

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai produksi biodiesel berbahan minyak jelantah telah banyak dilakukan sebagai upaya pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan. Berbagai penelitian tersebut menjadi dasar penting dalam pengembangan mesin pembuat biodiesel, khususnya dalam meningkatkan efisiensi proses, waktu produksi, dan kualitas hasil biodiesel. Berikut ini beberapa penelitian yang dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani dkk., (2025) dalam jurnal berjudul “Optimalisasi Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Variasi Waktu dan Konsentrasi Katalis” membahas pengaruh variasi waktu reaksi dan konsentrasi katalis terhadap hasil biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah. Penelitian ini menggunakan metode transesterifikasi dengan katalis basa untuk memperoleh rendemen biodiesel yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu reaksi dan konsentrasi katalis tertentu dapat meningkatkan hasil biodiesel secara signifikan. Kelebihan dari penelitian ini adalah analisis parameter proses yang cukup lengkap sehingga dapat dijadikan acuan dalam penentuan kondisi reaksi yang optimal. Namun, kelemahannya adalah penelitian ini belum membahas sistem pendinginan dan metode pemisahan biodiesel secara mekanis sehingga proses masih bergantung pada metode konvensional

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Laili, (2022) dalam jurnal berjudul “Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Bahan Bakar Cair Alternatif dengan Metode Pengadukan yang Konstan” membahas pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan pengadukan konstan selama proses transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dan kestabilan pengadukan terhadap hasil biodiesel yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengadukan konstan mampu meningkatkan homogenitas reaksi sehingga biodiesel yang dihasilkan memiliki kualitas yang cukup baik. Kelebihan penelitian ini adalah proses produksi yang sederhana dan mudah diterapkan pada skala kecil. Namun, kelemahannya adalah belum adanya sistem pemisahan otomatis antara biodiesel dan gliserol serta tidak dibahasnya

penggunaan alat pemisah seperti sentrifugal untuk mempercepat proses pemurnian.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Setyawardhani et al., (2021) dalam jurnal berjudul “Uji Karakteristik Pencampuran Biodiesel Minyak Jelantah dan Biodiesel Minyak Kesambi” membahas pengujian karakteristik biodiesel hasil pencampuran dari dua jenis bahan baku, yaitu minyak jelantah dan minyak kesambi. Penelitian ini menganalisis sifat fisik dan kimia biodiesel seperti viskositas, densitas, dan angka setana untuk mengetahui kelayakan bahan bakar yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah memiliki karakteristik yang masih memenuhi standar bahan bakar biodiesel. Kelebihan penelitian ini adalah pengujian kualitas biodiesel yang cukup lengkap sehingga dapat menjadi referensi dalam evaluasi hasil produksi biodiesel. Namun, kelemahannya adalah penelitian ini tidak membahas tahapan proses produksi dan metode pemisahan biodiesel dari gliserol secara rinci.

Sebagai alternatif, Limmun et al., (2024) dalam jurnal berjudul “*Enhancing Biodiesel Yield and Purification with a Recently Developed Centrifuge Machine*” membahas penggunaan mesin sentrifugal untuk meningkatkan hasil dan proses pemurnian biodiesel. Penelitian ini menggunakan metode pemisahan sentrifugal untuk memisahkan biodiesel dari gliserol dan kotoran hasil reaksi transesterifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin sentrifugal mampu mempercepat proses pemisahan serta meningkatkan kemurnian biodiesel secara signifikan dibandingkan metode pengendapan. Kelebihan dari penelitian ini adalah waktu pemisahan yang lebih singkat dan hasil biodiesel yang lebih bersih. Namun, kelemahannya adalah sistem yang digunakan masih memerlukan pengaturan manual dan belum terintegrasi dengan sistem kontrol otomatis.

