

Penerapan Mekanisme Suspensi dan Kontrol Teleoperasi pada Prototipe Rescue Robot

Handy Wicaksono, Handry Khoswanto
Electrical Engineering Department, Petra Christian University
e-mail: handy@petra.ac.id edu

Abstrak

Penerapan robot dalam aplikasi search and rescue membutuhkan mobilitas tinggi dan mode kontrol yang tepat. Penggunaan mekanisme suspensi memperbaiki kemampuan gerak robot sehingga mampu melewati halangan setinggi 5 cm dengan kondisi bagian tengah dalam keadaan stabil. Sedang penerapan kontrol teleoperasi secara wireless (dengan protokol komunikasi Bluetooth) memungkinkan operator untuk mengendalikan robot dari jarak maksimal 12 m (kondisi tanpa sekat) dan 6 m (kondisi dengan sekat). Namun demikian operator harus dilatih untuk mengendalikan robot melalui "mata robot" (kamera) bukan mata manusia.

Keywords: *rescue robot*, mekanisme suspensi, kontrol teleoperasi.

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir bencana gempa bumi sering terjadi di Indonesia. Mulai dari tsunami berakibat gempa di Aceh (2004, menelan korban sekitar 220.000 jiwa), gempa di Yogyakarta (2006, menelan korban sekitar 6000 jiwa), dan gempa di Padang (2009, menelan korban sekitar 1.100 jiwa).

Setelah bencana gempa terjadi, sangat penting untuk melakukan pencarian dan penyelamatan (*Search and Rescue*). Hasil dari pengamatan *Kobe Fire Department*, proses *Search and Rescue* (SAR) yang cepat sangat penting karena *survival rate* korban selamat terus menurun seiring waktu. Menurut *Tokyo Fire Department*, proses *search* (pencarian) ialah yang paling sulit dilakukan. Banyak penolong pertama menyatakan bahwa mereka dapat menyelamatkan korban jika posisinya telah diketahui. Seringkali, *search* berada di luar kemampuan manusia, sehingga dibutuhkan sistem pembantu untuk melakukan operasi ini (Tadokoro, 2009).

Robot yang digunakan dalam aplikasi *rescue* harus mampu melewati area yang kasar dan tidak terstruktur. Untuk itu akan digunakan mekanisme suspensi dengan memanfaatkan koneksi pasif (*passive linkage*) dari kerangka robot, sehingga robot dapat melewati halangan dengan ketinggian tertentu. Mekanisme ini disederhanakan dari konsep yang diusulkan oleh Siegwart dkk. (2002) untuk mengurangi kompleksitas dan biaya.

Robot yang digunakan dapat dikendalikan secara *wireless teleoperation* (operasi jarak jauh nirkabel) oleh manusia karena saat ini masih sangat sulit bagi *rescue robot* untuk beroperasi secara *fully autonomous*.

2. Rescue Robot

Kondisi area bencana sangat berbahaya bagi manusia. Hal ini membuat robot dipilih sebagai media bantu. Untuk memenuhi tugasnya melaukan proses lokalisasi korban, robot harus memiliki ukuran kecil, memiliki mobilitas tinggi, fleksibel dan dilengkapi dengan sensor – sensor yang diperlukan (Murphy dkk., 2000).

Menurut Tadokoro (2009), sebuah *rescue robot* yang bergerak di atas reruntuhan (*on-rubble*) seharusnya memiliki teknologi berikut :

- *high-mobility platforms for rubble environments with consideration of secondary collapse;*
- *durable systems incorporating waterproof, dustproof, and gasproof measures;*
- *sensing systems for search for victims;*
- *technology to improve convenience and efficiency of remote operation of mobile platforms*
- *technology for generating 3D maps of the environment.*

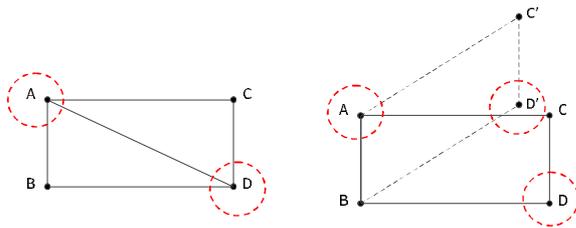
Pada penelitian ini akan dibahas tentang pengembangan *high mobility platform* dengan dengan memanfaatkan mekanisme suspensi sehingga pergerakan robot lebih stabil khususnya pada bagian tengah robot. Selain itu penelitian ini juga membahas tentang mode kontrol teleoperasi pada prototipe *rescue robot*.

