

ANALISIS PENGGUNAAN PENGARUH RANTAI DAN SPROKET TERHADAP KONSUMSI DAYA MOTOR PADA SISTEM TRACK MOBILE ROBOT

EFFECT OF SPROCKET AND CHAIN TO POWER CONSUMPTION OF MOTOR AT MOBILE ROBOT TRACK SYSTEM

Hendri Maja Saputra¹⁾, Eka Putera²⁾, Dalmasius Ganjar Subagio³⁾

¹⁾Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI,
Kompleks LIPI Jl Sangkuriang, Gd 20, Lt 2, Bandung, Jawa Barat 40135, Indonesia
Email: hend018@lipi.go.id/ hendri.maja@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau,
Jl. UmbanSari No.1 Rumbai, Pekanbaru-Riau, Indonesia
Email: koeiputera27@gmail.com

Diterima: 20 Januari 2016

Direvisi: 24 Maret 2016

Disetujui: 18 April 2016

ABSTRAK

Analisis pengaruh penggunaan rantai dan sproket terhadap konsumsi daya motor pada *platform mobile robot* yang menggunakan sistem track telah dilakukan. Penelitian ini saat penting dilakukan untuk menghindari kesalahan pada saat pemilihan daya motor yang akan digunakan ketika rancang bangun *mobile robot* yang banyak menggunakan rantai dan sproket. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam merancang *mobile robot* sistem track, terutama dalam memprediksi peningkatan konsumsi daya motor. Pada *set-up* pengujian, sensor ACS712 20A dipasangkan secara seri pada kabel motor untuk mendapatkan konsumsi arus, sedangkan modul pembagi tegangan digunakan untuk mengambil nilai tegangan. Sensor-sensor tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Nano V3 untuk mengolah data yang didapat yang kemudian disimpan dan ditampilkan pada laptop. Pengujian dilakukan pada lima kondisi, yaitu transmisi lengkap (beban penuh), minus 1 flipper, minus 2 flipper, tanpa track wheel (terhubung dengan poros), dan motor bebas beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan rantai dan sproket pada kondisi beban penuh meningkatkan konsumsi daya motor sebesar 215% dari pada konsumsi daya pada keadaan bebas beban.

Kata Kunci: rantai, sproket, konsumsi daya, track drive, mobile robot

ABSTRACT

Analysis of the effect of using a chain and sprocket on the motor power consumption in mobile robot platform, which uses a system of tracks has been done. This study is currently important to avoid mistakes when selecting motor power to be choose when designing a mobile robot that uses a lot of chains and sprockets. The results of this research might be used as a basis for designing mobile robot track systems, especially in predicting an increase the power consumption of the motor. In the experimental set-up, 20A ACS712 sensor was coupled in series to the motor cables to get the current consumption, while the module voltage divider was used to retrieve the value as the voltage. The sensors were connected to the Arduino Nano V3 microcontroller to process the data obtained were then stored and displayed on a laptop. Tests were conducted on five conditions, namely the complete transmission (full load), minus one flipper, minus two flippers, without the track wheel (connected to the shaft), and free-load motors. The results showed that use of chains and sprockets at full load conditions increases the consumption of motor power of 215% compared with that of no load.

Keywords: chain, sprocket, power consumption, track drive, mobile robot

PENDAHULUAN

Mobile robot yang dijadikan sebagai objek pada penelitian ini adalah robot penjinak bom Morolipi V1 yang telah dibuat oleh Puslit Telimek – LIPI pada tahun 2009 [1]. Robot tersebut menggunakan *track drive* untuk sistem penggerakannya yang terdiri atas rantai *roller duplex* dengan sepatu karet pada sisi luarnya (lihat Gambar 1). Terdapat tiga buah *track* pada tiap sisi, satu pada *track* utama dan dua buah pada flipper yang terpasang di sisi depan dan belakang. Ketiga *track* tersebut saling terhubung dengan penggerak utama, yakni motor DC 120 W 250 rpm. Robot ini juga dilengkapi dengan empat buah ban karet yang dirancang agar dapat secara lincah bermanuver dijalan yang datar. Sistem *track* difungsikan sebagai transmisi dan membantu pergerakan robot saat dijalan yang berundak.

