

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH TORSI TERHADAP KINERJA MOTOR LISTRIK PADA MESIN PERAS TEBU

Diajukan untuk memenuhi Tugas-Tugas dan Syarat-Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

DISUSUN OLEH:

ALVIAN TRINANDA HARAHAHAP

2007220077



FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alvian Trinanda Harahap

NPM : 2007220077

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Listrik Pada
Mesin Peras Tebu

Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

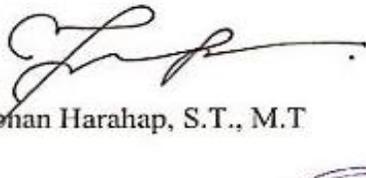
Medan, 25 April 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Rimbawati S.T., M.T

Dosen Penguji I



Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Peguji II



Rahmad Fauzi Siregar, S.T., M.T



Faisal Usman Sasaribu S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Alvian Trinanda Harahap

Tempat/ Tanggal Lahir : Pematang Siantar/ 23 Januari 2001

NPM : 2007220077

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Listrik Pada Mesin Peras Tebu”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 April 2024

Saya yang menyatakan,



Alvian Trinanda Harahap

ABSTRAK

Mesin peras tebu merupakan salah satu peralatan penting dalam industri pertanian untuk menghasilkan jus tebu secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja motor peras tebu dan memahami pengaruhnya terhadap parameter operasional seperti tegangan, arus, kecepatan rotasi, daya aktif, dan torsi. Data diperoleh melalui pengujian dengan menggunakan motor peras tebu dalam kondisi tanpa beban dan berbeban. Dari hasil pengamatan menunjukkan nilai rata-rata torsi pada kondisi tanpa beban adalah sekitar 4.662 Nm, sementara pada kondisi berbeban (Beban I dan Beban II), nilai rata-rata torsi meningkat menjadi sekitar 5.279 Nm dan 5.514 Nm berturut-turut. Terdapat peningkatan torsi sekitar 0.617 Nm (untuk Beban I) dan 0.852 Nm (untuk Beban II) saat mesin peras tebu diberi beban dibandingkan dengan kondisi tanpa beban.

Kata Kunci: *Kinerja Motor, Mesin Peras Tebu, Torsi*

ABSTRACT

Sugarcane juice extractor machine is one of the essential equipment in agricultural industry for efficiently producing sugarcane juice. This research aims to analyze the performance of sugarcane juice extractor motor and understand its influence on operational parameters such as voltage, current, rotational speed, active power, and torque. Data were obtained through testing using the sugarcane juice extractor motor under no-load and load conditions. Observations revealed that the average torque value under no-load condition is approximately 4.662 Nm, while under loaded conditions (Load I and Load II), the average torque values increased to around 5.279 Nm and 5.514 Nm respectively. There was an increase in torque of about 0.617 Nm (for Load I) and 0.852 Nm (for Load II) when the sugarcane juice extractor machine was loaded compared to the no-load condition.

Keywords: *Motor Performance, Sugar Cane Pressing Machine, Torque*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Torsi terhadap Kinerja Motor Listrik Pada Mesin Peras Tebu” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan tugas akhir ini.
2. Ibunda Rimbawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. Selaku Penguji Satu Dalam Pelaksanaan Tugas Akhir Saya.
7. Bapak Rahmad Fauzi Siregar, S.T., M.T. Selaku Penguji Dua Dalam Pelaksanaan Tugas Akhir Saya.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.

9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman Seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2020
11. Teman-teman Asisten Laboratorium Rangkaian Listrik Dasar Periode 2022-2023

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektro.

Medan, 25 April 2024

Alvian Trinanda Harahap

DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematis Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Landasan Teori	7
2.3 Motor Listrik	8
2.3.1 Prinsip Kerja Motor Listrik.....	9
2.3.2 Rotor	13
2.3.3 Stator	24
2.3.4 Jenis Motor Listrik.....	32
2.3.5 Motor Listrik 1 Phase	39
2.4 Torsi	45
2.5 Tegangan Listrik	57
2.6 Arus Listrik.....	59
2.7 Kecepatan Putar Rotor.....	60

2.8 Daya Aktif	61
2.9 Matlab.....	62
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	65
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	65
3.1.1 Tempat.....	65
3.1.2 Waktu	65
3.2 Alat Dan Bahan	66
3.3 Perancangan Alat Peras Tebu	66
3.4 Prosedur Pengujian.....	68
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	70
3.6 Spesifikasi Mesin Peras Tebu Otomatis	70
3.7 Perancangan Coding Matlab.....	71
3.8 Metode Penelitian.....	73
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	75
4.1 Pengujian Dan Pengambilan Data Pada Motor Pemas Tebu.....	75
4.1.1 Pengujian Tanpa Beban.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Pengujian Dengan Beban I	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Pengujian Dengan Beban II	Error! Bookmark not defined.
4.2 Perbandingan Pengujian Tanpa Beban Dan Berbeban	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	65
Tabel 3. 2 Spesifikasi Untuk Mesin Peras Tebu Otomatis	70
Tabel 4. 1 Percobaan Tanpa Beban	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Percobaan Dengan Beban I	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Percobaan Dengan Beban II.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Data Hasil.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian Motor Listrik 1 Fasa.....	9
Gambar 2. 2 Rotor.....	14
Gambar 2. 3 Stator	24
Gambar 2. 4 Motor DC	33
Gambar 2. 5 Motor AC	35
Gambar 2. 6 Motor Sinkron	36
Gambar 2. 7 Motor Servo.....	39
Gambar 2. 8 Skema Diagram Motor Split Phase	41
Gambar 2. 9 Motor Kapasitor	41
Gambar 2. 10 Skema Diagram Motor Kapasitor	42
Gambar 2. 11 Skema Diagram Motor Running Kapasitor.....	43
Gambar 2. 12 Skema Diagram Start Running Kapasitor	44
Gambar 2. 13 Motor Induksi 1 Fasa.....	45
Gambar 2. 14 Ilustrasi Torsi.....	46
Gambar 2. 15 Tampilan awal MATLAB.....	64
Gambar 3. 1 Rancangan Mesin Peras Tebu.....	66
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	74
Gambar 4. 1 Pengukuran Kecepatan Putar Pada Motor Pemeras Tebu	75
Gambar 4. 2 Grafik Torsi Pada Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Grafik Rata - Rata Torsi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Grafik Rata - Rata Tegangan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Grafik Rata - Rata Arus.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Grafik Rata - Rata Kecepatan Putar Motor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Grafik Rata - Rata Daya.....	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu merupakan tanaman perkebunan semusim yang di dalam batangnya terdapat gula yang telah dibudidayakan di Nusantara sebelum masa kolonial. Seorang perantau Cina, I Tsing mencatat bahwa tahun 895 M gula dari tebu telah diperdagangkan di Nusantara. Sebagai contoh, sebelum Belanda masuk Indonesia, gula telah diproduksi dengan peralatan sederhana dan diperdagangkan di sekitar Batavia. Pabrik gula sederhana ini semakin berkembang agak besar pada abad 17. Sebagai gilingan tebu digunakan dua buah silinder kayu yang dipasang berhimpitan kemudian diputar dengan tenaga kerbau atau manusia. Tebu dimasukkan di antara kedua silinder yang diputar, kemudian ditampung di gilingan tersebut. Alat penggilingan ini sampai sekarang masih dapat ditemukan di Jawa Timur khususnya di Kabupaten Kediri, Tulungagung, dan Blitar. Pembangunan pabrik gula zaman Hindia Belanda merupakan awal industrialisasi di Indonesia [1].

