

PERANCANGAN WAHANA ROBOT BERODA ENAM DENGAN BATANG DIFERENSIAL UNTUK LAHAN PERTANIAN

Abqori Aula¹, Syaifurrahman²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

^{1,2}Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia

¹abqoriaula@ee.untan.ac.id

²syaifurrahman@untan.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 19-10-2023
revisi : 09-12-2023
diterima : 10-12-2023
dipublish : 30-12-2023

ABSTRAK

Penjelajah terbaru NASA, Perseverance, dikenal luas karena kemampuannya dalam segala medan. Sistem suspensi utamanya, yang disebut sistem rocker-bogie, telah menjadi daya tarik bagi para penggemar robot dan peneliti akademis karena desainnya yang sederhana namun efektif. Sejak diperkenalkan, mekanisme suspensi ini telah dieksplorasi dan diuji lebih lanjut untuk berbagai tujuan dan bidang penerapan. Makalah ini mengusulkan desain dan pengembangan wahana robot yang memanfaatkan kemampuan penjelajah Mars untuk menjelajahi medan pertanian tidak rata yang biasanya ditemukan di kawasan setempat. Sistem robot yang diusulkan bertugas menjelajahi ladang pertanian secara mandiri. Ini dapat ditugaskan untuk berbagai tujuan, seperti inspeksi tanah, pemeriksaan cuaca, pemetaan umum, dan ekstraksi sampel. Prototipe kami dirancang dan dibangun untuk mengevaluasi kemampuan penjelajahan, kapasitas akomodasi sensor, serta kebutuhan listrik dan elektronik. Hasil awal menunjukkan bahwa wahana robot dapat bekerja dengan baik dalam menjelajahi medan yang tidak rata di peternakan skala laboratorium dan dapat mengakomodasi berbagai sensor, baik yang ditempatkan di dalam kandangnya atau ditempatkan pada lengan robotnya.

Kata kunci: Pertanian pintar; multi-guna; wahana robot; suspensi rocker-bogie; batang diferensial

ABSTRACT

NASA's latest rover, *Perseverance*, is widely known for its all-terrain capability. Its main suspension system, the so-called rocker-bogie system, has been an attraction for both robotic enthusiasts and academic researchers due to its simple yet effective design. Since its introduction, this suspension mechanism has been further explored and experimented with for different purposes and areas of application. This paper proposes the design and development of a robotic platform utilizing the mentioned capability of the Mars rover to explore the uneven terrain of farming fields usually found in local precincts. The proposed robot system is tasked with autonomously exploring the farming field. It can be tasked with a variety of purposes, such as soil inspection, weather checking, general mapping, and sample extraction. Our prototype is designed and built to evaluate the exploring capability, the sensor accommodation capacity, as well as the electrical and electronic requirements. Preliminary results show that the robot platform can perform well in roving the uneven terrain of a lab-scaled farm and can accommodate a variety of sensors, either placed inside its enclosure or placed on its robotic arm.

Keywords: Smart farming; multi-purpose; robotic platform; rocker-bogie suspension; differential bar

PENDAHULUAN

Penggunaan robot dalam kegiatan industri semakin meningkat seiring dengan semakin matangnya perkembangan teknologi robotika. Robot telah menjadi bagian dalam pembangunan sosial dan ekonomi manusia. Saat ini, bentuk robot mencakup perbendaharaan bentuk yang sangat besar termasuk wahana beroda (*wheeled robot*) (Djauhari & Sansoso, 2021; Tamam, 2023), robot dengan lengan manipulator (*mobile manipulator*), robot berkaki (Firasanto & Supriadi, 2022), robot humanoid (Assuja, 2023), robot bawah air (Sekarsari, Nuryadi, & Rizal, 2023), robot mirip binatang, dan sebagainya (Rubio, Valero, & Llopis-Albert, 2019). Semua robot ini berkontribusi dalam satu atau lain cara untuk perbaikan kehidupan manusia, yaitu dalam lini industri, pertanian, teknis, dan sosial. Manfaat penggunaan robot bergerak otonom dan cerdas dalam aplikasi medis, bantuan, dan layanan sangat banyak, serta

dampak positifnya di era masyarakat modern terus meningkat.

