

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor *Brushless* (BLDC) merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari transportasi hingga hobi seperti sepeda listrik, *drone* maupun kapal *remote control* (RC). Motor ini memiliki keunggulan dibandingkan motor jenis lainnya karena tidak menggunakan sikat karbon yang memiliki struktur bersentuhan dengan komutator sehingga mengurangi terjadinya gesekan, meningkatkan nilai efisiensi, serta juga memperpanjang umur pakai. Namun, seperti halnya komponen mesin lainnya, motor *brushless* juga mengalami kehilangan energi dalam bentuk panas selama beroperasi, terlebih jika digunakan yang membutuhkan daya tinggi seperti kapal RC.

Dalam aplikasi pada kapal RC yang digunakan dalam kecepatan tinggi dan pada medan air yang memiliki resistansi besar dalam kelajuan kapal RC, Motor *brushless* menghasilkan panas signifikan saat beroperasi dalam beban tinggi dan durasi panjang. Akumulasi panas berlebih pada motor *brushless* dapat menurunkan performa motor. Dalam jangka panjang, hal ini berpotensi menyebabkan kerusakan permanen. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang efektif untuk menjaga suhu motor agar tetap stabil, memastikan performa optimal, serta memperpanjang umur pemakaian.

Untuk mengatasi permasalahan termal tersebut, berbagai sistem pendingin telah dikembangkan dan diterapkan sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan batasan geometris. Sistem pendingin pasif seperti sirip pendingin (*heatsink*) berbahan logam konduktif masih menjadi metode yang paling umum karena kesederhanaannya dan biaya produksi yang relatif rendah. Pada aplikasi dengan beban termal yang lebih tinggi, sistem pendingin aktif seperti pendinginan berbasis udara (*air cooling*) menggunakan kipas, maupun pendinginan berbasis cairan (*liquid cooling*) dengan sirkulasi fluida termal, mulai digunakan untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Selain itu, pendekatan pendinginan tidak langsung (*indirect cooling*) melalui pelat logam atau *heat exchanger* juga berkembang pesat, khususnya pada sistem kompak yang tidak memungkinkan kontak langsung dengan bagian motor. Kombinasi dari beberapa metode pendinginan, seperti *hybrid air-liquid cooling*, juga telah diteliti untuk mencapai performa termal yang lebih optimal.

Sistem pendinginan bekerja dengan memanfaatkan perbedaan suhu antara komponen yang ingin didinginkan dengan media pendingin di sekitarnya, sehingga memungkinkan terjadinya pelepasan panas secara efektif untuk menjaga stabilitas termal pada komponen mesin, seperti motor *brushless* yang digunakan pada kapal RC. Proses perpindahan kalor mempunyai media perantara, seperti pipa (*tube*), pelat atau peralatan jenis lainnya [1]. Material dengan konduktivitas termal tinggi, seperti tembaga atau aluminium, dapat meningkatkan perpindahan panas dari motor ke fluida pendingin. Salah satu metode pendinginan yang umum digunakan, terutama pada aplikasi yang menuntut desain ringan dan sederhana, adalah pendinginan berbasis udara dengan bantuan sirip pendingin (*fin*).

Sistem sirip pendingin unggul dalam kesederhanaan karena tidak memerlukan komponen aktif seperti pompa, fluida atau pipa sirkulasi, serta minim perawatan. Sistem ini juga lebih ringan dan hemat ruang, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi kapal *RC* yang mengutamakan desain ringkas dan efisiensi bobot. Dengan optimalisasi desain sirip yang meliputi geometri, jumlah, dan jarak antar sirip, performa pendinginan dapat ditingkatkan secara signifikan meskipun hanya mengandalkan aliran udara di sekitar motor.