Etologi pemilihan Mekanisme untuk mengendalikan penggerak differensial dari mobil untuk aplikasi lapangan tertentu telah dijelaskan oleh Delgado-Mata dalam makalahnya [2]. Pada makalah Naveena [3] dan disertasi Lawn [4], lebih detail menjelaskan aplikasi sistem *track* dan kelebihan sistem tersebut dalam menaiki tangga. Walaupun demikian, kedua penelitian tidak menyinggung masalah konsumsi energi motor. Peneliti yang sedikit menyinggung konsumsi energi motor pada *mobile robot* adalah Leng [5] dan Morales [6]. Leng menurunkan persamaan konsumsi motor dari Omni-directional *mobile robot*, sedangkan Morales menurunkan persamaan untuk skid-steer *mobile robot*.



Gambar 1. *Mobile Robot* Morolipi V1 [1] [6]

Pada penelitian Saputra [7], kendali skenario trayektori *mobile robot* Morolipi V1 berdasarkan konsumsi energi dianalisis untuk mengetahui kondisi trayektori yang menyerap konsumsi energi minimal. Rijanto [8] memaparkan secara detail kendali posisi lengan robot tersebut berdasarkan PD kontroler. Penelitian yang dilakukan oleh Saputra [9] membahas remot kendali yang digunakan pada robot dengan memanipulasi empat kanal RC agar komunikasi data dapat dinamis.

Sumber daya yang terbatas pada *mobile robot* menuntut perhatian khusus terhadap konsumsi daya pada aktuator (motor DC). Desain, simulasi, dan perhitungan terkait *track drive* dibutuhkan untuk menentukan seberapa besara sumber daya yang dibutuhkan bagi *mobile robot* agar dapat berfungsi dan bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pembebanan dinamis yang diterima *track drive* pada kecepatan tinggi akan mempengaruhi akselerasi dari motor [10]. Nilai akselerasi ini menunjukkan kebutuhan motor akan arus yang terus berubah dan cenderung besar.

Makalah ini membahas keterkaitan penggunaan rantai dan sproket terhadap konsumsi daya dari motor DC yang digunakan sebagai aktuator *mobile robot* yang menggunakan sistem *track*. Arus dan tegangan pada motor DC diukur menggunakan sensor untuk memperoleh besarnya daya yang kemudian dianalisa.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini didasarkan pada faktor yang bersifat aplikatif, dimana dapat dibagi menjadi empat permasalahan. Faktor tersebut dapat diuraikan menjadi perancangan simulasi perputaran motor menggunakan arduino nano, pengkondisian *track drive* pada lima kondisi berbeda dari segi beban, pengambilan data arus dan tegangan, dan pengolahan data untuk ditampilkan pada monitor laptop.

Perhitungan Rantai

Rantai yang digunakan merupakan jenis *Bush Roller Chain* dua baris atau *Duplex Chain* dengan pitch 1,5 cm. Panjang rantai yang mengalami kontak langsung dengan sproket dihitung dengan menggunakan persamaan (1)-(7) [11].

$$K = \frac{T_1 + T_2}{2} + \frac{2x}{p} + \left[\frac{T_2 - T_1}{2\pi} \right]^2 \frac{p}{x} \quad (1)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 2\sin^{-1}\left(\frac{R-r}{C}\right) \quad (2)$$

$$\alpha_2 = 180^\circ + 2\sin^{-1}\left(\frac{R-r}{C}\right) \quad (3)$$

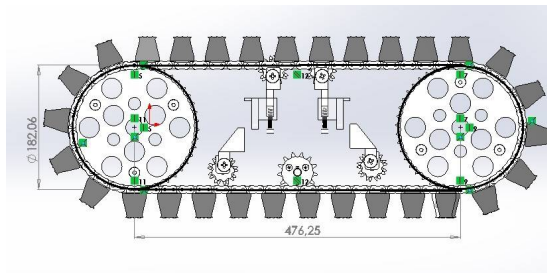
$$L = K \times p \quad (4)$$

$$L1 = L - 2x \quad (5)$$

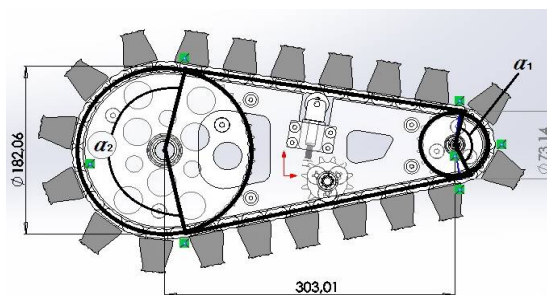
$$L2 = \frac{\alpha_1}{360^\circ} \times \text{keliling sproket} \quad (6)$$