Sementara itu, Penelitian yang dilakukan oleh Rahmawaty dkk., (2023) dalam jurnal berjudul “Mesin Pencuci Biodiesel dari Proses Esterifikasi Dilengkapi dengan Sistem Pendingin” membahas perancangan mesin pencuci biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk meningkatkan kualitas hasil biodiesel. Mesin ini dirancang untuk membantu proses pencucian dan penurunan suhu biodiesel setelah reaksi esterifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendinginan mampu mempercepat penurunan suhu biodiesel sehingga proses pencucian dapat dilakukan lebih cepat dan stabil. Kelebihan penelitian ini adalah adanya penerapan sistem pendinginan terkontrol yang meningkatkan efisiensi

proses. Namun, kelemahannya adalah belum adanya integrasi dengan sistem pemisahan sentrifugal serta sistem kontrol yang masih terbatas.

Penelitian yang dilakukan oleh Cahyo et al., (2024) dalam jurnal berjudul “Optimasi Temperatur Pengadukan Terhadap *Yield* Biodiesel Dari Minyak Jelantah” membahas pengaruh variasi temperatur pengadukan terhadap hasil (*yield*) biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah melalui proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH dan metanol. Proses pengadukan dilakukan pada kecepatan 200 rpm dengan variasi temperatur 40°C hingga 80°C selama satu jam, kemudian hasil reaksi dipisahkan menjadi fasa biodiesel dan gliserol menggunakan corong pisah serta dimurnikan melalui proses pencucian dan filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur pengadukan sangat berpengaruh terhadap *yield* biodiesel, di mana *yield* tertinggi sebesar 73,50% diperoleh pada temperatur 60°C. Kelebihan dari penelitian ini adalah pengujian dilakukan secara sistematis dengan variasi temperatur yang jelas sehingga diperoleh kondisi operasi optimum. Namun, kelemahannya terletak pada metode pemisahan yang masih menggunakan cara manual dengan corong pisah sehingga kurang efisien dan belum menerapkan sistem pemisahan sentrifugal yang lebih cepat dan kontinu.

Penelitian yang dilakukan oleh Fauzan, (2020) dalam laporan Proyek Akhir berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendingin dan Pencuci pada Mesin Pengolah Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah” membahas perancangan sistem pendinginan dan pencucian biodiesel pada mesin pengolah biodiesel berbahan minyak jelantah. Sistem yang dirancang meliputi proses pendinginan setelah reaksi transesterifikasi serta proses pencucian biodiesel untuk memisahkan sisa katalis, metanol, dan gliserol. Pendinginan dilakukan untuk menurunkan suhu biodiesel sebelum memasuki tahap pencucian agar proses pemurnian dapat berlangsung lebih stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin dan pencuci yang dirancang mampu membantu mempercepat penurunan suhu biodiesel serta meningkatkan kualitas biodiesel hasil pencucian.

Penelitian yang dilakukan oleh Haryanisa, (2020) dalam laporan Proyek Akhir berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemanas dan Pencampur Minyak Jelantah pada Alat Pengolahan Biodiesel” membahas perancangan sistem pemanas dan pencampur pada alat pengolahan biodiesel berbahan minyak jelantah. Sistem ini dirancang untuk membantu proses pemanasan dan pengadukan minyak jelantah

selama reaksi transesterifikasi agar reaksi berlangsung lebih merata dan stabil. Pemanas digunakan untuk menjaga suhu reaksi pada kondisi tertentu, sedangkan sistem pencampur berfungsi untuk menghomogenkan campuran minyak, metanol, dan katalis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemanas dan pencampur yang dirancang mampu membantu proses reaksi pembentukan biodiesel berjalan dengan baik dan menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah.

Penelitian yang dilakukan oleh Hardynata, (2022) dalam laporan Proyek Akhir berjudul “Sistem Kontrol Pendingin Pada Proses Pencucian Mesin Pengolah Biodiesel Dengan Bahan Baku Minyak Jelantah” membahas perancangan sistem kontrol pendingin yang digunakan pada tahap pencucian biodiesel hasil pengolahan minyak jelantah. Sistem pendingin dirancang untuk menurunkan suhu biodiesel setelah proses reaksi transesterifikasi sebelum dilakukan proses pencucian, sehingga kualitas biodiesel yang dihasilkan menjadi lebih baik dan stabil. Sistem kontrol digunakan untuk mengatur kerja pendingin agar suhu biodiesel berada pada rentang yang sesuai selama proses pencucian berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin yang dikontrol secara otomatis mampu membantu menstabilkan suhu biodiesel dan meningkatkan kualitas hasil pencucian biodiesel.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
1	(Ramadhani et al. 2025)	Optimalisasi Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah	1. Mengkaji variasi waktu reaksi dan konsentrasi katalis secara sistematis. 2. Memberikan data kondisi optimum untuk memperoleh rendemen biodiesel.	1. Belum membahas sistem pendinginan reaktor setelah proses reaksi. 2. Metode pemisahan biodiesel dan gliserol masih menggunakan cara konvensional.