Dalam makalah ini, istilah robot bergerak merujuk pada istilah *mobile robot* dan mengacu pada robot beroda maupun berkaki. Robot bergerak atau *mobile robot* didefinisikan sebagai robot yang mampu berpindah tempat secara otonom tanpa campur tangan operator manusia (Cebollada, Payá, Flores, Peidró, & Reinoso, 2021). Tidak seperti robot industri yang perpindahannya terbatas di area kerja saja, robot bergerak memiliki keistimewaan tersendiri, yaitu mobilitas yang tinggi (Alatise & Hancke, 2020). Hal ini menyebabkan robot bergerak sangat cocok untuk diterapkan pada lingkungan yang beragam. Terdapat berbagai jenis robot bergerak yang digunakan dalam industri dan masyarakat modern. Secara khusus, (Alatise & Hancke, 2020) dan (Rubio, Valero, & Llopis-Albert, 2019), membagi kategori-kategori berikut pada robot bergerak:

- robot bergerak dan manipulator di pabrik dan industri,
- robot bergerak di masyarakat umum (penyelamatan, bimbingan, rumah sakit),
- robot bergerak untuk layanan rumah (pembersihan, layanan lain),
- robot bergerak bantu (kursi roda otonom, layanan manipulator bergerak untuk penyandang disabilitas),
- robot bergerak jarak jauh (*telerobot*) dan robot web,
- aplikasi robot bergerak lainnya.

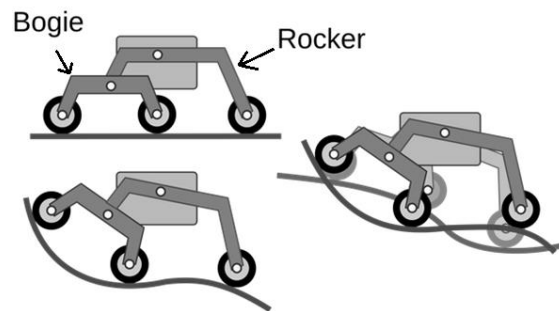
Beberapa aplikasi di atas menggambarkan kepentingan dan nilai dari robot bergerak untuk mencapai kualitas hidup manusia yang lebih baik dalam berbagai bidang. Tujuan dari penelitian ini adalah menelaah dan merancang suatu wahana robot darat yang universal. Diharapkan wahana ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan dan fungsi. Wahana robot yang diusulkan dalam makalah ini terinspirasi oleh robot penjelajah (*rover*) NASA, terutama dalam hal suspensi roda yang digunakan untuk mengarungi daratan yang tak rata. Sistem suspensi tersebut dikenal dengan istilah *rocker-bogie suspension system*.

Makalah ini ditata sebagai berikut: pembahasan teori suspensi *rocker-bogie* di bab berikutnya, metodologi penelitian disampaikan kemudian. Setelah itu, hasil dipaparkan hasil penelitian dan ditutup oleh kesimpulan.

TEORI ROCKER-BOGIE SUSPENSION

Sistem suspensi ini diperkenalkan pertama kali oleh tim *Mars Pathfinder* dan *Mars Exploration Rover* (MER) milik NASA tahun 1997 (Harrington & Voorhees, 2004). Alasan utama penggunaan mekanisme suspensi *rocker-bogie* ini berhubungan

dengan kemampuan untuk menjelajahi dataran Planet Mars yang keras berbatu, tidak datar bahkan belum diketahui karakteristik tanahnya. Kelebihan khusus dari sistem suspensi ini adalah kemampuannya untuk memanjat hambatan yang berukuran dua kali diameter rodanya (Vigneshwaran, Siddhartha, Vijay, & Kumar, 2019) (Nethmal, 2019). Gambar 1 berikut mengilustrasikan sistem suspensi *rocker-bogie* (Stoller-Conrad, 2023).



Gambar 1. Bentuk umum suspensi *rocker-bogie*

Sebagian penelitian terdahulu memfokuskan pada perancangan perangkat keras robot, terutama pada segi mekanika suspensi *rocker-bogie* yang disesuaikan terhadap tujuan dan fungsi dari wahana robot ini (Cosenza, 2023; Nicolella, Niola, Pagano, Savino, & Spirito, 2022). Ada juga penelitian yang menitikberatkan pada kehandalan sistem kendali robot dalam bergerak sambil mengarungi medan yang tak rata.