$$L3 = \frac{\alpha_2}{360^\circ} \times \text{keliling sproket} \quad (7)$$

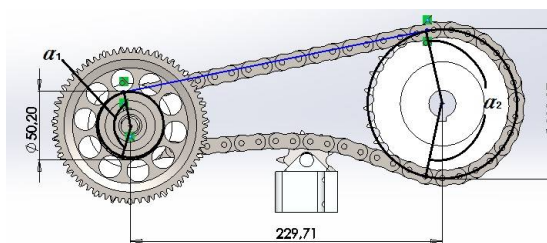
dimana K adalah jumlah mata rantai, T_1 dan T_2 adalah jumlah gigi sproket kecil dan besar, p adalah pitch rantai, x adalah jarak sumbu sproket, α_1 adalah sudut kontak sproket kecil, α_2 adalah sudut kontak sproket besar, R adalah jari-jari sproket besar, r adalah jari-jari sproket kecil, c adalah jarak sumbu sproket, L adalah panjang rantai, $L1$ adalah panjang rantai kontak sproket, $L2$ panjang rantai kontak sproket kecil dan $L3$ panjang rantai kontak sproket besar.



Gambar 2. Ukuran Track Utama



Gambar 3. Ukuran Track Flipper



Gambar 4. Ukuran Track Transmisi Motor DC

Ukuran diameter kedua sproket pada track utama (lihat Gambar 2) sebesar 18 cm dengan jumlah gigi sproket adalah 45 dan jarak sumbu antar sproket sebesar 47,2 cm. Jumlah mata rantai dan panjang rantai dihitung menggunakan persamaan (1), (4), dan (5), dimana didapatkan nilai $K = 108$, $L = 162$ cm dan $L1 = 67,6$ cm.

Panjang rantai yang kontak dengan sproket pada flipper (lihat Gambar 3) dihitung menggunakan persamaan (2), (3), dan (6). Jari-jari sproket kecil berukuran 3,5 cm, jari-jari sproket besar 9 cm, dan jarak kedua sumbu sebesar 31,5 cm. Berdasarkan parameter tersebut didapatkan nilai $\alpha_1 = 160,1^\circ$, $\alpha_2 = 200,1^\circ$, $L = 114$ cm, $L2 = 9,8$ cm, $L3 = 31,4$ cm, sehingga panjang total = 41,2 cm.

Pada transmisi dari motor DC ke poros (lihat Gambar 4), besar jari-jari sproket kecil 2,5 cm, sproket besar 5,5 cm, dan jarak kedua sumbu 23,5 cm. Berdasarkan parameter tersebut didapatkan $\alpha_1 = 165,3^\circ$, $\alpha_2 = 194,7^\circ$, $L = 81$ cm, $L2 = 7,2$ cm, $L3 = 18,7$ cm dan panjang total = 25,9 cm.

Spesifikasi motor memiliki kecepatan 250 rpm, maka melalui persamaan (8)-(11) diperoleh $W_B = 238,5$ N, $V = 2,81$ m/s, $K_S = 1,5$ dan $P = 57,33$ W.

$$W_B = 106p^2 \quad (8)$$

$$V = \frac{T_p N}{60} \quad (9)$$

$$V = 2,8125 \text{ m/s}$$

$$K_S = K_1 \times K_2 \times K_3 \quad (10)$$

$$P = \frac{W_B \times V}{n \times K_S} \quad (11)$$

dimana W_B adalah beban patah, V adalah kecepatan rantai, T adalah jumlah gigi sproket, N adalah putaran motor, p adalah pitch rantai, K_S adalah faktor servis, K_1 adalah faktor beban, K_2 adalah faktor pelumasan, dan K_3 adalah faktor rating.

