

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUJIAN MOTOR BRUSHLESS
UNTUK APLIKASI SOLAR-LAPAN SURVEILLANCE UAV
BERBASIS LABVIEW
(DESIGN OF BRUSHLESS MOTOR PERFORMANCE TESTING
SYSTEM FOR SOLAR-LAPAN SURVEILLANCE UAV APPLICATION
BASED ON LABVIEW)**

Tommy Sugiarto, Imas Tri Setyadewi, Aryandi Marta, Gunawan Setyo P.

Pusat Teknologi Penerbangan

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Raya LAPAN, Sukamulya, Rumpin, Bogor 16350 Indonesia

e-mail: tommysugiarto70@gmail.com

Diterima 6 Oktober 2015; Direvisi 19 Oktober 2015; Disetujui 20 Oktober 2015

ABSTRACT

Since the limitation of the energy source always be the main problem of developing Unmanned Aerial Vehicle (UAV), one of the solution is use alternative energy such as solar cell. Development of solar powered UAV needs an airplane's power requirement analysis to decide specification of the airplane's component. This paper will explains the development of brushless motor performance system test for Solar LSU (LAPAN Surveillance UAV) implementation based on LabVIEW software. Performance of this testing system compared to a calibrated measurement system is excelent with the error up to 1.27%, 0.61%, and 5.65% for RPM, voltage, and current measurement respectively.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Solar Cell, Brushless Motor, Solar LSU, LabVIEW

ABSTRAK

Tantangan terbesar dalam pengembangan pesawat tanpa awak adalah keterbatasan energi. Salah satu solusi masalah tersebut adalah dengan menggunakan energi alternatif diantaranya sel surya. Aplikasi pesawat tanpa awak dengan sel surya membutuhkan analisa perhitungan kebutuhan daya pesawat saat terbang, analisa tersebut akan berguna untuk menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan pada pesawat. Penelitian ini akan membahas rancang bangun sistem pengujian kinerja motor *brushless* untuk aplikasi pada *Solar LAPAN Surveillance UAV (LSU)* menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Dari hasil pengujian sistem ini mampu melakukan pengukuran dengan galat sebesar 1.27%, 0.61%, dan 5.65% masing masing untuk pengukuran RPM, tegangan dan arus pada baterai.

Kata Kunci: *Pesawat Tanpa Awak, Sel Surya, Motor Brushless, Solar LSU, LabVIEW*

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tantangan terbesar dalam perkembangan teknologi saat ini adalah masalah keterbatasan sumber energi. Salah satu cara mengatasi keterbatasan tersebut adalah dengan menggunakan energi alternatif terbaru, seperti sel surya. Dunia penerbangan pun sudah mulai mengaplikasikan salah satu sumber energi alternatif tersebut melalui *Solar Unmanned Aerial Vehicles (UAV)* (Valavanis, 2008).

Selama ini pesawat tanpa awak hanya mengandalkan baterai atau bahan bakar sebagai pemasok tenaga utama. Penggunaan sel surya pada pesawat tanpa awak bukan hanya dapat menjadi sumber energi bagi seluruh sistem listrik dan propulsi pesawat, melainkan juga dapat melakukan pengisian pada baterai. Sehingga pesawat akan mendapatkan sumber energi yang tidak terbatas untuk terbang. (Sydorenko & Budko, 2012). Bahkan pada kondisi tertentu baterai dalam pesawat hanya berfungsi sebagai cadangan ketika sel surya tidak bisa menghasilkan cukup energi (kondisi malam hari atau tertutup awan). (Torabi & Sadi, 2011).

Untuk merancang sebuah pesawat tanpa awak berbasis sel surya dibutuhkan analisa mengenai kebutuhan daya pesawat saat terbang (North, Siegwart, & Engel, 2007). Analisa tersebut akan digunakan untuk melakukan pemilihan komponen yang akan digunakan dalam

pesawat. Selanjutnya setelah melalui proses pemilihan komponen berdasarkan analisa daya yang dibutuhkan pesawat, perlu dilakukan pengujian terhadap komponen tersebut. Salah satunya adalah pengujian terhadap motor *brushless* yang akan digunakan.

