

PERANCANGAN KENDARAAN TANPA AWAK (*UNMANNED GROUND VEHICLE*) UNTUK MISI PEMANTAUAN BENCANA

Naufal Arif Prasetyo dan Herianto

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: herianto@ugm.ac.id

Abstrak

Kendaraan tanpa awak atau yang juga dikenal dengan UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) adalah sebuah kendaraan yang dapat menjalankan misi pemantauan tanpa seorang pengemudi di dalam kendaraan. Pengembangan UGV sangat diperlukan khususnya untuk konstruksi dan mekanismenya agar dapat terus beroperasi dalam berbagai kondisi lapangan. Penelitian tentang UGV telah dilakukan dengan tahap merancang bentuk UGV, manufaktur UGV dan juga melakukan pengujian terhadap UGV. Dalam penelitian ini misi dari UGV adalah melakukan penginderaan sekitar dan mampu melakukan pemantauan pada situasi bencana. Pengujian telah dilakukan untuk mengetahui kinerja UGV. Dari pengujian telah diperoleh UGV yang mampu berfungsi untuk berbagai kondisi pengujian yang telah diberikan.

Keyword: UGV, Kendaraan tanpa awak, pemantauan bencana, tele-operasi

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi robotika dewasa ini sangat pesat, termasuk pada bidang sistem *autonomous* yang memunculkan UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). UGV adalah sebuah robot yang digunakan sebagai pengganti bagi manusia pada daerah-daerah berbahaya atau mustahil yang tidak dapat dimasuki oleh manusia. UGV banyak digunakan untuk keperluan militer, misi sipil, seperti pemetaan bencana, penyelamatan, dan sebagainya [1-3].

UGV konvensional yang banyak dipasarkan adalah UGV dengan penggerak roda, dimana penggerak roda memiliki keterbatasan dalam medan jelajahnya. Pada akhir - akhir ini UGV mulai berkembang ke arah penggunaan track karena memiliki daya jelajah yang lebih baik, seperti di daerah pasir atau daerah miring. Tetapi penggunaan track disini dapat mengakibatkan beban UGV yang besar [4], UGV yang beredar di pasaran memiliki berat rata rata 35 Kg

dan jarak jelajah terbatas, maka dari keterbatasan jarak jelajah UGV tersebutlah pada saat terjadinya bencana UAV (*unmanned aerial vehicle*) yang sering digunakan untuk pemantauan bencana, namun UAV memiliki kelemahan sendiri dimana UAV tidak bisa sedekat mungkin dengan daerah bencana. Sehingga, UAV tidak mampu mengambil gambar secara *real time* dan data secara lengkap mengenai daerah bencana.

Dengan melihat kelemahan - kelemahan dari UGV yang ada saat ini, dibutuhkan pengembangan terhadap UGV yang menggunakan penggerak track sehingga dapat mendukung UGV yang memiliki jarak jelajah tinggi, dan juga dilengkapi dengan kemampuan melewati medan-medan berat di lapangan.

2. Unmanned Ground Vehicle

Kendaraan tanpa awak adalah sebuah kendaraan yang beroperasi di darat dan tanpa dikendalikan manusia secara langsung. Umumnya, UGV

misinya seperti sensor dan kamera untuk mengamati lingkungan.

UGV terdiri dari empat kelas, empat kelas (teleoperated, semiotonom,

Tabel 1: Keuntungan dan kerugian jenis-jenis motor penggerak UGV

Tipe Motor	Keuntungan	Kerugian	Keterangan
Motor DC	+Mudah di kontrol(Torsi dan kecepatannya) +RPM tinggi	-Posisi sulit di kontrol -Memerlukan gear untuk menurunkan speed -Perlu driver tambahan -Ukuran besar	DC motor ideal untuk digunakan menggerakkan UGV dimana diperlukan kecepatan dan torsi motor tinggi. Serta kecepatan yang mudah diatur untuk mengendalikan gerak dari UGV
Motor Servo	+Ukuran kecil dan simple(berbentuk kotak) +Akurasi posisi tinggi	-Jarak putaran terbatas -Kecepatan rendah	Motor Servo ideal digunakan untuk penggerak tambahan UGV dimana lengan robot butuh kepresisian tinggi untuk melakukan tugasnya.
Motor Stepper	+Akurasi posisi tinggi +Torsi putaran tinggi	-Membutuhkan kontroller motor -Digerakan dengan gelombang pulse(butuh driver tambahan) -Sulit untuk dikontrol	Motor stepper tidak digunakan karena setiap putaran roda utama UGV tidak perlu ketelitian tinggi, dan juga karena pengendalian yang sulit maka motor stepper tidak cocok untuk digunakan dalam UGV.