Peralatan Percobaan

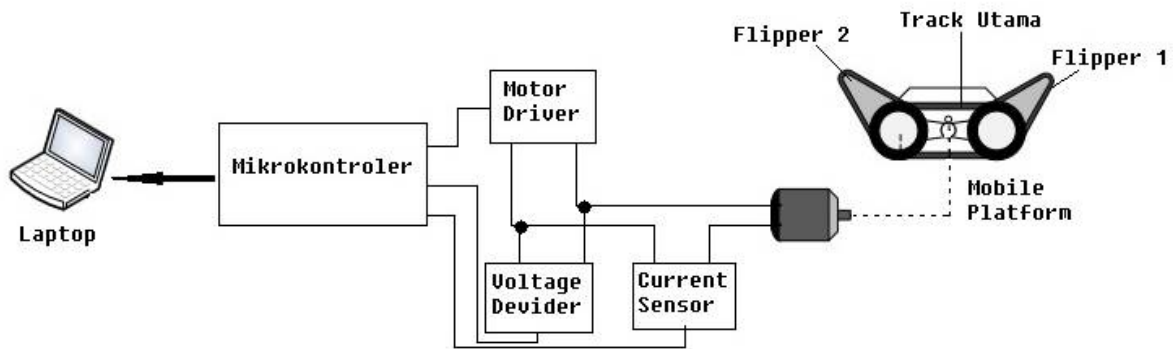
Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor ACS712 20A sebagai sensor arus dan pembagi tegangan untuk mengambil nilai tegangan. Kedua sensor tersebut terhubung dengan mikrokontroler Arduino Nano V3 sebagai pengolah data yang kemudian ditampilkan pada monitor laptop. Ilustrasi pengambilan data yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa *set-up* pemasangan sensor dan mikrokontroler dalam mengambil data dari motor DC pada platform *mobile robot*. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor DC untuk menghasilkan simulasi perputaran motor sekaligus pengolah data yang diterima dari kedua sensor. Sensor ACS712 dipasang seri dan pembagi tegangan dipasang paralel dengan sumber ke motor. Data yang keluar dari kedua sensor dihubungkan dengan mikrokontroler untuk ditampilkan pada monitor laptop.

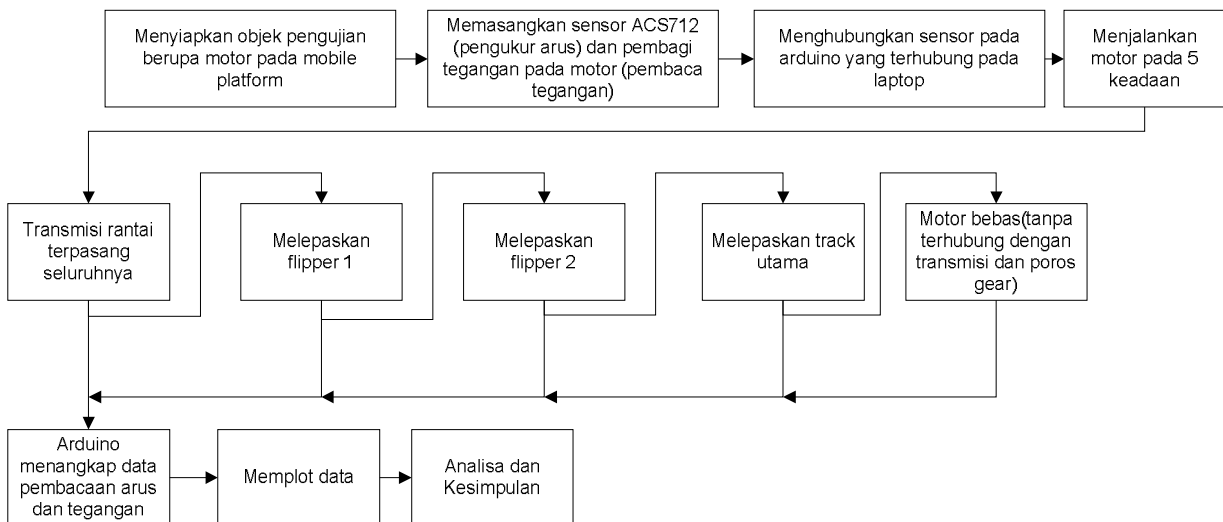
Prosedur pengambilan data dilakukan secara bertahap pada keadaan pembebanan transmisi yang berbeda. Pada Gambar 6 memperlihatkan urutan langkah pengambilan data pada motor DC platform *mobile robot*. Arduino sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur perputaran motor dihubungkan

dengan driver motor dan sensor sebagai pengolah data. Keadaan awal seluruh *track* transmisi masih terpasang untuk selanjutnya diambil datanya, setelah didapat data awal *track* flipper 1 dilepaskan untuk diambil data pada keadaan kedua. *Track* pada *mobile platform* dilepas secara berurutan setelah flipper 1, flipper2, *track* utama, dan rantai transmisi pada poros penggerak utama hingga motor dalam keadaan bebas.