Pengujian motor *brushless* ini akan mengukur beberapa parameter penting seperti *thrust* atau daya dorong yang dihasilkan, tegangan serta arus yang dikonsumsi oleh motor, kecepatan RPM, dan juga jumlah daya yang dikonsumsi oleh motor (Morris, 2001). Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun sistem instrumentasi pengujian motor *brushless* menggunakan perangkat akuisisi data buatan *National Instruments* dan tampilan antarmuka dari *LabVIEW*. Hasil pengujian motor *brushless* tersebut diharapkan dapat menjadi acuan apakah performa motor sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan berdasarkan hasil analisa daya yang dibutuhkan oleh pesawat

2 DASAR TEORI

Solar UAV adalah pesawat tanpa awak yang memanfaatkan sel surya sebagai sumber energinya. Manfaat utama penggunaan sel surya sebagai sumber energi pesawat adalah untuk menambah daya tahan terbang. Penambahan daya tahan terbang sebuah pesawat akan sangat bermanfaat untuk berbagai aplikasi pesawat diantaranya sebagai *repeater* ataupun sebagai

pesawat pengamatan (*surveillance aircraft*). (Romeo, Frulla, & Cestino, 2006).

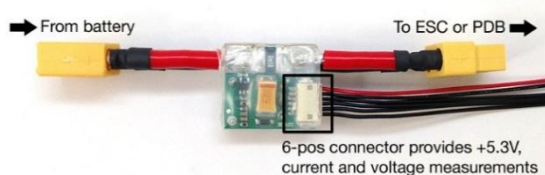
Motor *brushless* yang digunakan sebagai obyek penelitian ini adalah motor *brushless* jenis OS Motor OMA 3820-960. Motor tersebut merupakan motor *brushless* 3 sel yang memiliki spesifikasi tegangan kerja 12.6V dan arus maksimum 75A (Motor). Sedangkan propeler yang digunakan pada percobaan ini adalah propeler jenis APC elektrik berukuran 11x7.

Beberapa jenis sensor yang digunakan dalam sistem akuisisi data ini adalah: sensor arus dan tegangan, sensor kecepatan RPM, dan *load cell*.



Gambar 3-1: Motor *Brushless OS Motor OMA 3820-960* (www.osengines.com)

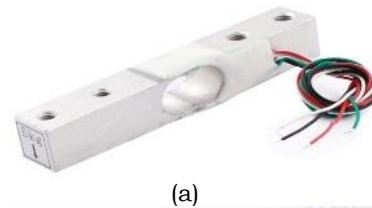
Sensor arus dan tegangan yang digunakan adalah sensor arus APM *Power Modul 3dr* yang menggunakan prinsip *magnetic fluxgate* untuk mengukur arus tanpa mengganggu aliran arus, karena yang diukur hanya kuat medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui kabel kemudian dideteksi oleh IC dan dikonversi menjadi tegangan. Sensor arus ini dapat mendeteksi arus sampai 90 ampere. Sedangkan sensor tegangannya dapat mengukur tegangan hingga 18VDC (copter.ardupilot.com).



Gambar 3-2: Sensor Tegangan dan Arus (copter.ardupilot.com)

Sensor kecepatan putaran motor atau sensor RPM pada sistem ini menggunakan sensor non kontak berbasis laser *Compaq Instrument Optical Sensor VLS7/T*. Sensor ini akan mengirimkan pulsa setiap ada pantulan dari propeler. Pada sistem ini propeler yang digunakan adalah propeler bermata dua, sehingga pada setiap satu putaran atau revolusi akan dihasilkan dua pulsa.

