

# DESAIN DAN ANALISA MEKANIKA PADA ROBOT MULTIPLATFORM iSRo

Mukh. Saifulloh\*, Dr. Ir Son Kuswadi\*, Dr. Indra Adji Sulistijono, ST, M.Eng\*  
\*Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah *prototype* USAR robot dengan sistem gerak beroda dan berkaki yang dapat diaplikasikan sebagai robot pencari korban bencana alam ataupun korban reruntuhan gedung. Tugas robot ini hanyalah untuk mencari letak keberadaan korban di dalam reruntuhan gedung yang sulit untuk dijangkau oleh manusia sehingga dapat memudahkan tim penyelamat untuk mengetahui keberadaan korban.

Bentuk robot ini terdiri dari tiga buah kubus, yang mana masing-masing kubus dihubungkan dengan lengan. Untuk rodanya masing-masing kotak terdiri dari delapan roda dimana tiap sisinya terdiri dari empat roda yang dihubungkan dengan *timing belt*.

Sistem mekanika robot ini memiliki sepuluh derajat kebebasan yang didesain agar mampu melewati beberapa medan, diantaranya medan reruntuhan yang tidak beraturan, medan anak tangga, medan turunan yang mempunyai kemiringan, medan tanjakan dan juga medan yang bercelah-celah. Sedangkan untuk sistem pergerakannya, robot ini dapat bergerak seperti layaknya robot beroda, akan tetapi dapat juga digerakkan secara berkaki dengan memanfaatkan sendi-sendinya, dimana gerakannya manyamping. Gerakan tersebut dapat disamakan seperti gerakan pada hewan kepiting. Dan untuk simulasinya menggunakan *software* simulator *Webots*

Robot ini menggunakan motor dc geared, motor DC power window sebagai aktuatornya, *ultrasonic range finder*, *magnetic compass*, *CO2 sensor*, *voice sensor* dan *thermals sensor* sebagai sensor-sensornya. Robot ini dikendalikan dari jarak jauh dengan *joystick* dan juga dapat bergerak secara *autonomous*, untuk visualisasinya menggunakan *wireless camera* yang dikomunikasikan melalui perangkat komputer.

**Kata Kunci** : USAR robot, Webots , Robot Pencari Korban

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam enam tahun terakhir Indonesia kerap dilanda bencana alam. 26 Desember 2004 Gempa bumi dahsyat berkekuatan 9,0 skala Richter mengguncang Aceh dan Sumatera Utara sekaligus menimbulkan gelombang tsunami di samudera Hindia, dan selanjutnya berturut-turut terjadi gempa bumi di Yogyakarta, di Sumatera barat, di Bengkulu, di Papua, di Tasikmalaya dan terakhir di Sumatera Barat lagi . Yang mana mengakibatkan korban jiwa yang cukup mencengangkan, mulai dari jumlah korban Puluhan hingga Ratusan Ribu jiwa[1]. Oleh karena itu evakuasi korban harus dilakukan secara cepat dan tepat. Namun karena berbagai kendala medan (*field*) yang sulit di jangkau dan medan yang dapat membahayakan bagi tim penyelamat (SAR) sendiri, maka diperlukan alat bantu yang dapat mendukung kerja tim SAR untuk melewati medan-medan (*fields*) tersebut. Sehingga dalam misi penyelamatannya dapat dilakukan secara cepat, tepat dan aman.

Salah satu alternatif alat bantu tim SAR dapat berupa sebuah Robot pencari korban atau disebut dengan nama Urban Search and Rescue (USAR)

Robot [2]. USAR Robot yang dimaksud disini adalah robot yang dapat membantu tugas tim SAR dalam pencarian korban yang terletak pada medan-medan yang sulit dijangkau oleh tim SAR. Kemampuan USAR Robot adalah dapat memberitahukan letak korban, dapat dikendalikan dari jarak tertentu atau bergerak secara autonomous, dapat memetakan lokasi kejadian, mengenali korban yang masih hidup, bermanuver di medan (*field*) yang berbahaya serta sulit dijangkau.