Kehandalan dan kegunaan dari sistem suspensi ini telah ditelaah oleh beberapa peneliti, misalnya penerapan suspensi *rocker-bogie* pada wahana SAR (Dumbre, Jadhav, Mahajan, & Sorte, 2021), wahana untuk penanggulangan bencana yang dapat mengarungi air (Zainol, 2021) atau wahana robot penjelajah topografis permukaan air (*ocean world*) (Nayar, et al., 2019).

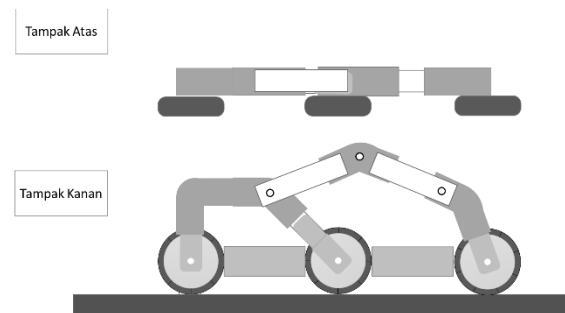
Li, dkk. (Li, He, Xing, & Gao, 2022) menguji kemampuan suspensi *rocker-bogie* pada wahana yang bergerak pada beberapa kondisi tanah. Kemampuan wahana juga dianalisis dengan berat wahana yang berbeda. Pengelolaan sumber daya yang berasal dari tenaga surya pada wahana dengan suspensi *rocker-bogie* menjadi inti penelitian oleh (Murambikar, Omase, Nayak, Patil, & Mahulkar, 2019). Suspensi *rocker-bogie* dipakai sebagai wahana kursi roda dengan mobilitas tinggi (Watanabe, Mori, & Nagai, 2018) (Seralathan, et al., 2020). Beberapa solusi ditawarkan, termasuk struktur mekanik suspensi, torsi motor dan friksi roda untuk mengoptimalkan kemampuan wahana dengan suspensi *rocker-bogie* dalam menaiki tangga (Noble & Issac, 2019). Hal penting berikutnya dari robot *rover* NASA adalah penggunaan mekanisme gerak yang sama, yaitu beroda enam (Saraiya, 2020). Desain ini tidak memiliki pegas (*spring*) dan batang as atau gandar (*axle*) yang cenderung membuat kendaraan miring dan jatuh ke samping saat menjelajahi medan *offroad*. Sistem gerak sebelah kiri dibuat independen terhadap sistem di sebelah kanan, sehingga kemampuan menjelajah robot semakin meningkat (Harrington & Voorhees, 2004) (Badgujar, Mahale, Dani, Bharati, & Mansuri, 2022).

METODOLOGI

Penelitian dimulai dengan studi pustaka mengenai sistem suspensi *rocker-bogie*, termasuk rancangan suspensi yang sudah ditelaah dan dikembangkan dalam berbagai fungsi dan tujuan. Selanjutnya adalah simulasi rancangan secara 3D dengan bantuan perangkat lunak FreeCAD.

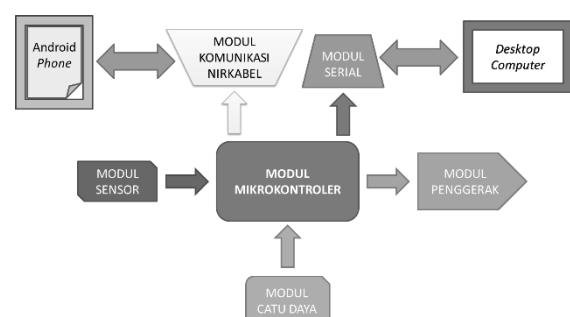
Analisis terhadap material untuk rangka dilakukan dengan faktor-faktor pertim-

bulan biaya serta fungsi dan tujuan penggunaan wahana robot. Pada penelitian ini, digunakan material pipa PVC karena terbukti ekonomis dan layak dalam situasi penggunaan yang memerlukan kemampuan yang modular dan tahan cuaca (Saraiya, 2020; Badgujar, Mahale, Dani, Bharati, & Mansuri, 2022). Bentuk kaki suspensi *rocker-bogie* dalam penelitian ini adalah sebuah novelti. Rancangan suspensi *rocker-bogie* pada purwarupa robot ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Rancangan suspensi

Diagram blok sistem pada purwarupa robot dalam penelitian ini dipaparkan oleh Gambar 3 berikut.