No	Nama Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
2.	(Reni Laili, 2019)	Pemanfaatan Minyak Jelantah dengan Metode Pengadukan Konstan	1. Proses pengadukan konstan meningkatkan homogenitas campuran reaksi. 2. Metode sederhana dan mudah diterapkan pada skala kecil.	1. Belum dilengkapi sistem pemisahan otomatis antara biodiesel dan gliserol. 2. Proses pemurnian masih memerlukan waktu yang relatif lama.
3.	(Setyawardhani et al., 2021)	Uji Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah	1. Membuktikan biodiesel dari minyak jelantah memenuhi standar bahan bakar. 2. Melakukan pengujian sifat fisik dan kimia biodiesel secara lengkap.	1. Pemisahan FAME membutuhkan waktu yang lama. 2. Kurang efisien untuk produksi cepat atau berkelanjutan. 3. Belum ada pengaturan otomatis dalam proses pemisahan.
4.	(Limmun et al., 2024)	Pemurnian Biodiesel Menggunakan Mesin Sentrifugal	1. Meningkatkan kemurnian biodiesel secara signifikan dibandingkan metode pengendapan.	1. Belum terintegrasi dengan sistem kontrol.

No	Nama Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
5	(Rahmawaty et al., 2023)	Mesin Pencuci Biodiesel dengan Sistem Pendingin	1. Menerapkan sistem pendingin terkontrol untuk menurunkan suhu biodiesel lebih cepat. 2. Proses pencucian menjadi lebih efisien dan stabil.	1. Belum membahas percepatan pemisahan biodiesel dan gliserol secara mekanis. 2. Sistem kontrol yang digunakan masih terbatas.
6	(Cahyo et al., 2024)	Optimasi Temperatur Pengadukan Terhadap <i>Yield</i> Biodiesel Dari Minyak Jelantah	1. Mengkaji variasi temperature pengadukan secara sistematis dan terkontrol 2. Menemukan kondisi temperatur optimum (60°C) dengan <i>yield</i> biodiesel tertinggi	1. Proses pemisahan biodiesel dan gliserol masih dilakukan secara manual 2. Belum menerapkan sistem pendinginan reaktor setelah reaksi
7	(Fauzan, 2020)	Rancang Bangun Sistem Pendingin dan Pencuci pada Mesin Pengolah Biodiesel	1. Mengintegrasikan proses pendinginan dan pencucian dalam satu sistem 2. Meningkatkan ke stabilan suhu dan kualitas biodiesel hasil pencucian	1. Metode pemisahan biodiesel dan gliserol masih dilakukan secara konvesional

No	Nama Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
8	(Haryanisa, 2020)	Rancang Bangun Sistem Pemanas dan Pencampur Minyak Jelantah pada Alat Pengolahan Biodiesel	1. Mengintegrasikan sistem pemanas dan pencampur dalam proses reaksi biodiesel 2. Mendukung berlangsungnya reaksi transesterifikasi secara lebih merata	1. Belum membahas sistem pendinginan reaktor setelah proses reaksi
9	Hardynata (2022)	Sistem Kontrol Pendingin Pada Proses Pencucian Mesin Pengolah Biodiesel	1. Menerapkan sistem kontrol otomatis pada proses pendinginan biodiesel 2. Suhu biodiesel dapat dijaga lebih stabil selama proses pencucian	1. Belum mengintegrasikan sistem kontrol otomatis pada proses pendinginan biodiesel.