Dilandasi hal tersebut maka penulis mencoba untuk merancang sebuah USAR Robot yang mampu mengatasi masalah dalam pencarian korban bencana. Dengan memfokuskan pada desain mekanika robot yang mampu menjelajahi segala jenis medan (*field*). Seperti reruntuhan bangunan, lorong yang sempit, tanjakan, turunan, anak tangga ataupun pada posisi lingkungan yang menjebak. Dan selanjutnya Robot ini kita namakan dengan Robot iSRo(*intelligent Search RObot*)

Dalam proyek akhir ini, Robot iSRO dirancang dengan mekanisme aktuator baru yaitu dengan menggabungkan dua mekanisme actuatur beroda (*mobile robot*) dan berkaki (*leg robot*) dalam satu platform. Robot mampu bergerak dengan

mekanisme aktuator beroda (*mobile robot*) dan berkaki (*leg robot*) maupun bergerak dengan mengkombinasikan kedua *actuator* tersebut. Robot diharuskan mencari dan mendeteksi adanya korban bencana, lalu memberitahukan kepada tim SAR bahwa ada korban yang harus diselamatkan

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini adalah untuk mengembangkan paradigma baru desain USAR Robot dalam rangka memecahkan masalah-masalah utama yang ada dan mengatasi hambatan dalam penggunaan mobile robot platform untuk aplikasi medan yang tidak beraturan. Isu-isu utama yang dibahas adalah terkait untuk merancang USAR Robot yang beroperasi di medan yang tidak beraturan. Tujuannya adalah meningkatkan mobilitas dan kehandalan, serta mengurangi kompleksitas USAR Robot dalam mencari korban pasca terjadi bencana khususnya bencana-bencana yang terjadi di Indonesia.

## 1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan pada proyek akhir ini adalah bagaimana merancang dan merealisasikan robot mampu bergerak dengan mekanisme aktuator beroda maupun berkaki agar mampu melewati medan (*field*) yang tidak tentu akibat bencana tsunami.

Perumusan masalah dalam proyek akhir ini dibagi dalam beberapa bagian sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat desain mekanika Robot iSRo dengan memadukan aktuator beroda (*wheeled robot*) dan berkaki (*leg robot*).
2. Bagaimana membuat desain aktuator pada Robot iSRo yang mampu melewati medan tidak beraturan.
3. Bagaimana mensimulasikan Robot iSRo tersebut ke medan yang sebenarnya (*simulation*).

## 1.4 Batasan Masalah

Pembahasan tidak ditekankan pada algoritma program, elektronika, sistem sensor, *vision system*, komunikasi, pemetaan lokasi bencana atau kontrol wireless pada robot, akan tetapi lebih ditekankan pada desain dan analisa mekanika.

## II. TEORI PENUNJANG

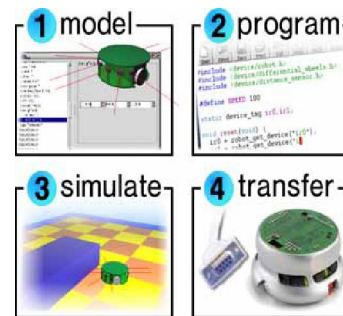
### 2.1 Sejarah Urban Search and Rescue (USAR) Robot

