

RANCANG BANGUN ALAT UJI *THRUST* MOTOR *BRUSHLESS* DENGAN VARIASI *PROPELLER*

¹Haqqah Risath Mas Intan, ²Muhammad Luqman Bukhori, ³Sabri Alimi

^{1,2,3}*Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta*

Abstrak

Dalam perancangan drone, pemilihan komponen seperti baterai, *Electronic Speed Controllers* dan *propeller* harus sesuai dengan kebutuhan namun tidak semua komponen pada RC mencatumkan data pengukuran untuk mengetahui spesifikasi pada motor *brushless* oleh karena itu, diperlukan suatu alat uji yang dapat menghitung besar gaya *thrust* atau menggunakan alat uji coba. Motor *brushless* dan *propeller* adalah komponen penting yang mempengaruhi kinerja terbang pada drone. Semakin besar gaya *thrust* yang dihasilkan oleh motor *brushless* dan *propeller*, maka semakin besar beban yang dapat diangkat oleh drone. Jenis *propeller* yang umum digunakan pada drone antara lain *propeller* 6x4, 9x6, dan 10x5. Untuk mengukur besarnya *thrust*, dapat digunakan sensor beban dan sensor arus yang dikonversi oleh converter ADC HX711. Alat test bench dapat digunakan untuk menghasilkan data secara experimental menggunakan bantuan sensor tersebut. Dalam pengujian *propeller* 6x4e menghasilkan arus 7,8 Ampere dan gaya dorong 1,13 kgf, *propeller* 9x6e menghasilkan arus 16,4 Ampere dan gaya dorong 1,63 kgf, dan *propeller* 10x5e menghasilkan arus 18,6 Ampere dan gaya dorong 2,07 kgf dengan pemilihan motor *brushless* dan *propeller* yang tepat, kinerja drone dapat meningkat.

Kata Kunci : Drone, Propeller, Gaya dorong, HX711, Ampere

Abstract

In drone design, the selection of components such as batteries, *Electronic Speed Controllers* and *propellers* must be in accordance with the requirements, but not all components in the RC include measurement data to determine the specifications of the *brushless* motor. Therefore, a test tool is needed that can calculate the amount of *thrust* or use a tool trials. *Brushless* motors and *propellers* are important components that affect flying performance on drones. The greater the *thrust* generated by the *brushless* motor and *propeller*, the greater the load that can be lifted by the drone. The types of *propellers* commonly used in drones include 6x4, 9x6, and 10x5 *propellers*. To measure the amount of *thrust*, load sensors and current sensors can be used which are converted by the ADC HX711 converter. The test bench tool can be used to produce data experimentally using the help of the sensor. In testing the 6x4e *propeller* produced a current of 7.8 Ampere and a *thrust* of 1.13 kgf, the 9x6e *propeller* produced a current of 16.4 Ampere and a *thrust* of 1.63 kgf, and the *propeller* 10x5e produced a current of 18.6 Amperes and a *thrust* of 2.07 kgf with the right selection of *brushless* motors and *propellers*, drone performance can increase.

Keywords: Drone

Pendahuluan

Drone adalah salah satu UAV (Unmanned Aerial Vehicle) yang dapat menempuh berbagai jarak jauh dengan bantuan video atau foto. *Drone* digunakan karena memiliki keunggulan seperti efisiensi, terbang vertikal, presisi tinggi dan dapat terbang di dalam dan di luar ruangan. Penerapan teknologi *drone* telah digunakan di industri untuk membantu dan mendukung kinerja industri yang optimal (Alfiannor, Riyanti dan Kurniawan, 2022) Dalam Perancangan wahana *drone* diperlukan pemilihan komponen agar sesuai dengan yang diinginkan mayoritas produk seperti komponen pada RC seperti baterai, *Electronic Speed Controllers* dan *propeller* tidak mencatumkan data untuk pengukuran untuk mengetahui spesifikasi pada motor *brushless* diperlukan maksimal gaya *thrust* kemampuan motor dan kombinasi *propeller* yang digunakan. Sehingga diperlukan suatu alat untuk mengetahui *thrust* melalui website atau menggunakan suatu alat uji coba yang dapat menghitung besarnya gaya *thrust* agar *drone* dapat terbang sesuai dengan diinginkan (Prayogo, Manoppo dan Lefrandt, 2020) Penyesuaian tersebut tidak lepas dari komponen tersebut yang dapat mempengaruhi kinerja terbang pada *drone* yaitu motor *brushless* dan *propeller*. Motor *brushless* merupakan komponen rotor pada

¹Email Address: 190102015@students.sttkd.ac.id
Received 15 April 2023, Available Online 30 Juli 2023

