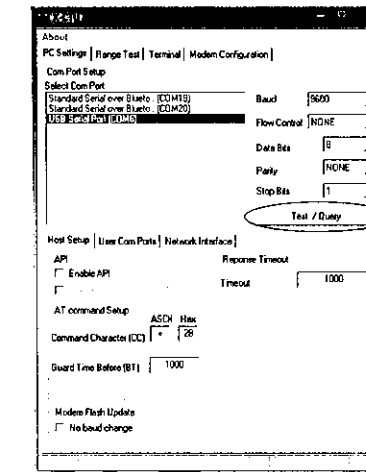


Rajah 7 :Proses Penghantaran/Penerimaan Data Modul XBee

Rajah 7 menunjukkan perpindahan data semasa proses penghantaran dan penerimaan di antara litar pengawal mikro dan komputer menggunakan dua modul XBee. Kabel USB diperlukan untuk menyambungkan salah satu modul XBee pada komputer manakala kaki Tx dan Rx pengawal mikro disambungkan dengan kaki DOUT dan DIN satu lagi modul XBee. Walaupun modul Xbee menggunakan bekalan kuasa 3.3 V, tiada masalah ketika penghantaran data melalui UART kerana kebanyakan peranti voltan rendah mempunyai toleran voltan masukan 5V, dan 3.3V melebihi aras keperluan masukan tinggi pada kaki I/O PIC16F877A.

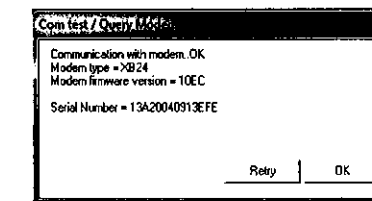
3.6. Perisian X-CTU

X-CTU ialah perisian yang dibangunkan untuk digunakan bersama dengan modul XBee seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8. Setelah dua modul Xbee disambungkan pada komputer dan litar pengawal mikro, tekan *Test/Query* untuk membolehkan menggunakan mengetahui status komunikasi yang dibangunkan.



Rajah 8 : Perisian X-CTU

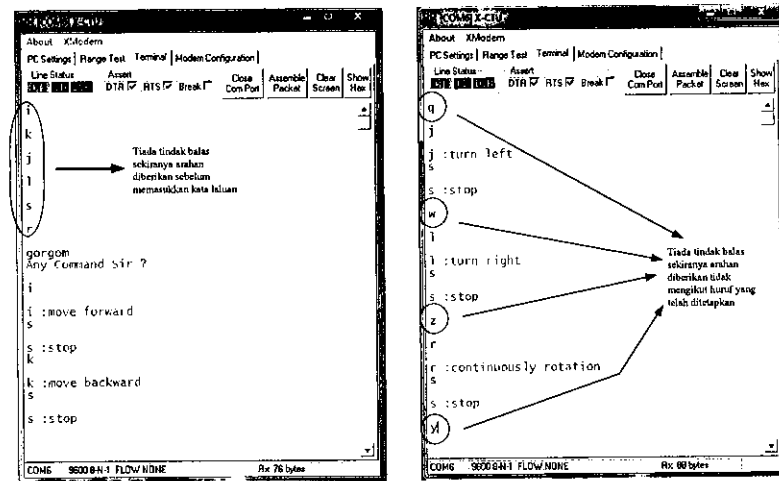
Paparan seperti dalam Rajah 9 menunjukkan komunikasi di antara komputer dan litar pengawal mikro berjaya. Setelah itu, menu *terminal* dipilih untuk membolehkan arahan dihantar kepada robot beroda melalui komputer. Sekiranya komunikasi tidak berjaya, tettingkap *terminal* menjadi tidak aktif seperti ditunjukkan dalam Rajah 10.