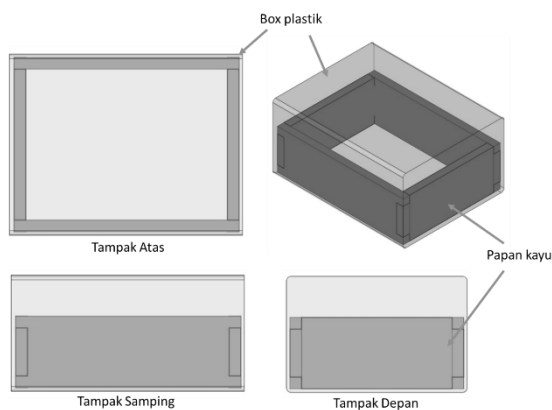


Gambar 3. Diagram blok sistem

Modul mikrokontroler yang digunakan memiliki kemampuan untuk berkomunikasi secara nirkabel melalui WiFi dan *bluetooth*. Koneksi WiFi dipakai untuk mengirimkan data bacaan sensor ke aplikasi Blynk dan koneksi *bluetooth* dipakai untuk mengendalikan pergerakan robot. Modul catu daya

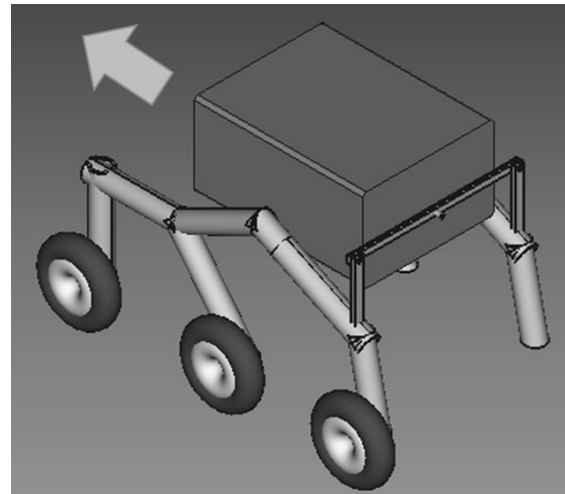
memberikan daya ke modul mikrokontroler yang berisi program untuk mengatur pergerakan robot dan mengolah data masukan dari modul sensor. Modul penggerak terdiri dari *motor driver*, motor DC, *coupling*, dan roda. Modul serial berfungsi untuk komunikasi antar komputer dan mikrokontroler, dan modul nirkabel digunakan untuk mengirim data bacaan sensor ke perangkat genggam.

Selanjutnya membuat *body* utama tempat rangkaian elektronik dan pengendali berada. *Body* ini terbuat dari sebuah kontainer atau *box* yang kemudian dilapisi dengan papan kayu pada bagian dalamnya, yang rancangannya diusulkan seperti pada Gambar 4 berikut.

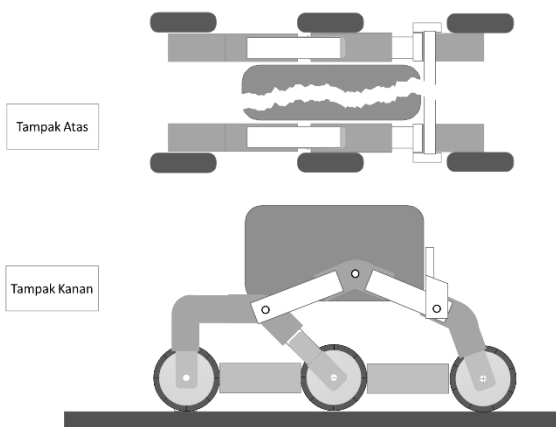


Gambar 4. Rancangan *body* utama

Berbeda dengan wahana-wahana yang dipaparkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini, ditambahkan juga sistem penyeimbang yang dikenal dengan *differential bar* (atau batang diferensial) pada bagian belakang robot, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 5. Tampilan atas dan samping kanan rancangan *rover* dengan *differential bar* ditunjukkan oleh Gambar 6.