drone yang bergerak secara berputar searah jarum jam/berlawanan arah jarum jam dan juga *propeller* adalah komponen berbentuk bilah-bilah jika berputar maka akan menghasilkan gaya *thrust*, jika *propeller* dipasang pada motor *brushless* dengan kecepatan tertentu pada *drone* dapat mengangkat *drone* ke udara, sehingga makin besar gaya *thrust* yang dihasilkan oleh motor *brushless* dan *propeller* maka makin besar pula beban yang mampu diangkat oleh *drone* (Prasetyo dan Arum, 2021) Penggunaan jenis *propeller* yang digunakan pada *drone* pada umumnya cukup beragam *propeller* 9x6 memiliki diameter 9 inchi dengan sudut *pitch* sebesar 6 derajat, *propeller* 10x5 merupakan jenis *propeller* dengan diameter 10 inch dengan sudut *pitch* sebesar 6 derajat dan 6x4 merupakan jenis *propeller* dengan diameter 6 inch dengan sudut *pitch* 4 derajat, beberapa jenis *propeller* yang ada di pasaran dan umum digunakan untuk *drone* (Othman *et al.*, 2019) Data-data yang diukur seperti besarnya *thrust* yang dihasilkan suatu sensor dan dapat mengukur besarnya *thrust* disebut *loadcell*, komponen ini dikonversi oleh *converter* ADC 2 yaitu HX711, keluaran HX711 ini kemudian diolah oleh mikrokontroler dan untuk data dari potensiometer dan modul LCD 16x2 yang digunakan untuk menampilkan data uji (Gede *et al.*, 2021) Pada pemaparan di atas besarnya *thrust* yang dihasilkan oleh motor *brushless* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kinerja baterai dan jenis *propeller* yang digunakan. *Propeller* yang lebih efisien dapat meningkatkan *thrust* yang dihasilkan oleh motor *brushless*, sehingga meningkatkan kinerja kendaraan atau *drone* yang digunakan (Sihaan, Munawir dan Husin, 2022) Alat *test bench* yang dibutuhkan untuk mengetahui keluaran *output* dari motor *brushless* dengan variasi *propeller* sebagai solusi dikarenakan begitu pentingnya pemilihan motor *brushless* dengan variasi *propeller* untuk menghasilkan data secara *experimental* menggunakan bantuan sensor yang telah di kembangkan, yaitu: sensor beban dan sensor arus.

Tinjauan Pustaka

Software eagle

Software Eagle perangkat lunak yang populer digunakan untuk merancang Printed Circuit Board (PCB). *Software* tersebut memiliki keuntungan yang dimana desainer dapat mengatur perilaku sirkuit deterministik (yaitu, integritas sinyal, waktu sinyal), sifat papan yang stabil (yaitu, kekakuan mekanis, bantuan termal, keseluruhan kapasitansi lapisan), kemudahan perakitan (yaitu, jarak komponen, ruang izin, ukuran pada topeng solder), dan untuk mengemas produk dengan rapi dan profesional (Kwashnak, 2020)

Motor *brushless*

Motor *brushless* 2200 kV adalah jenis dari motor listrik yang menggunakan desain *brushless* DC (BLDC). Pada desain ini, *stator* yaitu bagian yang diam dari motor terdiri dari sejumlah *winding* dan *rotor* yaitu bagian yang berputar dari motor terdiri dari magnet permanen. Motor *brushless* 2200 kV memiliki kecepatan putaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor *brushless* lainnya dengan tegangan yang sama. Hal ini dikarenakan motor *brushless* 2200 kV memiliki jumlah *pole* yang lebih sedikit dibandingkan dengan motor *brushless* lainnya. Kecepatan putaran yang lebih tinggi dapat meningkatkan performa sistem yang menggunakan motor tersebut, seperti pada aplikasi *drone* atau model udara. Selain itu, motor *brushless* 2200 kV juga lebih efisien dibandingkan dengan motor *brushless* lainnya karena tidak ada gesekan antara brush dan komutator sehingga tidak ada kerusakan pada bagian dalam motor (Welekar dan Apte, 2014)

Sensor ACS 712

Sensor ACS 712 merupakan salah satu sensor yang mampu mendeteksi arus AC atau DC. Sensor ACS712 merupakan *half effect* yang dimana mengukur besaran arus pengukuran kisaran arus tertentu. Sensor ACS 712 memiliki 3 kaki pin yaitu *ground*, *VCC* dan *out* mampu mendeteksi arus AC, sensor ini memiliki total kesalahan *output* 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$, sensor arus ACS 712 tersebut

dibuat secara *compact* oleh pabrik dalam bentuk IC yang bekerja dengan prinsip merespon dan mengukur medan magnet yang timbul disekitar kawat berarus dengan mengkombinasikan fungsi Resistor Shunt dan *current transformer* sebagai sensor arus AC maupun DC yang memiliki tingkat akurasi pembacaan yang tinggi. Sensor ACS 712 dengan maksimal arus 30 Ampere memiliki sensitivitas 66 mV/A (Satya Trias Prima *et al.*, 2020)

Converter HX 711

Analog to digital converter (ADC) HX711 adalah konverter analog-ke-digital 24-bit presisi yang dirancang untuk timbangan dan aplikasi kontrol industri untuk berinteraksi langsung dengan *load cell*. Komponen ini dibuat khusus untuk memperkuat sinyal dari sel dan mengkonversi data analog menjadi data digital sebelum dikirimkan ke mikrokontroler. HX 711 mempunyai prinsip kerja yaitu mengubah perubahan terukur dalam perubahan nilai resistansi, melalui rangkaian konversi menjadi keluaran secara digital (Rasheedha *et al.*, 2020)

Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler *open source* yang bergantung pada mikrokontroler chip ATmega328P. Papan ini dilengkapi dengan unit informasi/output (I/O) dan dapat dengan mudah dihubungkan ke berbagai pin. *Board* ini memiliki 14 pin digital, 6 pin analog dan dapat diprogram dengan mikrokontroler Arduino IDE melalui *hyperlink* USB tipe B agar komponen ini bekerja sambungkan dengan USB dengan menggunakan 9 volt eksternal (Rasheedha *et al.*, 2020)

