

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 450/Teknik Elektro dan Informatika

Bidang Fokus : Industri, Transportasi, dan Teknologi Informasi

LAPORAN AKHIR

PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



TRANSFORMASI MOBILE ROBOT MENGGUNAKAN MULTI SENSOR

PENGUSUL

Nuryanto, ST., M.Kom.	NIDN. 0605037002
Andi Widiyanto, S.Kom, M.Kom	NIDN. 0623087901
Oesman Raliby,ST., M.Eng	NIDN. 0603046801
Rochim Widaryanto,ST.,MT.	NIDN. 0628078503

Dibiayai oleh Kemenristekdikti berdasarkan Surat Keputusan Nomor 0045/E3/LL/2018 dan Perjanjian/Kontrak Kerja No:010/PDUPT-LP3M/II.3.AU/F/2018

Laporan ini merupakan bukti kinerja pemenuhan Sistem Penjaminan Mutu Penelitian Universitas Muhammadiyah Magelang

Standar hasil	Standar peneliti
Standar isi	Standar sarana dan prasarana
√ Standar proses	Standar pengelolaan
Standar penilaian	Standar pembiayaan

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
Oktober 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Transformasi Mobile Robot Menggunakan Multi Sensor
Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : NURYANTO, S.T, M.Kom
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Magelang
NIDN : 0605037002
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Informatika
Nomor HP : 08122968845
Alamat surel (e-mail) : nuryanto@ummgl.ac.id
Anggota (1)
Nama Lengkap : ANDI WIDIYANTO S.Kom, M.Kom
NIDN : 0623087901
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Magelang
Anggota (2)
Nama Lengkap : OESMAN RALIBY AL MANAN S.T, M.Eng
NIDN : 0603046801
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Magelang
Anggota (3)
Nama Lengkap : ROCHIM WIDARYANTO S.T, M.T
NIDN : 0628078503
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Magelang
Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 56,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 233,330,000

Mengetahui,
Dekan FT



(Dun. Arifatul Fatimah, MT., Ph.D)
NIP/NIK 987408139

Kab. Magelang, 7 - 11 - 2018
Ketua,

(NURYANTO, S.T, M.Kom)
NIP/NIK 987008138

Menyetujui,
Ketua LP3M



(Dr. Heni Setyowati ER., S.Kp., M.Kes)
NIP/NIK 937008062

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Khusus dan Urgensi Penelitian	3
1.3. Kontribusi Penelitian yang Diusulkan Terhadap Pencapaian Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Muhammadiyah Magelang	3
1.4. Target temuan dan luaran	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
3.1 Rekam Jejak (<i>State of The Art</i>) Penelitian	5
3.2 Pengalaman Publikasi	7
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
3.1. Tujuan	8
3.2. Manfaat	8
BAB 4 METODE PENELITIAN	9
4.1. Kerangka Penelitian	9
4.2. Tahap Penelitian	10
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	12
5.1. Hasil Penelitian	12
5.2. Luaran	20
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	21
DAFTAR PUSTAKA	22
Lampiran 1. Bukti luaran penelitian (Seminar)	23
Lampiran 2. Bukti luaran penelitian (Publikasi)	25

RINGKASAN

Proses eksplorasi daerah yang tidak memungkinkan dilakukan oleh manusia membutuhkan alat khusus seperti mobile robot. Untuk bergerak mobile robot menggunakan roda (*wheel robot*) atau kaki (*legged robot*) dengan keunggulan masing-masing. Penelitian selama ini fokus pada perubahan bentuk dari roda-kaki (*hybrid robot*), sehingga yang tidak sebaik model sesungguhnya. Pada penelitian ini mobile robot memiliki kaki dan roda yang berfungsi salah satunya saja. Berdasarkan pada Rencana Induk Penelitian (RIP) yang ditetapkan Universitas Muhammadiyah Magelang dan rekam jejak tim peneliti, maka usulan penelitian ini fokus pada **mobile robot dan sensor** yang mengacu pada **RIP-06 Bidang Industri, Transportasi dan Teknologi Informasi**.

Penelitian ini direncanakan tiga tahun dengan metode prototype. Tiap tahun menghasilkan prototipe mobile robot dengan titik berat yang berbeda yaitu tahun pertama fokus pada bentuk mekanis, tahun kedua lebih ke kontrol transformasinya dan tahun ketiga adalah prototipe mobile robot berkaki dan beroda yang dapat bertransformasi otomatis sesuai dengan medan yang akan dilalui. Saat ini prototipe mobile robot telah selesai dibuat dan dalam proses pengujian. Rancangan model dan hasil simulasi KAROT telah **accepted** di *International Conference on Information System Computer Science and Engineering (ICONISCSE) 2018*, dan akan dipublikasikan pada **Journal of Physics Conference Series (JPCS)**.

Kata Kunci : *Mobile Robot, Sensor, Wheel, Legged, Hybrid robot, prototype, transformasi*

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk proses eksplorasi untuk meneliti suatu daerah yang bersifat khusus dan tidak memungkinkan dilakukan oleh manusia membutuhkan alat tertentu. Daerah dengan kondisi ekstrim misalnya kawah gunung, lorong sempit, luar angkasa memerlukan sebuah robot yang dilengkapi berbagai sensor untuk merekam, menyimpan, dan mengirimkan data.

Mobile robot adalah sebuah robot yang dapat berpindah tempat. Jenis mobile robot berdasarkan cara Bergeraknya dibedakan menjadi 2 yaitu robot beroda (*wheel robot*) dan robot berkaki (*legged robot*) (Rahmawan and Prahasto, 2013). Robot beroda digunakan untuk melewati jalan yang datar sedangkan robot berkaki untuk area yang bergelombang tidak menentu.

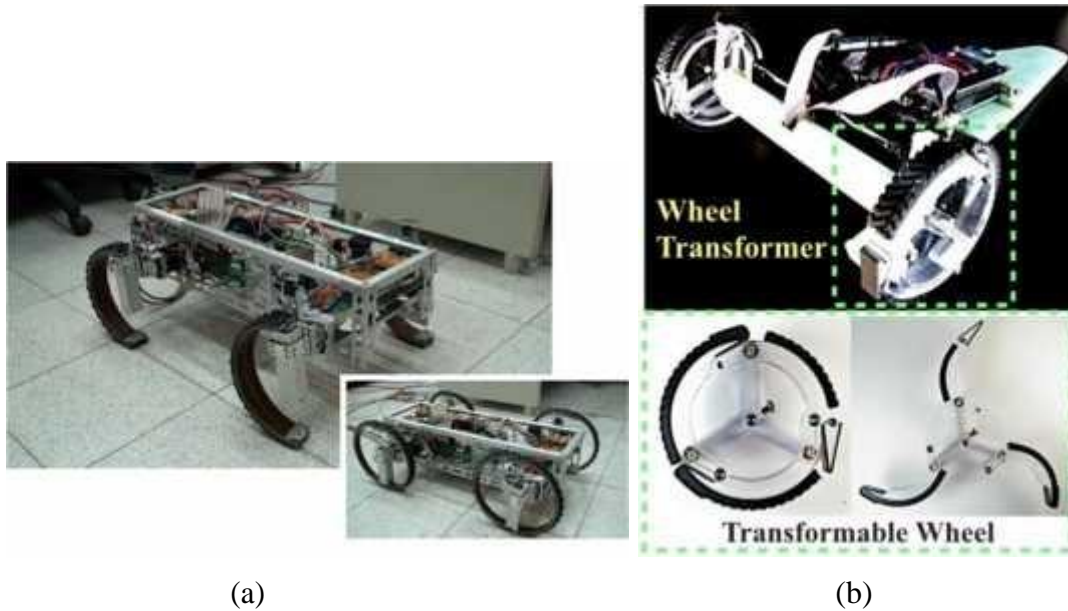
Pada permukaan datar robot beroda, desainnya lebih mudah, murah dan hemat energi dibanding robot kaki karena memiliki bagian yang jauh lebih sedikit. Robot berkaki memungkinkan dapat melewati medan terlalu lunak, licin, bahkan berbatuan yang tidak dapat dilewati robot beroda (Ignell, Rasmusson and Matsson, 2012)

Berdasarkan kelemahan dan kelebihan masing-masing robot berkaki dan beroda maka muncul berbagai penelitian yang menggabungkan keduanya. Hylos (gambar 1.1) merupakan robot yang memiliki 4 wheel-legs, yang masing-masing dihubungkan dengan 2 suspensi *Degree of Freedom (DOF)* untuk melewati medan yang tidak rata (Grand *et al.*, 2004).