Untuk mengukur daya dorong yang dihasilkan motor digunakan sensor *load cell*. *Load cell* merupakan sensor berat. Apabila *load cell* diberi beban pada inti besi maka nilai resistansi di *strain gauge*-nya akan berubah yang dikeluarkan melalui empat buah kabel. Dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran ke kontrolnya. *Load cell* yang digunakan pada sistem ini memiliki spesifikasi dapat mengukur daya dorong hingga maksimal 3 kgf.



(a)



(b)

Gambar 3-3: a. Sesor *Load Cell* dan b. Sensor Kecepatan (RPM)

Selain sensor perangkat keras yang menunjang sistem ini adalah perangkat akuisisi data. Perangkat akuisisi data yang digunakan adalah jenis *CompaqDAQ-9178* buatan *National Instrument*. Perangkat ini merupakan perangkat akuisisi data yang memiliki 8 slot untuk modul-modul pengukuran. Perangkat ini menggunakan kabel USB sebagai piranti komunikasi data dengan komputer (www.ni.com). Pada sistem ini modul yang digunakan adalah modul

analog input, *digital input (counter)*, dan modul *bridge input*.

Modul *analog input* yang digunakan adalah modul NI-9205. Modul tersebut merupakan modul AI 32 kanal dengan resolusi 16 bit. Modul ini dapat mengukur tegangan dari jangkauan $\pm 0.2V$ sampai dengan $\pm 10V$ (www.ni.com).

Modul *digital input* yang digunakan adalah modul NI-9411. Modul ini memiliki 6 kanal diferensial masukan *digital*. Fitur yang digunakan pada modul ini adalah fitur *counter* atau pencacah untuk mencacah sinyal dari sensor RPM. Dari ke-enam kanal masukan *digital*, empat kanal diantaranya dapat digunakan sebagai pencacah (www.ni.com). Pada sistem ini modul Ni-9411 akan menghitung frekuensi yang dihasilkan oleh sensor RPM, selanjutnya karena sensor RPM tersebut menghasilkan 2 pulsa per revolusi maka hasil perhitungan frekuensi harus dibagi 2 kemudian dikalikan 60 untuk mendapatkan nilai RPM motor *brushless* yang diuji.

Modul *bridge analog input* yang digunakan adalah modul NI-9237. Modul ini merupakan modul 4 kanal *half/full bridge analog input* 24 bit (www.ni.com). Modul ini digunakan untuk melakukan akuisisi data sensor yang memiliki keluaran *half/full bridge*, salah satunya adalah *load cell* yang menggunakan prinsip jembatan *Wheatstone*.



Gambar 3-4: Perangkat NI CompaqDAQ 9178 (www.ni.com)

3 PERANCANGAN SISTEM

Sistem pengujian ini menggunakan perangkat *National Instruments CompaqDAQ* serta perangkat lunak LabVIEW sebagai komponen perangkat

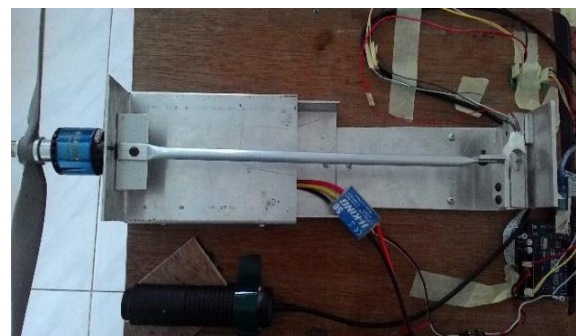
akuisisi data. Sedangkan jenis sensor yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter pada motor *brushless* adalah sensor RPM non kontak berbasis laser, sensor *load cell* untuk mengukur *thrust* (gaya dorong) yang dihasilkan motor, serta sensor arus dan tegangan untuk mengukur arus dan tegangan yang masuk ke motor dari baterai.

