EVALUASI PANAS LEBIH PADA MOTOR PENGGERAK GENSET

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :
MUHAMMAD ALDI RAMADHAN
03041181823008

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI PANAS LEBIH PADA MOTOR PENGGERAK GENSET

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

MUHAMMAD ALDI RAMADHAN

03041181823008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005

Palembang, 25 Januari 2024
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Ir. Hj. Sri Agustina, M.T.
NIP. 196108181990032003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Muhammad Aldi Ramadhan
NIM	: 030411823008
Fakultas	: Teknik
Jurusan/Prodi	: Teknik Elektro
Universitas	: Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 9%

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "*Evaluasi Panas Lebih Pada Motor Penggerak Genset*" merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, 25 Januari 2024

Penulis

Muhammad Aldi Ramadhan

NIM. 03041181823008

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : Ir. Hj. Sri Agustina, M.T.

Tanggal : 25 / Januari / 2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Aldi Ramadhan
NIM	: 03041181823008
Jurusan	: Teknik Elektro
Fakultas	: Teknik
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (***Non-exclusive Royalty-Free Right***) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

EVALUASI PANAS LEBIH PADA MOTOR PENGGERAK GENSET

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang,

Pada tanggal : 25 Januari 2024

Muhammad Aldi Ramadhan

NIM. 03041181823008

KATA PENGANTAR

Bissmillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT serta sholawat diiringi salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat, taufiq dan hidayah-nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "**Evaluasi Panas Lebih pada Motor Penggerak Genset** " .

Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah (Almal Fuad) dan ibu (Elvi Alwi) selaku orangtua yang senantiasa memberikan dukungan dan doa demi kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ibu Ir. Hj. Sri Agustina, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Dr. Herlina, S.T, M.T., ibu Ike Bayusari, S.T.,M.T., dan ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
6. Bapak Dr. H. Iwan Pahendra Anto Saputra, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
8. Kakak (kak Ade dan kak Fandi) beserta seluruh keluarga yang memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Seluruh mahasiswa teknik elektro angkatan 2018 yang telah mendampingi selama masa perkuliahan.
10. Rekan seangkatan dan seperjuangan tugas akhir M Akbar Pratama yang selalu bersama mendampingi dari awal hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
11. Teman-Teman seperjuangan subkonsentrasi mesin-mesin listrik (Ican, Edli, Taufik, Mamat, Yudhist, Tama, Ilhan dan lain-lain) yang telah memberi masukan dan bantuan selama ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, 25 Januari 2024

Penulis

Muhammad Aldi Ramadhan

ABSTRAK

EVALUASI PANAS LEBIH PADA MOTOR PENGGERAK GENSET

(Muhammad Aldi Ramadhan, 03041181823008, 2024, 62 halaman)

Listrik menjadi kebutuhan utama bagi seluruh umat manusia. Energi listrik dapat diubah menjadi energi mekanik atau sebaliknya dengan menggunakan mesin listrik. Mesin listrik yang digunakan pada penelitian ini ialah motor arus searah (motor DC). Saat digunakan sebagai penggerak, Motor DC tidak hanya menghasilkan energi mekanis tetapi ada juga disipasi energi berupa panas sehingga motor DC dapat berpotensi mengalami panas berlebih. Panas berlebih dapat mengurangi masa pemakaian bahkan sampai bisa merusak motor. Untuk mengevaluasi panas berlebih pada motor DC, maka dilakukan penelitian berupa pengukuran temperatur kerja secara langsung pada motor DC yang dikopelkan dengan generator AC (genset). Pengukuran suhu motor DC dan generator AC dilakukan selama 10 menit dengan variasi pembebanan 1000 W, 1400 W, dan 2600 W. Dari hasil yang didapatkan pada penelitian ini dimana temperatur motor DC paling tinggi terjadi saat pembebanan 2600 W dan waktu pengoperasian di menit ke-10 yaitu sebesar 41,6^{o}C. Saat pembebanan 2600 W, motor menghasilkan rugi rugi daya terbesar yaitu 46,21 W dan serta menghasilkan efisiensi motor terkecil yaitu 94,3 %. Pada pembebanan 1000 W, suhu motor DC yaitu 33,9 ^{o}C di menit ke-2. Saat menit ke-4, suhu motor DC yaitu 34,2 ^{o}C. Hingga saat menit ke-10, suhu motor DC yaitu 36 ^{o}C. Pembebanan yang berat dan waktu pengujian alat yang lama dapat meningkatkan temperatur motor DC. Pembebanan yang berat juga dapat meningkatkan rugi-rugi daya serta menurunkan efisiensi sehingga motor dapat mengalami panas berlebih.