Tabel 2: Keuntungan dan kerugian masing masing penggerak dari UGV

Tipe Penggerak	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
Roda	1. Tersedia Banyak. 2. Setiap roda digunakan untuk tempat yang berbeda 3. Torsi pendorong motor rendah 4. Kecepatan tinggi	1. Mobilitas kurang. 2. Tidak dapat melaju di tanah. 3. Gesekan lebih sedikit daripada track 4. Beban yang ditujukan pada tanah besar. 5. Tidak dapat melewati hambatan yang tinggi semacam gundukan vertikal atau tangga.	Penggunaan roda tidak cocok untuk jenis UGV yang dibuat karena roda akan membatasi gerak dari UGV. UGV sendiri mempunyai sifat beradaptasi yaitu mampu beradaptasi terhadap segala kondisi yang ada.
Track	1. Mampu berjalan pada segala jenis medan. 2. Dapat melaju di tempat yang lembut seperti tanah. 3. Beban yang ditujukan ke jalan lebih kecil daripada roda. 4. Dapat melewati setiap halangan	1. Variasi jenis terbatas. 2. Torsi yang dibutuhkan menggerakkan track lebih besar daripada roda. 3. RPM motor akan berkurang karena penggunaan track.	Penggunaan track cocok untuk UGV dimana dapat melaju di segala jenis medan. Pertimbangan dari penggunaan track juga lebih besar karena sesuai dengan tujuan misi dari UGV ini yaitu adalah melewati halangan vertikal dan juga tangga

memiliki peralatan yang menunjang

Platform-sentris otonom, dan jaringan-

sentris otonom) masing-masing kelas UGV tersebut membutuhkan teknologi yang berbeda. Perbedaan utama kelas-kelas tersebut adalah ketergantungan robot dalam komunikasi dengan operator dalam menjalankan misinya.

2.1. Komponen Komponen UGV

2.1.1. Chassis

Chassis atau *frame* adalah bagian terpenting dalam suatu UGV dimana semua komponen dari UGV akan melekat pada *frame*. *Frame* bertugas untuk menahan berat dari komponen-komponen tersebut.

2.1.2. Sistem gerak

Ada berbagai jenis motor yang cocok untuk bermacam-macam tujuan. Untuk perbandingan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

2.1.3. Sistem tenaga

Pemilihan sumber tenaga sangatlah penting bagi kesuksesan misi UGV, maka dari itu pemilihan sumber tenaga harus sesuai dengan keuntungan dan kelemahan dari masing-masing sistem.

2.1.4. Cover

Cover digunakan untuk melindungi bagian dalam dari UGV dari panas dan benturan. Karena kekurangan baterai LiPo adalah rentan terhadap panas maka dibutuhkan perlindungan panas yang baik dimana dipilih isolasi termal untuk melindungi komponen UGV dari radiasi.

2.1.5. Roda penggerak

Roda penggerak adalah komponen suatu UGV dimana bagian ini langsung bersentuhan dengan tanah dan juga mengakibatkan UGV dapat bergerak. Pemilihan jenis penggerak sangatlah penting dikarenakan

UGV memiliki fungsi sendiri sehingga setiap komponen yang digunakan harus menunjang fungsi dari UGV tersebut. Perbandingan dari roda penggerak dapat dilihat pada tabel 2.

2.1.6. Sistem Pengelihat

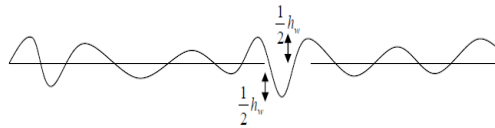
Sistem pengelihat digunakan untuk menyampaikan gambar real time kepada operator jarak jauh. Operator yang mengontrol akan mengetahui kondisi terkini dan menggunakan hasil dari gambar untuk mengambil keputusan selanjutnya. Sistem pengelihat menggunakan kamera yang dilengkapi konektivitas WIFI kemudian disambungkan dengan WIFI receiver pada device seperti *handphone* atau tablet yang kemudian gambar diproses dan ditampilkan pada layar operator.

