

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar [1]. Motor induksi adalah alat penggerak, dan salah satu jenis motor listrik yang memiliki konstruksi yang sederhana dan paling banyak digunakan dalam dunia industri dan rumah tangga. Terdapat dua jenis motor induksi utama, yaitu motor induksi tiga fasa dan motor induksi satu fasa [2].

Motor induksi tiga fasa ialah motor induksi yang memiliki kelebihan berupa efisiensi yang tinggi, dan daya yang besar. Namun, motor induksi tiga fasa juga memiliki kekurangan, seperti harga yang relatif mahal dan sulit untuk dioperasikan pada kecepatan rendah. Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dalam mesin industri seperti mesin bubut, *conveyor belt*, penggilingan, permesinan, pengangkutan material, dan lain-lain [3]. Sementara itu, motor induksi satu fasa ialah motor induksi yang memiliki kelebihan berupa harga yang lebih murah, memiliki konstruksi yang sederhana, kemudahan dalam pengoperasian pada kecepatan rendah, dan mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor induksi tiga fasa. Namun, motor induksi satu fasa juga memiliki kekurangan, seperti daya yang lebih kecil dan efisiensi yang rendah. Motor induksi satu fasa dapat digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, kompresor kulkas, dan pompa air [4].

Salah satu masalah penyebab kegagalan yang sering terjadi pada motor induksi adalah temperatur yang tinggi yang dapat menyebabkan *overheating* atau pemanasan berlebih, yang mengakibatkan kerusakan atau kegagalan pada komponen motor induksi, terutama pada motor induksi satu fasa [5]. *Overheating* atau panas berlebihan terjadi jika suhu operasinya melebihi batas yang aman. Batas suhu yang dianggap aman dapat bervariasi tergantung pada jenis motor, ukuran motor, dan aplikasi penggunaannya berdasarkan NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*). Namun, secara umum, motor induksi seringkali dianggap mengalami *overheating* jika suhu operasinya mencapai sekitar 80°C atau lebih. Sementara itu, suhu normal operasi untuk motor induksi biasanya berkisar antara 40-60°C [6]. *Overheating* dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti beban

berlebih, lingkungan yang panas, kelembaban, dan kurangnya sistem pendinginan yang efektif. *Overheating* dapat menyebabkan kerusakan pada motor induksi, seperti penurunan efisiensi, penurunan umur pakai, bahkan kerusakan permanen pada komponen motor [7].

Untuk mencegah *overheating*, perlu dirancang sebuah sistem pendingin yang efektif sehingga dapat menjaga kesehatan dan umur panjang motor induksi, dan umumnya dianjurkan untuk mengoperasikannya pada temperatur yang lebih rendah dari suhu batas maksimumnya [8]. Salah satu cara untuk mengatasi masalah *overheating* ini adalah dengan menggunakan sistem pendingin.

Pada penelitian sebelumnya sistem pendinginan air bersirkulasi diterapkan pada motor induksi [9]. Sistem pendingin tersebut menggunakan mikrokontroler dan memanfaatkan air yang bersirkulasi untuk menghantarkan panas pada motor. Sistem tersebut berfungsi dengan cara memindahkan panas dari motor listrik ke air yang didinginkan oleh radiator dengan bantuan kipas dan dikendalikan secara *on-off*. Namun, penelitian tersebut masih memiliki kekurangan yaitu rentang temperatur yang terlalu besar.

Untuk meningkatkan efisiensi sistem pendingin, penelitian ini menggunakan kipas *Pulse Width Modulation* (PWM) sebagai sistem pendingin yang memiliki kelebihan dalam mengatur kecepatan kipas secara proporsional terhadap temperatur motor, dan dapat mengurangi konsumsi energi, sehingga dapat menjaga temperatur motor dalam batas yang aman. Penggunaan kipas PWM akan menggantikan kinerja dari kipas bawaan motor induksi yang memiliki kecepatan konstan dan tidak dapat dikontrol kecepatan putarannya. Namun, penggunaan kipas PWM juga memiliki kekurangan dalam kompleksitas kontrol [10]. Oleh karena itu, digunakan sistem kontrol, salah satu metode kontrol yang dapat digunakan dalam sistem kendali adalah metode *Proportional Integral Derivative* (PID).

Penggunaan metode PID untuk mengatur kecepatan kipas pada motor dan menjaga temperatur motor agar tetap stabil. Penggunaan metode PID dalam sistem pendingin dapat memberikan kontrol yang lebih presisi dan responsif terhadap perubahan temperatur motor, dapat mengurangi *overshoot* dan *settling time* pada sistem kontrol, namun terdapat kekurangan metode PID dalam sistem pendingin

yaitu memerlukan *tuning* yang cermat untuk mendapatkan hasil yang optimal, memerlukan perangkat tambahan seperti sensor temperatur dan aktuator kontrol [11].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dirancang sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis PID. Dengan demikian, sistem pendingin ini diharapkan dapat menjaga temperatur motor dalam batas yang aman, mencegah *overheating*, mempercepat waktu pemulihan, dan memperpanjang umur pakai motor induksi.