Load cell

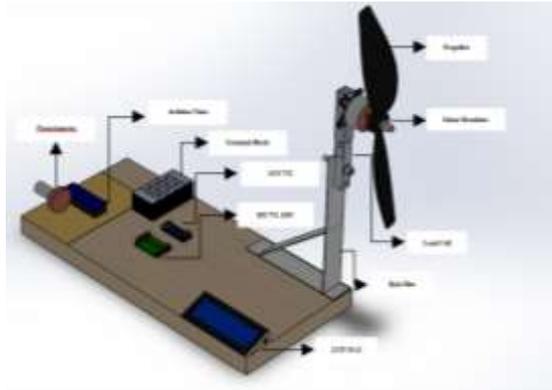
Load cell terbagi menjadi transduser (komponen elektronik yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal listrik) yang mengubah tekanan beban menjadi sinyal listrik. *Load cell* adalah modul penimbangan, prinsip kerjanya adalah mengubah perubahan terukur menjadi perubahan resistansi dan mengubahnya menjadi besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Sensor beban dan *converter* HX711 yang digunakan untuk mendapatkan data berat (Hastawan *et al.*, 2021)

Metode Penelitian

Pada penelitian ini rancangan menggunakan metode penelitian eksperimen dan observasi pada penelitian ini bertujuan yaitu membuat suatu alat uji yang dapat menguji motor *brushless* 2200 KV dengan menggunakan *load cell*/sensor beban dan sensor ACS 172 untuk mengukur besaran *thrust*, mengukur besarnya arus listrik yang di integrasikan menggunakan Arduino nano untuk menampilkan *data logger*.

Desain rancang bangun

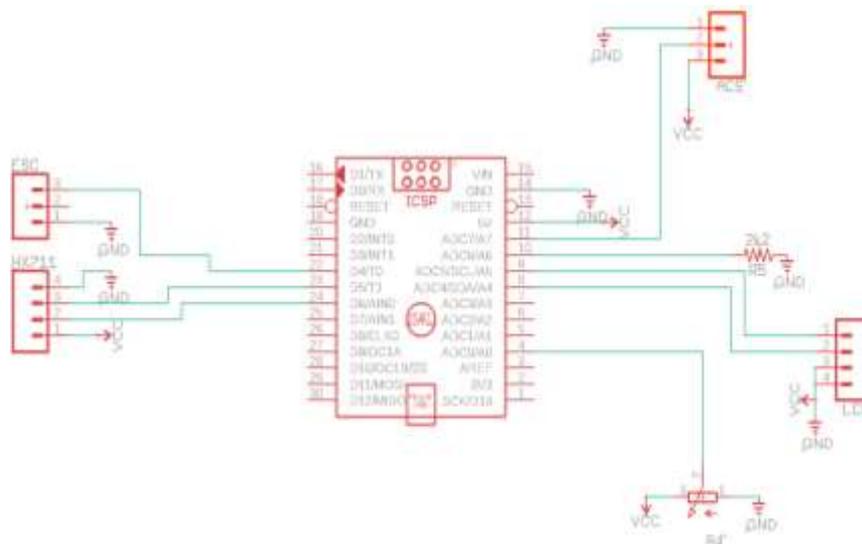
Design alat uji menggunakan aplikasi *solid works* dimana pada Gambar 1 material yang digunakan berupa kayu dengan ukuran panjang 30 cm dengan lebar 14 cm dan tinggi 2 cm serta komponen di atas nya berupa *power circuit board*, *liquid crystal display* 16 x2, Block Terminal, ACS 712 dan HX 711 ADC. Pada bagian tersebut terbagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian pcb merupakan komponen yang terdiri dari Arduino nano, resistor 5k ohm, resistor 2k ohm, pin header female dan *potensiometer* untuk rancangan mekanik alat uji ini menggunakan besi siku sebagai tempatnya *load cell*, motor *brushless*, *propeller*.



Gambar 1. Desain Rancang Bangun

SKEMATIK ALAT UJI

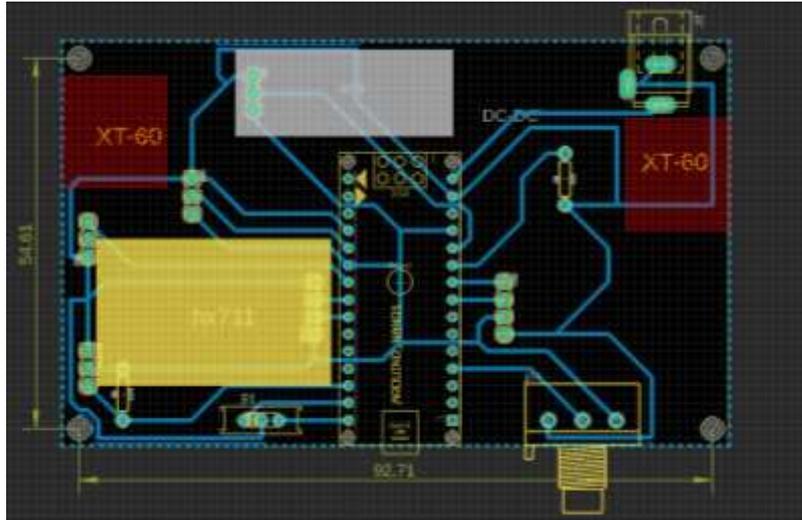
Pembuatan skematik alat uji motor *brushless* menggunakan aplikasi *software eagle*. Hal tersebut bertujuan untuk membuat komponen agar terlihat rapih dan sesuai dengan aturan. Pada bagian Gambar 2 skematik ada komponen seperti Arduino nano, *converter* HX 711, *load cell*, sensor arus 712, Potensiometer 5K ohm, LCD 16x2, Resistor 2200 ohm, resistor 4700 Ohm dan soket DC *female* 5.5 x 2.1 mm.