Sensor RPM dan *load cell* akan diakuisisi melalui masing-masing modul NI-9411 dan NI-9237. Sensor arus dan tegangan akan diakuisisi oleh modul *analog input* NI-9205. Untuk mengatur kecepatan motor digunakan *Remote Control* yang langsung terhubung dengan perangkat pengatur kecepatan elektronik atau *Electronic Speed Controller (ESC)*.

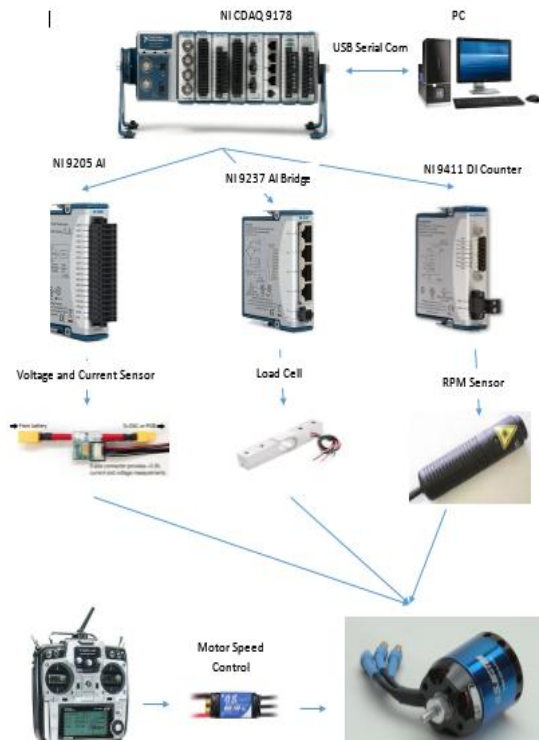
3.1 Perancangan Perangkat Keras

Sensor arus dan tegangan yang digunakan pada sistem pengujian ini adalah jenis *APM Power Module 3dr*. Sensor tersebut dapat mengukur arus dan tegangan sekaligus. Sensor ini adalah sensor yang biasa digunakan dalam pesawat tanpa awak dan merupakan paket sensor yang terdapat pada sistem *Ardupilot*.

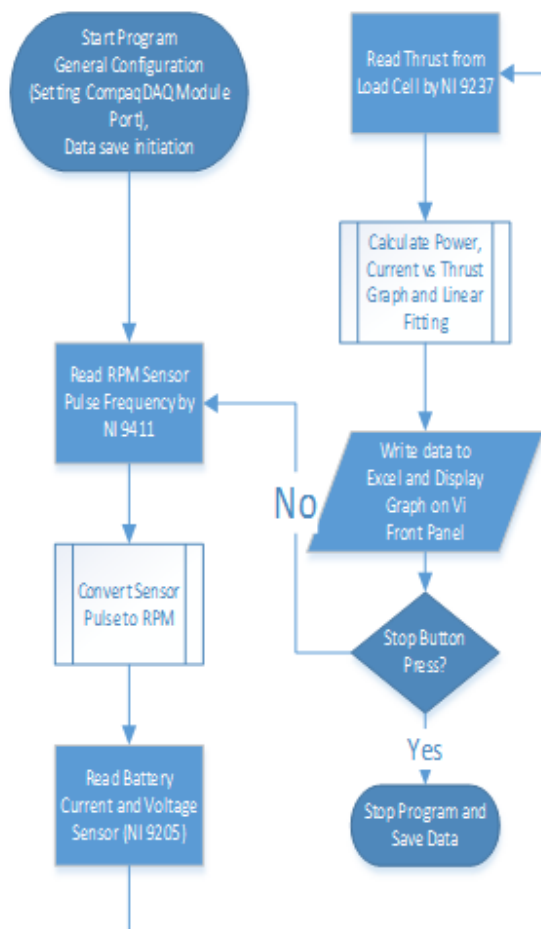
Untuk proses pengujian selain sistem sensor dan perangkat akuisisi data, dibutuhkan juga *test bed* sebagai tempat motor akan diuji. Pada sistem ini *test bed* dirancang untuk dapat bergerak maju atau mundur mengikuti arah gaya dorong yang dihasilkan motor (Wirawan, 2015). Disain tersebut juga dibuat untuk memudahkan pengambilan data sensor *load cell*.