Gambar 1.1. Gambar prototype Hylos

Penelitian selanjutnya berusaha mengubah roda yang dapat berubah menjadi kaki seperti Quattroped memiliki 4 buah roda lingkaran penuh yang dapat berubah menjadi 4 buah separuh lingkaran sebagai kaki robot (gambar 1.2 a) (Shen *et al.*, 2009) dan transformable wheel (gambar 1.2 b) (Kim *et al.*, 2014). Pada tahun 2006 telah di patentkan model perubahan bentuk roda-kaki robot ‘Reconfigurable Articulated Leg And Wheel’ di Amerika Serikat oleh Jacobsen dkk. (Jacobsen *et al.*, 2006).



Gambar 1.2 model perubahan roda-kaki robot (a) Quattroped (b) transformable wheel

Penelitian transformasi mobile robot berkaki-beroda selama ini focus pada perubahan bentuk dari kaki menjadi sebuah roda dan sebaliknya. Salah satu kelebihan robot beroda dibanding dengan robot berkaki adalah dari sisi kestabilan dan kecepatan. Pada saat kaki berubah menjadi roda atau roda menjadi kaki karena memang didesain supaya dapat mengakomodir keduanya sehingga akan mengorbankan salah satu fitur yang menjadi keunggulan model masing-masing, misalnya saja dari sisi kecepatan pada saat menjadi roda tidak akan sebaik seperti roda sesungguhnya.

Pada penelitian ini transformasi yang dilakukan bukan pada model kaki/roda akan tetapi sebuah mobile robot yang memiliki kaki dan roda sebenarnya yang dapat berubah model menjadi robot berkaki atau robot beroda sesuai dengan medan yang

akan dilalui. Sensor yang dipasang akan mendeteksi jenis area yang akan dilalui, microcontroller akan menentukan menjadi robot berkaki atau robot beroda.

Metode penelitian yang dilakukan dengan model prototype yaitu rancang bangun mobile robot berdasarkan kajian kemudian dilakukan pengujian rancang bangun dan pengujian lagi sampai didapatkan model sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian ini diharapkan menghasilkan prototype mobil robot berkaki dan beroda yang dapat bertransformasi otomatis sesuai dengan medan yang akan dilalui.

1.2. Tujuan Khusus dan Urgensi Penelitian

Tujuan umum riset ini adalah menyiapkan sebuah model mobile robot untuk kepentingan eksplorasi dengan medan yang belum pasti. Tujuan khusus penelitian ini adalah menghasilkan sebuah prototype model mobile robot berkaki-beroda yang dapat berubah secara otomatis menyesuaikan medan yang akan dilalui. Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan menjadi mobile robot yang dipasang berbagai macam sensor untuk mengeksplorasi suatu tempat dan mengirimkan datanya ke server untuk mendukung bidang riset lainnya.

1.3. Kontribusi Penelitian yang Diusulkan Terhadap Pencapaian Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Muhammadiyah Magelang

Hasil penelitian ini dapat berkontribusi terhadap pencapaian Agenda Riset Nasional tema 3: Riset Pengembangan teknologi untuk peningkatan konten TIK (DRN, 2016) dan Rencana Induk Penelitian Universitas Muhammadiyah Magelang bidang Industri, transportasi, dan teknologi informasi [RIP-06] pada topik 06.09 Studi dan pemetaan teknologi sensor dan Big Data menuju Internet of Things (LP3M-UMMagelang, 2016).

1.4. Target temuan dan luaran

Rencana Induk Penelitian Universitas Muhammadiyah Magelang memiliki 8 bidang penelitian unggulan. Penelitian ini mendukung bidang Industri, transportasi, dan teknologi informasi [RIP-06]. Target penelitian yang akan direncanakan terlampir dalam tabel 1.1.

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan.

No	Jenis Luaran				Indikator Capaian		
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	TS ¹⁾	TS+1	TS+2
1.	Artikel ilmiah dimuat di jurnal ²⁾	Internasional bereputasi	√		√	√	√
		Nasional Terakreditasi		√		√	
2.	Artikel ilmiah dimuat di prosiding ³⁾	Internasional Terindeks					
		Nasional					
3.	<i>Invited speaker</i> dalam temu ilmiah ⁴⁾	Internasional					
		Nasional					
4.	<i>Visiting Lecturer</i> ⁵⁾	Internasional					
5.	Hak Kekayaan Intelektual (HKI) ⁶⁾	Paten					
		Paten sederhana					
		Hak Cipta					
		Merek dagang					
		Rahasia dagang					
		Desain Produk Industri					
		Indikasi Geografis					
		Perlindungan Varietas Tanaman					
		Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu					
6.	Teknologi Tepat Guna ⁷⁾			√			√
7.	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/ Rekayasa Sosial ⁸⁾		√				√
8.	Bahan Ajar ⁹⁾						
9.	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) ¹⁰⁾						

¹⁾ TS = Tahun sekarang (tahun pertama penelitian)

²⁾ Isi dengan tidak ada, draf, submitted, reviewed, *accepted*, atau *published*

³⁾ Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁴⁾ Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁵⁾ Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁶⁾ Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau *granted*

⁷⁾ Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

⁸⁾ Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

⁹⁾ Isi dengan tidak ada, draf, atau proses *editing*, atau sudah terbit

¹⁰⁾ Isi dengan skala 1-9 dengan mengacu Technometer

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rekam Jejak (*State of The Art*) Penelitian

Penelitian anggota tim peneliti beberapa tahun terakhir fokus dalam bidang teknik kontrol khususnya mobile robot dan telah dipublikasikan di jurnal maupun prosiding nasional maupun internasional seperti CITEC Journal, ICETIA, EECSI, Semnasteknomedia, Semnastikom dan AIP. Publikasi ditahun 2017 sudah diterima dan menunggu proses terbit.

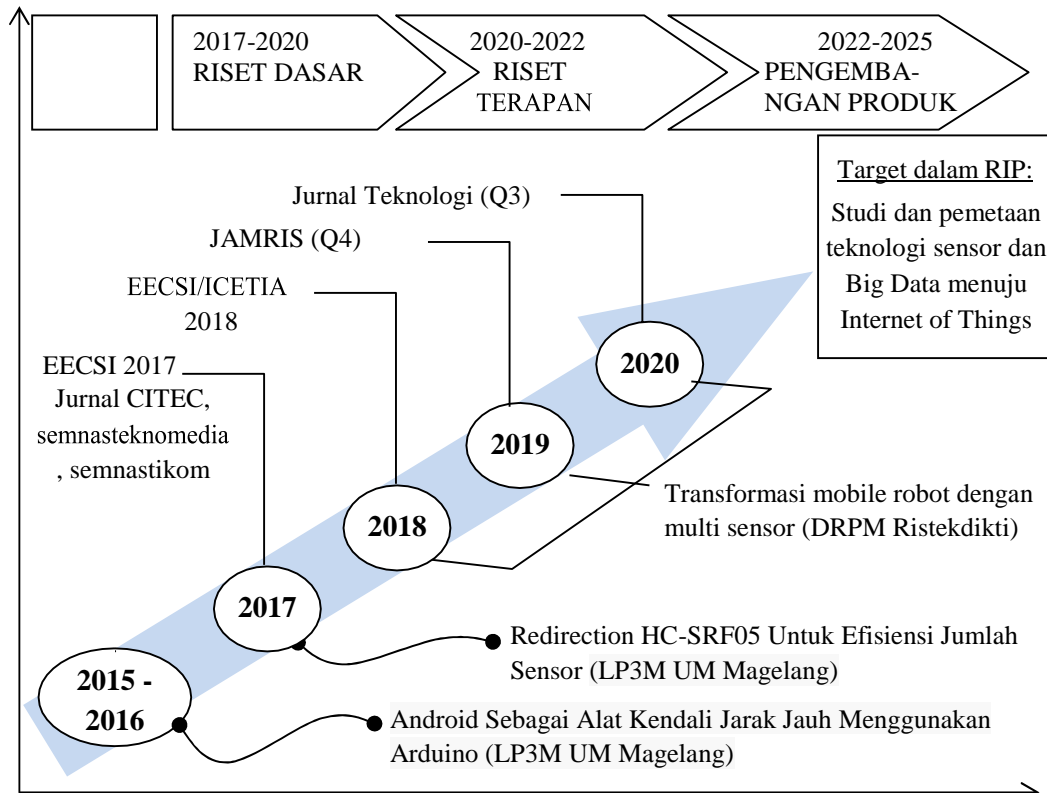
Pada tahun 2015 meneliti komunikasi antara arduino dan android dengan memodifikasi mobil RC mainan yang dikontrol melalui *smartphone android* melalui koneksi *bluetooth*. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan proses *pairing bluetooth* lebih dipengaruhi oleh versi android dibanding dengan jarak antara arduino dan android (Nuryanto and Widiyanto, 2016).