3. Rintangan Dalam Misi

Didalam daerah yang tidak diketahui, banyak faktor yang dapat menghalangi UGV dalam melaksanakan misinya. Faktor yang paling utama adalah UGV tidak mampu melewati jalanan yang ada sehingga perjalanan UGV akan terhenti. Macam-macam halangan yang sering muncul dalam misi UGV antara lain:

3.1. Tanah tidak rata

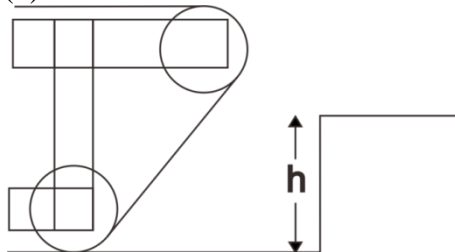
Definisi dari tanah tidak rata terkait dengan tinggi rata-rata batu di jalan yang dapat menghambat laju dari UGV. Dimana UGV harus didesain mampu melewati jalan yang tidak rata tersebut. Jika menggunakan roda yang sejajar maka tinggi batu tidak boleh lebih dari setengah tinggi roda ($1/2h_w$).



Gambar 1. Gambaran skema tanah tidak rata

3.2. Vertical obstacle

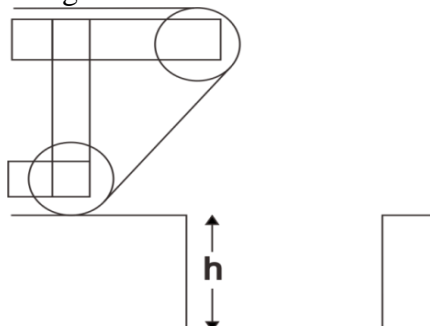
Vertical obstacle atau rintangan vertikal didefinisikan sebagai suatu benda pada jalan yang berdiri vertikal sehingga dapat menghambat kerja UGV. UGV harus dirancang dapat melewati *vertical obstacle* setinggi mungkin jadi dalam menjalanjan misinya UGV tidak akan terhenti karena menabrak suatu *vertical obstacle* tinggi (h).



Gambar 2. Hambatan vertikal

3.3. Horizontal Obstacle

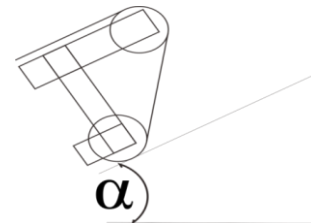
Horizontal obstacle atau rintangan horizontal dapat disebut dengan nama lubang, yaitu dimana suatu bagian dari jalan hilang atau dalam kondisi dibawah dari permukaan disekitarnya. Lubang akan lebih berbahaya dari *vertical obstacle* dimana UGV jika terperangkap dalam lubang dapat menghentikan misi dari UGV.



Gambar 3. Hambatan horizontal

3.4. Tanjakan

Tanjakan adalah rintangan yang paling sering dijumpai dengan nilai yang bervariasi antara 0 sampai hampir 90 derajat. Kenaikan 30 derajat pada lintasan UGV perlu tenaga 2 kali lipat daripada melaju di tanah datar.



Gambar 4. Hambatan tanjakan

3.5. Tangga

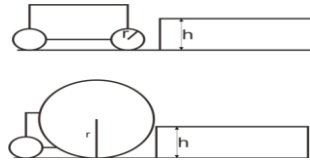
Tangga adalah suatu bagian rumah yang berfungsi menyambungkan dua lintai dengan ketinggian berbeda. tangga dibuat dari bahan – bahan yang di gunakan pada bangunannya dan tergantung pada tujuannya serta menurut selera dari pemilik dan perencana. Tangga terdiri dari anak tangga yang tingginya selalu tepat sama.

4. Desain dan Perancangan UGV

Chassis merupakan perbedaan utama setiap UGV yang menentukan misi yang akan dilakukan oleh UGV tersebut. Chassis akan menentukan kunci sukses dari misi UGV. Misi dari UGV sendiri adalah mampu berjalan di medan yang berat seperti jalan yang tidak rata, miring, dengan halangan vertikal maupun horizontal, melewati tangga, bahkan melewati medan seperti tanah berpasir.

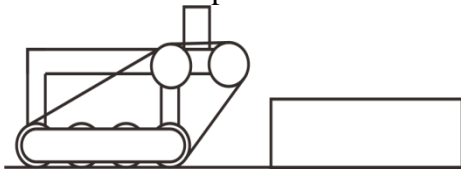
Pada medan tidak rata UGV harus mampu menghindari terjebak pada kondisi jalan yang tidak rata.