3. Mekanisme Suspensi pada Robot

Sebelum membahas lebih dalam tentang mekanik robot, berikut penjelasan awal tentang struktur bentuk secara umum. Bentuk segitiga (*triangle shape*) seringkali digunakan dalam pembuatan model yang membutuhkan kekokohan. Bentuk segitiga merupakan *rigid shape*. Sebuah bentuk dikatakan kokoh bila tidak mengalami perubahan bentuk apabila di tekan ke segala arah. Bentuk ini seringkali digunakan dalam perencanaan *bridge* atau *tower*.

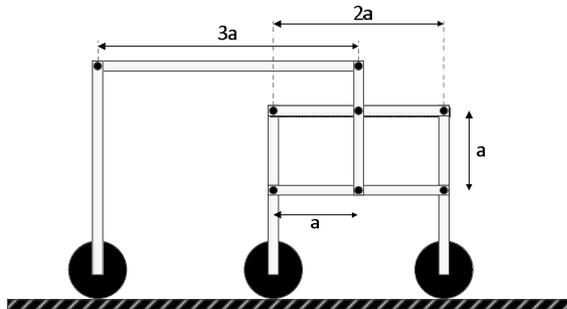
Sedangkan sebuah bentuk segi empat atau lebih dapat berubah bentuknya apabila diberikan tekanan pada salah satu sisinya sehingga disebut dengan *flexible shape*. Perhatikan Gambar 1., dimana bentuk

segiempat akan berubah menjadi jajaran genjang jika ruas CD digerakan ke atas.



Gambar 1. Rigid shape dan flexible shape

Bentuk *flexible shape* sekalipun tidak kokoh, namun memiliki keuntungan saat diterapkan pada mekanik robot yang memerlukan fleksibilitas rangka roda saat melewati halangan yang cukup besar. Dengan prinsip mekanika di atas, contoh mekanik robot dengan memanfaatkan *flexible shape* ditampilkan pada Gambar 2.

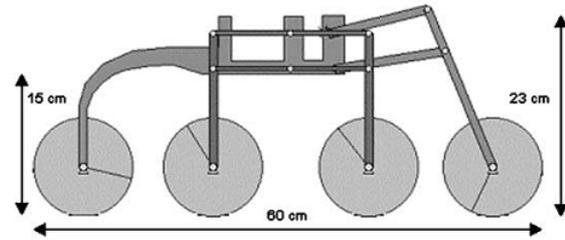


Gambar 2. Contoh mekanik robot dengan *flexible shape*

Lima roda (masing – masing memiliki satu motor) dengan tiga *passive linkage* akan digunakan pada penelitian kali ini.

Konsep mekanik robot di atas merupakan penyederhanaan dari mekanik robot SHRIMP yang digunakan sebagai robot untuk aplikasi *planetary exploration* maupun *terrestrial application* untuk bidang pertambangan, konstruksi, agrikultur, alat bantu pasca gempa bumi, atau penjinakan ranjau (Siegwart dkk., 2002), dimana jumlah roda dan koneksi pasif (kadang disebut *passive linkage*) dikurangi. Desain robot SHRIMP dapat dilihat pada Gambar 3.

Dengan penyederhanaan tersebut, tentunya biaya dan kompleksitas yang dibutuhkan sistem juga menjadi makin kecil. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yang merupakan awal dari penelitian berkelanjutan tentang *rescue robot*.