Penggunaan robot untuk pencarian dan penolong sebenarnya telah dibahas pada banyak literatur ilmiah sejak awal 1980-an tetapi tidak ada

realisasi yang dikembangkan di lapangan. Pada awalnya, penelitian dimulai di kota Oklahoma pada tahun 1995 oleh Yohanes Blitch (Angkatan perang AS) yang dibimbing oleh Dr. Murphy agar robot jenis ini dapat diterapkan. Dr. Murphy yang juga asisten profesor di Colorado (sebuah daerah pertambangan), pada awalnya mengembangkan jenis robot yang dapat bermanfaat untuk apapun. Kemudian Dr. Murphy membuat robot seperti jeep mainan anak-anak dengan tenaga baterai dengan menciptakan suatu lapangan yang menggambarkan keadaan pasca bencana. Pekerjaan ini mendapat dukungan dari DARPA dalam Tactical Mobile Robot (TMR) Program, yaitu program untuk memproduksi prototipe robot kecil untuk operasi militer

## 2.2 Webots

*Webots* adalah *software* simulasi untuk *mobile robot* yang dikembangkan oleh *Cyberbotics Ltd.* perangkat lunak yang memungkinkan kita dengan cepat dalam membuat pemodelan prototipe, pemrograman, simulasi *mobile robot* dan transfer ke real robot



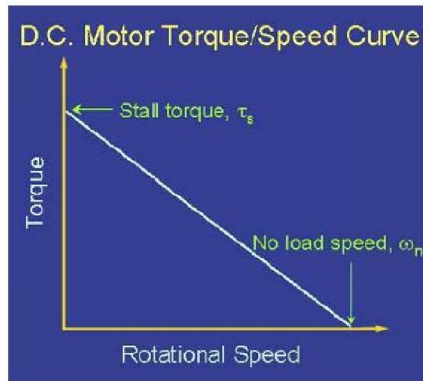
Gambar 2.1 : Tahap-tahap simulasi pada Webots

## 2.4 Motor DC

Motor arus searah (motor dc) telah ada selama lebih dari seabad. Keberadaan motor dc telah membawa perubahan besar sejak dikenalkan motor induksi, atau terkadang disebut Ac Shunt Motor. Motor dc telah memunculkan kembali Silicon Controller Rectifier yang digunakan untuk memfasilitasi kontrol kecepatan pada motor.

### 2.4.1 Karakteristik Motor DC

Karakteristik yang dimiliki suatu motor DC dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva torsi/kecepatannya, dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut.



**Gambar 2.3:** kurva motor DC torsi / kecepatan

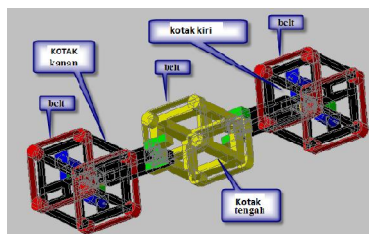
Dari grafik diatas terlihat hubungan antara torsi dan kecepatan untuk suatu motor dc tertentu. dari grafik terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran, dengan kata lain terdapat *tradeoff* antara besar torsi yang dihasilkan motor dengan kecepatan putaran motor. Dua karakteristik penting terlihat dari grafik yaitu:

- a. Stall torque,(), menunjukkan titik pada grafik dimana torsi maksimum ,tetapi tidak ada putaran pada motor.
- b. No load speed,,menunjukkan titik pada grafik dimana terjadi kecepatan putaran maksimum,tetapi tidak ada beban pada motor

### III. DESAIN PROYEK DAN PROSES PEMBUATAN

#### 3.1 Arsitektur Desain Mekanik

Dalam perancangan sistem mekanik robot, mengacu pada penggabungan antara dua sistem beroda dan berkaki. Robot ini memiliki 10 DOF(Degree Of Freedom), dimana 4 DOF untuk gerak beroda, 4 DOF untuk gerak kaki (sendi) dan 2 DOF untuk gerak rotasi. Robot ISRo mempunyai bentuk yang simetris sehingga titik keseimbangan robot ini terletak pada titik tengah dari robot ini. Dalam implementasi robot dibagi menjadi 3 bagian yang terbagi menjadi seperti tampak pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1 :** Kotak B, Kotak Tengah dan kotak

#### 3.2 Mekanisme Pergerakan Robot

Mekanisme pergerakan Robot iSRo dibagi dalam tiga model yang berbeda:

- 1) *Wheeled Mechanism* (Model beroda) : pergerakan robot iSRo akan mengandalkan roda pada kotak A dan B
- 2) *Legged Mechanism* (Model berkaki) : Pergerakan robot iSRo akan mengandalkan sendi-sendai yang dipunyai oleh robot
- 3) *Hybrid Mechanism*: kombinasi dari wheeled mechanism dan legged mechanism, yaitu dengan mengkominasikan pergerakan roda dan sendinya untuk melakukan man

#### 3.3 Proses pembuatan mekanik

Dalam proses pembuatan proyek akhir ini diperlukan beberapa jenis material antara lain:

1. Aluminium siku
2. Plat Alminium
3. Teflon silinder
4. As Besi
5. Mur + Baut
6. Plat siku besi
7. Bearing
8. Belt

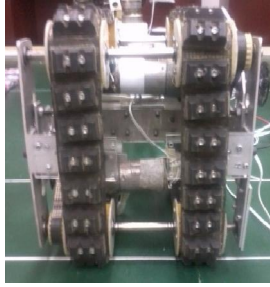
Sedangkan peralatan yang dibutuhkan antara lain:

1. Mesin bubut
2. Gerinda duduk dan tangan
3. Mesin potong
4. Mesin bor
5. Mesin las
6. Kunci set dll

Pembuatan sistem dalam proyek akhir ini meliputi desain dan machining mekanik. Untuk membuat alat ini melewati beberapa proses machining. Proses machining untuk alat ini dibutuhkan alat mesin turning (bubut) dan mesin drilling (bor duduk). Implementasi Rancangan mekanik Robot ISRo mengalami beberapa perubahan dari desain awal. Karena beberapa penyesuaian.

#### 3.4 Hasil Mekanik Kotak A/B

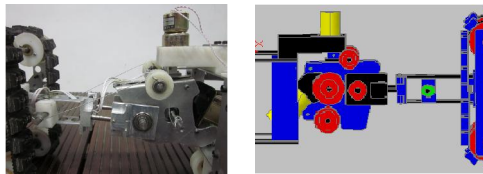
Proses pembuatan kotak A/B dibutuhkan ketelitian dan kecermatan, sehingga menghasilkan kotak yang simetris, untuk proses pembuat pully untuk bagian roda dibutuhkan lima part nyllon yang dijadikan satu. Gambar dibawah adalah photo kotak A/B.



**Gambar 3.2:** Foto mekanik Kotak A/B depan.

### 3.5 Hasil Mekanik Lengan A/B.

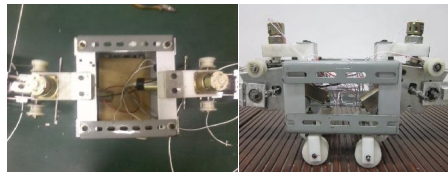
Pada hasil Lengan A/B terdapat sedikit perubahan sistem gear pada motor power window, dimana pada desain awal terdapat gear pada poros motor yang terhubung pully penggulung seling, di ubah menjadi poros gear langsung di kasih penggulung seling. Berikut gambar implementasinya ada pada gambar 3.3.



**Gambar3.3:** Foto Lengan A/B desain awal dan imlementasi

### 3.6 Hasil Mekanik pada kotak tengah

Untuk bagian mekanik kotak tengah pembuatannya tidak serumit kotak A/B karena tidak menggunakan roda dengan belt, melainkan menggunakan roda bebas. Sehingga dalam pembuatannya lebih simple.