Penelitian dilanjutkan yang menghasilkan sebuah robot bergerak (*autonomous mobile robot*) yang dapat bergerak sendiri dan mampu menghindari halangan menggunakan dua buah sensor ultrasonic. Supaya robot bergerak, setting kecepatan robot dipicu menggunakan android pada proses *pairing bluetooth*.

Penelitian ini akan menghasilkan model pemasangan sensor ultrasonic dengan cara menyilang (*redirection*) dengan sudut tertentu menerapkan perhitungan trigonometri. Redirection sensor ultrasonic yang optimal adalah berkisar antara $30-65^{\circ}$ dari garis sejajar antara 2 sensor yang dipasang. Hasil akhir penelitian ini adalah purwarupa model autonomous mobile robot dengan model sensor menyilang (Nuryanto and Widiyanto, 2016).

Mobile robot yang dihasilkan juga dapat dikontrol menggunakan smartphone android dan mengirimkan data dari sensor yang dipasang serta mampu mengirimkan gambar yang muncul pada layar aplikasi android yang terpasang (Widiyanto, Nuryanto and Widodo, 2016).

Rekam jejak penelitian dan dan rencana penelitian yang dilakukan oleh tim peneliti yang berhubungan dengan topik riset yang diusulkan seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1. Rekam jejak penelitian

Pengalaman penelitian yang dilakukan oleh tim peneliti yang berhubungan dengan topik riset seperti yang tercantum pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar Penelitian tim peneliti.

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
1	2015	Android Sebagai Alat Kendali Jarak Jauh Menggunakan Arduino	LP3M UMM	5
2	2016	Redirection HC-SR05 Untuk Efisiensi Jumlah Sensor – tahun 1	LP3M UMM	10
3	2016	Automatic Lock Without Key System Menggunakan Microcontroller	LP3M UMM	5

4	2016	Pengembangan Model Inovasi Teknologi bagi Produk Gula Kelapa Industri Rumahan - Menuju Usaha Kecil Dinamis (Small Dynamic Enterprise)	KEMENRIS TEK DIKTI	50
5	2017	Redirection HC-SR05 Untuk Efisiensi Jumlah Sensor – tahun 2	LP3M UMM	5

2.2 Pengalaman Publikasi

Pengalaman publikasi dalam prosiding/jurnal ilmiah selama 5 tahun terakhir terlampir dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pengalaman publikasi tim peneliti.

No	Judul Artikel	Nama Jurnal/prosiding	Volume/Nomor/Tahun/ISSN/ISBN
1.	Rancang Bangun Mobil Remote Control Android Dengan Arduino	CITEC Journal	Vol.3/no.1/2015
2.	Rancang Bangun Mobile Robot 2WD Dengan 2 Sensor HC-SRF05 Untuk Menentukan Arah Belokan	SEMNASTEKN OMEDIA 2016	ISSN: 2302-3805
3.	Compact Android Application Untuk Mengontrol Bluetooth RC-Car Yang Dilengkapi IP Cam	SEMNASTIKOM 2016	ISBN : 978-602-17488-1-7
4.	Key-less Automatic Lock System using RFID & Smartphone	ICETIA 2016 / AIP	<i>Proses terbit</i>
5.	Redirection Concept of Autonomous Mobile Robot HY-SRF05 Sensor to Reduce The Number of Sensors	EECSI 2017	<i>Accepted</i>

BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan

Tujuan umum riset ini adalah menyiapkan sebuah model mobile robot untuk kepentingan eksplorasi dengan medan yang belum pasti. Tujuan khusus penelitian ini adalah menghasilkan sebuah prototype model mobile robot berkaki-beroda yang dapat berubah secara otomatis menyesuaikan medan yang akan dilalui.

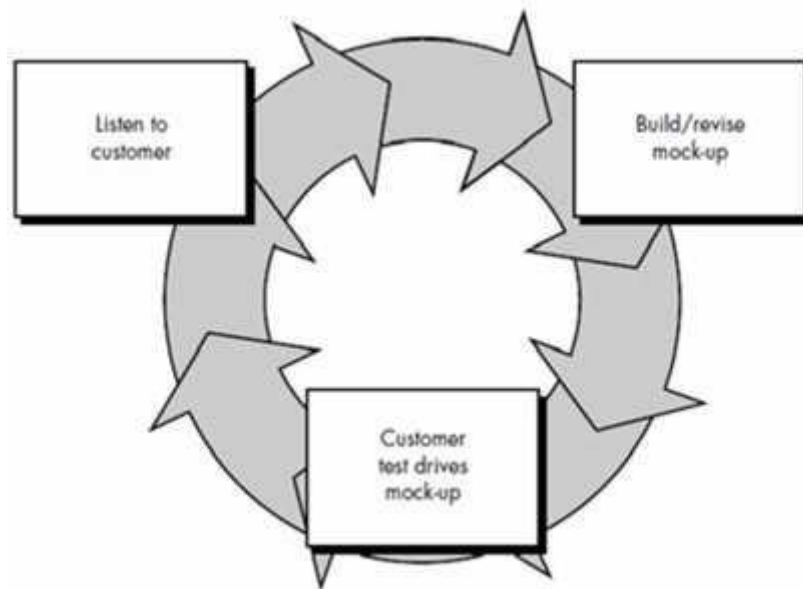
3.2. Manfaat

Hasil penelitian ini dapat berkontribusi terhadap pencapaian Agenda Riset Nasional tema 3: Riset Pengembangan teknologi untuk peningkatan konten TIK (DRN, 2016) dan Rencana Induk Penelitian Universitas Muhammadiyah Magelang bidang Industri, transportasi, dan teknologi informasi [RIP-06] pada topik 06.09 Studi dan pemetaan teknologi sensor dan Big Data menuju Internet of Things (LP3M-UMMagelang, 2016).

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1. Kerangka Penelitian

Metode penelitian akan menggunakan metode prototype (gambar 4.1) yang didasarkan pada studi literatur. Konsep prototype merupakan siklus dari 3 proses yaitu : proses pengumpulan kebutuhan/ perancangan, proses pembuatan & pengujian dan proses evaluasi. Hasil evaluasi akan digunakan untuk proses awal lagi sampai dihasilkan produk yang diinginkan.