Gambar 3. Desain mekanis robot SHRIMP (Siegwart dkk., 2002)

3. LEGO NXT Robot

LEGO NXT Mindstorm Robot (selanjutnya disebut LEGO NXT) ialah *robotic kit* yang diproduksi oleh LEGO untuk mendorong orang dari segala usia untuk mempelajari *science* dengan media robot. Meski demikian, dalam perkembangannya, LEGO NXT juga banyak dipakai dalam proses riset di universitas mengingat kemampuannya yang cukup handal dan harga yang relatif terjangkau. Bermunculannya bahasa pemrograman berbasis teks (serupa dengan bahasa pemrograman C dan JAVA) seperti : NXC, RobotC, LeJos NXJ, dan lain – lain, membuat algoritma yang kompleks (misalnya : *learning algorithm*) dapat diterapkan pada *robotics kit* ini (Wicaksono, 2011).

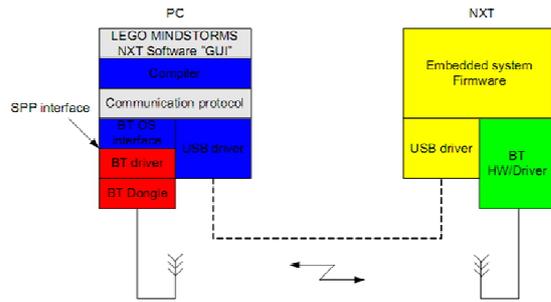
Komponen – komponen dasar dari sebuah produk LEGO NXT dapat dilihat dari Gambar 4.



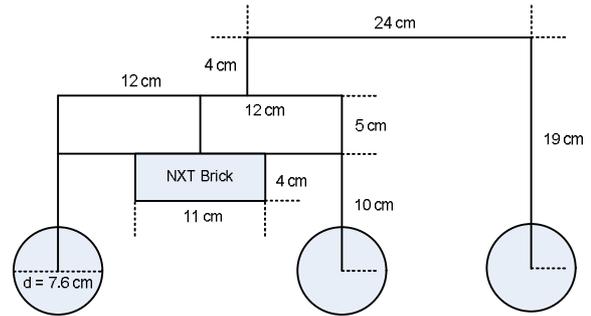
Gambar 4. Bagian – bagian LEGO NXT Robot

Sebuah NXT Brick dapat berkomunikasi dengan PC atau NXT Brick yang lain secara nirkabel dengan protokol komunikasi *Bluetooth V2.0 + EDR* (kecepatan transfer data praktis 2.1 Mbit/s). Diagram blok komunikasi antara komputer dengan NXT Brick melalui *Bluetooth* dapat dilihat pada Gambar 5.

Secara alami suatu Brick akan bersifat sebagai *Bluetooth Slave*, sehingga Brick akan langsung beraksi jika mendapat perintah dari *Bluetooth Master*. Kemampuan inilah yang akan digunakan untuk kebutuhan pengendalian prototipe *rescue robot* jarak jauh pada penelitian ini.



Gambar 5. Diagram blok komunikasi *bluetooth* PC – LEGO NXT

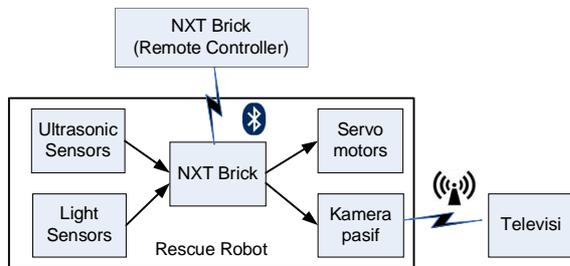


Gambar 7. Desain dan ukuran rangka robot

4. Perancangan Sistem

4.1 Diagram Blok Umum

Diagram blok yang menunjukkan rancangan keseluruhan dari robot dan sistem pendukung yang akan dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok sistem keseluruhan

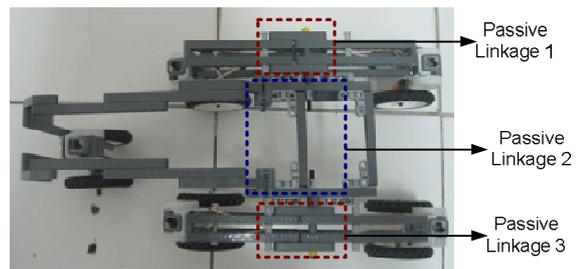
Dari gambar tersebut nampak bahwa robot dilengkapi dengan *ultrasonic sensor* untuk mendeteksi halangan dan *light sensor* untuk mendeteksi cahaya sebagai target. Selain itu robot menggunakan *servo motor* (meliputi *driver* dan kontroler PID) sebagai aktuatornya dan kamera sebagai media bagi operator untuk mengetahui area di depan robot. Robot dapat dikendalikan secara *wireless* melalui protokol komunikasi *Bluetooth*.