Gambar 2 Skematik Alat Uji

PERANCANGAN POWER CIRCUIT BOARD ALAT UJI MOTOR BRUSHLESS

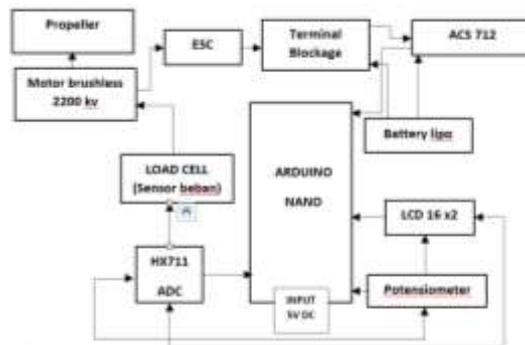
Pembuatan alat uji menggunakan papan *power circuit board* sehingga harus dibuat tata letak komponen terlihat pada Gambar 3 layout pada *software eagle* serta letak komponen yang ada pada *power circuit board* dengan dimensi panjang 9.2 cm dengan lebar 5.4 cm, hal ini perlu disesuaikan dengan ukuran dimensi dari setiap masing-masing komponen tersebut, perancangan ini berguna agar jalur yang dibuat di *software eagle* tersebut komponen agar berfungsi serta terlihat tertata dan juga rapih sehingga menambah *value* estetika dari alat uji tersebut.



Gambar 3 Layout Power Circuit Board

PERANCANGAN SISTEM PEMBACAAN SENSOR

Pada alat uji tersebut menggunakan 2 jenis sensor yaitu : sensor *loadcell* membaca besaran gaya dorong pada motor *brushless* dengan variasi *propeller*, *loadcell* merespon perubahan gaya dorong lalu nilai besaran tersebut di ubah dari *analog* menjadi *digital* menggunakan *converter* HX711 inputan terkirim ke Arduino nano untuk diolah data output dikirim ke LCD 16x2 dalam satuan Kgf, besarnya *thrust* di atur oleh potensiometer 5k ohm. Pada pembacaan sensor arus ACS 712 dilakukan secara seri dengan komponen *terminal blockage* tegangan input pada ACS 712 tegangan dari Electronic Speed Control dan baterai Lipo 2 sell 1600 mAh.



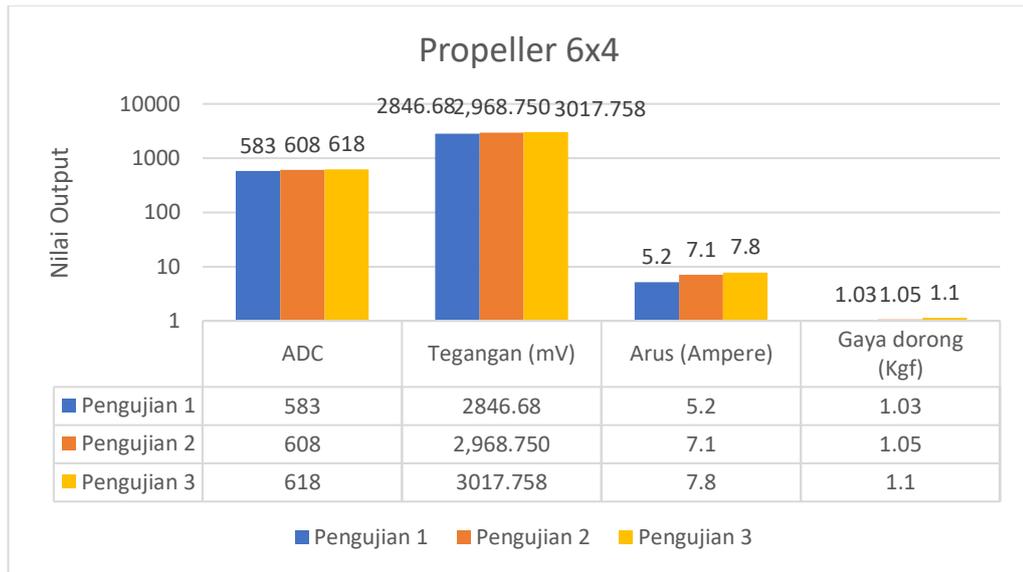
Gambar 4. Perancangan Sistem Pembacaan Sensor

Hasil Dan Pembahasan

Pembacaan nilai analog to digital converter terhadap variasi propeller

ADC adalah perangkat yang mengubah sinyal analog. Pembacaan nilai analog to digital converter mempengaruhi besarnya nilainya pembacaan resolusi ADC, nilai ADC yang lebih tinggi dapat merepresentasikan nilai digital input analog yang lebih akurat pada pengujian ini dilakukan 3 kali pengujian untuk menganalisa serta mendapatkan nilai rata-rata setiap variable yang di uji, nilai yang di uji merupakan nilai tertinggi yang di dapatkan saat pengujian nilai ADC tersambung pada sensor ACS 712 terhadap gaya dorong (kgf) pada variasi propeller.