Gambar 4.1. Metode Prototype

Pelaksanaan penelitian direncanakan tiga tahun dengan investigasi model mobile robot beroda dan model mobile robot berkaki pada tahun pertama untuk meenentukan jenis model yang tepat untuk dapat ditransformasikan. Jenis mobile robot beroda 2WD (*Wheel Drive*) atau 4 WD, dan jumlah kaki robot berkaki jenisnya juga banyak seperti *quadpod*, *hexapod*, *octapod* dan sebagainya sehingga perlu diteliti model yang tepat.

Tahun kedua rancang bangun mobile robot yang dapat bertransformasi secara otomatis setelah mendapatkan data dari sensor yang mendeteksi medan yang

akan dilalui. Pada tahap ini akan dihasilkan prototipe mobile robot yang dapat bertransformasi untuk skala laboratorium.

Pada tahun ketiga prototipe yang dihasilkan pada tahun kedua diuji dilapangan. Tahap penelitian, target capaian dan outcome seperti pada gambar 4.2.

Tahap penelitian	Tujuan dan Lingkup kegiatan	Target capaian	Outcome
Tahun 1	Investigasi transformasi model mobile robot beroda - berkaki	Model robot berkaki & beroda yang dapat disatukan TRL level 1	Draf jurnal nasional & internasional
Tahun 2	Rancang bangun transformasi mobile robot	Prototype transformasi mobile robot berkaki - beroda untuk skala laboratotium TRL level 2	Publikasi pada jurnal nasional & submitted jurnal internasional
Tahun 3	Pengujian prototipe	Prototype transformasi mobile robot berkaki - beroda TRL level 3	Publikasi pada jurnal internasional & draf paten

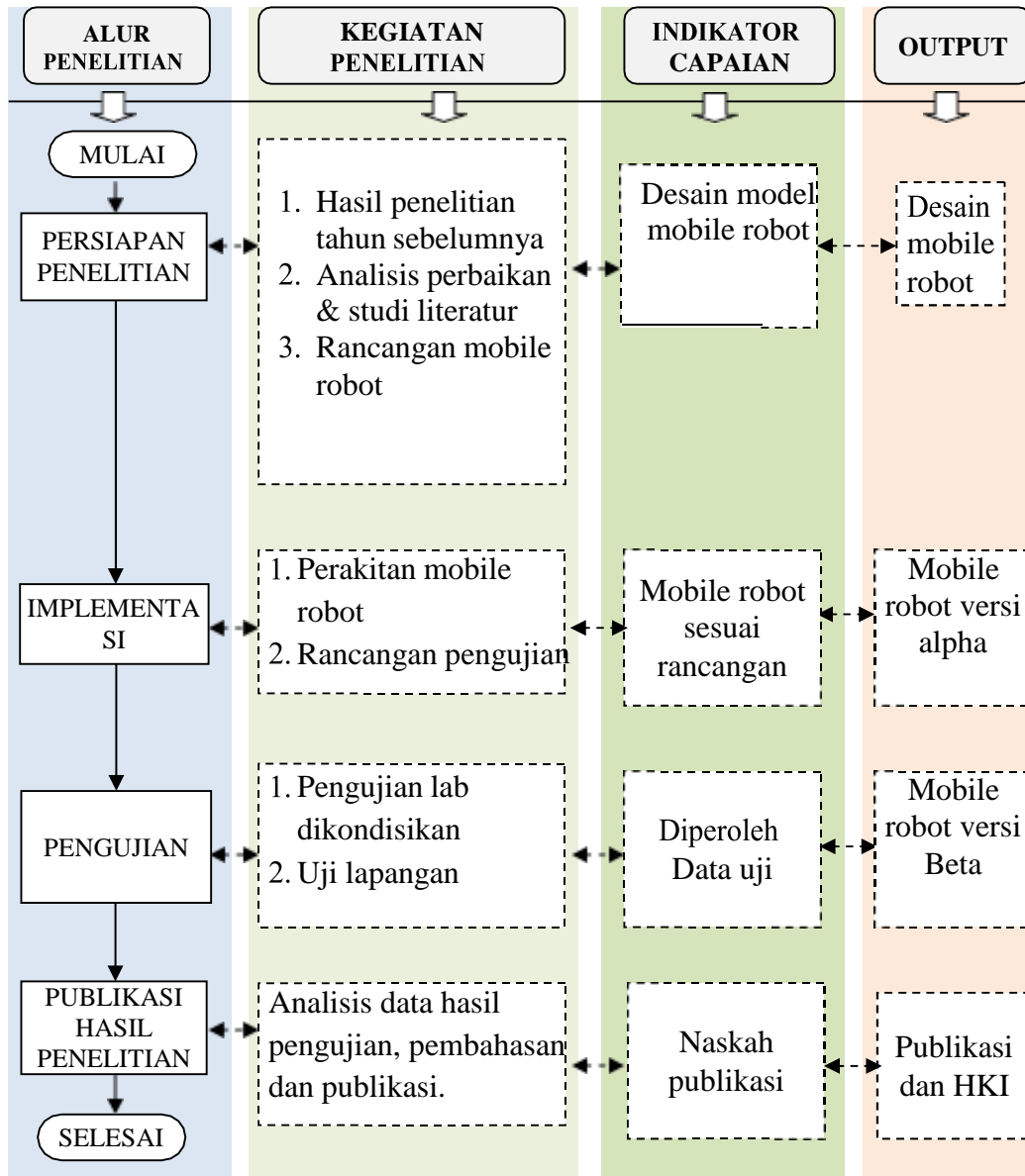
Gambar 4.2. Kerangka penelitian

4.2. Tahap Penelitian

Proses dalam metode prototipe selalu berulang Rancang → Buat → Uji → Evaluasi dengan tiga pendekatan utama yaitu: *Throw-Away* (prototype digunakan untuk membuat produk akhir kemudian prototype tersebut dibuang), *Incremental* (Produk akhirnya dibuat sebagai komponen-komponen yang terpisah) dan *Evolutionary* (prototipenya tidak dibuang tetapi digunakan untuk iterasi desain berikutnya)

Penjabaran dari kegiatan penelitian yang dilakukan dalam tiap tahun secara garis besar sama dengan output menyesuaikan fokus utama pada tahun yang

dimaksud (gambar 4.3). Tiap tahun menghasilkan prototipe mobile robot dengan titik berat yang berbeda misal tahun pertama lebih ke bentuk mekanis, tahun kedua lebih ke kontrol transformasinya dan tahun ketiga adalah prototipe yang sudah jadi.



Gambar 4.3. Tahap penelitian

BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

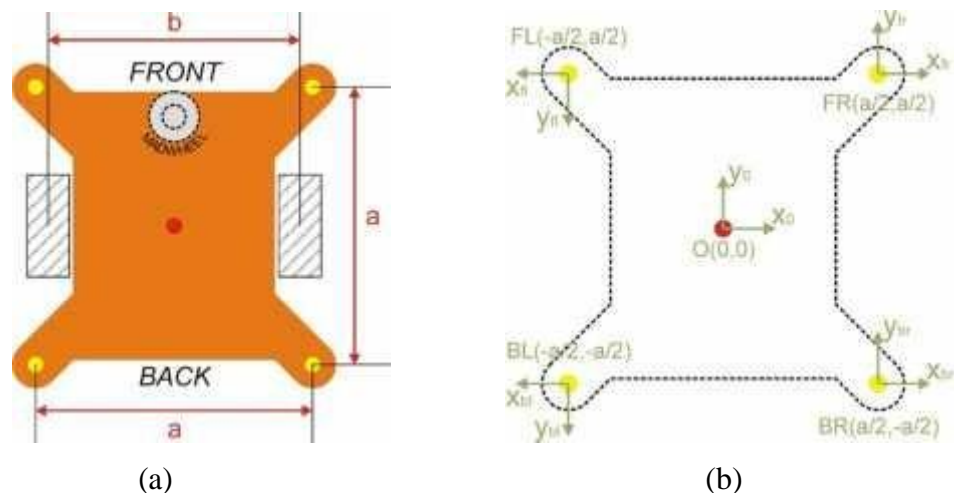
5.1. Hasil Penelitian

Target penelitian ini di tahun pertama adalah Model robot berkaki & beroda yang dapat disatukan dan dapat berubah fungsi kaki saja atau roda saja. Robot berkaki & beroda selanjutnya disebut KAROT, yang didesain memiliki 2 roda samping dan sebuah madwheel di bagian depan (2WD) dan memiliki 4 buah kaki (quadpod) yang berubah fungsinya sesuai dengan medan yang akan dilaluinya. Konsep model KAROT sebagai berikut:

5.2. Body (Chassis)

Roda berada pada sisi kanan dan kiri robot dengan sumbu putar yang memotong titik berat dilihat dari tampak atas, hal ini bertujuan agar robot dapat berputar pada titik tengah body tanpa menggunakan omni wheel dan tidak mengubah koordinat utama saat berganti mode. Madwheel diletakkan di bagian tengah depan, yang nantinya berat bagian belakang diimbangi dengan komponen yang lain.