Tebu hampir tidak memiliki kandungan lemak, kolesterol, ataupun protein. Namun, ini mengandung natrium, kalium, kalsium, magnesium, dan zat besi, yang penting untuk tubuh. Dalam 28,35gram sari tebu murni, terkandung 113,43 kalori, 25,40gram karbohidrat, 0,20gram protein. Beberapa manfaat sari tebu bagi kesehatan antara lain: memberi suntikan energi instan, meningkatkan fungsi hati, membantu tubuh melawan kanker, memperlancar sistem pencernaan, menjaga kesehatan ginjal, mencegah bau mulut dan kerusakan gigi. Hal ini menyebabkan sari tebu cukup diminati oleh seluruh kalangan yang berdampak pada tumbuhnya UMKM peras sari tebu yang menggunakan mesin peras manual. Dari hasil penelusuran terdapat 5135 UMKM yang masih menggunakan mesin peras tebu manual.

Saat ini mesin penggiling tebu atau mesin pemeras tebu telah digunakan untuk proses pemisahan air tebu dari serat batang tebu dengan bantuan mesin pemeras tebu yang akan menghasilkan sari tebu dengan hanya membutuhkan waktu kerja singkat.

Kegunaan mesin pemeras tebu dapat digunakan untuk memproduksi gula dan pembuatan es tebu dengan mesin skala kecil, sehingga tidak membutuhkan ruang dan proses pengerjaan yang rumit, maka mesin ini sangat cocok untuk industri pengolahan tebu skala usaha kecil menengah dengan penggerak menggunakan sebuah motor listrik.

Motor listrik merupakan sumber tenaga utama yang digunakan untuk menggerakkan roll pemeras pada mesin peras tebu. Motor ini mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang diperlukan untuk menghasilkan tekanan pada tebu. Motor listrik bertanggung jawab untuk menghasilkan tenaga mekanik yang diperlukan untuk menggerakkan berbagai komponen mesin, seperti roll pemeras pada mesin peras tebu.

Ketika motor dalam keadaan hidup (ON) maka pulley akan menggerakkan roll pemeras, dalam hal ini pengguna menempatkan tebu yang sudah dikupas di antara roll penggerak atas dan roll penggerak bawah. Melalui rotasi relatif dari dua roll, tebu diperas berulang ulang agar sari tebu habis, dan mengalir turun dari dua roll ke *catch pan*/tampungan, sebelum air turun ketampungan terdapat 2 saringan untuk menyaring ampas tebu yang jatuh ke bawah. Pada saat itulah motor menghasilkan torsi yang muncul selama operasi.

Torsi merujuk pada gaya putar atau torsi yang harus diatasi atau diatasi oleh suatu mekanisme atau motor dalam suatu sistem. Hal ini digunakan untuk mengukur seberapa besar hambatan atau beban yang harus diatasi oleh komponen yang menghasilkan gerakan atau putaran. Besarnya torsi yang dapat di hasilkan oleh motor tergantung dengan besarnya beban yang ada pada motor motor. Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk menerima beban, jadi torsi motor di pengaruhi oleh beban. Perubahan beban mengakibatkan perubahan kecepatan putar motor akibatnya terjadi perubahan torsi pada motor untuk menyesuaikan dengan torsi [2].

Berdasarkan kajian diatas maka penelitian ini akan melakukan analisis pengaruh torsi terhadap kinerja motor listrik pada mesin peras tebu otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada analisis ini adalah:

1. Bagaimana hubungan antara tegangan dan arus terhadap torsi pada mesin peras tebu?
2. Bagaimana hubungan antara kecepatan rotasi dan daya aktif terhadap torsi pada mesin peras tebu?
3. Seberapa besar perbedaan torsi saat berbeban dan tanpa beban pada mesin peras tebu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisis ini yaitu:

1. Menganalisis hubungan antara tegangan dan arus terhadap torsi pada mesin peras tebu
2. Menganalisis hubungan antara kecepatan rotasi rotor dan daya aktif terhadap torsi pada mesin peras tebu
3. Menganalisis besar perbedaan torsi saat berbeban dan tanpa beban pada mesin peras tebu

1.4 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini, adapun ruang lingkup yang dihadapi adalah

1. Penelitian ini akan berfokus pada pengaruh torsi terhadap kinerja motor listrik pada mesin peras tebu.
2. Penelitian ini akan menggunakan metode pengambilan data pengukuran dan memahami pengaruh torsi terhadap kinerja motor listrik pada mesin peras tebu dengan Matlab yang digunakan untuk menunjukkan grafik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi dan mengimplementasikan strategi yang efektif untuk memastikan motor listrik menghasilkan torsi yang sesuai.

2. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan torsi terhadap kinerja motor listrik, langkah-langkah perbaikan dan peningkatan efisiensi dapat diambil untuk menghemat dan mengoptimalkan kinerja motor listrik.
3. Hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara torsi terhadap kinerja motor listrik.

1.6. Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Listrik dikenal sebagai sumber energi pembawa, energi pembawa adalah suatu substansi atau sistem yang memindahkan energi dalam suatu bentuk dari satu tempat ke tempat yang lain. Listrik dibangkitkan oleh suatu pembangkit dari suatu energi primer dikonversikan dalam energi listrik. Sebagai contoh sumber energi primer adalah bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) air, sinar matahari, angin, biomassa, dan lain-lain. Mulai tahun 1970-an, penggunaan energi fosil mulai dikurangi karena dampaknya yang tidak bersahabat dengan lingkungan dan jumlah ketersediaannya di alam yang semakin berkurang [3].

Energi listrik pada motor akan di konversi menjadi energi berguna berupa torsi putar dan menjadi energi terbuang, misalnya kerugian pada belitan, kerugian bantalan dan kerugian celah udara. Energi listrik semakin hari akan semakin mahal karena pengaruh dari mahalnya energi primer. Upaya untuk mengurangi konsumsi energi listrik dimulai dengan beban utama yaitu motor listrik. Untuk itu energi listrik yang masuk ke dalam motor induksi harus dimanfaatkan secara maksimal untuk menjadi torsi putar. Efisiensi merupakan perbandingan antara energi berguna dengan energi masuk, sehingga harapannya motor listrik mempunyai efisiensi yang tinggi agar dapat mengubah energi listrik menjadi torsi putar yang besar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode yang digunakan mempunyai tingkat akurasi lebih dari 99%. Karena tingkat akurasi yang tinggi dimungkinkan untuk mengukur potensi penghematan yang besar [4].