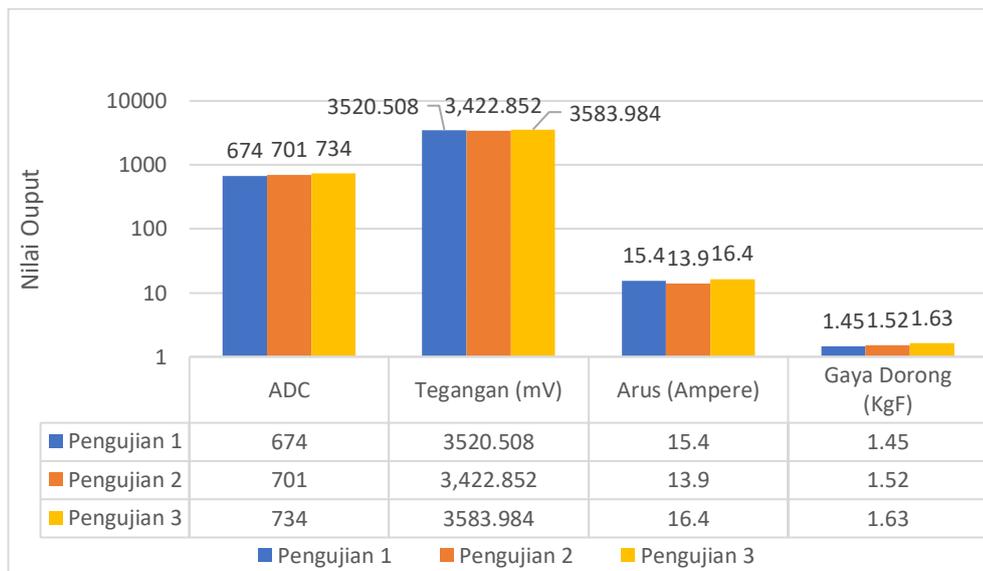
Pengujian *propeller* 6x4



Gambar 5 Grafik pengujian *propeller* 6x4

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5 adalah hasil pengujian *propeller* 6x4 dilakukan pengujian untuk nilai yang di uji merupakan nilai tertinggi yang di dapatkan saat pengujian. Pada pengujian pertama untuk nilai ADC didapatkan sebesar 583, tegangan 2.9 V dengan arus 6,9 Ampere dan gaya dorong 1,03 kgf. Pada pengujian kedua untuk nilai ADC 08 dengan tegangan 2.9 V dengan arus 7,1 Ampere, gaya dorong 1,05 Kgf. Pada pengujian ketiga nilai ADC 618 dengan tegangan 3 V dengan arus 7,8 Ampere dengan gaya dorong 1,13 kgf. Pada pengujian perbandingan pertama, kedua dan ketiga nilai standar deviasi mendekati nilai rata-rata.

Pengujian *propeller* 9x6

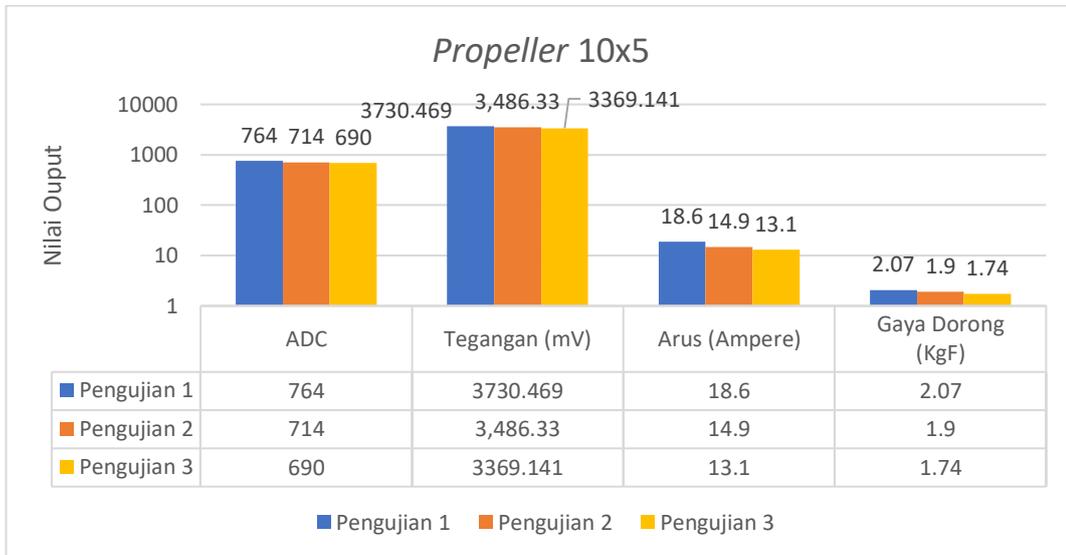


Gambar 6 Grafik Pengujian *Propeller* 9x6

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 grafik pengujian *propeller* 9x6 dilakukan 3 kali pengujian untuk menganalisa serta mendapatkan nilai rata-rata setiap variable yang di uji. Pada pengujian pertama untuk nilai ADC didapatkan sebesar 674, dengan tegangan 3,5 V arus 15,4 Ampere dan gaya

dorong 1,45 Kgf. Pada pengujian kedua untuk nilai ADC 701 dengan tegangan 3,4 V dengan arus 13,9 Ampere dan gaya dorong 1,52 kgf. Pada pengujian ketiga nilai ADC 734 dengan tegangan 3,5 V dengan arus 16,4 Ampere dengan gaya dorong 1,63 Kgf. Pengujian ketiga merupakan nilai tertinggi untuk gaya dorong 1,63 Kgf dibandingkan pengujian pertama dan ketiga.