Gambar 3-4: Test bed pengujian motor *brushless*



Gambar 3-5: Diagram perancangan perangkat keras sistem akuisisi data

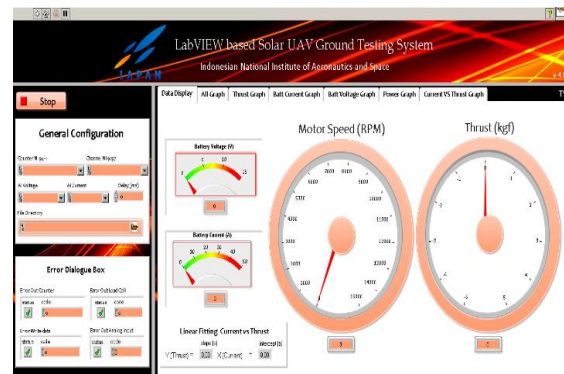


Gambar 3-6: Diagram alir perangkat lunak sistem akuisisi data

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

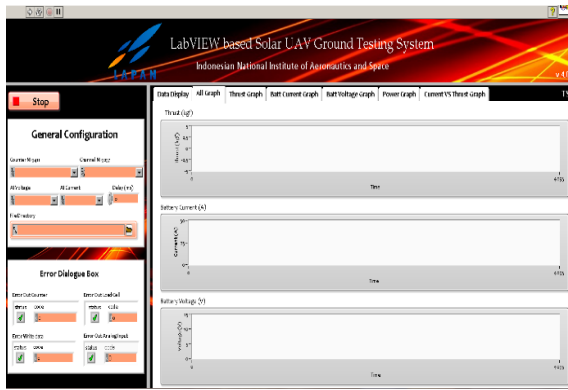
Sistem pengujian ini menggunakan perangkat lunak *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench* (LabVIEW). Dalam sistem ini secara umum diagram alir perangkat lunak dibagi menjadi tiga bagian. Pertama proses inialisasi, pada proses ini dilakukan inisiasi kanal modul-modul pada *CompaqDAQ*, kemudian inisiasi direktori penyimpanan file data hasil pengukuran (Corporation, 2012).

Selanjutnya, proses pengambilan dan pemrosesan data. Pada proses ini data dari sensor akan diambil dan diolah sehingga menjadi besaran yang bisa ditampilkan pada antarmuka perangkat lunak dan yang terakhir proses penulisan data ke file *excel*.



Gambar 3-7: Tampilan antarmuka perangkat lunak sistem akuisisi data

Tampilan antarmuka perangkat lunak sistem akuisisi data ini dapat menampilkan nilai hasil pengukuran sensor secara *real time*. Data dari sensor yang ditampilkan adalah data kecepatan (dalam RPM), daya dorong *thrust* (dalam kgf), tegangan baterai (dalam Volt), arus baterai (dalam Ampere). Selain itu data hasil pengolahan sensor yang ditampilkan dalam bentuk grafik adalah grafik daya (dalam Watt) terhadap waktu, grafik arus, tegangan, dan daya dorong terhadap waktu, serta grafik daya dorong terhadap arus. Dari grafik daya dorong terhadap arus akan didapat persamaan linear yang menunjukkan hubungan keduanya.