Perubahan beban yang cenderung naik melebihi kapasitas motor yang memengaruhi torsi mekanik yang dirasakan motor sehingga akan mempengaruhi kinerja motor pula, yang diantaranya adalah kecepatan dan arus motor. Semakin berat beban motor maka putaran motor akan menurun, sedangkan slip, torsi, arus semakin meningkat. Bila kondisi ini terus menerus berlangsung, maka akan memperpendek umur motor menjadi panas di sebabkan meningkatnya arus sehingga motor cepat rusak.

Nilai torsi elektromagnetik mempengaruhi kecepatan putar rotasi rotor dan semakin besar nilai besar peningkatan dan penurunan nilai torsi elektromagnetik maka semakin kecil nilai putar rotasi rotor dan sebaliknya semakin kecil nilai torsi elektromagnetik maka akan semakin meningkat nilai kecepatan putar rotasi rotor.

Semakin besar daya yang bisa dihasilkan motor berdasarkan spesifikasinya maka akan mempengaruhi kinerja motor didasari dari nilai torsi elektromagnetik yang juga berbeda nilainya. Nilai beban pada motor harus dilakukan sesuai dengan standart pada motor tersebut dan jika jauh dari itu maka akan dapat menimbulkan eror pada motor dan mengakibatkan kerusakan pada motor [2].

2.2 Landasan Teori

Motor induksi merupakan motor arus bolak – balik (AC) yang paling luas digunakan dan dapat dijumpai dalam setiap aplikasi industri maupun rumah tangga. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan arus stator. Motor listrik terbagi menjadi 2 bagian yaitu 1 phase dan 3 phase atau dengan kata istilah pada umumnya motor 220 V 1 phase dan motor 380 V 3 phase [6].

Motor induksi fasa tunggal memiliki konstruksi sederhana terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor yang berguna untuk menimbulkan GGL (gaya gerak listrik) sebagai akibat interaksi kumparan stator dan rotor yang disuplai tegangan bolak balik. Kecepatan (n) rotor dapat diperoleh dalam dua mode operasi yaitu pada mode medan putar reverse (ϕ_b), rotor berputar dengan slip (s) berpijak pada medan putar maju sehingga kecepatan putar medan maju [7].

Motor digunakan ketika tebu dimasukkan ke dalam mesin peras, tekanan diterapkan untuk menghancurkan tebu dan mengeluarkan jusnya. Torsi yang diperlukan oleh mesin untuk memproses tebu ini dapat dihitung berdasarkan tekanan yang diterapkan pada tebu.

2.3 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah benda yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor-motor listrik merupakan beban listrik yang cukup besar karena bersifat induktif, karena motor listrik dapat bekerja dengan memanfaatkan lilitan-lilitan yang ada didalamnya yang menghasilkan medan magnet apabila dialiri arus listrik. Motor listrik biasanya digunakan sebagai penggerak mesin-mesin di industri. Motor listrik kadangkala disebut "Pekerjaan kuda"nya industri sebab diperkirakan bahwa motor menggunakan energi listrik sekitar 70% dari total energi listrik yang dikonsumsi oleh sebuah industri. Peningkatan efisiensi dari motor dapat dilakukan dengan merancang motor dengan material yang lebih baik [8].

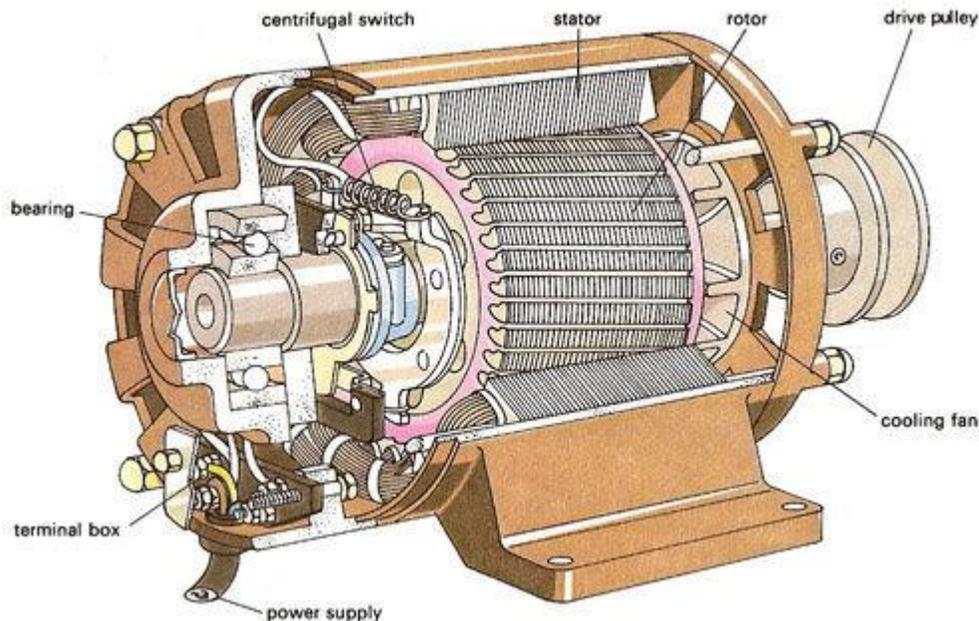
Motor listrik 1 phase adalah motor listrik yang akan bekerja pada rate tegangan 220 V AC. Motor induksi satu fasa merupakan motor serba guna yang banyak digunakan pada alat-alat rumah tangga. Sumber tenaga motor jenis ini membutuhkan arus bolak-balik satu fasa yang banyak tersedia di rumah-rumah. Karena itu, motor induksi satu fasa digunakan sebagai penggerak mesin cuci, pompa air, dan alat-alat lain.

Frekuensi kerja motor berbanding lurus dengan daya keluaran, maka kecepatan motor mempengaruhi daya motor. Selain itu faktor-faktor yang juga mempengaruhi efisiensi adalah usia, kapasitas, jenis, dan suhu. Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya. Beberapa motor listrik didesain untuk beroperasi pada 50% hingga 100% beban nominal.

Efisiensi maksimum adalah yang mendekati 75% pada beban nominal. Peningkatan efisiensi dari motor dapat dilakukan dengan merancang motor dengan material yang lebih baik. Jenis motor ini dikenal dengan nama motor efisiensi tinggi atau 10 motor premium. Namun, harga motor premium lebih mahal sekitar 10% - 30 % daripada motor listrik biasa [9].

