

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN MOTOR TANPA SIKAT 2250 KV DENGAN MENGGUNAKAN PENUKAR PANAS TIPE KONTAK TIDAK LANGSUNG

Oleh:

UNIVERSITAS ANDALAS
RANDI AWISANHAR

NIM. 2110913018



Dosen Pembimbing:

Dr. Eng. Ir. Dendi Adi Saputra M, IPM.

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2025

ABSTRACT

Brushless DC motors (BLDC) are widely used in miniature vehicles such as remote-controlled (RC) boats due to their high efficiency, compact size, high torque, and long service life. However, when operating under high rotational speed and continuous load, these motors tend to generate excessive heat. Without adequate thermal management, this heat buildup can degrade motor performance, damage internal components such as copper windings and permanent magnets, and ultimately lead to premature failure. To address these issues, an effective cooling system is necessary to maintain optimal motor operating temperatures.

This study aims to design and develop a passive cooling system using aluminum cooling fins arranged radially around the motor's outer surface. The system adopts an indirect contact heat exchanger concept, where heat is conducted from the motor casing to the fins, and then dissipated to the surrounding environment through natural or forced convection. The fins do not contact internal motor parts, ensuring safety and durability. Design considerations include optimizing fin geometry—such as number, thickness, height, and spacing—to maximize surface area for heat dissipation while minimizing aerodynamic drag and added weight.

Experimental testing was conducted under various motor speeds (52,801 to 62,413 rpm) and airflow velocities (12,9, 9,9, and 16,9 m/s) to simulate real RC boat operation. Results showed that the fin system significantly reduced motor temperature, with an average reduction of 20–25% compared to non-cooled conditions. Even at maximum motor speed, temperatures remained stable in the range of 55–65°C. The cooling system's performance improved with increased airflow, highlighting the important role of forced convection. Temperature measurements consistently showed the motor's center region (position 2) as the hottest point, but it was effectively maintained within safe limits.

In addition to thermal performance, the cooling system offers practical advantages: it is lightweight, easy to install, requires no additional power, and is virtually maintenance-free. This makes it especially suitable for compact systems with limited space and energy availability, such as RC boats, drones, or mobile robots. By applying this passive cooling system, motor efficiency can be sustained over time, the risk of overheating is significantly reduced, and the overall reliability of the system is enhanced.

Keywords: *Brushless motor, cooling fin, conduction, air convection, RC boat.*

ABSTRAK

Motor *Brushless* (BLDC) merupakan salah satu jenis motor listrik yang memiliki keunggulan dalam efisiensi energi, torsi tinggi, dan masa pakai yang relatif panjang. Dalam penggunaannya pada kendaraan miniatur seperti kapal remote control (RC), motor BLDC digunakan pada putaran tinggi dan beban signifikan, yang menyebabkan akumulasi panas berlebih. Kenaikan suhu yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan performa motor, degradasi komponen internal seperti lilitan tembaga dan magnet permanen, serta meningkatkan risiko kerusakan dini akibat *overheat*. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendinginan yang efektif untuk menjaga suhu kerja motor tetap dalam batas aman dan efisien.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pendinginan pasif dengan memanfaatkan sirip pendingin berbahan aluminium yang disusun secara radial mengelilingi permukaan motor. Sistem ini mengadopsi konsep penukar panas tipe kontak langsung, yaitu memindahkan panas dari motor ke lingkungan tanpa kontak langsung dengan bagian internal motor. Sirip bekerja melalui mekanisme konduksi dari motor ke sirip, dan konveksi alami atau paksa dari sirip ke udara sekitar. Desain dilakukan dengan mempertimbangkan parameter geometris seperti jumlah, ketebalan, tinggi, dan jarak antar sirip untuk memaksimalkan luas area pelepasan panas tanpa menambah bobot dan hambatan udara secara signifikan.

Pengujian dilakukan secara eksperimental pada variasi putaran motor (52.801–62.413 Rpm) serta tiga variasi kecepatan udara (12,9; 9,9; dan 16,9 m/s) untuk mensimulasikan kondisi kapal RC dalam operasi nyata. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sirip pendingin mampu menurunkan suhu motor secara signifikan, dengan rata-rata penurunan temperatur mencapai 20–25% dibandingkan kondisi tanpa pendingin. Suhu kerja dapat dijaga stabil pada kisaran 55–65°C bahkan saat motor berada pada putaran tertinggi. Efektivitas pendinginan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya kecepatan angin, menunjukkan bahwa konveksi paksa memberikan kontribusi besar dalam pelepasan panas. Titik pengukuran suhu tertinggi selalu berada di tengah motor (posisi 2), namun tetap dapat ditekan agar tidak melebihi batas aman.

Selain dari sisi performa termal, sistem ini memiliki keunggulan dari aspek praktikalitas, yaitu ringan, mudah dipasang, tidak memerlukan daya tambahan, dan minim perawatan. Hal ini menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi kendaraan kecil yang memiliki keterbatasan ruang dan sumber daya, seperti kapal RC, drone, maupun robot bergerak. Dengan sistem ini, kinerja motor dapat dijaga dalam jangka panjang, risiko *overheat* dapat dikurangi, serta efisiensi sistem secara keseluruhan dapat ditingkatkan.

Kata kunci : Motor *Brushless*, sirip pendingin, konduksi, konveksi udara, kapal RC