Kata Kunci : Motor DC, Genset, Temperatur Kerja, Panas Berlebih, Pembebanan, Rug-Rugi Daya, Efisiensi

ABSTRACT

EVALUATION OF OVERHEATNG IN THE GENERATOR SET MOVER MOTOR

(Muhammad Aldi Ramadhan, 03041181823008, 2024, 62 pages)

Electricity is a primary need for all humans. Electrical energy can be converted into mechanical energy or opposite it by using an electric machine. The electric machine used in this research is a direct current motor (DC motor). When used as a mover, a DC motor not only produces mechanical energy but also dissipation energy called heat so that the DC motor can potentially overheat. Overheat can reduce the usage life and even can cause damage of a motor. To evaluate overheating in DC motors, research was carried out in the form of direct measurements of working temperature on DC motors coupled to AC generators (gensets). Temperature measurements of DC motors and AC generators were carried out for 10 minutes with load variations are 1000 W, 1400 W, and 2600 W. From the results obtained in this research, the highest DC motor temperature occurred when the load was 2600 W and the operating time at the 10th minute was 41.6^{o}C. At 2600 W load, the motor produces the largest power losses, namely 46.21 W, and produces the smallest motor efficiency, namely 94.3%. At a load of 1000 W, the DC motor temperature is 33.9 ^{o}C in the 2nd minute. At the 4th minute, the DC motor temperature is 34.2 ^{o}C. Until the 10th minute, the DC motor temperature is 36 ^{o}C. Heavy loading and long tool testing times can increase the temperature of the DC motor. Heavy loading can also increase power losses and reduce efficiency so that the motor can overheat.

Keywords: DC Motor, Generator Set, Working Temperature, Overheating, Loading, Power Losses, Efficiency

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI i
LEMBAR PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS v
KATA PENGANTAR vi
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR RUMUS xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
NOMENKLATUR xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Metodologi Penulisan 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Motor Arus Searah (Motor DC) 4
2.2 Prinsip Kerja Motor DC 4
2.3 Konstruksi Motor DC Secara Umum 6
2.4 Jenis-Jenis Motor DC 9
2.4.1 Motor DC Penguatan Terpisah 9

2.4.2 Motor DC Penguatan Sendiri 10
2.4.2.1 Motor DC Seri 10
2.4.2.2 Motor DC Shunt 11
2.4.2.3 Motor DC Kompon.....13
2.5 Kelebihan dan Kekurangan Motor DC 14
2.6 Torsi Motor DC.....14
2.6.1 Torsi yang Dihasilkan Motor.....15
2.6.2 Torsi Jangkar 16
2.6.3 Torsi Poros.....17
2.7 Gaya Gerak Listrik (GGL) Balik pada Jangkar Motor 17
2.8 Kecepatan Motor DC 18
2.9 Daya dan Efisiensi Motor DC.....18
2.10 Proses Timbulnya Panas Lebih pada Motor DC.....19
2.11 Rugi-Rugi pada Motor DC.....20
2.11.1 Rugi-Rugi Konstan.....21
2.11.1.1 Rugi-Rugi Inti.....21
2.11.1.2 Rugi-Rugi Mekanis.....22
2.11.2 Rugi-Rugi Variabel.....22
2.11.2.1 Rugi-Rugi Tembaga 22
2.11.2.2 Rugi-Rugi Beban *Stray*.....23
2.12 Konversi Satuan 23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....24
3.1 Pendahuluan.....24
3.2 Tempat dan Tabel Waktu Penelitian.....25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....26
3.3.1 Multimeter Digital 26
3.3.2 Termometer Digital 26
3.3.3 Amperemeter 26
3.3.4 Motor Arus Searah (Motor DC) 27
3.3.5 Generator AC (Genset).....27
3.3.6 *Stopwatch*.....28
3.3.7 Aki Mobil 28