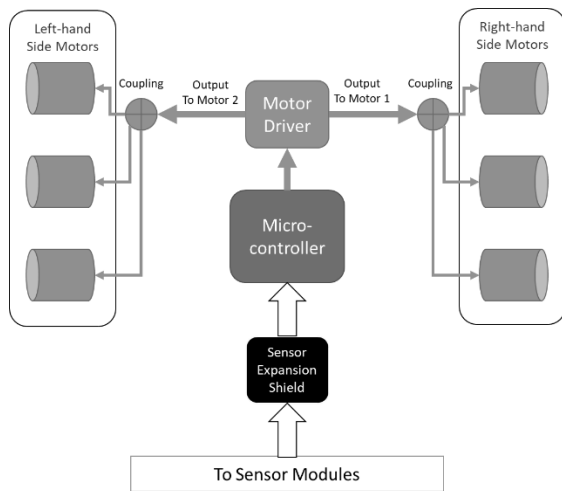


Gambar 5. Ilustrasi posisi batang diferensial pada robot



Gambar 6. Rancangan robot dengan batang diferensial

Sistem elektronik untuk purwarupa robot mengacu pada diagram blok pada Gambar 7. Rancangan ini dipilih agar robot dapat berbelok menggunakan metode *skid steering* (Alatise & Hancke, 2020).



Gambar 7. Rancangan *body* utama

Purwarupa robot dalam penelitian ini menggunakan enam motor penggerak roda layaknya Mars *rover* buatan NASA. Tiga motor berada di sisi kanan dan tiga lainnya di sisi kiri *rover*. Pengkabelan pada ketiga motor di sisi kiri digabungkan, demikian juga halnya dengan ketiga motor yang ada di sisi kanan. Sehingga didapat dua kabel saja untuk mengontrol motor sisi kiri dan dua kabel untuk mengontrol motor sisi kanan. Keempat kabel ini kemudian dihubungkan ke *motor driver*, yang keluaran dan arah putarnya diatur oleh mikrokontroler. Kondisi ini merupakan bagian dari pengendalian gerak (*steering*) *rover* yang menggunakan metode *skid steering*.

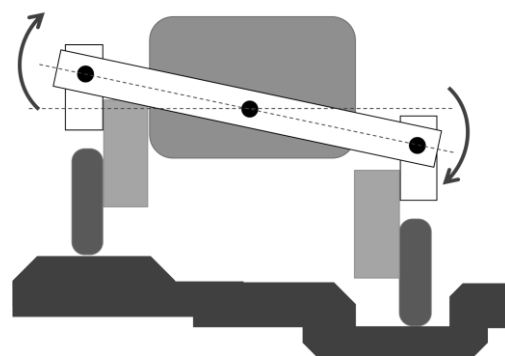
HASIL DAN PEMBAHASAN

Menggunakan material yang disebutkan pada Bab sebelumnya, diperoleh berat total purwarupa robot dengan beban elektronik dan baterai adalah sekitar 2,3 kg. Dimensi fisik diberikan oleh Tabel 1. Sudut 10° adalah sudut maksimum yang dapat diraih oleh pergerakan batang diferensial.

Parameter	Nilai
Berat tanpa beban	2100 gr
Berat dengan beban	2335 gr
Lebar	28 cm
Panjang	37 cm
Tinggi kaki-kaki	12 cm
Tinggi (ke <i>body</i> utama)	19 cm
Sudut maksimum batang diferensial	10°
Diameter roda	6,5 cm

Mekanisme gerak batang diferensial pada purwarupa robot adalah ketika sisi kiri kaki terangkat karena tekstur tanah yang tinggi atau melewati batu, maka sisi kanan kaki akan terdorong ke bawah. Mekanisme ini membantu menjaga *body* tetap seimbang. Gambar 8 mengilustrasikan mekanisme ini. Gambar 9 memperlihatkan batang diferensial pada purwarupa robot.

Mengingat besarnya penerapan robot dalam bidang pertanian dan perkebunan (Valentin, 2020; Fue, Porter, Barnes, & Rains, 2020; Lismana, 2022; Al-Jufri, 2023), maka purwarupa robot diujicobakan untuk aplikasi bidang pertanian darat.