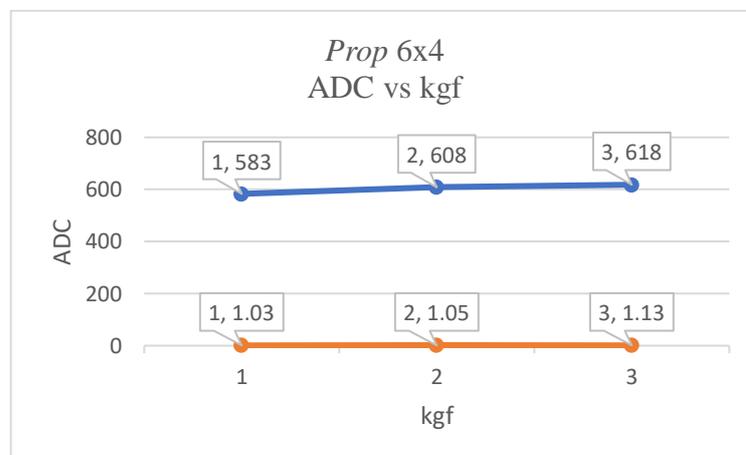
Pengujian *propeller* 10x5



Gambar 7. Grafik Pengujian *Propeller* 10x5

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 adalah hasil pengujian *propeller* 10x5 dilakukan 3 kali pengujian untuk menganalisa serta mendapatkan nilai rata-rata setiap variable yang di uji. Pada pengujian pertama untuk nilai ADC didapatkan sebesar 764, dengan tegangan 3,7 V arus 18,6 Ampere dan gaya dorong 2,07 kgf. Pada pengujian kedua untuk nilai ADC 714 dengan tegangan 3,4 V dengan arus 14,9 Ampere dan gaya dorong 1,9 kgf. Pengujian pertama merupakan nilai tertinggi dengan ADC 764 dengan tegangan 3.7 V dengan arus 18,6 Ampere dengan gaya dorong 2,07 kgf.

Perbandingan gaya dorong (kgf) *propeller* 6x4 terhadap nilai ADC.

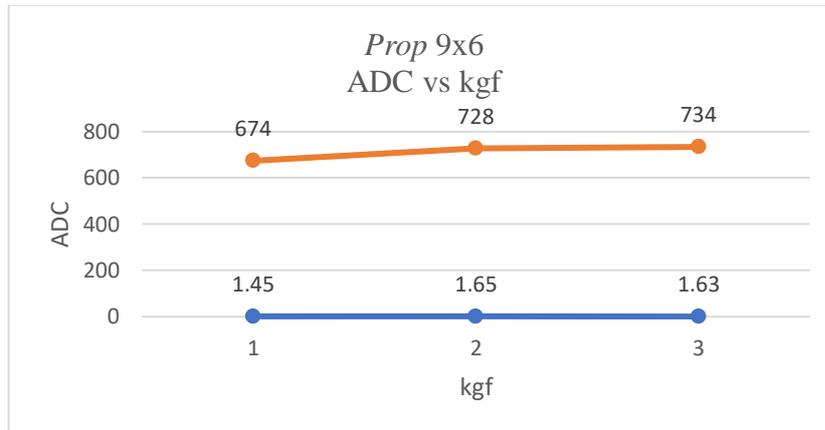


Gambar 8. Grafik nilai ADC vs Kgf pada *propeller* 6x4

Grafik yang ditunjukkan pada gambar 8 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 6x4 oleh *analog to digital converter* terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pada Pengujian pertama nilai ADC sebesar 606

dengan gaya dorong 1,04 (kgf), pengujian kedua mendapatkan nilai ADC sebesar 614 dengan gaya dorong 1,03 (kgf) dan pengujian ketiga merupakan nilai ADC tertinggi yaitu 618 dengan gaya dorong 1,13 Kgf.

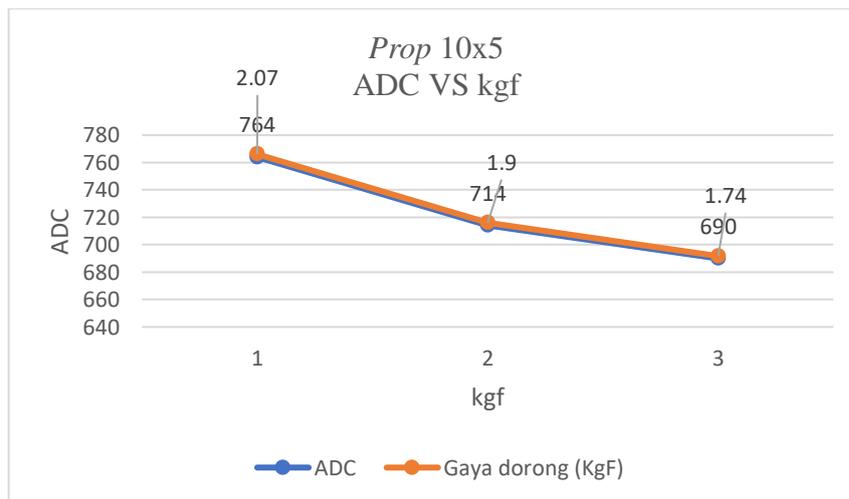
Perbandingan gaya dorong (kgf) *propeller* 9x6 terhadap nilai ADC.