Acuan body robot adalah titik putar motor servo yang sumbu putarnya tegak lurus dengan bidang tubuh robot. Pada gambar 5.1 ditandai dengan lingkaran berwarna kuning. Keempat servo didesain membentuk persegi dengan panjang sisi a .



Gambar 5.1. Desain KAROT (a) body/chassis (b) koordinat servo

Titik berat yang diinginkan untuk body, pada Gambar 5.1.a ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Titikberat juga berada pada perpotongan diagonal

persegi titik putar 4 servo yang terpasang pada body.

Titik Sumbu Servo pada body dinamai dengan pola untuk memudahkan mengerti posisi, F (front) atau B (back) dikombinasikan dengan L (left) dan R (right). Sumbu z tidak dicantumkan karena kelima koordinat pada Gambar 5.1.b diasumsikan memiliki level yang sama / Z yang sama

Titik O ke masing-masing FL, BL, FR, dan BR dianggap sebagai link pasif, sehingga Transformasi koordinat FL, BL, FR dan BR terhadap titik O(0,0,0):

$$F = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ z_f \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ z_f \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix}, \text{ dan } O = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Perhitungan dengan menggunakan Denavit and Hartenberg (DH) parameter (S.K. Saha, 2010) tersaji pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 DH Parameter 4 titik servo

Link	α_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
FL_1	0	$\frac{\alpha\sqrt{2}}{2}$	0	135°
BL_1	0	$\frac{\alpha\sqrt{2}}{2}$	0	-135°
FR_1	0	$\frac{\alpha\sqrt{2}}{2}$	0	45°
B_1	0	$\frac{\alpha\sqrt{2}}{2}$	0	-45°

Berdasarkan DH parameter (Tabel 5.1), matrix transformasi dapat dihitung sebagai berikut:

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_{i-1} & \sin \theta_i \sin \alpha_{i-1} & a_{i-1} \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_{i-1} & -\cos \theta_i \sin \alpha_{i-1} & a_{i-1} \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Maka, matrix transformasi masing-masing servo body dapat ditulis:

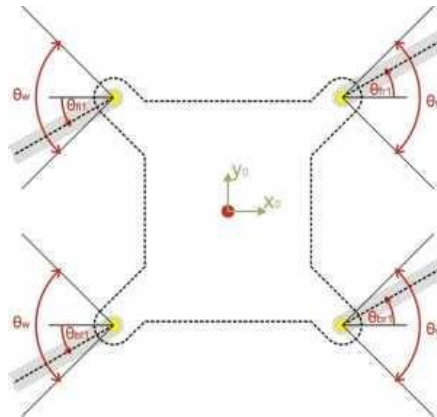
$${}^o_{FL_1}T = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{a}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{a}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0T_{BL_1} = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{a}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{a}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0T_{FR_1} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{a}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{a}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0T_{BR_1} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{a}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{a}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 5.3 merupakan deskripsi matematis sudut servo pertama untuk masing-masing kaki yaitu θ_{fl} , θ_{bl} , θ_{fr} dan θ_{br} . Sudut θ_w merupakan range servo pertama pada masing-masing saat gerak berjalan.

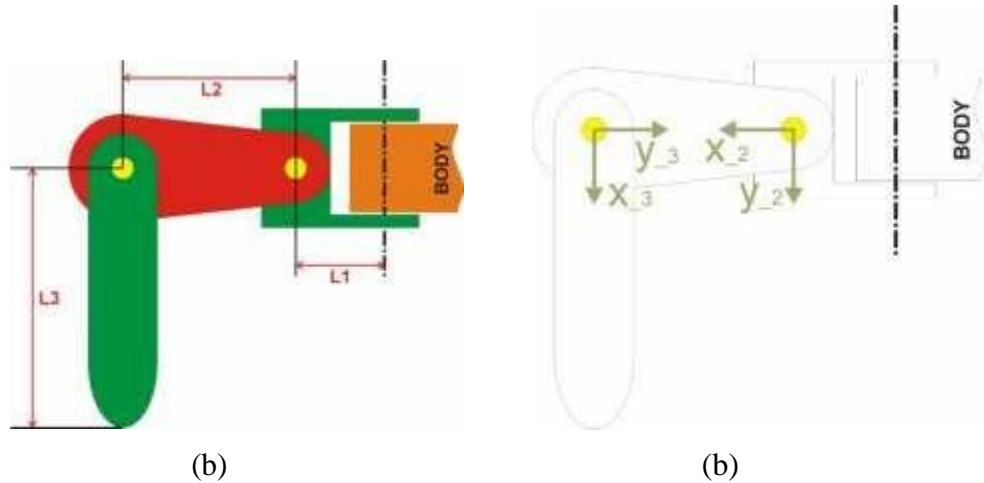


Gambar 5.3 Sudut yang dibentuk servo saat kaki berjalan

5.3. Kaki

Setiap kaki robot memiliki 3 dimensi utama yang sama, yaitu L1, L2, dan L3. L1 memiliki nilai $\pm 41\text{mm}$ (Gambar 5.4 a). Nilai tersebut diambil karena merupakan nilai terkecil agar moment terhadap berat robot sekecil mungkin dengan melihat dimensi motor servo. Nilai L2 dan L3 dalam modelling nantinya merupakan nilai asumsi. Asumsi didasarkan dari dimensi servo, dimensi robot dan torsi maksimal dari motor servo. Koordinat servo kaki robot ditunjukkan pada

Gambar 5.4 b.



(b) Gambar 5.4 Desain kaki robot (a) dimensi kaki robot (b) koordinat servo

Koordinat servo (Gambar 5.4 b), DH parameter dan transformation matrix dari tiap-tiap kaki dapat ditentukan secara lengkap sebagai berikut:

a) Front-Left LEG

Link	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
FL_1	0	$\frac{a\sqrt{2}}{2}$	0	135°
FL_2	-90	$L1$	0	45°
FL_3	0	$L2$	0	0°
FL_4	0	$L3$	0	90°

$${}_{FL_2}^{FL_1}T = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2}L1 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2}L1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b) Back-Left LEG

Link	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
BL_1	0	$\frac{a\sqrt{2}}{2}$	0	-135°
BL_2	-90	$L1$	0	-45°
BL_3	0	$L2$	0	0°
BL_4	0	$L3$	0	90°

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_{i-1} & \sin \theta_i \sin \alpha_{i-1} & a_{i-1} \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_{i-1} & -\cos \theta_i \sin \alpha_{i-1} & a_{i-1} \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_{i-1} & \cos \alpha_{i-1} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}_{BL_2}^{BL_1}T = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

c) Front-Right LEG

Link	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
FR_1	0	$\frac{a\sqrt{2}}{2}$	0	45°
FR_2	-90	$L1$	0	-45°
FR_3	0	$L2$	0	0°
FR_4	0	$L3$	0	90°

$${}_{FR_2}^{FR_1}T = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

d) Back-Right LEG

Link	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
BR_1	0	$\frac{a\sqrt{2}}{2}$	0	-45°
FB	-90	$L1$	0	45°
BR_3	0	$L2$	0	0°
BR_4	0	$L3$	0	90°

$${}_{BR_2}^{BR_1}T = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} L1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}_{FL_3}^{FL_2}T = {}_{BL_3}^{BL_2}T = {}_{FR_3}^{FR_2}T = {}_{BR_3}^{BR_2}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} FL_3T \\ FL_4T \end{matrix} = \begin{matrix} BL_3T \\ BL_4T \end{matrix} = \begin{matrix} FR_3T \\ FR_4T \end{matrix} = \begin{matrix} BR_3T \\ BR_4T \end{matrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & L3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

5.4. Simulasi

Model KAROT disederhanakan dengan menghilangkan roda untuk meringankan dan mempercepat proses simulasi. Model robot dibuat menggunakan Solidworks, lalu diexport ke SimMechanic pada Simulink untuk disimulasikan dengan menggunakan MATLAB seperti pada Gambar 5.5.