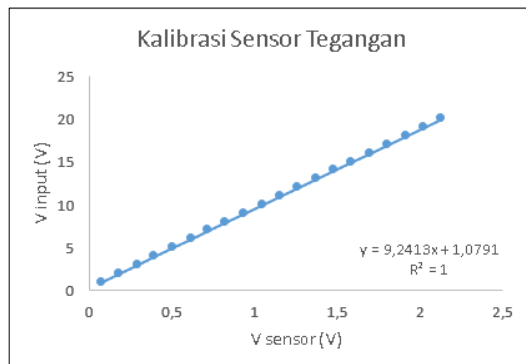


Gambar 3-8: Tampilan antarmuka data grafik perangkat lunak sistem akuisisi data

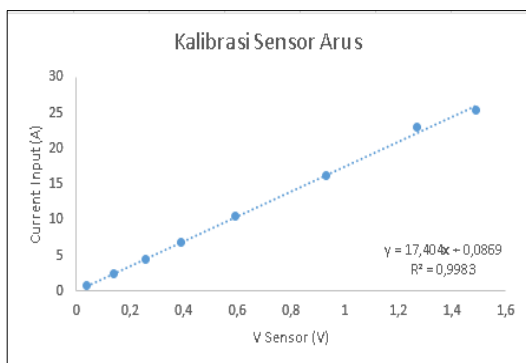
4 DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan pada ketiga sensor yang digunakan yakni sensor arus, sensor tegangan, dan *load cell*. Kalibrasi sensor arus dan tegangan dilakukan dengan cara memberikan masukan arus dan tegangan dari catu daya kemudian mengukur tegangan keluaran sensor. Kemudian data tersebut dibuat grafik untuk kemudian dihitung persamaan liniernya.



Gambar 4-1: Data kalibrasi sensor tegangan



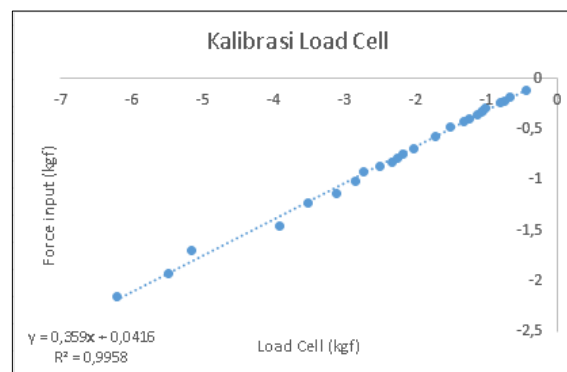
Gambar 4-2: Data kalibrasi sensor arus

Dari data kalibrasi sensor arus dan tegangan tersebut kemudian didapat

dua persamaan yakni $y = 9.2413x + 1.0791$ dan $y = 17.404x - 0.0869$ masing-masing untuk sensor tegangan dan sensor arus.

Sedangkan untuk *load cell* kalibrasi dilakukan dengan memberikan beban yang diukur dengan alat *electronic push-pull*, kemudian data keluaran *load cell* diukur lalu dibuat grafik dan persamaannya.

Dari hasil kalibrasi *load cell* didapat persamaan $y = 0.359x - 0.0416$. Ketiga persamaan tersebut kemudian akan dimasukkan kedalam perancangan perangkat lunak sistem.



Gambar 4-3: Data kalibrasi *load cell*

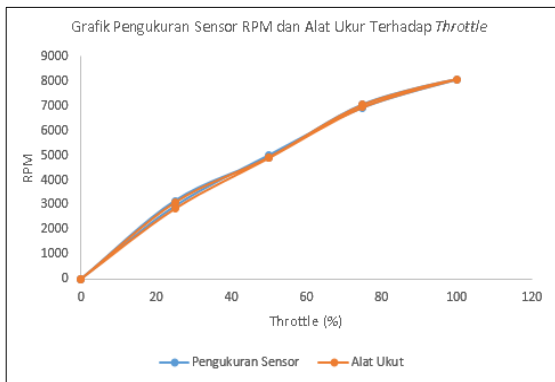
4.2 Data Hasil Pengujian

Pengujian sistem akuisisi data ini dilakukan dengan objek berupa motor *brushless* jenis *OS Motor OMA 3820-960* dengan propeler jenis *APC elektrik* ukuran 11 x 7. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi masukan *throttle* dari *remote control* dari 0% - 100% dengan interval 25%. Pengujian dilakukan untuk interval data naik dan turun. Kemudian data hasil pengujian untuk besaran sensor tegangan, arus, dan RPM dibandingkan dengan alat ukur yang telah terkalibrasi. Alat ukur yang dijadikan pembanding tersebut adalah: *Sanwa DCM 400AD AC/DC Clampmeter* untuk pengukuran arus, *Sanwa Digital Multimeter CD800A* untuk pengukuran tegangan, dan *Onosokki Digital Tachometer HT-4200* untuk pengukuran RPM.