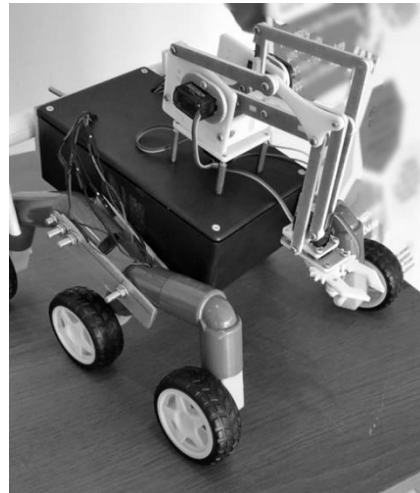
Gambar 8. Mekanisme batang diferensial



Gambar 9. Tampak batang diferensial pada purwarupa robot

Purwarupa robot diujicobakan untuk keperluan pemantauan kondisi suhu dan kelembaban udara pada suatu lahan pertanian dalam skala laboratorium. Sensor yang dipakai adalah Sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara serta Sensor Ultrasonik untuk mengukur jarak saat robot melakukan navigasi. Selain itu, lengan robot dengan 4 derajat kebebasan (DOF) juga dipasang di bagian robot. Tujuan dari pemasangan lengan robot

ini adalah untuk mengakomodir penempatan sensor-sensor tanah yang berbentuk probe. Gambar 10 menunjukkan hasil perancangan purwarupa robot dengan sensor-sensor dan lengan robot terpasang.



Gambar 10. Purwarupa robot dengan lengan robot.

Pembacaan data sensor dilakukan setiap 100 milidetik. Hasil bacaan Sensor DHT11 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komparasi hasil bacaan sensor

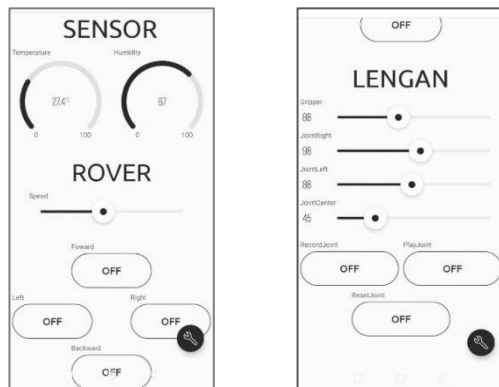
No.	Suhu DHT11 (°C)	Kelembaban DHT11 (%)	Termometer (°C)	Hygrometer (%)	Galat Suhu (°C)	Galat Kelembaban (%)
1	27,4	67	27,3	66,9	0,1	0,1
2	27,4	67	27,4	66,9	0	0,1
3	27,3	67	27,3	66,86	0	0,14
4	27,4	67	27,3	66,88	0,1	0,12
5	27,5	68	27,4	67,6	0,1	0,4
6	27,3	68	27,4	67,7	0,1	0,3
7	26,9	67	27,1	67,1	0,2	0,1
8	27,1	67	27,1	66,97	0	0,03
9	27,3	68	27,3	67,6	0	0,4
10	27,4	67	27,4	67,2	0	0,2
Rata-rata galat					0,06	0,189

Tabel 2 menunjukkan bahwa selisih hasil bacaan sensor DHT11 dengan

perangkat pengukur suhu dan kelembaban sangat kecil, yaitu 0,06 untuk suhu dan

0,189 untuk kelembaban. Sehingga akurasi pembacaan sensor DHT11 dinilai sangat baik.

Hasil bacaan sensor juga dikirim ke media perantara berbasis *cloud*, yaitu Blynk, melalui jaringan internet nirkabel (WiFi). Melalui Blynk, hasil bacaan sensor dapat dibuka melalui aplikasi Android. Tampilan aplikasi Android ditunjukkan oleh Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Tangkap layar aplikasi Blynk pada perangkat Android

Pada aplikasi Blynk perangkat Android, selain ditampilkan hasil bacaan suhu dan kelembaban, juga terdapat kendali kecepatan motor (*speed*), pergerakan robot, dan pergerakan lengan robot. Kendali pergerakan robot terdiri maju (*forward*), mundur (*backward*), kanan (*right*), dan kiri (*left*). Sedangkan kendali pergerakan lengan terdiri dari kendali pergerakan masing-masing bagian derajat kebebasan serta kendali untuk merekam, menonaktifkan dan me-reset posisi lengan.