4.2. Perancangan Mekanik

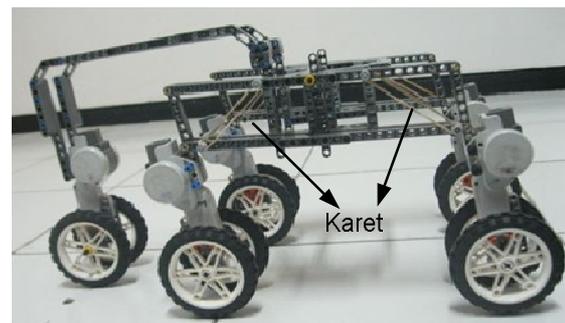
Mekanik robot menggunakan prinsip *flexible shape* yang telah dijelaskan pada dasar teori. Adapun desain dan ukuran dari robot ditampilkan pada Gambar 7.

Robot tersebut memiliki 5 buah roda dengan setiap roda digerakkan oleh 1 buah motor, sehingga gerakan masing – masing roda lebih fleksibel. Robot yang dibuat memiliki *passive linkage* sebanyak 3 buah, sehingga ada 3 poros yang dimiliki robot. Gambar 8 menunjukkan lokasi *passive linkage* dari robot.

Robot ini juga menggunakan karet sebagai pengganti pegas dan penguat rangka. Perhatikan tampilan robot tampak samping pada Gambar 9.



Gambar 8. Lokasi *passive linkage* pada robot



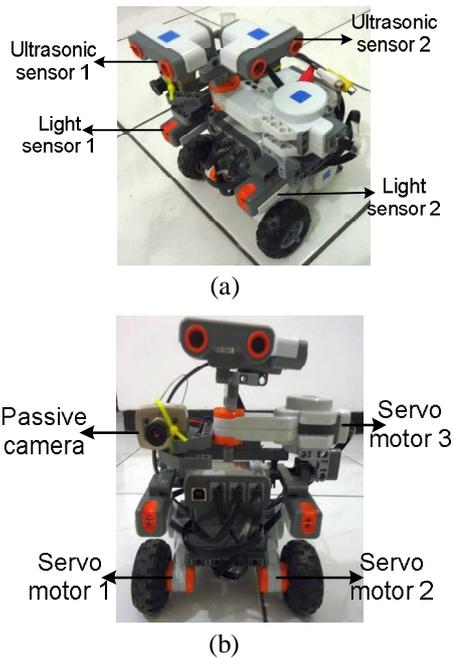
Gambar 9. Lokasi karet pada robot

Dikarenakan kompleksitas mekanik robot dan keterbatasan jumlah motor yang bisa ditangani LEGO NXT Robot, gerakan pada prototipe robot ini hanya mampu bergerak maju dan mundur saja. Oleh karena itu akan digunakan robot lain untuk mengimplementasikan algoritma kontrol yang lebih rumit. Robot alternatif yang digunakan akan dijelaskan pada bagian berikut.

4.3. Perancangan Perangkat Keras

Robot alternatif memiliki 4 buah sensor yang terdiri dari 2 sensor ultrasonik dan 2 sensor cahaya. Sedang *servo motor* yang digunakan berjumlah tiga, dua buah *servo motor* untuk menjalankan robot, sedang satu *servo motor* untuk memutar sensor ultrasonik supaya dapat mendeteksi halangan di sekitar robot. Selain itu robot dilengkapi dengan kamera pasif (berserta battery 9V sebagai penyedia daya) untuk kebutuhan monitoring oleh operator

pada mode teleoperasi. Detail robot dapat dilihat pada Gambar 10 (a) dan (b).