2.3.1 Prinsip Kerja Motor Listrik

Motor listrik bekerja berdasarkan prinsip dasar elektromagnetik, di mana interaksi antara medan magnet dan arus listrik dalam kumparan kawat menghasilkan gaya putar yang mendorong poros motor. Prinsip ini terdiri dari dua komponen utama dalam motor listrik: stator dan rotor. Prinsip kerja motor 1 phase adalah apabila pada kumparan diberikan arus listrik AC 1 phase maka akan membangkitkan medan magnet pada celah udara yang kosong pada stator dan rotor, medan magnet yang berputar bergerak memotong lilitan rotor sehingga pada rotor menginduksi medan magnet pada stator. Biasanya rotor berada pada dalam hubung singkat guna mendapatkan arus listrik, yang besarnya tergantung dari impedansi dan tagangan rotor [10].



Gambar 2. 1 Bagian Motor Listrik 1 Phasa

Namun, terdapat beberapa teori dasar dan hukum yang menjadi prinsip kerja motor listrik sederhana, yaitu:

1. Hukum Medan Magnet

Medan magnet dalam ilmu fisika, adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya. (Putaran mekanika kuantum dari satu partikel membentuk medan magnet dan putaran itu dipengaruhi oleh dirinya sendiri seperti arus

listrik; inilah yang menyebabkan medan magnet dari ferromagnet "permanen"). Sebuah medan magnet adalah medan vektor: yaitu berhubungan dengan setiap titik dalam ruang vektor yang dapat berubah menurut waktu. Arah dari medan ini adalah seimbang dengan arah jarum kompas yang diletakkan di dalam medan tersebut. Ada dua jenis sumber magnet yang menghasilkan medan magnet yakni sumber alamiah dan sumber buatan [11].

Medan magnet merupakan medan gaya yang berada di sekitar benda magnetik atau di sekitar benda konduktor berarus. Medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis gaya magnet yang selalu keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet. Sementara di dalam magnet, garis-garis gaya magnet memiliki arah dari kutub selatan magnet ke kutub utara magnet. Garis-garis tersebut tidak pernah saling berpotongan. Kerapatan garis-garis gaya magnet menunjukkan kekuatan medan magnet. Jika dua buah magnet dengan kutub yang berbeda didekatkan maka akan memiliki medan magnet yang besar. Sementara itu, jika dua buah magnet yang memiliki kutub sejenis didekatkan maka tidak akan terjadi garis-garis gaya magnet yang membentuk medan magnet [12].

Prinsip kerja motor listrik dimulai dengan memberikan arus listrik pada koil stator. Arus ini menciptakan medan magnet yang menyebabkan rotor bergerak. Hukum Ampere menyatakan bahwa kawat yang membawa arus listrik akan menghasilkan gaya yang berinteraksi dengan medan magnet. Oleh karena itu, rotor yang membawa arus listrik akan mengalami gaya yang mendorongnya untuk berputar [13].

Prinsip ini menyatakan bahwa medan magnet di sekitar konduktor (kawat) akan terbentuk ketika arus listrik mengalir melaluinya. Besar medan magnet yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir melalui kawat. Hukum medan magnet dasar, yang dikenal sebagai Hukum Ampere, menjelaskan sifat-sifat medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik. Hukum ini pertama kali dirumuskan oleh André-Marie Ampère. Hukum Ampere menyatakan bahwa medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik sebanding dengan besar arus listrik yang mengalir melalui suatu konduktor. Rumus matematisnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I \, dl \times r}{r^2}$$

di mana:

- B adalah kekuatan medan magnet,
- $0\mu_0$ adalah permeabilitas vakum (konstanta magnetik vakum),
- I adalah besar arus yang mengalir melalui konduktor,
- dl adalah elemen panjang dari konduktor,
- r adalah vektor jarak dari elemen panjang ke titik pengamatan, dan
- r adalah besar vektor r .

Hukum Ampere ini memberikan dasar teoritis untuk memahami bagaimana arus listrik dapat menciptakan medan magnet di sekitar konduktor. Dengan menggunakan hukum ini, kita dapat menganalisis distribusi medan magnet di sekitar kawat lurus, kawat melingkar, dan bentuk-bentuk geometris lainnya.

2. Hukum Gerak Lenz

Hukum Lenz dirumuskan oleh fisikawan Rusia bernama Heinrich Lenz pada tahun 1834 dan merupakan bagian dari Hukum Induksi Elektromagnetik. Hukum Lenz menyatakan:

"Arus atau gaya elektromotif yang dihasilkan oleh perubahan fluks magnetik akan selalu bekerja untuk menghasilkan fluks yang akan menghambat perubahan awal."

Dalam kata lain, arah arus atau gaya elektromotif yang diinduksi akan selalu berlawanan dengan perubahan fluks magnetik yang menyebabkannya. Dengan kata lain, hukum ini menyatakan bahwa suatu perubahan dalam medan magnet di sekitar suatu konduktor akan menginduksi arus yang menghasilkan medan magnet sendiri yang berlawanan dengan perubahan medan magnet yang menginduknya.

Hukum Lenz adalah hukum fisika yang menjelaskan tentang arah arus induksi. Dalam hukum ini, arah arus induksi selalu mempunyai arah tertentu. Arah arus induksi selalu menghindari dari medan magnet yang menimbulkannya. Hukum Lenz juga dapat dipandang dari sisi medan magnet. Arus induksi akan mempunyai medan magnet yang selalu menghindari perubahan medan magnet yang ada. Hukum Faraday dan hukum Lenz sama-sama berhubungan dengan perubahan fluks magnetik dalam suatu simpul.

Namun, hukum Lenz merupakan pelengkap dari hukum induksi Faraday. Penjelasan di dalam Hukum induksi Faraday hanya mengungkapkan besarnya gaya gerak listrik induksi. Sedangkan penjelasan tentang arah arus induksi tidak dijelaskan secara rinci. Hukum Lenz melengkapinya dengan pernyataan bahwa "*Dalam suatu kumparan, arah arus induksi adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan arus tersebut berlawanan dengan perubahan fluks yang menyebabkannya timbul*". Prinsip ini menyatakan bahwa ketika medan magnet eksternal berubah, medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik dalam kawat akan mencoba untuk menentang perubahan tersebut. Hal ini menyebabkan rotor motor bergerak untuk mengurangi perubahan medan magnet. Rumus Hukum Lenz secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.1)$$

dengan:

- ε adalah gaya elektromotif (EMF) atau potensial listrik yang diinduksi,
- $d\Phi/dt$ adalah laju perubahan fluks magnetik (Φ) melalui suatu konduktor.