Rajah 9 : Paparan Status Komunikasi

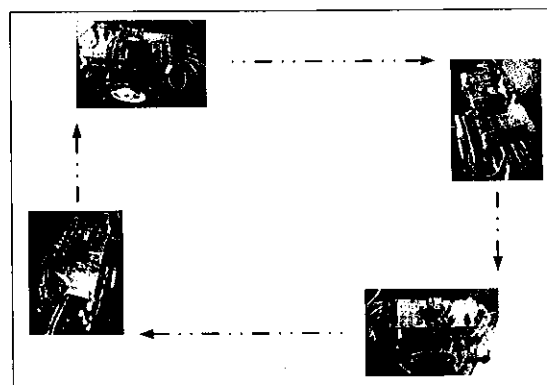
4. Hasil Kajian

Bahagian ini akan membincangkan putaran roda yang terhasil untuk menggerakkan robot beroda apabila huruf yang telah ditetapkan ditekan pada papan kekunci. Rajah 13 menunjukkan paparan pada tettingkap 'terminal' apabila huruf 'I', 'K', 'J', 'L', 'R' dan 'S' ditekan. Dapat diperhatikan juga sekiranya huruf-huruf berkenaan ditekan sebelum kata laluan dimasukkan, robot beroda tidak akan bertindak balas (bergerak). Setelah kata laluan dimasukkan, robot akan terus bergerak berpandukan arahan yang diberikan. Arahan berhenti mestilah diberikan untuk menamatkan arahan sebelumnya.



Rajah 13 : Arahan untuk Menggerakkan Robot Beroda

Namun begitu, arahan yang berturutan boleh diberikan kerana robot beroda hanya bertindakbalas mengikut arahan terakhir yang ditekan oleh pengguna. Rajah 14 menunjukkan pergerakan yang terhasil sekiranya pengguna menekan 'I', 'L', 'I', 'L', 'I', 'L', 'I' dan 'S' secara berturutan. Jadual 1 menunjukkan kombinasi putaran motor untuk menghasilkan gerakan robot beroda.



Rajah 13. Pergerakan Robot Beroda Mengikut Arahan yang diberikan

Jadual 1 : Kombinasi Putaran Motor

Motor Kiri	Motor Kanan	Pergerakan Robot Beroda
Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Robot Beroda Maju Ke Hadapan
Melawan Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Melawan Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Robot Beroda Mundur Ke Belakang
Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 100	Robot Beroda Membelok Ke Kanan
Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 100	Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 100	Robot Beroda Membelok Ke Kiri
Mengikut Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Melawan Putaran Jam Dengan Kelajuan 255	Robot Beroda Berputar Pada Titik Yang Sama

5.0 Kesimpulan

Dari kajian ini, sebuah robot beroda yang dapat mencapai objektif yang telah ditetapkan tercapai. Robot beroda ini dapat bergerak ke hadapan, ke belakang, ke kiri, ke kanan dan berputar setempat menggunakan kaedah pengemudian *differential drive*. Komunikasi tanpa wayar menggunakan modul Xbee membolehkan robot beroda bergerak bebas setelah mendapat arahan daripada komputer. Namun begitu, tiada penerima yang digunakan untuk memastikan robot bergerak lurus ke hadapan atau membelok dengan tepat kerana mungkin terdapat ralat pada putaran setiap roda. Masalah ini boleh diatasi dengan penggunaan pengekod putaran bagi membolehkan pengawal mikro mendapat maklumat tentang arah pergerakan robot beroda.

Rujukan

Haslinda Arshad, Khor Ching Yir, Lam Meng Chun.(Aug 2012.) Journal of Convergence Information Technology(JCIT). "Virtual Robot Kinematic Learning System : A New Teaching Approach", Volume 7, Number 14.

Thuyen Van NGO, Dong Hung NGUYEN.(2013). Proceedings of the IETEC'13 Conference, Ho Chi Minh City, Vietnam. Copyright © Authors' na Journal of Human-Robot Interaction mes "Design a Mobile Robot Operating on Linux Operational System for Educational Purposes".

Taiser T. T. Barros, Walter Fetter Lages.(2012). 3rd International Conference on Robotics in Education. "Development of a Firefighting Robot for Educational Competitions".

Takuya Hashimoto, Naoki Kato, Hiroshi Kobayashi .(2011). Int J Adv Robotic Sy, Vol.8, No. 3, Special Issue Assistive Robotics "Development of Educational System with the Android Robot SAYA and Evaluation", pp. 51-61.

Fumihide Tanaka, Shizuko Matsuzoe. (2012). Journal of Human-Robot Interaction "Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning", Vol. 1, No. 1, pp. 78-95. Journal of Human-Robot Interaction