Pada setiap tahapan, pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk dibandingkan kesesuaiannya (indikasi bahwa hardware tidak bermasalah) dan dipilih salah satu untuk selanjutnya diplot guna menampilkan grafik yang nantinya digunakan dalam perhitungan konsumsi daya motor. Pengambilan data dilakukan secara *real time* dengan waktu cuplik 48 ms.



Gambar 5. *Set-up* Pengujian



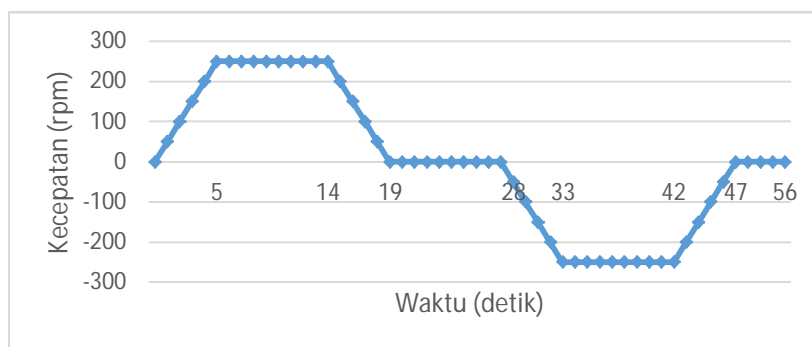
Gambar 6. Alur Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

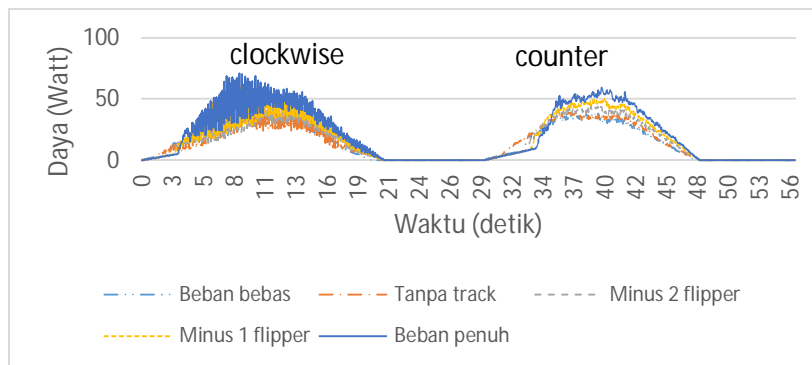
Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan kecepatan sebagai referensi. Masukan tersebut didesain berbentuk trapesium sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Pada awalnya motor dalam keadaan diam, kemudian motor berputar *clockwise* (CW) dengan kecepatan yang terus bertambah sampai dengan 250 rpm selama 5 detik, konstan selama 9 detik, dan menurun kembali selama 5 detik. Hal ini juga berlaku pada saat putaran motor *counter clockwise* (CCW). Kecepatan negatif pada Gambar 7 hanya mengindikasikan bahwa motor berputar berbalik arah. Total waktu pengujian

yang dibutuhkan untuk satu siklus CW-CCW adalah 56 detik.