Pada rumus ini, tanda negatif menunjukkan bahwa gaya elektromotif yang dihasilkan akan memiliki polaritas yang berlawanan dengan perubahan fluks magnetik yang menyebabkannya. Gaya elektromotif ini menghasilkan arus listrik jika konduktor membentuk sirkuit tertutup.

Sebagai tambahan, rumus umum untuk fluks magnetik (Φ) adalah:

$$\Phi = B \cdot A \quad (2.2)$$

dengan:

- B adalah induksi magnetik (kekuatan medan magnet) pada suatu daerah,
- A adalah luas permukaan yang dilalui oleh medan magnet.

Rumus ini digunakan untuk mengkuantifikasi konsep Hukum Lenz dan memberikan dasar matematis untuk memahami fenomena induksi elektromagnetik yang dijelaskan.

3. Hukum gaya Lorentz

Gaya Lorentz adalah gaya yang timbul akibat adanya arus listrik dalam suatu medan magnet. Jadi, jika kita memiliki suatu benda konduktor yang berada di dalam medan magnet, kemudian kita aliri benda tersebut dengan arus listrik, maka akan timbul suatu gaya yang mampu menggerakkan benda tersebut.

Hukum Gaya Lorentz menggambarkan gaya yang dialami oleh suatu benda bermuatan listrik yang bergerak dalam suatu medan magnet. Hukum ini dinamai dari fisikawan Belanda, Hendrik Lorentz, yang mengembangkan formulasi ini. Hukum Gaya Lorentz dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis sebagai berikut:

$$F = q \cdot (v \times B) \quad (2.3)$$

Dimana:

- F adalah gaya yang dialami oleh partikel bermuatan,
- q adalah besarnya muatan partikel,
- v adalah kecepatan partikel, dan
- B adalah induksi magnetik (medan magnet) di lokasi partikel.

Dalam rumus tersebut, \times menyimbolkan produk vektor atau hasil perkalian silang antara vektor kecepatan v dan vektor medan magnet B . Hasil perkalian silang tersebut menghasilkan vektor gaya F yang tegak lurus terhadap kedua vektor tersebut, sesuai dengan hukum gerak partikel bermuatan dalam medan magnet.

2.3.2 Rotor

Rotor adalah salah satu komponen utama dalam motor listrik. Ini merupakan bagian bergerak dari motor yang terletak di dalam medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Rotor biasanya terdiri dari kawat atau bahan konduktif lainnya yang membentuk lilitan atau struktur yang memungkinkan aliran arus listrik [14].

Rotor adalah bagian dari motor listrik atau generator listrik yang berputar pada sumbu rotor. Perputaran rotor disebabkan karena adanya medan magnet dan lilitan kawatemail pada rotor. Sedangkan torsi dari perputaran rotor ditentukan oleh banyaknya lilitan kawat dan juga diameternya. Rotor adalah komponen alternator yang kerjanya berputar. Fungsi utama dari komponen ini adalah menciptakan kemagnetan.

Rotor memiliki kuku-kuku yang fungsinya sebagai kutub magnet. Pada saat komponen stator pada alternator mengalami kerusakan, maka tidak akan ada arus listrik yang tercipta. Rotor dapat bergerak karena menerima energi mekanis dari sumber eksternal, seperti motor atau turbin. Saat rotor berputar, ia menggerakkan magnet internal atau medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Gerakan ini menghasilkan arus listrik yang dihasilkan oleh dinamo.

Pada dasarnya, prinsip kerja rotor terkait erat dengan hukum elektromagnetisme. Ketika arus listrik dialirkan melalui rotor, terjadi interaksi antara arus tersebut dan medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Menurut hukum Ampere, kawat yang membawa arus listrik akan mengalami gaya yang berinteraksi dengan medan magnet. Sebagai hasilnya, rotor akan mengalami gaya yang mendorongnya untuk berputar [15].

Selain itu, hukum Faraday juga berperan dalam kerja rotor. Ketika rotor berputar di dalam medan magnet, terjadi induksi elektromagnetik yang menghasilkan arus listrik dalam rotor. Arus listrik ini kemudian memperkuat medan magnet di sekitarnya, menyebabkan rotor terus bergerak. Rotor dapat memiliki berbagai desain tergantung pada jenis motor listrik dan aplikasinya. Ada rotor berbentuk kumparan, rotor berbelit-belit, atau bahkan rotor berbentuk silinder. Desain rotor yang berbeda dapat memberikan karakteristik kinerja yang berbeda pula pada motor listrik.



Gambar 2. 2 Rotor

Rotor memiliki beberapa karakteristik utama:

- **Material Konstruksi**

Rotor dapat terbuat dari berbagai material tergantung pada jenis motor dan aplikasinya. Beberapa rotor menggunakan magnet permanen, seperti neodimium, sebagai bahan konstruksi, sementara yang lain menggunakan kumparan kawat yang dihubungkan ke komutator dalam motor DC.

Material konstruksi rotor dalam motor listrik memainkan peran krusial dalam menentukan kinerja dan karakteristik motor tersebut. Sejumlah material dapat digunakan untuk membangun rotor, dan pemilihan bahan bergantung pada kebutuhan spesifik aplikasi motor. Salah satu opsi umum adalah penggunaan magnet permanen, seperti neodimium, sebagai material konstruksi rotor. Magnet permanen ini memungkinkan pembentukan medan magnet yang kuat tanpa memerlukan arus listrik melalui rotor.

Jenis rotor ini sering digunakan pada motor brushless DC (BLDC) dan motor sinkron. Alternatifnya, beberapa rotor menggunakan kumparan kawat sebagai bagian konstruksinya, dengan kawat umumnya terbuat dari konduktor seperti aluminium atau tembaga. Rotor berbahan kawat ini sering ditemukan pada motor induksi dan beberapa motor DC. Selain itu, ada rotor yang menggunakan laminasi logam, biasanya dari besi atau baja silikon, untuk mengurangi kerugian energi akibat arus Eddy. Pada motor besar atau yang memerlukan kekuatan mekanis tinggi, rotor dapat terbuat dari baja yang kokoh. Untuk aplikasi khusus, seperti lingkungan yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi atau zat kimia agresif, rotor dapat terbuat dari keramik atau material khusus.

Pemilihan material konstruksi rotor mempertimbangkan faktor-faktor seperti kebutuhan torsi, kecepatan operasi, dan lingkungan kerja, sehingga desainer motor dapat mengoptimalkan kinerja motor sesuai dengan persyaratan aplikasi tertentu.

- **Pola Medan Magnet**

Rotor berisi magnet permanen atau kumparan kawat yang menghasilkan medan magnetnya sendiri. Pola medan magnet yang dihasilkan oleh rotor ini berinteraksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh stator (bagian tetap motor) untuk

menghasilkan gaya putar yang mendorong rotor berputar. Pola medan magnet pada rotor motor listrik memiliki peran sentral dalam mengatur pergerakan rotor dan akhirnya menghasilkan gerakan mekanis pada motor. Dua jenis pola medan magnet umum ditemui pada rotor, yang pertama adalah menggunakan magnet permanen.