3.3.8 Kabel Jumper Aki 29
3.3.9 *Pulley* 29
3.3.10 *Belt Drive* 30
3.3.11 Beban Rangkaian 30
3.4 Langkah-Langkah Penelitian 31
3.5 Data Pra Penelitian 31
3.6 Diagram Alat Penelitian 32
3.7 Desain Sketsa Alat yang Digunakan 33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 34
4.1 Umum 34
4.2 Data Hasil Pengukuran 34
4.3 Perhitungan Rugi-Rugi Daya dan Efisiensi Motor 35
4.4 Pengaruh Pembebanan dan Waktu Operasi Alat Terhadap Temperatur Motor DC 37
4.5 Pengaruh Pembebanan Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Efisiensi Motor 38
BAB V PENUTUP 40
5.1 Kesimpulan 40
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Fisik Motor Arus Searah (Motor DC) 4
Gambar 2.2 Prinsip Keja Motor DC 4
Gambar 2.3 Kaidah Tangan Kiri Flamming untuk Motor Listrik.....5
Gambar 2.4 Pembalikan Arah Arus Kumparan Rotor Oleh Komutator 6
Gambar 2.5 Tampak Konstruksi Motor DC dari : (a) Luar; (b) Dalam.....7
Gambar 2.6 Rangkaian Motor DC Penguatan Terpisah.....9
Gambar 2.7 Rangkaian Motor DC Seri 11
Gambar 2.8 Rangkaian Motor DC Shunt.....12
Gambar 2.9 Rangkaian Motor DC Kompon : (a) Panjang; (b) Pendek 13
Gambar 2.10 Perubahan Arah Fluks Magnetik Akibat Perputaran Jangkar 21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 3.2 Multimeter Digital.....26
Gambar 3.3 Termometer Digital.....26
Gambar 3.4 Tang Ampere.....27
Gambar 3.5 Motor DC 27
Gambar 3.6 Generator AC Sinkron 1 Fasa 28
Gambar 3.7 *Stopwatch* 28
Gambar 3.8 Aki Mobil 29
Gambar 3.9 Kabel Jumper Aki.....29
Gambar 3.10 *Pulley*.....29
Gambar 3.11 *Belt Drive* 30
Gambar 3.12 Beban Rangkaian : (a) Lampu; (b) Bor Duduk; (c) Gerinda.....30
Gambar 3.13 Desain Sketsa Alat Penelitian 33
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Pembebanan dan Waktu Operasi Alat Terhadap Temperatur Motor DC.....37
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Pembebanan Terhadap Rugi-Rugi Daya.....38
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Motor 39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Waktu Penelitian.....25
Tabel 3.2 Spesifikasi Motor DC yang Digunakan 27
Tabel 3.3 Spesifikasi Generator yang Digunakan 28
Tabel 3.4 Perincian Beban yang Digunakan 30
Tabel 3.5 Data Pra Penelitian.....32
Tabel 4.1 Data Pengukuran Saat Beban 1000 W 34
Tabel 4.2 Data Pengukuran Saat Beban 1400 W 35
Tabel 4.3 Data Pengukuran Saat Beban 2600 W 35
Tabel 4.4 Nilai Rugi-Rugi Daya dan Efisiensi untuk Setiap Variasi Pembebanan 36

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 5
Rumus 2.2 6
Rumus 2.3 9
Rumus 2.4 10
Rumus 2.5 10
Rumus 2.6 11
Rumus 2.7 11
Rumus 2.8 12
Rumus 2.9 12
Rumus 2.10 12
Rumus 2.11 13
Rumus 2.12 13
Rumus 2.13 13
Rumus 2.14 13
Rumus 2.15 15
Rumus 2.16 15
Rumus 2.17 15
Rumus 2.18 15
Rumus 2.19 15
Rumus 2.20 15
Rumus 2.21 16
Rumus 2.22 16
Rumus 2.23 16
Rumus 2.24 16
Rumus 2.25 16
Rumus 2.26 17

Rumus 2.27 17
Rumus 2.28 17
Rumus 2.29 17
Rumus 2.30 18
Rumus 2.31 18
Rumus 2.32 18
Rumus 2.33 18
Rumus 2.34 18
Rumus 2.35 19
Rumus 2.36 19
Rumus 2.37 19
Rumus 2.38 20
Rumus 2.39 20
Rumus 2.40 23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rugi-Rugi Daya
Lampiran 2. Perhitungan Efisiensi Motor
Lampiran 3. Gambar