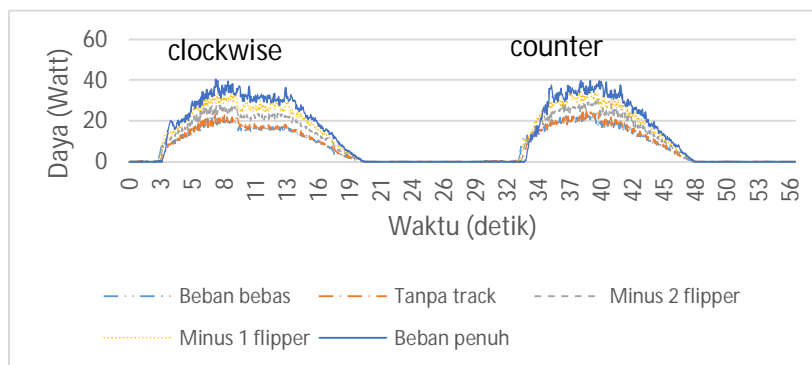
Konsumsi daya pada motor DC sebelah kanan *mobile robot* dapat dilihat pada Gambar 8. Grafik menunjukkan pembacaan konsumsi daya untuk dua arah putaran. Pertama adalah saat motor berputar CW dan kedua adalah saat motor berputar CCW. Pada grafik terlihat bahwa arah putaran CW memiliki konsumsi daya motor yang lebih besar dibanding dengan arah putaran CCW. Nilai konsumsi daya yang besar tersebut menunjukkan bahwa motor mendapatkan beban yang lebih besar sehingga memaksa motor untuk menyerap lebih banyak arus yang berbanding lurus dengan peningkatan daya.



Gambar 7. Simulasi Kecepatan Putar Motor DC Terhadap Waktu



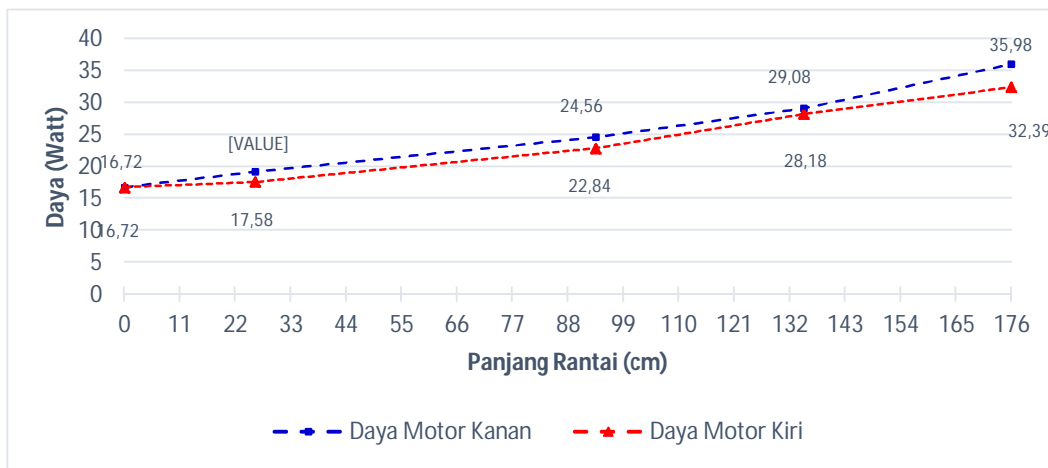
Gambar 8. Konsumsi Daya Motor sebelah Kanan Robot



Gambar 9. Konsumsi Daya Motor sebelah Kiri Robot

Tabel 1. Konsumsi Daya Rata-Rata berdasarkan Panjang Rantai

No.	Kondisi <i>Track Wheel</i>	Konsumsi Daya Rata-Rata Motor Kanan (Watt)	Konsumsi Daya Rata-Rata Motor Kiri (Watt)	Panjang Rantai Kontak dengan Sproket (cm)	Panjang Rantai Total (cm)
1	Transmisi lengkap	35,98	32,39	175,9	471
2	Minus 1 flipper	29,08	28,18	134,7	357
3	Minus 2 flipper	24,56	22,84	93,5	243
4	Tanpa <i>track wheel</i> (terhubung dengan poros)	19,16	17,58	25,9	81
5	Motor bebas beban	16,72	16,72	0	0



Gambar 10. Pengaruh Panjang Rantai Kontak terhadap Konsumsi Daya Rata-rata

Faktor besarnya pembebanan dapat dipengaruhi oleh keadaan mekanik motor itu sendiri ataupun kondisi sistem *track* penggerak.

Konsumsi daya pada motor DC sebelah kiri *mobile robot* dapat dilihat pada Gambar 9. Terlihat bahwa konsumsi daya pada dua arah putaran (CW-CCW) secara visual relatif sama. Hal ini sangat berbeda sekali dengan motor sebelah kanan. Pada putaran awal motor terlihat menyerap daya lebih besar dalam mendapatkan potensial putarannya. Hal ini ditunjukkan dengan grafik yang seolah-oleh condong ke sebelah kiri.