2.2 Gap Penelitian

Berdasarkan sembilan penelitian terdahulu yang telah dibahas, masih terdapat kesenjangan (*research gap*) pada pengembangan sistem produksi biodiesel berbahan minyak jelantah yang terintegrasi antara pengendalian proses reaksi, sistem pendinginan terkontrol, serta metode pemisahan mekanis yang cepat dan otomatis.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhani et al., 2025), (Laili, 2022), dan

(Cahyo et al., 2024). lebih menitik beratkan pada optimasi parameter proses transesterifikasi seperti waktu reaksi, konsentrasi katalis, kecepatan pengadukan, dan temperatur reaksi untuk meningkatkan *yield* biodiesel. Meskipun berhasil memperoleh kondisi reaksi yang optimal, ketiga penelitian tersebut belum membahas penerapan sistem pendinginan terkontrol dan metode pemisahan mekanis seperti sentrifugal, sehingga proses pemurnian biodiesel masih dilakukan secara konvensional dengan waktu pemisahan yang relatif lama.

Penelitian (Setyawardhani et al., 2021) berfokus pada pengujian karakteristik fisik dan kimia biodiesel hasil pencampuran, namun tidak mengkaji tahapan proses produksi, sistem pendinginan, maupun metode pemisahan biodiesel dari gliserol secara rinci. Sementara itu, penelitian (Limmun et al., 2024) telah menerapkan mesin sentrifugal untuk mempercepat proses pemisahan dan meningkatkan kemurnian biodiesel, namun sistem tersebut masih dioperasikan secara manual dan belum terintegrasi dengan sistem kontrol otomatis yang mampu mengatur keseluruhan proses secara berkelanjutan.

Beberapa penelitian Proyek Akhir sebelumnya telah mengembangkan subsistem pendukung proses produksi biodiesel. (Haryanisa, 2020) merancang sistem pemanas dan pencampur untuk menjaga kestabilan reaksi, namun belum membahas sistem pendinginan reaktor dan pemisahan biodiesel secara mekanis. (Fauzan, 2020) mengembangkan sistem pendingin dan pencuci biodiesel, tetapi belum mengintegrasikan sistem tersebut dengan alat pemisah sentrifugal. (Hardynata, 2022) telah menerapkan sistem kontrol pendingin pada proses pencucian biodiesel, namun penelitian ini masih terbatas pada satu tahapan proses dan belum mengintegrasikan pendinginan dengan proses pemisahan FAME dari gliserol secara mekanis.

Selain itu, (Rahmawaty et al., 2023) telah merancang mesin pencuci biodiesel yang dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk meningkatkan kualitas hasil pencucian. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan belum dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis serta belum terintegrasi dengan metode pemisahan sentrifugal, sehingga efisiensi waktu proses dan otomatisasi sistem masih dapat ditingkatkan.

Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan sistem kontrol terintegrasi berbasis Arduino Mega yang mampu

mengendalikan proses pendinginan reaktor secara otomatis serta mengoptimalkan penggunaan mesin sentrifugal untuk mempercepat proses pemisahan FAME dari gliserol. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mempercepat waktu produksi biodiesel, mengurangi ketergantungan pada proses manual, serta meningkatkan efisiensi, kestabilan, dan konsistensi proses produksi biodiesel berbahan minyak jelantah.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Minyak Jelantah

Minyak Jelantah merupakan minyak goreng bekas yang telah digunakan berulang kali dalam proses penggorengan, sehingga mengalami penurunan kualitas. Secara umum, minyak jelantah masih mengandung senyawa *TRIGliserida* yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku biodiesel. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif memiliki nilai ekonomis serta berperan dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah minyak secara sembarangan.

Dalam proses pembuatan biodiesel, minyak jelantah perlu dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu agar proses reaksi dapat berlangsung secara optimal. Oleh karena itu, pengendalian suhu minyak jelantah menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Sistem kontrol yang baik diperlukan untuk menjaga suhu minyak tetap stabil selama proses berlangsung sehingga hasil biodiesel yang diperoleh lebih konsisten. Contoh minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dilihat pada Gambar 2. 1.