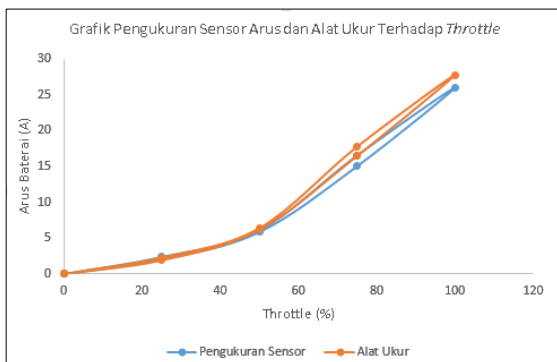
Hasilnya untuk pengukuran RPM, nilai yang didapat oleh sistem akuisisi data hanya memiliki galat rata-rata

sebesar 1.27%. Sedangkan untuk nilai tegangan dan arus masing masing memiliki galat rata-rata sebesar 0.61% dan 5.65%.

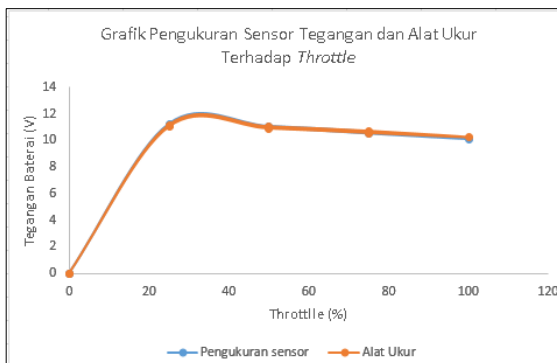
Dari ketiga hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa hasil pengukuran yang dilakukan oleh sistem memiliki nilai yang cukup akurat dan mendekati nilai benar yang ditunjukkan oleh alat ukur. Hal tersebut terlihat dari hasil pengukuran terutama untuk besaran RPM yang hanya memiliki galat sebesar 1.27%.



Gambar 4-4: Grafik hasil pengujian sensor rpm dan alat ukur terhadap throttle



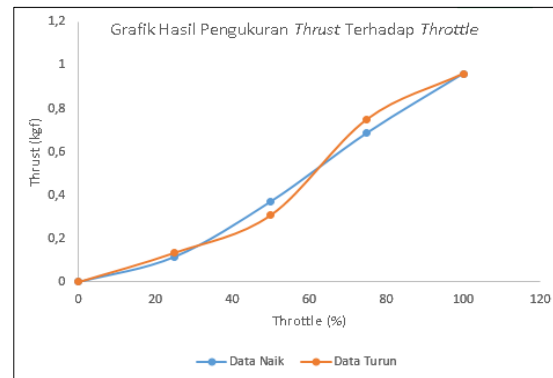
Gambar 4-5: Grafik pengukuran arus dan alat ukur terhadap throttle



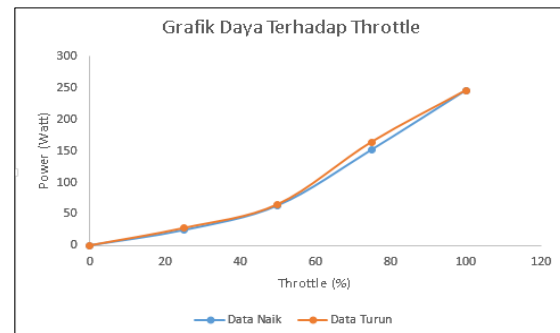
Gambar 4-6: Grafik hasil pengujian tegangan dan alat ukur terhadap throttle

Data hasil pengujian daya dorong (*thrust*) ditampilkan pada Gambar 4-7. Dari grafik tersebut terlihat bahwa terdapat sedikit perbedaan saat data *throttle* dinaikkan dan diturunkan.