Selain itu, pendinginan udara sangat sesuai untuk aplikasi pada kapal *RC* yang beroperasi di lingkungan terbuka, di mana udara segar selalu tersedia sebagai media pendingin. Penggunaan sirip pendingin memanfaatkan aliran udara alami maupun paksa yang terjadi akibat pergerakan kapal, sehingga pendinginan dapat berlangsung terus-menerus tanpa memerlukan sistem sirkulasi khusus. Dengan desain sirip pendingin yang tepat, suhu kerja motor *brushless* dapat dijaga dalam batas aman meskipun dalam kondisi kerja berat, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi kerja motor, memperpanjang umur pakai, serta menjaga keandalan dan daya tahan sistem kapal *RC* secara keseluruhan.

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pendinginan pasif menggunakan sirip pendingin (*cooling fin*) yang bekerja berdasarkan mekanisme perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Sistem ini dirancang untuk menjaga suhu kerja motor *brushless* (BLDC) tetap stabil selama operasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang sederhana, efisien, dan praktis untuk meningkatkan efisiensi termal serta memperpanjang masa pakai motor BLDC pada aplikasi kapal *RC*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum adanya sistem pendingin yang efektif untuk mengatasi panas berlebih pada motor *brushless*, yang berdampak pada penurunan performa dan umur pakai motor.
2. Kesulitan dalam meningkatkan efisiensi pembuangan panas tanpa menambah beban berat dan tanpa mengganggu kinerja motor *brushless*, khususnya dalam aplikasi bergerak seperti kapal *RC*.
3. Keterbatasan ruang pada aplikasi kapal *RC* menjadi tantangan dalam pemilihan dan penerapan metode pendinginan yang tepat untuk motor *Brushless*.
4. Distribusi panas yang tidak merata pada motor *Brushless* menyebabkan akumulasi panas lokal, sehingga dibutuhkan sistem pendingin yang mampu merespons karakteristik penyebaran panas tersebut secara optimal.

1.3 Tujuan

Tujuan umum dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem pendingin yang optimal untuk motor *Brushless*. Tujuan khusus penelitian ini meliputi:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan spesifik dalam pendingin motor *Brushless* 2250 kv untuk kapal *RC*.

2. Merancang sistem pendingin yang diperlukan untuk mencapai suhu ideal motor *Brushless* selama penggunaan.
3. Mengevaluasi efektivitas sistem pendingin yang dirancang dengan melakukan pengujian.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi teknis yang efektif dalam mengatasi masalah suhu pada motor *Brushless*.
2. Meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem yang menggunakan motor *Brushless*.
3. Menyediakan desain sistem pendingin yang lebih praktis dan efisien untuk aplikasi dengan motor *Brushless*.
4. Mengurangi risiko kerusakan motor akibat panas berlebih, sehingga memperpanjang umur motor.
5. Memastikan stabilitas performa motor selama operasi jangka panjang.

1.5 Batasan Masalah

Karena luasnya cakupan masalah dalam penelitian ini, adapun batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sistem pendingin yang dirancang digunakan untuk motor *Brushless* tipe 4074 dengan 2250 kv yang digunakan pada kapal *RC*.
2. Jumlah sirip, dimensi sirip dan material sirip pendingin tidak dianalisis secara komprehensif dalam penelitian ini.
3. Analisis pendinginan dilakukan melalui pendekatan perhitungan panas konduksi, konveksi dan radiasi serta uji fungsional secara eksperimental.

1.6 Sistematika Penulisan

Proposal ini terdiri dari tiga bab. **Bab pertama** mencakup latar belakang pemilihan topik, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, batasan masalah, serta penjelasan mengenai struktur penulisan pada bab-bab selanjutnya. **Bab kedua** menyajikan literatur yang relevan dan mendukung penelitian. Sedangkan **bab ketiga** menguraikan langkah-langkah yang akan diambil dalam pelaksanaan penelitian ini. **Bab keempat** memaparkan hasil dan pembahasan berdasarkan analisis data dari grafik yang didapatkan selama penelitian. **Bab kelima** mencakup kesimpulan penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.