Dalam hal ini, medan magnet dihasilkan oleh magnet permanen yang terpasang pada rotor, menciptakan interaksi yang stabil dengan medan magnet stator. Pola medan magnet permanen ini memicu gaya putar yang mendorong rotor untuk berputar tanpa memerlukan aliran arus listrik melalui rotor. Sementara itu, pada rotor dengan kumparan kawat, pola medan magnet terbentuk ketika arus listrik mengalir melalui kumparan kawat pada rotor.

Medan magnet ini berubah seiring perputaran rotor, dan interaksi dengan medan magnet stator menghasilkan gaya putar pada rotor. Desain rotor yang memperhitungkan dengan cermat pola medan magnetnya menjadi elemen kunci dalam memastikan kinerja motor listrik yang optimal, mempengaruhi torsi, kecepatan putaran, dan efisiensi operasional sesuai dengan kebutuhan aplikasi khususnya.

- **Poros Putar**

Rotor biasanya terhubung ke poros putar yang digunakan untuk mentransfer gerakan berputar ke peralatan atau mesin yang akan digerakkan. Poros ini bisa memiliki berbagai bentuk dan ukuran tergantung pada aplikasi motor. Poros putar adalah elemen vital dalam struktur motor listrik yang menghubungkan rotor dengan peralatan atau mesin yang akan digerakkan. Poros ini berfungsi sebagai jalur transfer gerakan berputar dari rotor ke peralatan luar. Bentuk dan ukuran poros putar dapat bervariasi tergantung pada jenis motor dan aplikasinya.

Poros putar pada motor listrik biasanya terpasang pada rotor dan memanjang ke luar motor untuk terhubung dengan peralatan yang akan digerakkan, seperti kipas, pompa, atau mesin lainnya. Poros ini harus dirancang dengan ketahanan dan kekuatan yang cukup untuk menanggung beban mekanis yang diberikan oleh peralatan yang dihubungkannya.

Seiring putaran rotor, poros putar mentransfer gerakan rotasional ke peralatan terkait. Keandalan dan presisi poros putar sangat penting, terutama dalam aplikasi yang memerlukan perpindahan gerakan yang tepat dan efisiensi tinggi. Oleh karena itu, pemilihan material yang sesuai dan desain poros yang kokoh menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan kinerja motor.

Penggunaan poros putar juga mempertimbangkan kecepatan operasional, beban kerja, serta kebutuhan kekakuan dan kekuatan tertentu. Dalam beberapa kasus, poros putar dapat memiliki berbagai bentuk, termasuk poros lurus, poros eksentrik, atau poros berbentuk khusus tergantung pada aplikasi motor yang digunakan.

Dalam kesimpulannya, poros putar dalam motor listrik merupakan elemen penghubung yang penting untuk mentransfer gerakan berputar dari rotor ke peralatan yang dijalankan. Desain dan keandalan poros ini menjadi faktor kunci dalam mencapai kinerja motor listrik yang efisien dan handal.

- **Gaya Putar**

Gaya putar yang dihasilkan pada rotor adalah hasil dari interaksi antara medan magnet rotor dan medan magnet stator, yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui kumparan kawat stator. Gaya putar inilah yang menggerakkan rotor dan peralatan yang terhubung ke poros motor. Gaya putar dihasilkan oleh rotor dengan medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Prinsip dasar ini didasarkan pada hukum elektromagnetisme, di mana aliran arus listrik dalam kumparan kawat rotor menghasilkan medan magnet yang memicu gaya putar.

Ketika rotor berputar di dalam medan magnet stator, terjadi perubahan dalam medan magnetik yang menyebabkan arus listrik terinduksi dalam kumparan kawat rotor. Hukum Ampere menyatakan bahwa kawat yang membawa arus listrik akan mengalami gaya yang berinteraksi dengan medan magnet. Akibatnya, rotor akan mengalami gaya putar, yang mendorong rotor untuk berputar.

Gaya putar yang dihasilkan oleh rotor adalah faktor kunci dalam menghasilkan gerakan mekanis pada motor. Besarnya gaya putar tergantung pada beberapa faktor, termasuk kuatnya medan magnet, jumlah kumparan kawat pada rotor, dan arus listrik yang mengalir melalui rotor. Pengukuran dan kontrol gaya putar ini

sangat penting untuk menjaga kestabilan dan kinerja motor listrik, terutama dalam menghadapi beban variabel atau perubahan kondisi operasional.

Efisiensi dan daya motor listrik sangat dipengaruhi oleh kemampuan rotor dalam menghasilkan gaya putar yang cukup untuk mengatasi beban yang ditemuinya. Oleh karena itu, desain rotor yang optimal dan penyesuaian parameter operasional menjadi kunci dalam memastikan bahwa motor listrik berfungsi secara efisien dan dapat diandalkan sesuai dengan kebutuhan aplikasinya.

- Diameter

Diameter rotor dapat bervariasi tergantung pada jenis motor dan aplikasi. Diameter yang lebih besar biasanya menghasilkan torsi yang lebih besar. Diameter rotor pada motor listrik merupakan dimensi kunci yang memainkan peran sentral dalam menentukan kinerja dan karakteristik motor. Jarak maksimal antara ujung-ujung rotor ini mempengaruhi beberapa aspek penting dari operasi motor.

Sebuah diameter rotor yang lebih besar cenderung menghasilkan torsi yang lebih besar, karena gaya putar yang dihasilkan oleh medan magnet rotor tergantung pada jarak dari pusat rotor ke ujung rotor. Selain itu, diameter rotor juga berpengaruh terhadap kecepatan putaran motor, di mana motor dengan diameter yang lebih kecil dapat mencapai kecepatan putaran yang lebih tinggi.

Faktor lain yang perlu diperhitungkan adalah inersia rotor, yang dipengaruhi oleh diameter rotor dan memainkan peran dalam respons dinamis motor terhadap perubahan beban atau kecepatan. Seiring dengan itu, ukuran keseluruhan motor dan efisiensi juga dipengaruhi oleh pilihan diameter rotor. Pemilihan diameter rotor harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik aplikasi motor, termasuk torsi yang diperlukan, kecepatan putaran yang diinginkan, dan ukuran fisik motor yang sesuai dengan ruang yang tersedia. Dengan memilih diameter rotor yang tepat, desainer motor dapat mengoptimalkan kinerja motor sesuai dengan persyaratan aplikasi tertentu.

Rotor adalah komponen yang sangat penting dalam motor listrik, dan desainnya dapat bervariasi tergantung pada jenis motor. Motor DC, misalnya, menggunakan rotor dengan komutator dan sikat untuk mengubah arah aliran arus dalam

kumparan kawat rotor. Motor tiga fase menggunakan rotor berupa kumparan kawat tanpa komutator. Rotor yang baik dan efisien adalah kunci untuk kinerja motor yang baik dalam berbagai aplikasi.