Menurut analisis penulis hal tersebut dikarenakan sensor *load cell* yang sangat sensitif sehingga nilainya berubah saat diberikan perubahan *throttle* dari naik ke turun.



Gambar 4-7: Grafik hasil pengukuran thrust terhadap throttle



Gambar 4-8: Grafik hasil pengukuran daya motor terhadap throttle

Sedangkan untuk hasil pengukuran daya yang dibutuhkan motor didapat hasil daya motor saat *throttle* maksimum adalah sebesar 245.81 Watt. Perhitungan daya tersebut didapat dari hasil perkalian antara tegangan dan arus baterai.

5 KESIMPULAN

Setelah rancang bangun sistem akuisisi data ini selesai dibuat dan dilakukan pengujian, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan dari hasil pengujian tersebut:

- Sistem akuisisi data ini mampu melakukan pengukuran besaran-besaran yang dibutuhkan pada saat uji

darat seperti tegangan baterai, arus baterai, kecepatan putaran motor (RPM), daya dorong (*thrust*) yang dihasilkan, serta daya (*power*) yang dibutuhkan oleh motor.

- Sistem akuisisi data ini mampu melakukan pengukuran dengan galat masing masing untuk besaran RPM, tegangan, dan arus sebesar 1.27%, 0.61%, dan 5.65%.
- Sistem akuisisi data ini telah mampu menampilkan data hasil pengujian secara *real time* melalui antarmuka perangkat lunak *LabVIEW* dengan kecepatan sampling data mencapai 100 ms.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan dan penyelesaian paper ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Teknis Solar LSU PUSTEKBANG-LAPAN yang menyiapkan pembuatan *test bed* dan pemasangan rangkaian. Serta kepada Pak Atik Bintoro, Pak Abdul Rachman, dan Pak Ridanto Eko Poetro yang telah memberikan saran dan masukan sehingga paper ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUUKAN

- Corporation, M. C., 2012. *Data Acquisition Handbook*, A Reference for DAQ and Analog & Digital Signal Conditioning.
- Morris, A. S., 2001. *Measurement and Instrumentation Principles*, Butterworth - Heinemann.

- North, A., Siegwart, R., & Engel, W., 2007. *Autonomous Solar UAV for Sustainable Flights Advances in Unmanned Aerial Vehicles* (377-405): Springer.
- Romeo, G., Frulla, G., & Cestino, E., 2006. *Design of A High-Altitude Long-Endurance Solar-Powered Unmanned Air Vehicle For Multi-Payload and Operations*, JAERO, Italy.
- Sydorenko, K., and Budko, V., 2012. *Flying of The UAV by The Solar Energy*. International Conference Methods and Systems of Navigation and Motion Control. Ukraine.
- Torabi, H. B., & Sadi, M., 2011. *Solar Power System for Experimental Unmanned Aerial Vehicle (UAV); Design and Fabrication*, Paper presented at the Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference (PEDSTC), 2011 2nd.
- Valavanis, K. P., 2008. *Advances in Unmanned Aerial Vehicles: State of the Art and the Road to Autonomy* (Vol. 33): Springer Science & Business Media.
- Wirawan, Adi, 2015. *Pengujian Gaya Dorong Motor Elektrik Untuk Solar UAV*, dalam Seminar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Dirgantara ke - XIX. Bogor. <http://copter.ardupilot.com/wiki/common-3dr-power-module/>
- www.ni.com
- www.osengines.com/motors/motor-specifications.pdf