Dalam kasus ini ada 2 pilihan pada UGV yaitu jika UGV menggunakan roda maka diameter roda harus lebih besar daripada halangan yang dilewati atau bisa dilihat pada Gambar 5.



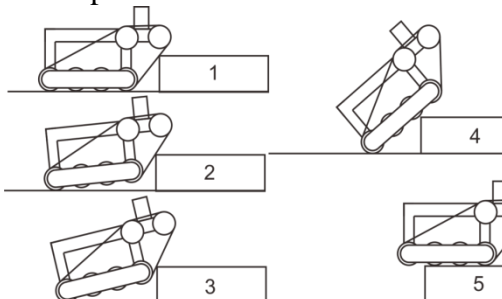
Gambar 5. Ukuran roda UGV untuk melewati hambatan vertikal

Yang kedua jika UGV bersistem gerak track maka panjang track harus lebih panjang daripada rongga dari jalan yang tidak rata atau bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Ukuran roda UGV untuk melewati hambatan vertikal

UGV ini didesain dapat memanjat halangan. Dalam memanjat sistem gerak dari UGV didesain sesuai dengan chassis yang mendukung maka dari itu chassis harus dapat menahan poros poros yang membentuk roda panjat bagi UGV. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.

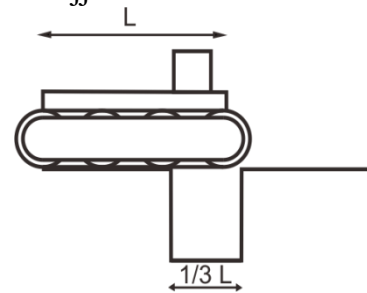


Gambar 7. Chassis UGV dirancang untuk melewati hambatan vertikal

Dapat dilihat pada Gambar 7. UGV memiliki lebih banyak pilihan dengan menggunakan roda panjat.

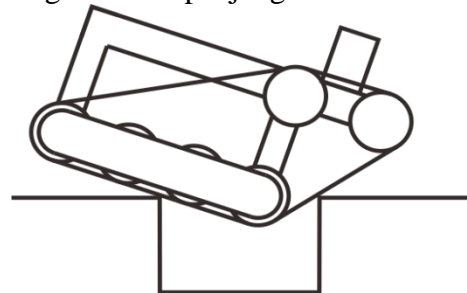
UGV bisa melewati halangan yang jauh lebih tinggi daripada tinggi roda UGV.

UGV harus mampu berjalan diatas lubang dengan baik. Untuk melewati lubang UGV memiliki beberapa cara yaitu salah satunya adalah mengandalkan track yang dapat menyangga UGV untuk membantu tetap berdiri diatas lubang. Tetapi karena panjang track dari UGV terbatas yang bisa melintasi lubang, track hanya bisa melewati lubang yang lebarnya $\frac{1}{3}L$ dari panjang track seluruhnya [5] seperti ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Chassis dengan track biasa untuk melewati hambatan horizontal

UGV ini dirancang sebuah penyangga yang akan menyangga UGV dari terjatuh dari lubang sehingga UGV akan tetap ditopang oleh roda-roda penggeraknya sehingga mampu melewati lubang dengan lebih efektif daripada hanya mengandalkan panjang track.



Gambar 9. Chassis rancangan UGV untuk melewati hambatan horizontal

Gambar 9. Diatas menunjukkan perbedaan dari jarak yang dapat ditempuh dengan

menggunakan tambahan sebuah alat bantu untuk melewati lubang. Alat bantu tersebut mampu menyangga UGV dari terjatuh dari lubang. Sudut dari alat ini harus diperhitungkan karena alat ini akan membiarkan UGV jatuh dan kemudian memanjat naik dengan menggunakan kedua motornya.