Jenis rotor pada motor listrik dapat bervariasi tergantung pada desain motor dan aplikasinya. Beberapa jenis rotor yang umum digunakan termasuk:

1. Rotor Kumparan (Squirrel Cage Rotor)

Rotor kumparan adalah jenis rotor yang paling umum dan banyak digunakan dalam motor induksi. Rotor ini terdiri dari kumparan konduktor pendek yang membentuk struktur seperti kumparan berputar. Konduktor ini terbuat dari bahan konduktif seperti aluminium atau tembaga. adalah salah satu jenis rotor yang umum digunakan dalam motor listrik, khususnya pada motor induksi. Rotor ini memiliki struktur yang terdiri dari kumparan-kumparan konduktor pendek yang terbuat dari bahan konduktif seperti aluminium atau tembaga. Desainnya mirip dengan kumparan berputar, dan konduktor-konduktor tersebut biasanya diposisikan sejajar dengan sumbu rotasi [16].

Prinsip kerja rotor kumparan melibatkan interaksi antara medan magnet stator (bagian tetap motor) dan medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui konduktor-konduktor rotor. Ketika arus listrik dialirkan melalui rotor, medan magnet yang dihasilkan membuat rotor mengalami gaya putar sesuai dengan prinsip hukum elektromagnetisme.

Keunggulan utama dari rotor kumparan adalah kesederhanaan struktur dan kehandalan operasionalnya. Desain yang sederhana tanpa perlu komutator atau sikat menjadikan rotor kumparan lebih tahan terhadap keausan dan pemeliharaan yang lebih rendah. Motor induksi dengan rotor kumparan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti mesin industri, pompa, kipas, dan peralatan rumah tangga.

Namun, rotor kumparan juga memiliki beberapa keterbatasan. Karena sifatnya yang sederhana, motor dengan rotor kumparan umumnya memiliki kontrol yang terbatas terhadap torsi dan kecepatan. Untuk aplikasi yang

memerlukan kontrol yang lebih canggih, rotor berlilit atau jenis rotor lain mungkin lebih sesuai.

Dengan demikian, rotor kumparan tetap menjadi pilihan yang populer dalam motor listrik karena keandalan dan efisiensinya, terutama pada motor induksi yang banyak digunakan di berbagai sektor industri.

2. Rotor Berlilit (Wound Rotor)

Rotor Berlilit adalah salah satu jenis rotor yang umumnya digunakan dalam motor listrik, terutama pada motor induksi. Rotor ini memiliki ciri khas berupa lilitan kawat yang dapat dihubungkan ke sumber daya eksternal melalui cincin geser dan sikat. Perbedaan utama dengan rotor kumparan adalah kemampuan rotor berlilit untuk mengatur torsi dan kecepatan motor dengan lebih baik. Rotor berlilit memiliki lilitan kawat yang dapat dihubungkan ke sumber daya eksternal melalui cincin geser dan sikat. Ini memberikan kemampuan untuk mengatur torsi dan kecepatan motor dengan lebih baik. Rotor berlilit umumnya digunakan pada motor induksi yang memerlukan kontrol yang lebih canggih.

Prinsip kerja rotor berlilit melibatkan lilitan kawat pada rotor yang dapat dihubungkan ke luar melalui cincin geser dan sikat. Arus listrik dapat diatur atau dikontrol pada lilitan kawat ini, yang kemudian mempengaruhi karakteristik operasional motor. Dengan memberikan kemampuan untuk mengubah resistansi atau mengatur aliran arus pada rotor, motor dengan rotor berlilit dapat memberikan kontrol yang lebih canggih dibandingkan dengan rotor kumparan.

Keuntungan utama rotor berlilit adalah kemampuannya untuk memberikan torsi yang dapat diatur dan kontrol kecepatan yang lebih baik. Hal ini membuatnya cocok untuk aplikasi di mana perubahan torsi atau kecepatan diperlukan secara fleksibel, seperti pada sistem penggerak industri, pengangkutan barang, atau elevator.

Namun, rotor berlilit juga memiliki beberapa kekurangan, termasuk kompleksitas struktur dan kebutuhan pemeliharaan yang lebih tinggi karena adanya cincin geser dan sikat. Meskipun demikian, kelebihan dalam kontrol dan fleksibilitas membuat rotor berlilit menjadi pilihan yang baik dalam aplikasi tertentu di mana kontrol yang presisi diperlukan.

3. Rotor Silinder atau Rotor Drum

Rotor Drum adalah jenis rotor pada motor listrik yang memiliki bentuk seperti silinder atau drum. Rotor ini terdiri dari sebuah tabung logam yang melingkupi bagian dalam dari motor. Meskipun mungkin ada variasi dalam desainnya, umumnya rotor ini terbuat dari logam padat dan dapat memiliki lilitan kawat atau bagian yang lebih kompleks tergantung pada jenis motor dan aplikasinya. Rotor silinder atau rotor drum memiliki bentuk silinder dan umumnya terbuat dari logam padat. Jenis rotor ini digunakan pada motor yang membutuhkan torsi awal yang tinggi, seperti pada motor traksi kendaraan listrik atau motor lift.

Prinsip kerja rotor silinder melibatkan interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh stator (komponen tetap motor) dan medan magnet yang mungkin dihasilkan oleh kumparan kawat atau bagian lainnya pada rotor. Seiring dengan putaran rotor, terjadi induksi elektromagnetik yang menciptakan gaya putar dan menghasilkan gerakan rotasi.

Rotor silinder sering digunakan pada motor yang memerlukan torsi awal yang tinggi atau ketahanan mekanis yang baik. Aplikasi umumnya mencakup motor traksi kendaraan listrik, motor lift, atau motor yang digunakan dalam mesin industri berat. Keuntungan rotor silinder terletak pada kemampuannya untuk mengatasi beban awal yang besar dan memberikan kekuatan mekanis yang cukup dalam menghadapi situasi berat.

Namun, rotor silinder juga dapat memiliki beberapa kelemahan, termasuk ukuran dan bobot yang lebih besar dibandingkan dengan rotor lainnya, yang dapat memengaruhi efisiensi dan respons dinamis motor.

Meskipun demikian, desain ini tetap menjadi pilihan yang cocok dalam situasi aplikasi tertentu di mana karakteristik khusus rotor silinder dibutuhkan. Rotor silinder atau rotor drum memiliki bentuk silinder dan umumnya terbuat dari logam padat. Jenis rotor ini digunakan pada motor yang membutuhkan torsi awal yang tinggi, seperti pada motor traksi kendaraan listrik atau motor lift.