NOMENKLATUR

F	= Gaya (N)
B	= Kuat Medan Magnet (wb/m^2)
I	= Arus Listrik (A)
L	= Panjang Penghantar (m)
T	= Torsi (Nm)
r	= Jari-jari Penghantar (m)
N	= Kecepatan Motor (rpm atau rps)
V	= Tegangan (V)
Eb	= Gaya Gerak Listrik (GGL) Balik (V)
R	= Resistansi (Ω)
ω	= Kecepatan Rotasi (rad/s)
Φ	= Fluks Magnet (wb)
P	= Daya Aktif (W)
S	= Daya Semu (VA)
Cos ɵ	= Faktor Daya
η	= Efisiensi
Q	= Panas yang Dihasilkan Motor
t	= Waktu (s)
T	= Temperatur Motor (^oC)
ΔT	= Kenaikan Temperatur Motor (^oC)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi manusia. Energi listrik sudah sejak lama menjadi kebutuhan utama yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia baik pada sektor industri, fasilitas umum, perkantoran, dan rumah tangga. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan energi listrik akan semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah konsumen. Berdasarkan hukum kekekalan energi, energi listrik dapat diubah menjadi energi lainnya seperti energi mekanik maupun sebaliknya. Untuk mengonversi energi terhadap energi listrik dan mekanis, diperlukan peralatan yang berupa mesin listrik.

Salah satu jenis mesin listrik adalah motor arus searah atau *Direct Current* (Motor DC). Motor arus searah memanfaatkan prinsip elektromagnetik dimana arus DC yang bersumber dari baterai atau aki mengalir melalui kumparan rotor yang berada di medan magnet sehingga menghasilkan energi mekanis berupa putaran pada rotor.

Ketika motor listrik difungsikan sebagai penggerak tidak hanya menghasilkan energi mekanis tetapi juga menghasilkan sebagian disipasi energi berupa panas yang disebut sebagai rugi-rugi motor [1]. Energi panas pada motor bersumber dari arus listrik yang mengalir pada kumparan rotor dan stator dimana energi panas yang dihasilkan akan mempengaruhi temperatur kerja motor tersebut. Temperatur motor yang melampaui batas standar akan mengurangi umur pemakaian bahkan bisa sampai merusak motor tersebut. Panas berlebih pada motor dapat disebabkan oleh adanya pembebanan motor yang berat [2].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis memutuskan untuk membuat proyek tugas akhir yang berjudul "*Evaluasi Panas Lebih Pada Motor Penggerak Genset".*

1.2 Perumusan Masalah

Dalam pengoperasiannya, motor listrik tidak hanya menghasilkan energi mekanis (gerak) tetapi juga menghasilkan rugi-rugi berupa energi panas yang mempengaruhi temperatur kerja motor. Umumnya, motor memiliki batasan temperatur tertentu yang tidak boleh dilampaui untuk mencegah terjadinya panas berlebihan (*overheat*). Panas berlebihan dapat memperpendek masa pemakaian bahkan sampai merusak motor. Salah satu penyebab utama motor listrik menjadi panas yaitu adanya pembebanan pada motor tersebut. Pembebanan motor yang berat cenderung dapat meningkatkan arus motor yang berpotensi menimbulkan panas berlebih pada motor. Untuk mengetahui apakah motor DC tersebut mengalami *overheat* atau tidak, maka penulis melakukan pengamatan temperatur kerja motor DC sebagai penggerak generator AC (genset).

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis menentukan batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Motor listrik yang digunakan berupa motor DC yang dihubungkan dengan generator AC melalui pengkopelan dengan *pulley* dan *belt drive*.
2. Pengukuran suhu dilakukan secara langsung pada motor DC dan generator AC.
3. Variasi beban yang digunakan yaitu 1000 W, 1400 W, dan 2600 W.
4. Pengukuran suhu dilakukan selama 10 menit untuk setiap variasi pembebanan.
5. Rugi-rugi daya yang ditinjau berupa rugi-rugi tembaga (P_{Cu}) pada motor.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh pembebanan terhadap temperatur kerja motor DC.
2. Mengetahui pengaruh pembebanan terhadap rugi-rugi daya dan efisiensi motor.
3. Mengetahui pengaruh waktu operasi terhadap temperatur kerja motor DC.

1.5 Metodologi Penulisan

Adapun metode yang digunakan pada penulisan skripsi ini yaitu :

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan mempelajari teori dasar yang berkaitan dengan pembahasan penelitian ini melalui referensi buku, jurnal, internet, dan lainnya.

2. Studi Lapangan

Metode ini dilakukan dengan langsung ke lapangan untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan pengumpulan data yang diperlukan untuk proyek tugas akhir ini.