Pada 5 keadaan yang dilakukan pada saat pengujian, konsumsi daya terlihat berkurang untuk setiap *track* yang dilepaskan. Tabel 1 memperlihatkan konsumsi daya rata-rata pada keadaan berbeda tersebut, dimana konsumsi daya mengalami kenaikan saat ada penambahan rantai dengan panjang tertentu. Kenaikan konsumsi daya dari keadaan bebas beban hingga beban penuh mencapai 215%.

Pada makalah ini juga coba dipaparkan keterkaitan panjang rantai dengan kontak sproket. Pada Gambar 10 menunjukkan perbandingan panjang rantai yang mengalami kontak dengan

sproket terhadap konsumsi daya, dimana pengaruh rantai transmisi dengan panjang 25,9 cm menaikkan konsumsi daya 14,6%, flipper dengan panjang 41,2 cm menaikkan konsumsi daya 32,3% dan *track* utama dengan panjang 67,6 cm menaikkan konsumsi daya 41,3% dari konsumsi daya pada keadaan bebas beban. Nilai persentase konsumsi daya tersebut merupakan pertambahan nilai daya pada keadaan tersebut dari keadaan sebelumnya.

KESIMPULAN

Nilai beban putaran yang dialami motor DC berbanding lurus dengan konsumsi daya. Nilai daya tersebut menunjukkan bahwa motor memerlukan arus lebih besar guna menggerakkan beban untuk memutar mekanisme *track mobile robot*. Setelah mendapatkan putaran potensial, konsumsi arus pada motor menurun dan mulai stabil untuk mempertahankan keadaan. Panjang dari rantai yang bersentuhan dengan sproket berbanding lurus dengan konsumsi daya, dengan kenaikan mencapai 215% dari kondisi bebas beban menuju kondisi beban penuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. M. Saputra, "Penyempurnaan Prototipe Teknis Mobil Robot Penjinak Bom MoroLIPI," Research Centre for Electrical Power and Mechatronics - Indonesian Institute of Sciences, Bandung, 2009.
- [2] C. Delgado-Mata, R. Vela´zquez and C. A. Gutie´rrez, "A Differential-Drive Mobile Robot Driven by an Ethology Inspired Behaviour Architecture," in *The 2012 Iberoamerican Conference on Electronics Engineering and Computer Science*, 2012.
- [3] S. Naveena and S. Riyazuddin, "Autonomous Stair Climbing with Re-configurable Tracked Mobile Robot," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 5, no. 2, pp. 102-106, 2013.
- [4] M. J. Lawn, "Study of stair-climbing assistive mechanisms for the disabled," Nagasaki, December 2002.
- [5] C. Leng, Q. Cao and Y. Huang, "A Motion Planning Method for Omni-directional Mobile Robot Based on the Anisotropic Characteristics," *International Journal of Advanced Robotic System*, vol. 5, no. 4, pp. 327-340, 2008.
- [6] J. Morales, J. L. Mart´inez and A. Mandow, "Power Consumption Modeling of Skid-Steer Tracked Mobile Robots on Rigid Terrain," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 25, no. 5, pp. 1097-1108, 2009.
- [7] Saputra, Roni Permana; Rijanto, Estiko; Saputra, Hendri Maja, "Trajectory Scenario Control for the Remotely Operated Mobile Robot LIPI Platform Based on Energy Consumption Analysis," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 7, no. 8, pp. 851-866, 2012.
- [8] Rijanto, Estiko; Saputra, Roni Permana; Saputra, Hendri Maja;, "Positioning Control for the Mobile Robot LIPI Articulated Robot Arm Based on PD Control Approach," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 8, no. 4, pp. 423-433, 2013.
- [9] Saputra, Hendri Maja; Mirdanies, Midriem;, "Controlling unmanned ground vehicle via 4 channel remote control," in *2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA 2014*, Bandung, 2015.
- [10] Zhao, Juntian; Wang, Shunzeng; Hu, Shengyang ; Liu, Yu;, "Dynamic Analysis and Simulation of a Roller Chain Drive System on RecurDyn," *Journal of applied science and engineering innovation Vol.1 No.1 2014* , vol. 1, no. 1, pp. 71-76, 2014.
- [11] A. Zainuri, Diktat Elemen Mesin II (MC 201), Mataram: Universitas Mataram, 2010.