Gambar 9. Grafik nilai ADC vs Kgf pada *propeller* 9x6

Grafik yang ditunjukkan pada gambar 9 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 9x6 oleh *analog to digital converter* terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pengujian pertama memiliki nilai ADC 674 dengan gaya dorong 1,45 kgf, Pengujian kedua mendapatkan nilai ADC 728 dengan gaya dorong 1,65 kgf. dan Pengujian ketiga merupakan nilai ADC tertinggi yaitu 618 dengan gaya dorong 1,13 kgf.

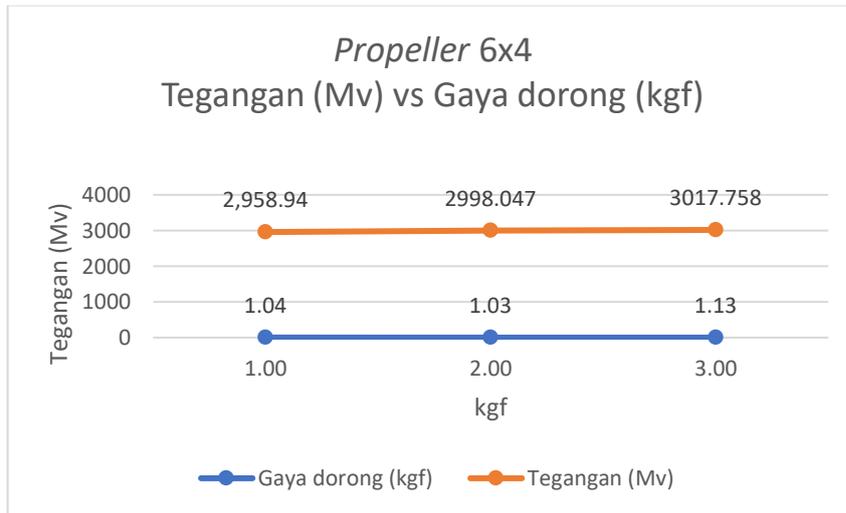
Perbandingan gaya dorong (kgf) *propeller* 10x5 terhadap nilai ADC.



Gambar 10. Grafik nilai ADC vs Kgf pada *propeller* 10x5

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 10 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 10x5 oleh *analog to digital converter* terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pengujian pertama nilai ADC sebesar 764 dengan gaya dorong 2,07 kgf, pengujian kedua menghasilkan nilai ADC 714 dengan gaya dorong 1,9 kgf dan pengujian ketiga menghasilkan nilai ADC dengan gaya dorong 1,74 kgf. Nilai ADC 764 terbesar memiliki nilai gaya dorong 2,07 kgf terbesar pada pengujian pertama.

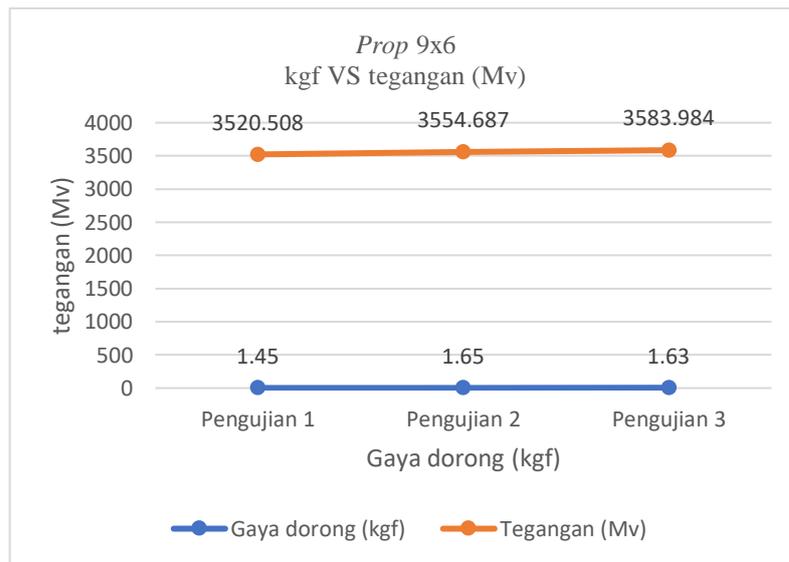
Nilai tegangan ACS 712 terhadap *propeller* 6x4 terhadap gaya dorong (kgf).



Gambar 11. Grafik nilai tegangan vs kgf pada *propeller* 6x4

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 11 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 6x4 oleh sensor ACS 712 tegangan (Mv) terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pada pengujian pertama nilai tegangan sebesar 2,95 Volt dengan gaya dorong 1,04 kgf, pada pengujian kedua nilai tegangan sebesar 2,98 Volt dengan gaya dorong 1,03 kgf dan pengujian ketiga nilai tegangan sebesar 3 Volt dengan gaya dorong 1,13 kgf.