Jarak tempuh robot tergantung pada kapasitas baterai dan jangkauan sinyal modul nirkabel. Dalam penelitian ini, kapasitas baterai yang digunakan adalah 14,8 Volt yang berasal dari 4 buah baterai tipe 18650 dan jarak terjauh yang telah di tempuh oleh robot adalah 45 m, yang diukur

dari ujung gedung laboratorium ke batas terluar halaman parkir depan gedung.

KESIMPULAN

Penelitian ini berfokus pada perancangan wahana robot yang multi-guna. Kemampuan eksplorasi wahana ditingkatkan dengan penerapan sistem suspensi *rocker-bogie*. Selain itu, diterapkan juga sistem penyeimbang berbasis batang diferensial. Ujicoba awal terhadap purwarupa wahana robot dilakukan dalam skala laboratorium dengan menitikberatkan pada aplikasi di bidang pertanian. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa wahana dapat menjelajah medan tak rata pada lahan simulasi pertanian dan dapat berbelok menggunakan metode *skid steering*. Hasil bacaan sensor suhu dan kelembaban DHT11 dapat dibaca dan dimonitor oleh pengguna via aplikasi Blynk pada perangkat Android dengan tingkat akurasi bacaan suhu 99,94% dan kelembaban 99,81%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatise, M. B., & Hancke, G. P. (2020). A Review On Challenges Of Autonomous Mobile Robot And Sensor Fusion Methods. *IEEE Access*, 8, 39830-39846. <http://dx.doi.org/10.1109/access.2020.2975643>
- Al-Jufri, H. Y., Novianti, O., Muhammad, G., Adytya, R., & Pramudhita, A. N. (2023). Otomatisasi Pertanian Dengan Sensor Soil Moisture, Sensor Cahaya, Led Grow Lamps, Dan Pompa Air Untuk Pertumbuhan

- Tanaman Optimal. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3), 484-488.
<http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3192>
- Assuja, M. A., Nainggolan, S., & Saniati, S. (2023). Rancang Bangun Modul Ukur Tekanan Pijak Telapak Kaki Robot Humanoid. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 4(1). <http://doi.org/10.33365/jtikom.v4i1.3539>
- Badgular, N., Mahale, M., Dani, S., Bharati, T., & Mansuri, I. (2022). Remote Controlled Rover Using Rocker Bogie Mechanism. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 10(III), 1997-2003.
- Cebollada, S., Payá, L., Flores, M., Peidró, A., & Reinoso, O. (2021). A State-Of-The-Art Review On Mobile Robotics Tasks Using Artificial Intelligence And Visual Data. *Expert Systems With Applications*, 167(114195). <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114195>
- Cosenza, C., Niola, V., Pagano, S., & Savino, S. (2023). Theoretical Study On A Modified Rocker-Bogie Suspension For Robotic Rovers. *Robotica*, 41(10), 2915 - 2940. <http://doi.org/10.1017/s0263574723000656>
- Djauhari, T., & Sansoso, S. (2021). Perancangan Robot Disinfeksi Dengan Menggunakan Sinar UV. *Journal Of Electrical Power, Instrumentation And Control*, 4(2). <http://dx.doi.org/10.32493/epic.v4i2.14087>
- Dumbre, S., Jadhav, Y., Mahajan, S., & Sorte, M. (2021). Design And Fabrication Semi-Autonomous Search And Rescue Robot Using Rocker Bogie Mechanism. *International Journal Of Mechanical Dynamics & Analysis*, 7(2), 34-38.
- Firasanto, G., & Supriadi, O. (2022). Robot Hexapod Pemadam Api Menggunakan Mikrokontroler Arduino Wemos. *Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.32493/epic.v5i1.20419>
- Fue, K., Porter, W., Barnes, E., & Rains, G. (2020). An Extensive Review Of Mobile Agricultural Robotics For Field Operations: Focus On Cotton Harvesting. *Agriengineering*, 2(1), 150-174. <http://dx.doi.org/10.3390/agriengineering2010010>
- Harrington, B. D., & Voorhees, C. (2004). The Challenges of Designing the Rocker-Bogie Suspension for the Mars Exploration Rover. *Proceedings of the 37th Aerospace Mechanism Symposium*, (pp. 185-195). California.
- Li, J., He, J., Xing, Y., & Gao, F. (2022). Dimensional Optimization Of Rocker-Bogie Suspension For Planetary Rover Based On Kinetostatics And Terramechanics. *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part C: Journal Of Mechanical Engineering Science*, 236, pp. 246-262. <http://doi.org/10.1177/09544062211027200>
- Lismana, F. P. (2022). Desain Dan Implementasi Sawit Biomorfik Menggunakan Pemrograman Arduino. *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 11-14. <http://doi.org/10.52005/fidelity.v4i1.81>
- Murambikar, R., Omase, V., Nayak, V., Patil, K., & Mahulkar, Y. (2019). Design And Fabrication Of Rocker Bogie Mechanism Using Solar Energy. *History*, 6(4).
- Nayar, H., Kim, J., Chamberlain-Simon, B., Carpenter, K., Hans, M., Boettcher, A., ...Bittner, B. (2019). Design optimization of a lightweight rocker-bogie rover for ocean worlds applications. *International Journal of*