(a)

(b)

Gambar 5.5 Model KAROT 3D (a) mode kaki (b) mode roda

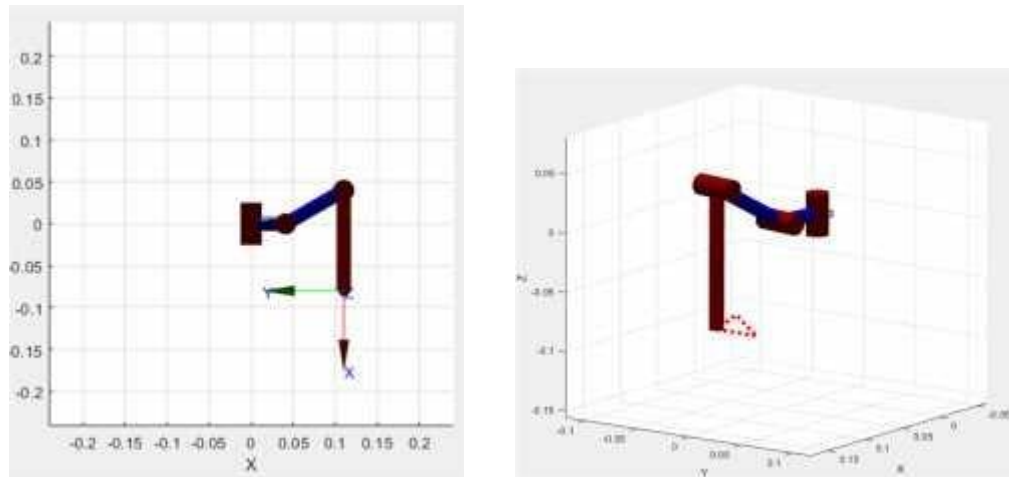
Gambar 5.5 a menunjukkan posisi default yaitu mode kaki, sedangkan Gambar 5.5 b menunjukkan posisi kaki robot saat mode roda. Kaki depan menjorok kedepan dan kaki belakang kesamping. Pose ini bertujuan menggeser titik berat robot kedepan sehingga tidak terjungkal ke belakang saat melaju dengan roda.

5.5. Trajectory

Sebelum simulasi robot saat berjalan, butuh untuk menentukan trajectory atau lintasan yang dilakukan oleh kaki saat berjalan. Kaki robot dapat diasumsikan sebagai lengan robot. Maka yang dibutuhkan adalah trajectory ujung kaki robot. Saat mengayuh untuk mendorong badan ujung kaki harus berada di *floor*, untuk itu digunakan *cartesian motion* yaitu menggunakan garis

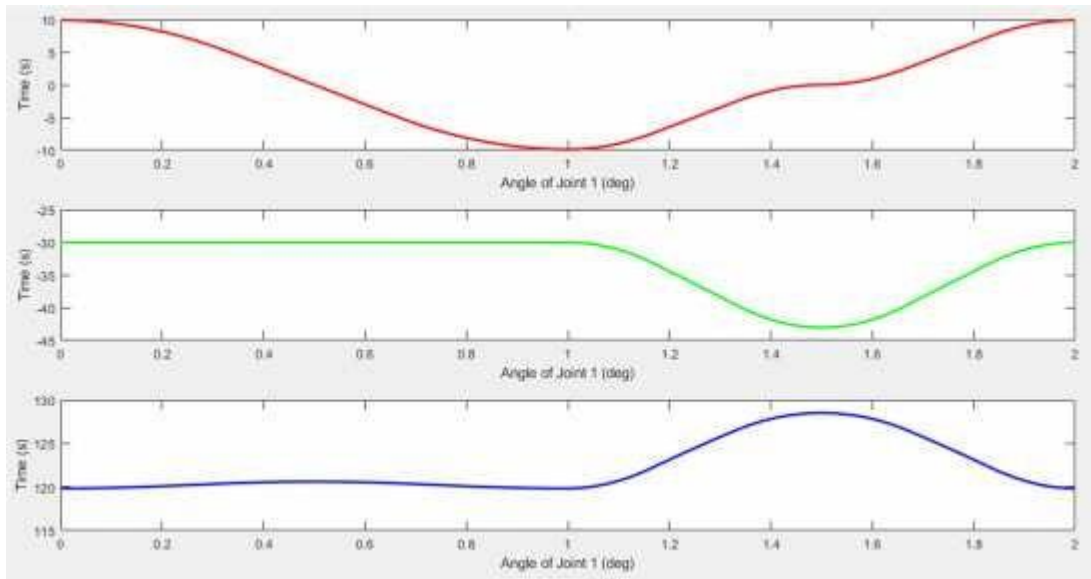
lurus untuk berpindah dari titik awal ke tujuan. Sedangkan untuk gerakan *hop* atau kaki melangkah menggunakan *joint-space motion*.

Pada Gambar 5.4 a panjang masing link yang digunakan untuk simulasi pada kaki adalah sebagai berikut: $L1 = 41\text{mm}$, $L2 = 80\text{mm}$, dan $L3 = 120\text{mm}$. Trajectory kaki dibuat menggunakan *Robotics Toolbox* dari *Peter Corke*. Setting kaki pada kaki robot saat berjalan seperti ditunjukkan Gambar 5.6 a. Pada Trajectory Generation digunakan swing angle $\theta_{\text{swing}} = 20^\circ$, Plot trajectory kaki adalah sebagai berikut, ditunjukkan oleh garis merah putus-putus (Gambar 5.6 b).



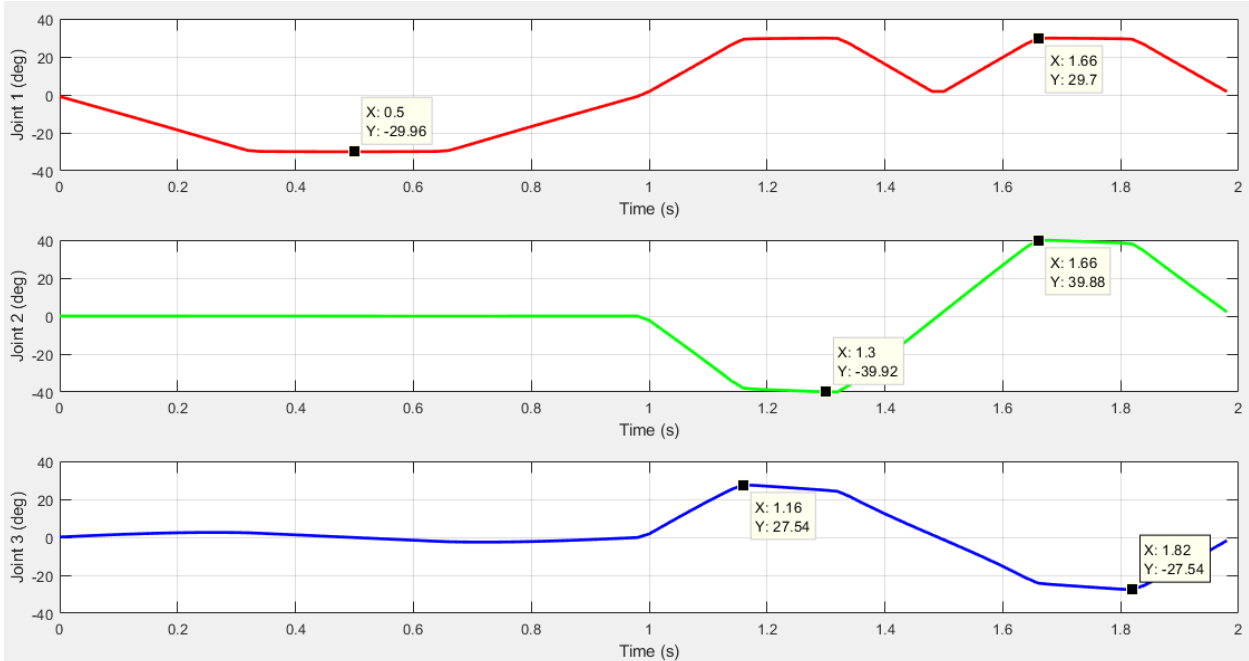
(b) (b)
Gambar 5.6 Trajectory kaki robot (a) kaki pada bidang X-Y (b) plot trajectory kaki