Gambar 10. Detail robot alternatif

Meski robot sudah dilengkapi dengan beberapa sensor, namun pada paper ini hanya akan dipaparkan hasil uji mekanik dan kontrol teleoperasi saja sebagai hasil awal (*preliminary result*).

4.4. Perancangan Perangkat Lunak

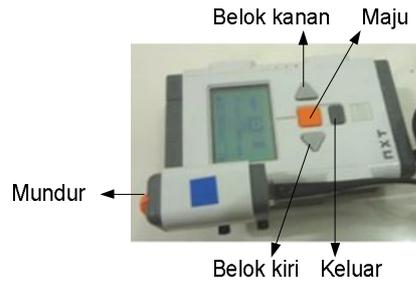
Pada mode teleoperasi, robot dikendalikan sepenuhnya oleh *remote controller*. Berikut ini gerakan “primitif” yang harus dikendalikan oleh tombol – tombol pengendali :

- Maju
- Belok kiri
- Belok kanan
- Mundur

Berikut ini *remote controller* yang dibentuk dari *brick* LEGO dengan media komunikasi *bluetooth* (lihat Gambar 11.).

Karena sifat *NXT Brick* yang menjadi *bluetooth slave* secara alami, maka jika *remote controller* adalah *NXT Brick* yang lain, *direct command* dari kontroler tersebut dapat digunakan. Hal ini berarti *script* pengendali hanya perlu diletakkan di *bluetooth master*, sedang *bluetooth slave* tidak diberikan *script* apapun. Contoh instruksi untuk menjalankan motor secara *direct* ialah:

```
RemoteSetOutputState(BT_CONN,
OUT_AC, 40,
OUT_MODE_MOTORON+OUT_MODE_BRAKE,
OUT_REGMODE_IDLE, 0,
OUT_RUNSTATE_RUNNING, 0);
```

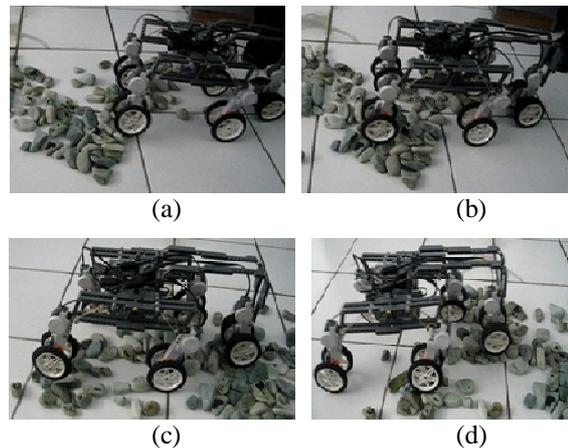


Gambar 11. NXT brick sebagai *remote controller*

5. Hasil Pengujian dan Analisa

5.1 Pengujian Mekanik

Pada pengujian mekanik akan digunakan robot dengan mekanisme suspensi yang telah dibahas pada bagian 4.2. Mula – mula robot akan diuji pergerakannya saat melewati batu – batu kecil. Hasil pengujian tersebut tampak pada Gambar 12. (a) – (d).



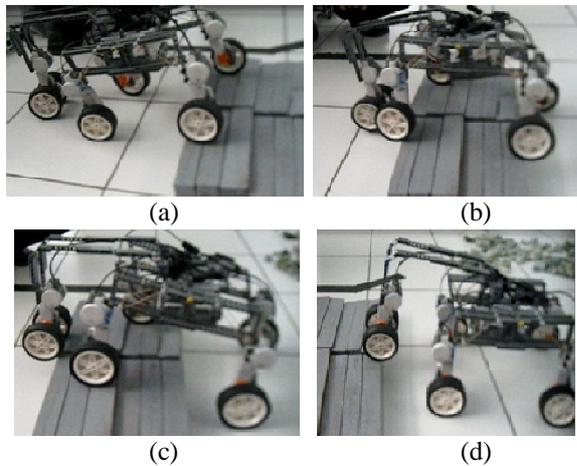
Gambar 12. Robot saat melewati bebatuan

Pada uji berikutnya, robot akan melewati balok kayu setinggi 5 cm. Dengan konfigurasi seperti di atas, robot kesulitan untuk melewati balok kayu. Hal ini disebabkan penampang roda robot yang kurang lebar dengan gaya gesekan yang kecil. Dengan memperbesar penampang dan memberi bahan yang memiliki gaya gesek lebih tinggi dapat memperbaiki performa robot. Gambar 13. menunjukkan konfigurasi ban lama dan ban baru robot.