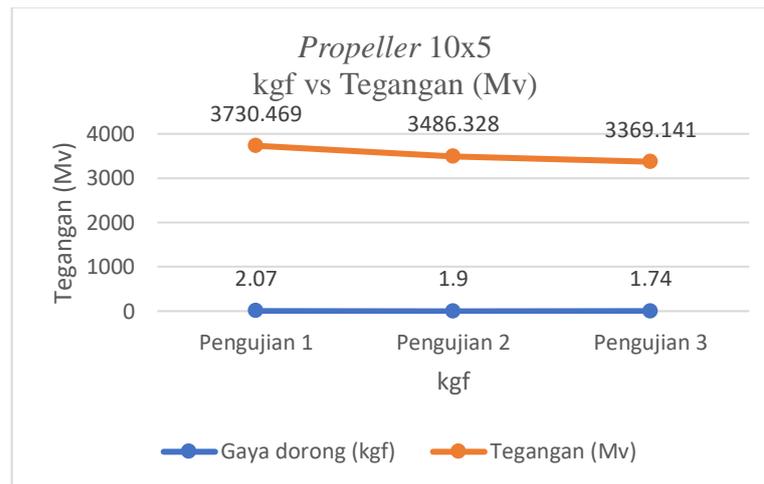
Nilai tegangan ACS 712 terhadap *propeller* 9x6 terhadap gaya dorong (kgf).



Gambar 12. Grafik nilai tegangan vs kgf pada *propeller* 9x6

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 12 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 9x6 oleh sensor ACS 712 tegangan (Mv) terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pada pengujian pertama nilai tegangan sebesar 3,5 Volt dengan gaya dorong 1,45 kgf, pada pengujian kedua nilai tegangan sebesar 3,5 Volt dengan gaya dorong 1,65 kgf dan pengujian ketiga nilai tegangan sebesar 3,5 Volt dengan gaya dorong 1,63 kgf.

Nilai tegangan ACS 712 terhadap *propeller* 10x5 terhadap gaya dorong (kgf).



Gambar 13. Grafik nilai tegangan vs kgf pada propeller 10x5

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 13 adalah grafik yang mana pada pengujian *propeller* 10x5 oleh sensor ACS 712 tegangan (Mv) terhadap gaya dorong kgf dilakukan pengujian selama tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-rata pada grafik tersebut. Pada pengujian pertama nilai tegangan sebesar 3,7 Volt dengan gaya dorong 2,07 kgf, pada pengujian kedua nilai tegangan sebesar 3,4 Volt dengan gaya dorong 1,9 kgf dan pengujian ketiga nilai tegangan sebesar 3,3 Volt dengan gaya dorong 1,74 kgf.

Kesimpulan

Rancang bangun alat uji motor *brushless* telah berhasil dibuat dan dikalibrasi untuk pengujian *thrust* dan arus dengan variasi *propeller*. Ukuran dimensi alat uji dengan ukuran panjang 30 cm dengan lebar 14 cm dan tinggi 2 cm.

Rancang bangun alat uji menunjukkan unjuk kerja yang dibuat dapat mengukur besaran ADC, tegangan, arus dan *thrust* pada variasi *propeller* dibaca melalui *data logger* dengan baik. Komponen sensor dapat mengukur besaran gaya dorong *thrust* (kgf). Nilai rata-rata pengujian *propeller* 6x4e menghasilkan arus 7,8 Ampere dan gaya dorong 1,13 kgf, *propeller* 9x6e menghasilkan arus 16,4 Ampere dan gaya dorong 1,63 kgf dan *propeller* 10x5e menghasilkan arus 18,6 Ampere dan gaya dorong 2,07 kgf.

Daftar Pustaka

- Alfiannor, A., Riyanti, L.E. dan Kurniawan, A. (2022) "Pengukuran Thrust dan RPM Propeller Motor Brushless pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviasi*, 15(01), hal. 11–17. Tersedia pada: <https://doi.org/10.54147/langitbiru.v15i01.513>.
- Gede, D. *et al.* (2021) "Analisi Uji Thrust Motor EDF dan Penentu Sistem Lepas Landas di Wahana Roket Berbasis ATMEGA 328," *jurnal spektrum*, 8(3), hal. 149–156.
- Hastawan, A.F. *et al.* (2021) "Comparison of testing load cell sensor data sampling method based on the variation of time delay," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing Ltd. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/700/1/012018>.
- Kwashnak, K. (2020) "A Basic Introduction for Designing a Printed Circuit Board (PCB) with EAGLE eCAD/CAM Software."
- Othman, M.N.K. *et al.* (2019) "Experimental study of UAV propeller Thrust generation for various Propeller Blade-Span and the relation with mouth-ring," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012052>.

- Prasetyo, E.E. dan Arum, W.F. (2021) “Analisis Perbandingan Kinerja Brushless Motor Menggunakan Metode Eksperimen,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(1), hal. 71–76. Tersedia pada: <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i1.987>.
- Prayogo, I.P.H., Manoppo, F.J. dan Lefrandt, L.I.R. (2020) “Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP),” *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1), hal. 6.
- Rasheedha, A. *et al.* (2020) “Arduino based Automated Dosage Prescripator using Load Cell,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., hal. 85–89. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1109/ICECA49313.2020.9297476>.
- Satya Trias Prima *et al.* (2020) “3548-15429-2-Pb,” 11(1), hal. 39–44.
- Sihaan, J.C.R., Munawir, A. dan Husin, Z. (2022) “Analisis Gaya Dorong (Thrust) Propeller Pada Pesawat Model Remote Control (Uav),” *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 8(1), hal. 135. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v8i1.5698>.
- Welekar, A.M. dan Apte, A.A. (2014) “Development of Brushless DC Motor Drive,” *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12, hal. 2278–1676. Tersedia pada: www.iosrjournals.org.