Plot Sudut Hasil Inverse Kinematik dari trajectory disajikan pada grafik Gambar 5.7 yang menunjukkan bahwa pergerakan kaki antara masing-masing posisi bergerak sesuai grafik berikut:



Gambar 5.7 Grafik plot sudut hasil *Inverse Kinematic*

Plot sudut hasil *inverse kinematic* kemudian diturunkan menjadi kecepatan sudut servo seperti gambar 5.8.



Gambar 5.8 Kecepatan sudut servo kaki robot

Kecepatan sudut servo masing-masing kaki pada saat bergerak dengan mode kaki. Supaya prototipe robot sesuai dengan desain model maka kecepatan sudut minimum servo adalah $-39.92^\circ/s$

Tabel 5.2 Tabel kecepatan servo

Joint / Servo ke	Kecepatan Sudut Maksimum	Kecepatan Sudut Minimum
1	29.7°/s	-29.96°/s
2	39.88°/s	-39.92°/s
3	27.54°/s	-27.54°/s

5.6. Luaran

Luaran penelitian berupa konsep yang dimodelkan dan diuji dengan menggunakan *software*. Prototype produk dalam proses pembuatan dan diuji dilaboratorium yang dikondisikan. Konsep model telah **Accepted** ke dalam International Conference (INCONISCSE 2018) dan akan dipublikasikan pada **Journal of Physics Conference Series (JPCS)** seperti yang tersaji pada tabel 5.3.

Tabel 5.3. Tabel luaran hasil penelitian

No	Judul artikel	Jurnal/ conference	Status	Keterangan
1.	The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation	2018 International Conference on Information System Computer Science and Engineering (ICONISCSE)	Accepted	Lampiran 1

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini di tahun pertama menghasilkan Model robot berkaki & beroda (KAROT) yang memiliki 2 roda samping dan sebuah madwheel di bagian depan dan memiliki 4 buah kaki (*quadpod*) dapat berubah fungsi sesuai dengan medan yang akan dilaluinya.

Saran dalam perancangan modelling robot perlu memperhatikan jenis, ukuran ketebalan bahan yang akan digunakan. Perlu kajian lebih mendalam tentang bahan yang sesuai dengan konsep robot yang akan dibuat, sehingga robot yang dibuat tidak terjadi banyak perubahan bentuk atau ukuran dari rancangan.

DAFTAR PUSTAKA

DRN (2016) *Agenda Riset Nasional 2016-2019*.

Grand, C., Benamar, F., Plumet, F. and Bidaud, P. (2004) 'Stability and Traction Optimization of a Reconfigurable Wheel-Legged Robot', *The International Journal of Robotics Research*. SAGE Publications, 23(10-11), pp. 1041–1058. doi: 10.1177/0278364904047616.

Ignell, N. B., Rasmusson, N. and Matsson, J. (2012) 'An overview of legged and wheeled robotic locomotion.'

Jacobsen, S., Smith, F. M., Olivier, M. and Maggio, C. S. (2006) '(12) United States Patent.' United States: Salt Lake City, UT (US).

Kim, Y.-S., Jung, G.-P., Kim, H., Cho, K.-J. and Chu, C.-N. (2014) 'Wheel Transformer: A Wheel-Leg Hybrid Robot With Passive Transformable Wheels', *IEEE Transactions on Robotics*, 30(6), pp. 1487–1498. doi: 10.1109/TRO.2014.2365651.

LP3M-UMMagelang (2016) *RENCANA INDUK PENELITIAN UMMagelang 2016-2020*.

Nuryanto, N. and Widiyanto, A. (2016) 'RANCANG BANGUN MOBILE ROBOT 2WD DENGAN 2 SENSOR HC-SRF05 UNTUK', in *Semnasteknomedia*. Yogyakarta: STMIK Amikom, pp. 35.25 – 35.30. Available at: <http://ojs.amikom.ac.id/index.php/semnasteknomedia/article/view/1211/1326>.

Rahmawan, A. and Prahasto, T. (2013) 'Optimasi Gripper Dua Lengan dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom)', *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 1(2), pp. 9–16.

S.K. Saha, T. (2010) 'Denavit and Hartenberg (DH) Parameters Fixed Base End-effector', in *Introduction to Robotics*. New Delhi,: Tata McGraw-Hill, pp. 1–7.

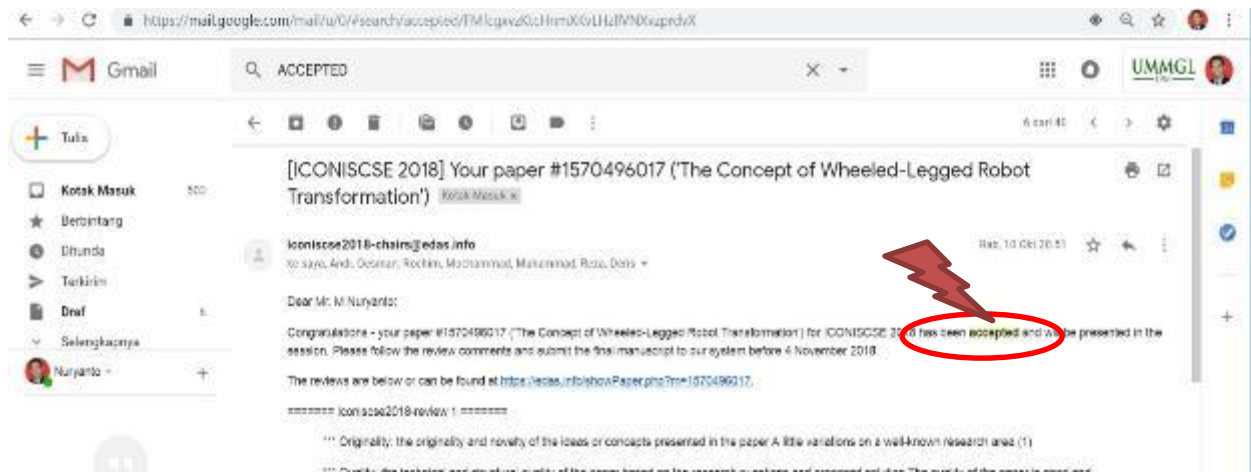
Shen, S.-Y., Cheng-Hsin Li, Cheng, C.-C., Lu, J.-C., Wang, S.-F. and Lin, P.-C. (2009) 'Design of a leg-wheel hybrid mobile platform', in *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, pp. 4682–4687. doi: 10.1109/IROS.2009.5353958.

Widiyanto, A., Nuryanto, N. and Widodo, E. M. (2016) 'COMPACT ANDROID APPLICATION UNTUK MENGONTROL BLUETOOTH RC-CAR YANG DILENGKAPI IP CAM', in *Semnastikom*. Lombok: STMIK Bumigora, pp. 28–29. Available at: <http://semnastikom.stmikbumigora.ac.id/upload/makalah/125.pdf>.