1.2. State of The Art

State of The Art merupakan suatu penegasan keaslian penelitian yang akan dilakukan dan menjelaskan perbandingan terhadap riset sebelumnya yang menjadi acuan dalam pembuatan tugas akhir ini. Dalam tahap ini, penelitian akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 adalah referensi artikel penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi penelitian.

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
Aldo Boglietti, dkk	2019	<i>An Optimization Method for Cooling System Design of Traction Motors.</i>
Arif Dwi Laksono dan Subuh Isnur Haryudo	2020	Rancang Bangun dan Analisis Peralatan Pendeteksi Dini Temperatur Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sensor LM35 Berbasis Zelio SR2B212BD.
Slamet Nurhadi, dkk	2021	Evaluasi Performa Sistem Pendinginan Motor Induksi 3 Fasa 600 kW pada Mesin Produksi Biji Plastik (Master Batch).
Yuha Qawwam Abdu	2020	Rancang Bangun Kontrol Temperatur Pendingin Jaket <i>Cooling</i> pada Mesin Induk di atas Kapal Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno.
Nurfatihah Syalwiah Rosli, dkk	2022	<i>Modeling of High Voltage Induction Motor Cooling System using Linear Regression Mathematical Models.</i>

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aldo Boglietti, dkk [12] membahas mengenai metode optimalisasi untuk sistem pendingin motor traksi. Metode yang dilakukan mencakup berbagai sistem pendingin yang digunakan dalam motor listrik untuk penggunaan motor di darat, kelautan dan udara. Dengan optimalisasi sistem pendingin menggunakan perhitungan *Computational Fluid Dynamics* (CFD), memberikan kondisi batas panas dan perpindahan aliran udara di dalam motor untuk mengetahui di mana yang paling bagian sensitif terhadap temperatur panas berada.

Penelitian oleh Arif Dwi Laksono, dkk [13] mengenai rancang bangun dan analisis peralatan pendeteksi dini temperatur motor induksi 3 fasa dengan sensor LM35 berbasis zelio SR2B212BD yang membahas tentang pendeteksi dan proteksi terhadap motor induksi dengan melakukan *trip* atau mematikan motor bila temperatur motor terlalu tinggi. Kinerja peralatan pendeteksi dini temperatur motor induksi 3 fasa dengan mendeteksi panas pada bagian badan motor menggunakan sensor LM35. Hasil dari pendeteksian sensor masuk ke PLC zelio SR2B121BD untuk diolah dengan ketentuan jika panas motor di bawah 60°C maka lampu hijau nyala dan motor bekerja, apabila temperatur motor antara 61-70°C maka lampu kuning menyala, motor bekerja dan jika panas motor sudah mencapai temperatur 71°C maka lampu merah akan menyala motor mati kemudian kipas akan bekerja untuk menurunkan temperatur motor.

Penelitian oleh Yuha Abdu Qawwam [14] membahas mengenai rancang bangun kontrol temperatur pendingin jaket *cooling* pada mesin induk di atas kapal berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Sistem bekerja berdasarkan algoritma yang telah diterapkan pada mikrokontroler. Mikrokontroler ini difungsikan sebagai alat kontrol sistem pendingin mesin induk dikapal yang dapat bekerja secara otomatis. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai alat kontrol sistem, sensor temperatur sebagai alat deteksi temperatur mesin induk, *control valve* sebagai katup otomatis, dan *buzzer* sebagai alarm. Sistem ini bekerja apabila temperatur panas mesin induk melebihi dari ketentuan yang telah ditentukan, maka katup pendingin mesin induk akan otomatis terbuka mendinginkan mesin induk sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan mesin akibat *overheating* pada mesin induk.

Penelitian yang dilakukan Nurhadi, dkk [15] menganalisis sistem pendingin

motor *extruder* menggunakan sirkulasi air dengan tanki air. Pengukuran di lokasi PT. Lyondel Basel dengan aplikasi menara pendinginan berfungsi untuk menjaga kestabilan temperatur air pada sistem pendinginan. Hal ini ditandai dengan temperatur *inlet* di menara pendinginan 30-31°C, kemudian menyediakan sejumlah air yang relatif sejuk atau dingin dengan temperatur 26°C di sisi *outlet* menara pendinginan untuk dipergunakan kembali di suatu instalasi pendinginan. Kerusakan motor induksi berupa terbakarnya motor *extruder* diakibatkan oleh penurunan kinerja motor *extruder* ditandai dengan ketidakstabilan temperatur motor *extruder* dan terdapat kerak (*silica*) pada pipa pendinginan yang mengakibatkan sistem pendinginan tidak bekerja secara maksimal. Sistem perawatan dengan cara pemeriksaan visual dan mengukur temperatur air *inlet* di menara pendinginan, monitoring data *cooling system* dan juga sistem pencegahan sesuai standar operasional prosedur pada sistem pendinginan berupa *flushing* pipa pendinginan (*cooling channel*) proses *flushing* dengan cara pembilasan terbalik.