Gambar 13. Konfigurasi ban lama dan ban baru robot

Berikutnya robot akan dilewatkan pada halangan balok kayu setinggi 5 cm. Tampilan robot dalam saat melewati halangan dalam kondisi bergerak ditampilkan pada Gambar 14 (a) – (d).



Gambar 14. Robot saat melewati balok kayu

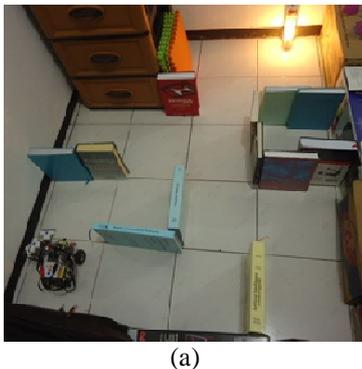
5.2 Pengujian Kontrol Teleoperasi

Robot dan *remote controller* yang digunakan dalam pengujian kontrol teleoperasi dapat dilihat pada Gambar 15. Sedang detail robot dapat dilihat pada bagian 4.3.

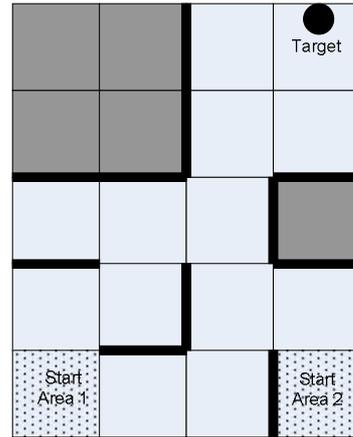


Gambar 15. Robot dan *remote controller*

Sedang arena yang digunakan memiliki dua buah *start area* dan satu target berupa lampu. Ukuran arena ialah 120 x 150 cm, dengan masing – masing bagian arena diwakili satu bujur sangkar dengan ukuran 30 x 30 cm. Detail arena dapat dilihat pada Gambar 16 (a) – (b).



(a)



(b)

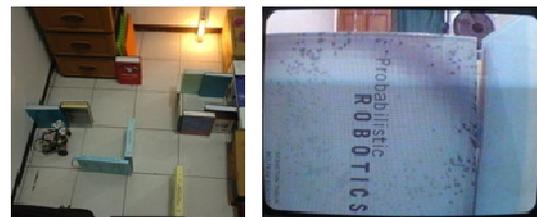
Gambar 16. Detail arena robot

Dalam mode teleoperasi, robot dikendalikan secara manual melalui *remote controller* dengan protokol komunikasi *bluetooth*. Operator hanya perlu melihat tampilan kamera pasif robot pada layar televisi yang telah dilengkapi dengan *radio frequency receiver*. Tampilan posisi robot dan gambar yang diberikan kamera pasif tersebut ditampilkan pada Gambar 17 (a) – (f).



(a)

(b)



(c)

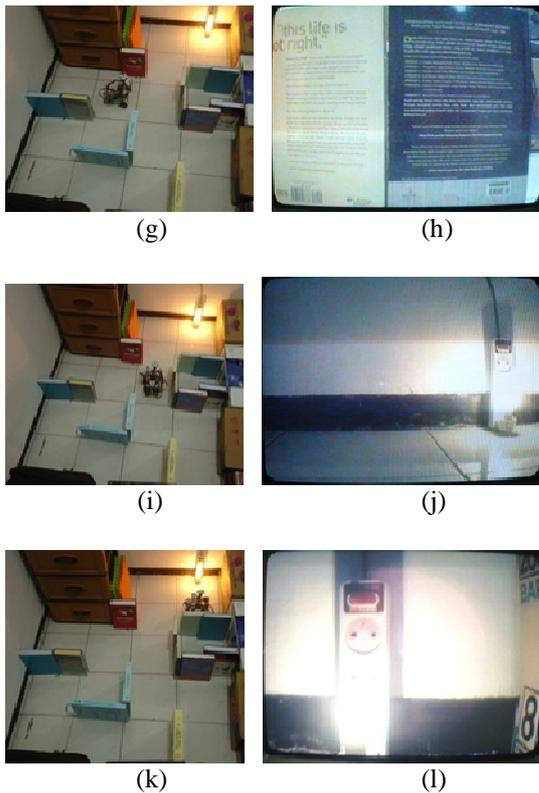
(d)