Gambar 2. 1 Minyak Jelantah

2.3.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Biodiesel dapat dihasilkan dari bahan baku yang mengandung minyak atau lemak melalui proses pengolahan tertentu, salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak

jelantah karena minyak tersebut mengandung senyawa *trigliserida*.

Proses pembuatan biodiesel pada umumnya dilakukan melalui reaksi *transesterifikasi*. *Transesterifikasi* merupakan reaksi antara *trigliserida* dengan alkohol menggunakan katalis sehingga menghasilkan senyawa *ester* sebagai biodiesel dan *gliserol* sebagai produk samping. Proses pembentukan biodiesel dipengaruhi oleh temperatur, waktu reaksi, konsentrasi katalis, perbandingan bahan, dan kecepatan pengadukan. Pengendalian parameter tersebut diperlukan untuk memperoleh proses reaksi yang berlangsung sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

2.3.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengatur proses agar menghasilkan *output* yang sesuai dengan nilai atau kondisi yang diinginkan. Sistem kontrol terdiri dari *input*, proses pengendalian, dan *output*. Input diperoleh dari informasi mengenai kondisi proses, sedangkan *output* merupakan tindakan yang dihasilkan berdasarkan aturan pengendalian.

Berdasarkan cara kerjanya, sistem kontrol dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem kontrol manual dan sistem kontrol otomatis. Pada sistem kontrol manual, pengoperasian proses masih dilakukan secara langsung oleh operator. Sedangkan pada sistem kontrol otomatis, proses pengendalian dilakukan berdasarkan program atau aturan yang telah ditentukan sehingga proses dapat berjalan tanpa pengoperasian secara terus-menerus oleh operator.

2.3.4 Temperatur

Temperatur menunjukkan tingkat panas atau dinginnya suatu benda atau media. Temperatur menjadi salah satu parameter yang penting dalam suatu proses karena perubahan temperatur dapat mempengaruhi kondisi bahan dan proses yang sedang berlangsung. Pada proses pembuatan biodiesel temperatur perlu diperhatikan karena berhubungan dengan proses pemanasan

2.3.5 Sistem Pendingin

Pendinginan merupakan proses untuk menurunkan temperatur suatu benda atau fluida dari kondisi yang lebih panas menjadi lebih rendah. Proses ini terjadi ketika panas berpindah dari benda atau fluida yang memiliki temperatur lebih tinggi ke lingkungan atau media yang memiliki temperatur lebih rendah.

Pada proses pembuatan biodiesel, pendinginan dilakukan setelah proses pemanasan untuk menurunkan temperatur sebelum masuk ke tahap berikutnya. Kecepatan penurunan temperatur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan temperatur, media pendingin, dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, proses pendinginan perlu diperhatikan agar temperatur dapat turun sesuai dengan kebutuhan proses.

2.3.6 Pengukuran Temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan untuk mengetahui nilai temperatur suatu benda atau media menggunakan alat ukur atau sensor. Hasil pengukuran dapat digunakan untuk mengetahui kondisi temperatur selama suatu proses berlangsung.

Sensor temperatur digital dapat memberikan hasil pembacaan dalam bentuk data yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Untuk mengetahui apakah hasil pembacaan sensor sudah sesuai, nilai yang diperoleh dapat dibandingkan dengan alat ukur lain yang digunakan sebagai pembanding. Hasil perbandingan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor.

2.3.7 Pengukuran Ketinggian Cairan

Pengukuran ketinggian cairan dilakukan untuk mengetahui tinggi permukaan cairan pada suatu wadah. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran tersebut adalah dengan menggunakan sensor ultrasonik.

Sensor ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang suara ke permukaan cairan, kemudian menerima kembali gelombang yang dipantulkan. Waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali digunakan untuk mengetahui jarak antara sensor dan permukaan cairan. Dari jarak tersebut, ketinggian cairan di dalam wadah dapat diketahui.

2.3.8 Sentrifugasi

Sentrifugasi merupakan proses untuk memisahkan campuran dengan cara memutarnya pada kecepatan tertentu. Putaran tersebut membuat bagian-bagian yang terdapat dalam campuran menjadi terpisah. Pemisahan terjadi karena setiap bagian memiliki massa jenis yang berbeda.