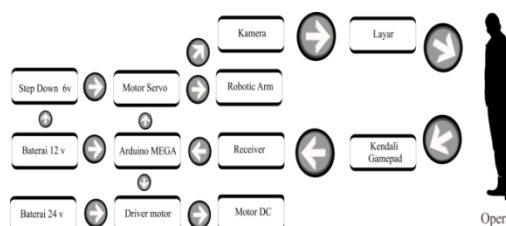
5. Hasil dan Pembahasan



Gambar 10. UGV yang telah selesai dimanufaktur

Dari desain kemudian UGV dimanufaktur hingga menghasilkan UGV dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensi	
Panjang	: 770,25 mm
Lebar	: 390 mm
Tinggi	: 373 mm
Berat	:
Kecepatan(max)	: 4 km/jam
Penggerak utama	: 2x Motor PG 45M775
Jarak sinyal	: 46 m
Waktu Operasi	: 38 menit
Jarak Jelajah max	: 2,5 Km
Tanjakan maksimal	: 45 derajat
Halangan Horisotal	: 30 cm
Halangan vertikal	: 18 cm

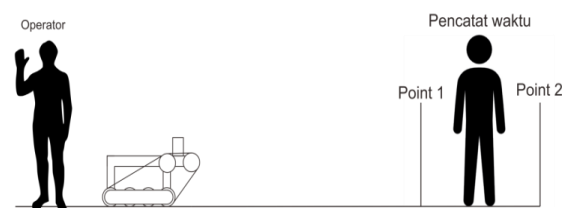


Gambar 11. Sistem cara kerja UGV

Untuk cara kerja dari UGV ini dapat dilihat dari Gambar 12. Dari gambar tersebut dapat dilihat sistem dari UGV sendiri yaitu UGV pergi ke lapangan dan mengambil sampel dan gambar dari kamera, yang kemudian diteruskan ke layar *interface* milik operator, setelah itu operator memberi perintah berdasarkan gambar yang ditangkap oleh UGV menggunakan kendali *gamepad* secara *wireless* yang kemudian diterima oleh modul *receiver* pada arduino. Arduino memproses data yang diberikan oleh operator dan memberikan aksi berdasar oleh program yang sudah tertanam pada memori arduino. Kemudian arduino memberikan tindakan sesuai dengan perintah operator dengan menggunakan *driver motor* yang terhubung langsung dengan motor DC atau dengan motor servo yang digunakan sebagai penggerak kamera dan *robotic arm*.

UGV melaksanakan misi pemantauan daerah bencana untuk mendapatkan data berupa video *real-time*, sampel dan foto darat. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali di Jurusan teknik mesin dan industri.

UGV secara manual dikendalikan dengan *joystick*. UGV ditempatkan pada titik awal pemantauan.



Gambar 12. skema pengambilan data dari UGV

Berikut ini menunjukkan hasil pada pengambilan data yang pertama.

Tabel 3: Hasil pengujian pertama

Jenis Lintasan	Kecepatan (1 m s)	Error
Lantai Licin	1 m = 0,9 s = 4 km/jam	20 derajat saat berjalan lurus
Jalan dilapisi semen	1 m = 1 s = 3,6 km/jam	5 derajat saat berjalan lurus
Jalan tanah	-	Roda tersangkut kerikil
Jalan berumput	-	Roda tersangkut rumput
Jalan berpasir	-	Roda terkena pasir, pasir masuk ke pulley, mengakibatkan pulley tidak bisa berputar
Jalan penuh kerikil	-	Roda tersangkut kerikil

Dari pengujian ini didapat bahwa untuk UGV berjalan pada lantai licin memiliki kecepatan 4 km/jam sedangkan untuk lantai tanah UGV dapat mencapai 3,6 km/jam. Sedangkan untuk kondisi jalan lainnya seperti jalan tanah, pasir dan kerikil UGV mengalami kendala dalam berjalan karena kerikil kecil yang masuk melalui samping dari track UGV, pasir yang masuk melalui samping juga membuat salah satu gear pada sisi kanan berhenti berputar karena masuk pada celah bearing. Selain itu pada lintasan berumput UGV juga mengalami kendala yang sama yaitu rumput yang disapu track depan masuk melalui samping dari UGV dan menghambat kerja *gear* penggerak pada track.



Gambar 13, UGV saat pengambilan data di lintasan semen

Pengujian lainnya adalah pengujian terhadap hambatan yang dapat dilalui UGV ada 4 hambatan utama yaitu hambatan vertikal, hambatan horizontal, tanjakan, dan juga tangga. Dengan hasil yang didapatkan yaitu UGV mampu melewati hambatan horizontal dan tanjakan karena desain sudah sesuai dengan hambatan dan juga motor yang cocok untuk digunakan pada hambatan. Kemudian pada halangan vertikal dan untuk menaiki tangga UGV mengalami kesulitan dikarenakan motor tidak kuat untuk menahan beban robot naik melalui hambatan, setelah percobaan ini UGV mengalami perbaikan dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian ke 2.