**Gambar 3.4:** Foto Kotak tengah dilihat dari samping dan atas

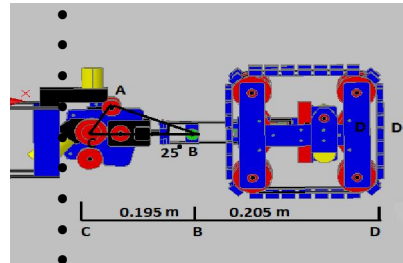
## IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam pengujian akan ada dua hal yang di uji yaitu:

1. Pengujian kekuatan motor power window pada bagian sendi atau lenga robot
2. Pengujian pergerakan robot yaitu pergerakan menggunakan roda (wheeled), pergerakan

menggunakan sendi(legged), dan pergerakan gabungan sendi dan roda(hybrid).

### 4.1 Pengujian Kekuatan Motor Power Window Pada Bagian Lengan Robot



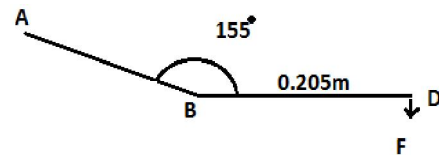
**Gambar 4.1 :** sistem katrol pada lengan

Pada gambar 3. Titik C adalah tempat gulungan sling yang terhubung roller pada titik A dan Ditautkan titik B (sling yang diikatakan pada as ).

Untuk besaran sudut pada titik B adalah 25 derajat. Dan diketahui juga panjang dari titik CB = 0.195 m, BD = 0.205m

Untuk menghitung moment gaya atau Torsi yang dibutuhkan motor DC power window dari sistem mekanisme gambar 3. Menggunakan rumus:

$$M_o = F \cdot r \cdot \sin\theta$$



**Gambar 4.2 :**free digram sistem mekanik motor DC power window

Untuk menghitung moment di titik B adalah: Diketahui :

$$r = 0.205 \text{ m} ; \theta = 155^\circ ; m = 3.7 \text{ kg} ; g = 9.8$$

Moment gaya di titik B adalah

$$\begin{aligned} M_o &= F \cdot r \cdot \sin\theta \\ &= (m \cdot g) \cdot r \cdot \sin\theta \\ &= (3.7 \times 9.8) \cdot 0.205 \cdot \sin 155^\circ \\ &= 3.15 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dengan di ketahui Moment gaya di titik B maka dapat diketahui torsi yang dibutuhkan agar kotak A/B dapat terangkat, karena hasil tersebut berbanding lurus dengan torsi yang dibutuhkan.

Dengan spesifikasi motor DC power window **4Nm** maka secara teoritis sistem mekanisme lengan yang telah dirancang dapat mengangkat kotak A/B.

#### 4.1.2 Pengujian pergerakan robot

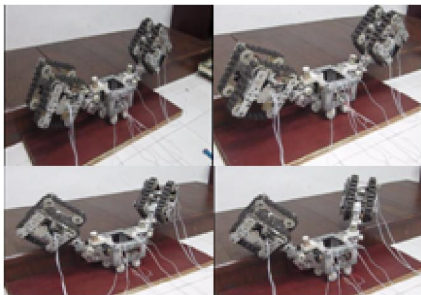
##### a. mekanisme pergerakan beroda (*wheeled*)



**Gambar 4.3:** pergerakan robot sistem beroda model translasi (*wheeled*)

Pada gambar 4.3 nampak bahwa robot bergerak menggunakan sistem gerak beroda. Model translasi yaitu bergerak lurus ke depan atau belakang. Kita dapat mengamati sistem gerak tersebut benar-benar mengandalkan pergerakan rodanya, dan model translasi ini cukup baik pada medan datar. Akan tetapi jika medannya tidak beraturan robot iSRo kurang tepat kalau mengandalkan model tersebut.

##### b. mekanisme pergerakan sendi (*legged*)



**Gambar 4.4 :** Pergerakan robot dengan sistem sendi (*legged*)

Pada sistem ini robot melakukan pergerakannya dengan sendi-sendinya. Pada tampilan *snapshot* di atas ditampilkan pergerakan gabungan sendi arah ke atas dan menyamping untuk mencapai atau melewati halangan yang ada.