Pada pembuatan biodiesel, proses sentrifugasi dapat digunakan untuk memisahkan biodiesel dan gliserol hasil reaksi. Penggunaan mesin sentrifugal dapat membuat proses pemisahan menjadi lebih cepat dibandingkan dengan cara pengendapan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa mesin sentrifugal

dapat membantu mempercepat proses pemisahan biodiesel dari gliserol (Limmun et al., 2024).

2.3.9 Variable Frequency Drive

Variable Frequency Drive (VFD) adalah alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan mengatur frekuensi listrik yang masuk ke motor. Ketika frekuensi diubah, kecepatan putaran motor juga akan ikut berubah.

VFD digunakan untuk mengatur putaran motor agar sesuai dengan kebutuhan proses. Dengan alat ini, kecepatan motor dapat dinaikkan atau diturunkan tanpa perlu mengubah bagian mekanis motor. Pengaturan seperti ini membuat motor lebih mudah disesuaikan dengan kondisi kerja yang dibutuhkan pada sistem.

2.3.10 Kecepatan Putaran Motor

Kecepatan putaran motor menunjukkan seberapa cepat poros motor berputar dalam satuan waktu tertentu. Besarnya kecepatan putaran motor biasanya dinyatakan dalam *Revolutions Per Minute* (RPM). Nilai tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa cepat motor berputar saat digunakan.

Kecepatan putaran motor dapat diukur menggunakan *tachometer*. Alat ini memberikan hasil pembacaan langsung dalam satuan RPM sehingga dapat digunakan sebagai data pengamatan pada pengujian motor. Hasil pembacaan *tachometer* juga dapat digunakan untuk membandingkan perubahan kecepatan motor pada kondisi yang berbeda.

2.3.11 Akurasi Pembacaan Sensor Suhu

Akurasi sensor suhu menunjukkan seberapa dekat hasil pembacaan sensor dengan nilai suhu yang digunakan sebagai acuan. Semakin kecil perbedaan antara hasil pembacaan sensor dan nilai acuan, maka semakin tinggi akurasi sensor.

Untuk mengetahui akurasi sensor suhu, hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil pembacaan termometer. Nilai akurasi kemudian dihitung menggunakan persamaan 2-1.

$$Akurasi = \left(1 - \frac{|T_s - T_t|}{T_t}\right) \times 100\% \quad 2-1$$

Keterangan:

T_s = suhu hasil pembacaan sensor DS18B20 (°C)

T_t = suhu hasil pembacaan termometer (°C)

2.3.12 Kecepatan Rata-Rata

Kecepatan rata-rata digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata dari beberapa hasil pengukuran. Perhitungan ini dilakukan karena pengukuran kecepatan motor dilakukan lebih dari satu kali, sehingga hasil yang diperoleh dapat dirata-ratakan untuk mendapatkan satu nilai kecepatan motor. Nilai kecepatan rata-rata dihitung menggunakan persamaan 2-2.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{n} \quad 2-2$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Kecepatan rata-rata motor (RPM)

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 = Hasil pengukuran kecepatan motor pada setiap percobaan

n = Jumlah pengujian yang dilakukan

2.3.13 Kecepatan Motor Berdasarkan Frekuensi

Kecepatan putaran dipengaruhi oleh frekuensi listrik yang diberikan kepada motor. Ketika frekuensi berubah, kecepatan putaran motor juga akan berubah. Hubungan antara frekuensi dan kecepatan putaran motor dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan kecepatan motor pada frekuensi tertentu. Kecepatan putaran motor dapat dihitung menggunakan persamaan 2-3

$$RPM_2 = RPM_1 \frac{f_2}{f_1} \quad 2-3$$

Keterangan:

RPM_2 = kecepatan motor pada frekuensi yang diberikan (RPM)

RPM_1 = kecepatan motor pada frekuensi nominal (RPM)

f_2 = frekuensi yang diberikan kepada motor (Hz)

f_1 = frekuensi nominal motor (Hz)