Tabel 4: Hasil pengujian pertama

Jenis Hambatan	Hasil Pengujian
Horizontal	Dapat melewati selokan gedung C
Vertikal	Naikan 12 cm torsi kurang
Tanjakan	Dapat melalui tanjakan gedung C
Tangga	Tangga 15 cm torsi kurang

Kemudian dilakukan pengambilan data ke-2 terhadap kemampuan UGV dalam melewati hambatan dan didapatkan hasil

Tabel 5: Hasil pengujian kedua

Jenis Hambatan	Hasil Pengujian
Vertikal	Dapat melewati hambatan setinggi 12 cm
Horisontal	Dapat melewati selokan geung C dengan jarak antar tepi 15 cm
Tanjakan	Mampu melewati tanjakan 30 derajat
Tangga	Mampu melewati tanjakan lab paksima setinggi 10 cm

Pada percobaan kedua ini didapat hasil UGV mampu melewati hambatan horizontal, vertikal, tanjakan dan juga dapat melewati tangga tanpa mengalami masalah.

Dan setelah itu dilanjutkan dengan pengambilan data ke-3 dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6: Hasil pengujian ketiga

Jenis Lintasan	Kecepatan (m/s)	Error
Lantai Licin	1m=1,3 s= 2,77 km/jam	5 derajat belok ke kanan
Jalan dilapisi semen	1m=1,2 s= 3 km/kam	-
Jalan tanah	1m=2,75s=1,31 km/jam	-
Jalan berumput	1m=3,4s=1,058 km/jam	7 derajat belok mengikuti arah rumput
Jalan berpasir	1m=2,2s=1,636 km/jam	-
Jalan penuh kerikil	1m=4s=0,9 km/jam	-

Dari pengujian ini didapat bahwa untuk UGV berjalan pada lantai licin mampu menempuh 1 meter dalam 1,3 detik sedangkan untuk lantai tanah UGV dapat menempuh 1 meter dalam 1,2 detik. Sedangkan untuk kondisi jalan lainnya seperti jalan tanah ugv dapat menempuh 1 meter dalam 2,7 detik, pada lintasan rumput dan penuh kerikil UGV paling mengalami kesulitan tetapi dapat menempuh *check point* 1 meter dalam 3,4 detik dan 4 detik. Rumput dan kerikil UGV memberi kendala pada UGV dikarenakan karena permukaan jalan yang tidak rata, Untuk jalan berpasir UGV mampu melewati *checkpoint* dalam 2,2 detik.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian untuk merancang memanufaktur dan mengembangkan UGV untuk misi pemantauan bencana telah berhasil dilakukan. Hasil akhir UGV yang telah dirancang berdasarkan batasan masalah telah berhasil dirakit dan

selesai dilakukan pengujian. Pengujian UGV melalui 3 percobaan dan dari ketiga pengujian tersebut dapat diketahui UGV mampu melewati berbagai jenis kondisi yang terjadi pada lingkungan pada penelitian ini adalah lingkungan tanah, berpasir, berumput dan juga jalan yang dipenuhi dengan kerikil. Sistem elektronis UGV mampu bekerja dengan baik menunjang sistem mekanis untuk melakukan misinya. UGV mampu melewati halangan berupa hambatan vertikal dan horizontal dan juga hambatan lain seperti tanjakan dan tangga tanpa masalah. Diketahui berat dari UGV adalah 15 Kg dan juga UGV mampu beroperasi maksimal 38 menit.

Referensi:

- [1]Chen, Ming-Chih,.Chen, Chien-Hsing,. 2015. *Design of Unmanned Vehicle System for Disaster Detection*. Department of Electronic Engineering, National Kaohsiung First University of Science and Technology, Taiwan.
- [2]Appelqvist, Pekka.,Knuuttila, Jere., 2010, *Mechatronics Design of an Unmanned Ground Vehicle for Military Applications*, Helsinki University of Technology, Finland.
- [3]Fofilos, Panayiotis,. 2011. *KERVEROS I: An Unmanned Ground Vehicle for Remote-Controlled Surveillance*. Department of Aeronautical Sciences, Hellenic Air Force Academy, Greece
- [4]Huang, J. W. (2006). “Wheels vs. tracks” – A fundamental evaluation from the traction perspective. *Journal of Terramechanics* , 27-42.
- [5]Minghui, Zhang., 2009, *AM18 All-terrain UGV*, National

University of Singapore,
Mechanical Engineering,
Singapore.