Penelitian yang dilakukan Nurfatihah Syalwiah Rosli, dkk [16] membahas sistem pendingin *High Voltage Induction Motor* (HVIM) yang terdiri dari integrasi model listrik, termal, dan pendingin menggunakan model matematika untuk peningkatan kinerja termal. Pendekatan pemodelan ini mengintegrasikan semua model untuk secara akurat mewakili sinyal sebenarnya dari temperatur pendingin motor. Kemudian, sinyal aktual digunakan untuk memvalidasi seluruh struktur model menggunakan analisis *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasilnya menunjukkan akurasi yang tinggi dari representasi sistem pendingin HVIM dengan toleransi kesalahan kurang dari 1% berdasarkan ahli pabrik industri.

Dari pemaparan beberapa penelitian tersebut, terdapat masalah besar pada motor yaitu panas. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID) yang pemanfaatannya untuk mengurangi panas sebagai kelemahan pada motor induksi, mengurangi *error* saat mendeteksi temperatur agar lebih akurat. Adapun parameter yang akan dianalisis antara lain besaran temperatur motor, kecepatan putaran kipas PWM, dan waktu proses pendinginan motor.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa hal berikut ini:

1. Bagaimana rancang bangun sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID)?
2. Bagaimana kinerja dari sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID)?

1.4. Tujuan

Adapun tujuan yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).
2. Melakukan analisis kinerja dari rancang bangun sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai perkembangan di bidang keilmuan mesin listrik, dan sistem kendali khususnya pada sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menurunkan panas yang berlebih pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM untuk meminimalisir kerusakan motor akibat *overheating* dan membuat usia pemakaian motor menjadi lebih panjang.

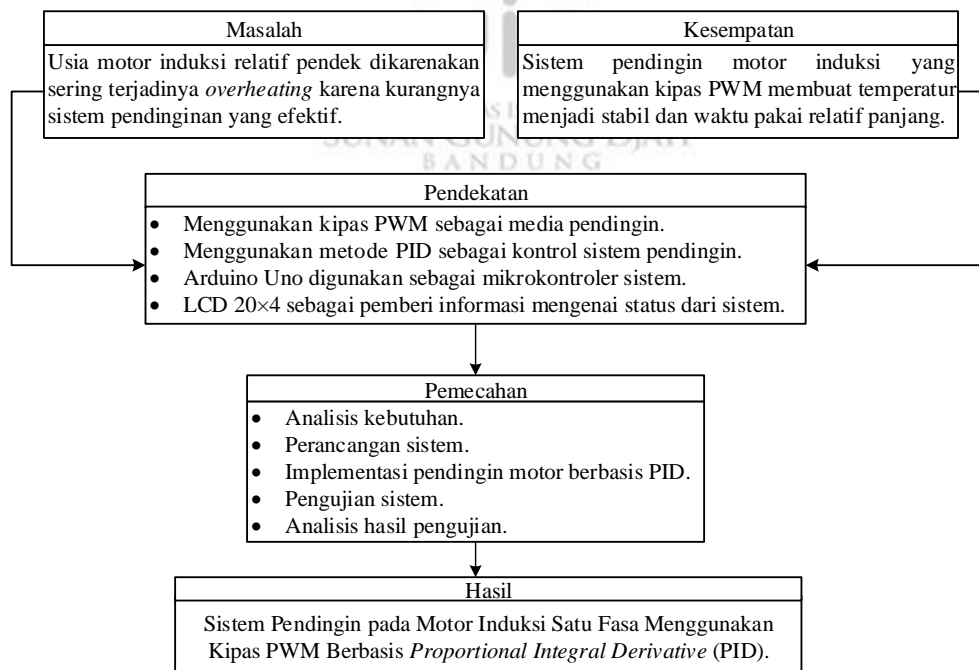
1.6. Batasan Masalah

Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor induksi yang digunakan adalah motor induksi satu fasa dengan kapasitas daya = 200 watt, tegangan = 220 volt, frekuensi = 50 Hz, arus = 1.1 ampere, dan tipe motor kelas B.
2. Menggunakan perangkat lunak Arduino IDE untuk instruksi pada mikrokontroler.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
4. Sensor temperatur yang digunakan adalah DHT22.
5. Kipas yang digunakan terdapat fitur *Pulse Width Modulation* (PWM).
6. Temperatur *setpoint* yang ingin dicapai ialah 50°C.
7. Pemantauan tampilan data menggunakan LCD 20×4.
8. Motor diuji dalam keadaan tidak berbeban.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir ialah narasi atau pernyataan tentang kerangka konsep pada pemecahan masalah yang telah teridentifikasi atau dirumuskan. Kerangka berpikir dalam penelitian ini digambarkan seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan data dan penulisan dalam suatu laporan yang terdiri dari 6 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian rancang bangun sistem pendingin pada motor induksi satu fasa menggunakan kipas PWM berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan ketika melakukan perancangan pada alat dan melakukan implementasi pada alat dan bahan yang tersedia.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini berisikan tentang semua pengujian mengenai pengujian pada alat dan analisis kinerja dari hasil pengujian yang dilakukan.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Pada bagian ini terdapat kesimpulan dari penelitian ini, serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.