(e)

(f)

Gambar 17. Posisi robot dan gambar dari kamera robot



Gambar 17. Posisi robot dan gambar dari kamera robot (lanjutan)

Dari gambar di atas nampak bahwa operator harus membiasakan diri dengan tampilan yang diberikan oleh robot, karena apa yang dilihat robot tidak sama dengan apa yang dilihat manusia.

Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan komunikasi *bluetooth* pada LEGO NXT. Berikut ini hasil pengujian kontrol teleoperasi robot dari jarak tertentu dengan kondisi ada sekat dan tidak.

Tabel 1. Pengujian komunikasi *bluetooth* pada LEGO NXT robot

Jarak	Kondisi komunikasi (tanpa sekat)	Kondisi komunikasi (dengan sekat)
3 m	Cepat	Cepat
6 m	Cepat	Cepat
9 m	Cepat	Lambat
12 m	Cepat	Lambat (kadang komunikasi putus)
15 m	Lambat (kadang komunikasi putus)	Gagal

Dari tabel di atas nampak bahwa pada kondisi tanpa sekat komunikasi berjalan baik sampai jarak 12 m, sedang pada kondisi dengan sekat kondisi berjalan baik sampai jarak 6 m. Mulai jarak 9 m, komunikasi mulai lambat (ada jeda sekitar 1 detik antara penekanan tombol dengan gerakan robot), bahkan

pada jarak 15 m komunikasi jarak jauh gagal dilakukan.

6. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah :

1. Prototipe *rescue robot* dengan 3 *passive linkage* telah berhasil dibuat, namun hanya dapat menaiki halangan setinggi 5 cm dan gerakan terbatas pada maju dan mundur saja.
2. Kontrol teleoperasi telah berhasil diterapkan pada robot dengan jarak maksimal *remote controller* sejauh 12 m (kondisi tanpa sekat) dan 6 m (kondisi dengan sekat).
3. Operator dalam menjalankan mode teleoperasi harus membiasakan diri dengan tampilan dari “mata robot”, bukan mata manusia.

Sebagai pengembangan, mode kontrol robot ini akan diteruskan pada mode otonom dan teleotonom. Selain itu kamera akan digunakan sebagai *vision system* yang dapat mendeteksi korban (misal : implementasi Kinect). Pembuatan robot sebenarnya (bukan prototipe dengan LEGO NXT Robot) juga perlu dilakukan.

Penghargaan

Penelitian ini didukung oleh LPPM – UK Petra melalui “Hibah Internal” dengan nomor surat tugas 07/Sugas-Pen/LPPM-UKP/2011.

Daftar Pustaka

- [1] H. Wicaksono, H. Khoswanto, S. Kuswadi, “Behaviors Coordination and Learning on Autonomous Navigation of Physical Robot”, *Jurnal Telkomnika*, Vol. 9, No. 3, hal. 473 – 482, 2011.
- [2] R. Murphy, J. Casper, J. Hyams, M. Micire, B. Minten, “Mobility and Sensing Demand in USAR”, *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation*, 2000.
- [3] R. Siegwart, P. Lamon, T. Estier, M. Lauria, R. Piguet, “Innovative design for wheeled locomotion in rough terrain”, *Robotics and Autonomous Systems Journal*, Vol. 40, pp. 151 – 162, 2002.
- [4] S. Tadokoro, *Rescue Robotics, DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue*, Springer, 2009.
- [5] The LEGO Group, “LEGO® MINDSTORMS® NXT Communication Protocol”, 2006.