3. Diskusi

Metode ini dilakukan dengan cara berdiskusi dengan orang yang ahli di bidangnya dan dosen pembimbing mengenai proyek tugas akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika yang digunakan pada penulisan skripsi ini yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodelogi penulisan serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi pembahasan berupa dasar teori yang berkaitan dengan topik penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini terdiri dari lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, diagram alir penelitian, serta tahapan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi data hasil pengujian dan analisa data yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang didapat dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Rizal and T. Prasetyo, “Analisa Perubahan Sumber Tegangan Terhadap Temperatur Motor Induksi Satu Phasa Pada Pompa Air,” Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2021.

[2] Y. Xia, Y. Xu, M. Ai, and J. Liu, “Temperature Calculation of an induction motor in the starting process,” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 29, no. 2, pp. 1–4, 2019.

[3] Jamaluddin, I. Anshory, I. Sulistiawati, and A. Ahfas, *Buku Ajar Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, 1st ed. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2022.

[4] S. Muttaqin, “Analisa Karakteristik Generator dan Motor DC,” pp. 1–11, 2018.

[5] I. N. Bagia and I. M. Parsa, *MOTOR-MOTOR LISTRIK*. Kupang: CV. Rasi Terbit Cetakan, 2018.

[6] M. K. Saini, “Torque in DC Motor - Armature Torque and Shaft Torque,” 2021. https://www.tutorialspoint.com/torque-in-dc-motor-armature-torque-and-shaft-torque (accessed Nov. 23, 2023).

[7] A. Rahman, “Apa Itu Motor DC dan Bagaimana Cara Kerjanya,” 2022. https://www.beskem.id/apa-itu-motor-dc/ (accessed Nov. 25, 2023).

[8] U. A. Bakshi and M. V. Bakshi, *Electrical Machines - I*, 1st ed. Pune: Technical Publications, 2020.

[9] M. A. Daulay, “Analisa Daya Motor yang Dibutuhkan Lift Berkapasitas 500 Kg pada Bangunan 2 Lantai,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2021.

[10] H. M. Yudha, *Buku Ajar Penggunaan Motor Listrik*. Palembang: Pantera Publishing, 2020.

[11] Anonim, “Torque Equation of DC Motor,” 2022. https://www.electricalvolt.com/torque-equation-of-dc-motor/#google_vignette (accessed Nov. 23, 2023).

[12] A. Hudges and B. Drury, *Electrics Motors and Drives Fundamentals, Types and Application*, 5th ed., vol. 10, no. 1. Great Britain: Newnes, 2019.

[13] R. Mahmudin and S. Agustina, “Analisa Pengaruh Diameter Kawat Terhadap Temperatur Kerja Motor Induksi Satu Phasa,” Universitas Sriwijaya, 2019.

[14] A. K. Pratama, E. Zondra, and H. Yuvendius, “Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Perubahan Tegangan,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.

[15] S. Aisyah and S. Agustina, “Analisa Temperatur Lebih Saat Berbeban Pada Motor Induksi Satu Phasa,” Universitas Sriwijaya, 2020.

[16] M. I. Ahamed, N. Islam, M. H. Rahman, S. M. T. Reza, and M. S. Hossen, “Design A Real Time Temperature Monitoring System to Protect DC Motor,” *2019 22nd Int. Conf. Comput. Inf. Technol.*, pp. 1–6, 2019.

[17] A. Kurniawan, “Analisa Pengukuran Kenaikan Temperatur Belitan Motor Mesin Cuci Merk Polytron Untuk Uji Kualitas Produk,” Universitas Islam Sultan Agung, 2021.

[18] N. Naibaho and B. M. Aryanto, “Analisi Suhu Motor Listrik 3 Phasa Dengan Sensor FT-H50 paada Exhaust Dumper di PT Suzuki Indomobil Motor Plant Tambun II,” vol. 11, no. 1, pp. 94–103, 2023.

[19] P. S. Bimbhra and G. C. Garg, *Electrical Machines-I*. New Delhi: Khanna Book Publishing, 2019.

[20] L. R. Tamba and E. Warman, “Metode Perlambatan (Retardation Test) dalam Menentukan Rugi-Rugi dan Efisiensi Motor Arus Searah,” *Singuda ENSIKOM*, 2018.

[21] F. Fadhilah, “Analisa Perencanaan Lilitan (Rewinding) Motor Induksi, Serta Pengaruh Peningkatan Resistansi Kumparan Stator Terhadap Kinerja Motor Induksi 3-Fasa 220/380v,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2021.

[22] Anonim, “Celsius Heat Unit to Joule Conversions,” *2022*. https://citizenmaths.com/energy-work-heat/celsius-heat-units-to-joules (accessed Jan. 20, 2024).