Urutan pergerakannya adalah mula-mula robot membenteng dekat halangan lalu mencoba untuk melewatinya dengan mengangkat kedua sendinya. Setelah mencapai halangan, sendi menyamping mengarah masuk di atas halangan akan tetapi robot tidak dapat mencapainya dan terguling. Hal tersebut diakibatkan karena robot kurang tenaga dalam mencapai halangan tersebut.

##### c. mekanisme pergerakan gabungan (*hybrid*)



**Gambar 4.5 :** Pergerakan robot dengan sistem sendi dan roda (*hybrid*)

Dalam model pergerakan hybrid adalah gabungan antara sistem gerak beroda dan sendi, tampak pada gambar-gambar di atas, mula-mula robot bergerak translasi ke depan lalu terhalang oleh sebuah halangan lalu robot bergerak mundur sedikit lalu mengangkat sendi bagian depan dan belakang. Untuk di arahkan melampaui halangan tersebut. Setelah robot menemukan keseimbangannya. Robot bergaerak maju dan setelah mencapai bagian atas dari halangan di atas sendi bergerak menurun. Sampai kotak depan menyentuh permukaan baru roda depan bekerja menarik bagian kotak tengah robot. Dibantu dorong juga oleh kotak pada bagian belakang sampai akhirnya semua

## V. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Pada bagian ini akan diulas tentang kesimpulan dari seluruh bab yang telah dikerjakan. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Untuk sendi pengangkat A1 dan A2 pada robot iSRo sudah cukup kuat untuk mengangkat kotak A/B
2. Untuk sendi putar join atau sambungannya kurang presisi. Sehingga mengakibatkan backlash yang tinggi.
3. Untuk pergerakan robot beroda (*wheeled*) sangat baik pada medan rata atau mulus. Akan tetapi memiliki kekurangan pada medan yang banyak rintangan
4. Untuk pergerakan sendi (*legged*) sangat baik ketika melakukan manuver-manuver.

5. Untuk pergerakan gabungan atau disebut *hybrid* mekanisme, sangat baik untuk melewati medan-medan atau halangan-halangan yang sulit dilalui dengan mengandalkan sistem beroda saja atau sendi saja

## 5.2 Saran.

1. Kepresisian dalam pembuatan mekanik sebuah robot sangat berpengaruh dengan performa dari robot itu sendiri.
2. Ruang-ruang gerak tiap penggerak atau motor harap diperhatikan dan serta join penghubung antar part hendaknya lebih presisi dalam pembuatannya
3. Hendaknya kekompakan dalam tim tetap terjaga sampai tujuan dari penelitian tercapai.

.Capability" Journal of Mechanical Design ASME, JULY 2008, Vol. 130 / 072302-11

- [8]. National Institute of Standards and Technology, USA : RoboCupRescue Robot League (2007), [rescue.robot.league@nist.gov](mailto:rescue.robot.league@nist.gov)

- [9]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_\(mechanics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_(mechanics))

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Gempa bumi* - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa\\_bumi](http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi)
- [2] **CRASAR (Center for Robot Assisted Search & Rescue) (2002) : History of Rescue Robot,**  
<http://crasar.csee.usf.edu>.
- [3] Olivier, M. / Cyberbotics Ltd - WebotsTM: Professional Mobile Robot Simulation, pp. 40-43, International Journal of Advanced Robotic Systems, Volume 1 Number 1 (2004), ISSN 1729-8806\
- [4]. <http://www.crustcrawler.com/motors/RX64/index.php?prod=67>
- [5]. <http://lancet.mit.edu/motors/motors3.html#orque>
- [6]. Siswoyo, 2008, *Teknik Listrik Industri jilid 2 bab 5 no. 145*
- [7] Pinhas Ben-Tzvi, Andrew A. Goldenberg and Jean W. Zu, (2008) "Design and Analysis of a Hybrid Mobile Robot Mechanism With Compounded Locomotion and Manipulation