Lampiran 1. Bukti luaran penelitian (Seminar)

No	Judul artikel	Jurnal/ conference	Status	Keterangan
1.	The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation	2018 International Conference on Information System Computer Science and Engineering (ICONISCSE)	Accepted	Lampiran 1

Email ACCEPTED paper di ICONISCSE 2018



The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation

Nuryanto¹, Andi Widiyanto¹, Oesman Raliby¹, Rochim Widaryanto¹ and Mochammad Ariyanto²

¹Engineering Faculty, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia
email: nuryanto@ummgl.ac.id, andi.widiyanto@ummgl.ac.id, Oest72@gmail.com, rochimxwidaryanto@gmail.com

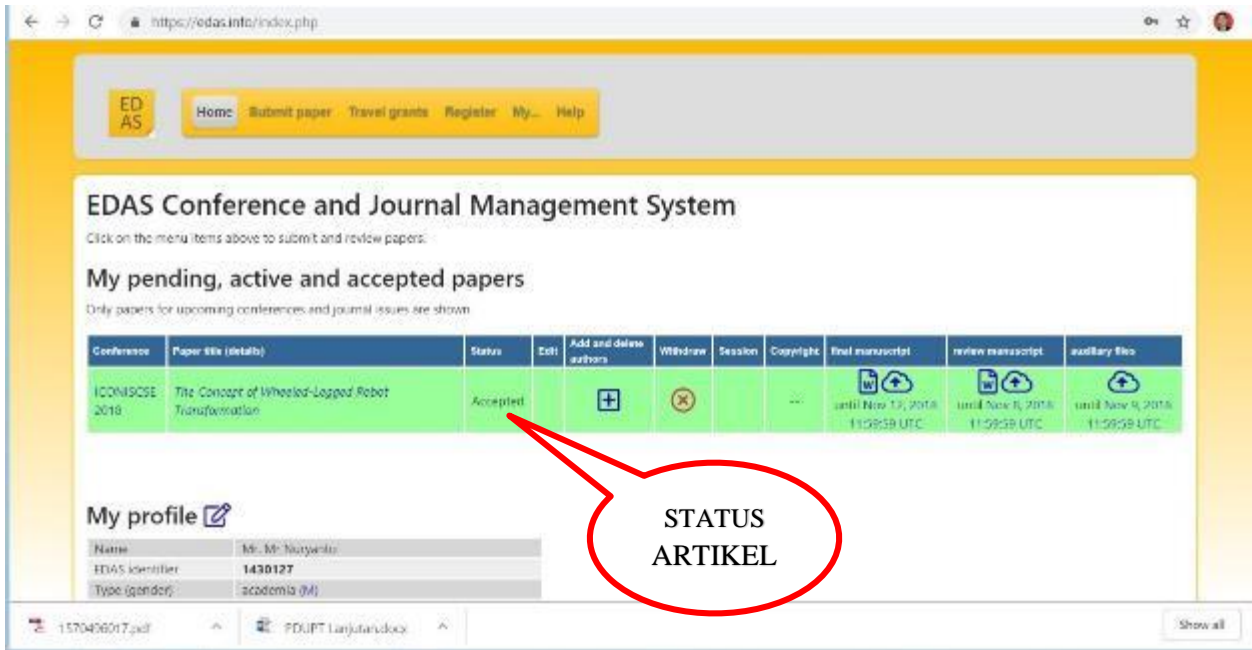
²Department of Mechanical Engineering, Diponegoro University, Semarang, Indonesia; email: mohammad_ariyanto@ft.undip.ac.id

Abstract. Some exploration processes that are not possible for humans need special tools such as mobile robots. The mobile robot uses wheeled or legged robot to drive the motion. The previous research has focused on changing the shape of leg-wheel so that it is not as good as the actual model. In this study, we propose 'Karat', a mobile robot that has legs and wheels. The robot can select the type of locomotion such as using wheel or leg. The kinematics model for transforming from wheeled mode to legged mode is modelled in this study. The legged mode is activated when the legs are below the wheels. For the wheeled mode of the Karot, the forelegs will be lifted up then folded forward, while the rear legs will bend upwards. The maximum angle for transforming from legged to wheeled mode is 40° .

1. Introduction

Commonly, a mobile robot is a robot that can move around by using wheels. The type of mobile robot based on how it moves is divided into two types, namely wheel robots and legged robots [1]. A wheeled robot is used to pass flat roads, while a legged robot is utilized for areas that are bumpy or erratic. On the flat surfaces of wheeled robots, the design is easier, cheaper and energy efficient than legged robot because it has far fewer parts. A legged robot makes it possible to pass through fields that are too soft, slippery, or even rocky that wheeled robots cannot move [2].

Status paper di EDAS.info



The screenshot shows the EDAS Conference and Journal Management System interface. At the top, there is a navigation menu with options: Home, Submit paper, Travel grants, Register, My..., and Help. Below the menu, the main heading reads "EDAS Conference and Journal Management System" with a sub-note: "Click on the menu items above to submit and review papers." The section "My pending, active and accepted papers" includes a sub-note: "Only papers for upcoming conferences and journal issues are shown." A table lists the paper details:

Conference	Paper title (details)	Status	Edit	Add and delete authors	Withdraw	Session	Copyright	Final manuscript	review manuscript	auxiliary files
ICONICSE 2018	The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation	Accepted					---	until Nov 13, 2018 11:59:59 UTC	until Nov 6, 2018 11:59:59 UTC	until Nov 6, 2018 11:59:59 UTC

Below the table, the "My profile" section displays the following information:

Name	Mr. M. Nuryanto
EDAS identifier	1430127
Type (gender)	academia (M)


A red callout bubble points to the "Accepted" status in the table, containing the text "STATUS ARTIKEL".

Lampiran 2. Bukti luaran penelitian (Publikasi)

No	Judul artikel	Jurnal/ conference	Status	Keterangan
1.	The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation	Has been accepted to be published online in the Journal of Physycs: Conference Series (JPCS): Material Science and Engineering	Accepted	Lampiran 2

Letter of Acceptance

Artikel akan Publish di Journal of Physics Conference Series



The 2018 International Conference on Information System Computer Science and Engineering (ICONISCSE2018)

October, 20th 2018

Letter of Acceptance (LoA)

Dear **Mr. Nuryanto**,

Congratulations - We are pleased to inform you that your paper:

#1570496017: ("The Concept of Wheeled-Legged Robot Transformation")


has been **ACCEPTED** and will be presented in the ICONISCSE 2018 parallel session. The conference will be held on **November, 26th-27th 2018** in **Palembang, Indonesia**.

Please submit your final paper and make the payment for registration fee before November 9th, 2018. After making the payment, please confirm your attendance by register via following link <http://bit.ly/FORM-ICONISCSE2018-Presenter>.

For further information, please kindly visit our website for more information <http://iconiscse.org/>.

All accepted, registered and presented papers will be published in the open access **Journal of Physics: Conference Series (JPCS), published by **IOP Publishing indexed in Scopus**, as well as **EI Compendex and Inspec**.**

Regards,
ICONISCSE 2018 chairs



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

H Index journal

Journal of Physics: Conference Series

Country: United Kingdom - **III**: SJR Ranking of United Kingdom

Subject Area and Category: Physics and Astronomy
Physics and Astronomy (miscellaneous)

Publisher: Institute of Physics

Publication type: Journals

ISSN: 17426588, 17426596

Coverage: 2005-ongoing

Scope: From 1 January 2010, IOP Publishing's open access proceedings titles no longer require authors to sign and submit copyright forms. For the following titles -Journal of Physics: Conference Series -IOP Conference Series: Materials Science and Engineering -IOP Conference Series: Earth and Environmental Science assignment of copyright forms are being replaced by a publishing licence under which authors retain their copyright. Please note that our regular journals are unaffected by this change.

59
H Index