- Advanced Robotic Systems*, 1-20.
10.1177/1729881419885696
- Nethmal, C. (2019). *Rocker Bogie Suspension System for a Mobile Robot*. Retrieved April 1, 2023, from Thinker's Cloud: <http://chandulanethmal.blogspot.com/2019/05/rocker-bogie-suspension-system-for.html>
- Nicolella, A., Niola, V., Pagano, S., Savino, S., & Spirito, M. (2022). An Overview On The Kinematic Analysis Of The Rocker-Bogie Suspension For Six Wheeled Rovers Approaching An Obstacle. In V. Niola, A. Gasparetto, G. Quaglia, & G. Carbone (Eds.), *Advances In Italian Mechanism Science. IFTOMM Italy 2022. Mechanisms And Machine Science* (Vol. 122). Cham: Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-031-10776-4_11
- Noble, S., & Issac, K. K. (2019). An improved formulation for optimizing rocker-bogie suspension rover for climbing steps. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 233(18), 1-21. <http://doi.org/10.1177/0954406219863086>
- Rubio, F., Valero, F., & Llopis-Albert, C. (2019). A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications. *Intelligent Journal of Advanced Robotic System*, 1-22. 10.1177/1729881419839596
- Saraiya, P. B. (2020). Design of Rocker Bogie Mechanism. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(8), 1544-1550.
- Sekarsari, K., Nuryadi, A., & Rizal, S. (2023). Pengendali Fuzzy Logic Untuk Manuver Robot Bawah Air. *Journal Of Electrical Power, Instrumentation And Control*, 6(1). <http://dx.doi.org/10.32493/epic.v6i1.30576>
- Seralathan, S., Bagga, A., Ganesan, U. K., Hariram, V., Premkumar, T. M., & Padmanabhan, S. (2020). Static Structural Analysis Of Wheel Chair Using A Rocker Bogie Mechanism. *Materials Today: Proceedings*, 33(7), 3583-3590. <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.658>
- Stoller-Conrad, J. (2023). *The Mars Rovers*. (NASA Space Place Team) Retrieved April 1, 2023, from <http://spaceplace.nasa.gov/mars-rovers/en/>
- Tamam, M. T. (2023). Prototipe Robot Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3), 703-709. <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3285>
- Valentin, R. D., Diwangkara, B., Jupriyadi, J., Riskiono, S. D., & Gusbriana, E. (2020). Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(1). <http://doi.org/10.33365/jtikom.v1i1.87>
- Vigneshwaran, M., Siddhartha, R., Vijay, G., & Kumar, S. P. (2019). Design of All Terrain Vehicle Using Rocker Bogie Mechanism. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(03), 214-219.
- Watanabe, K., Mori, Y., & Nagai, I. (2018). Experiments for Verifying Basic Behaviors in an Omnidirectional Mobile Platform Using a Rocker-bogie Suspension System. In J. M. Arreguin (Ed.), *Proceedings of the 37th Chinese Control Conference*, (pp. 7845-7850). Wuhan.
- Zainol, Z., Rafeeq, M., Toha, S. F., & Idris, A. S. (2021). Locomotion Performance Of Amphibious Robot Vehicle Using Transformable Rocker-Bogie Mechanism. *Elektrika-Journal Of Electrical Engineering*, 20(2-3), 111-116.