4. Rotor Bulat (Synchronous Rotor)

Rotor bulat umumnya digunakan pada motor sinkron. Rotor ini terdiri dari kumparan atau lilitan yang membentuk bagian integral dari rotor. Motor sinkron sering digunakan di aplikasi yang memerlukan stabilitas kecepatan yang tinggi. Rotor Bulat, atau Synchronous Rotor, adalah jenis rotor yang umumnya digunakan pada motor sinkron. Motor sinkron memiliki ciri khas karena kecepatan putaran rotor selalu selaras dengan frekuensi sumber daya listrik yang memberikan pasokan daya ke stator. Rotor bulat pada motor sinkron terdiri dari lilitan atau kumparan yang membentuk bagian integral dari rotor dan membentuk bentuk bulat atau silinder.

Prinsip kerja rotor bulat melibatkan penciptaan medan magnet yang berputar sejajar dengan medan magnet stator. Ketika medan magnet rotor yang berputar ini berinteraksi dengan medan magnet stator, motor sinkron akan menjaga sinkronisasi dengan frekuensi sumber daya listrik. Hal ini membuat motor sinkron cocok digunakan dalam aplikasi di mana stabilitas kecepatan sangat penting, seperti pada pembangkit listrik.

Keuntungan dari rotor bulat terletak pada kemampuan motor sinkron untuk menjaga kecepatan putaran yang stabil dan terkendali. Motor sinkron dengan rotor bulat sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketepatan waktu, seperti generator sinkron dalam pembangkit listrik atau motor yang digunakan dalam sistem distribusi daya besar.

Meskipun memiliki keunggulan tersebut, motor sinkron dengan rotor bulat juga dapat memiliki kelemahan, termasuk kompleksitas dan biaya produksi yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan motor induksi

biasa. Namun, kehandalan dan stabilitasnya menjadikannya pilihan yang baik di situasi di mana sinkronisasi waktu dan kontrol kecepatan yang ketat diperlukan.

5. Rotor Ganda (Double Squirrel Cage Rotor)

Rotor ganda memiliki dua bagian kumparan ekstrim, memberikan karakteristik operasi yang unik dengan kecepatan awal tinggi dan torsi tinggi. Double Squirrel Cage Rotor, adalah jenis rotor khusus yang memiliki dua bagian kumparan ekstrim. Strukturnya mirip dengan rotor kumparan, namun dengan tambahan kumparan ekstra yang membentuk lapisan luar rotor. Dengan demikian, rotor ini memiliki dua tingkat kumparan konduktor pendek, yang umumnya terbuat dari bahan konduktif seperti aluminium atau tembaga.

Prinsip kerja rotor ganda melibatkan interaksi antara medan magnet stator dan kedua bagian kumparan ekstrim rotor. Arus yang dihasilkan pada kedua kumparan ini dapat memberikan karakteristik operasional yang unik pada motor. Kumparan ekstrim luar biasanya lebih rendah resistansinya daripada kumparan ekstrim dalam, yang dapat memberikan torsi tambahan pada awal start motor.

Keunggulan rotor ganda terletak pada kemampuannya untuk memberikan torsi awal yang tinggi, mengatasi beban berat saat start, dan memiliki kontrol yang lebih baik terhadap kecepatan putaran. Motor dengan rotor ganda umumnya digunakan pada aplikasi yang membutuhkan torsi awal yang besar, seperti kompresor, pompa, atau aplikasi industri berat.

Meskipun memiliki keunggulan tertentu, rotor ganda juga dapat memiliki beberapa kelemahan, termasuk kompleksitas struktur yang dapat meningkatkan biaya produksi dan pemeliharaan. Namun, dalam situasi di mana torsi awal yang tinggi dan kontrol yang baik terhadap kecepatan putaran sangat diperlukan, rotor ganda menjadi pilihan yang efektif untuk memenuhi kebutuhan aplikasi tertentu.

Setiap jenis rotor memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan pemilihan tergantung pada persyaratan aplikasi motor. Misalnya, motor induksi umumnya menggunakan rotor kumparan karena sederhana dan handal, sementara motor yang memerlukan kontrol torsi lebih canggih dapat menggunakan rotor berlilit. Rancangan rotor adalah salah satu aspek kunci dalam desain motor listrik untuk memenuhi kebutuhan spesifik aplikasi.

2.3.3 Stator

Stator adalah bagian stasioner dari sistem putar, ditemukan pada generator listrik, motor listrik, sirene, motor lumpur atau rotor biologis, yang biasanya dikontraskan dengan rotor. Energi mengalir melalui stator ke atau dari komponen sistem yang berputar. Pada motor listrik, stator menyediakan medan magnet yang menggerakkan jangkar yang berputar; dalam generator, stator mengubah medan magnet yang berputar menjadi arus listrik. Pada perangkat bertenaga fluida, stator memandu aliran fluida ke atau dari bagian sistem yang berputar. Stator adalah salah satu komponen utama dalam motor listrik yang bertindak sebagai bagian tetap atau tidak bergerak dari motor. Peran stator sangat penting dalam menghasilkan medan magnet yang diperlukan untuk menggerakkan rotor dan menghasilkan gerakan atau putaran pada motor.



Gambar 2. 3 Stator

Prinsip kerja stator bervariasi tergantung pada jenis perangkat elektromagnetik yang menggunakan komponen ini. Di sini, saya akan memberikan gambaran umum

tentang prinsip dan cara kerja stator dalam motor listrik, yang merupakan salah satu aplikasi umum dari stator. Prinsip Kerja Stator pada Motor Listrik antara lain:

1. Medan Magnet Tetap

Medan magnet tetap pada stator adalah komponen sentral dalam desain dan operasi motor listrik. Dalam motor induksi, stator memiliki peran kritis dalam menciptakan medan magnet tetap. Ini dicapai melalui kumparan-kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi stator. Stator pada motor listrik biasanya terdiri dari kumparan-kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi atau laminasi besi untuk meningkatkan konduktivitas magnetik. Ketika arus listrik dialirkan melalui kumparan-kumparan ini, mereka menciptakan medan magnet tetap di sekitar stator.

Ketika arus bolak-balik mengalir melalui kumparan-kumparan tersebut, medan magnet tetap dihasilkan, menciptakan gaya yang mendorong rotor untuk berputar. Motor induksi, yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti kipas, pompa, dan peralatan industri, mengandalkan mekanisme ini untuk mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis.

Di sisi lain, motor sinkron juga memanfaatkan medan magnet tetap pada stator, namun dengan pendekatan yang sedikit berbeda. Stator pada motor sinkron memiliki lilitan kawat yang dihubungkan ke sumber daya AC, menciptakan medan magnet putar yang selalu sinkron dengan frekuensi sumber daya. Medan ini kemudian menginduksi gerakan sinkron pada rotor. Motor sinkron sering digunakan dalam konteks pembangkit listrik dan aplikasi industri di mana sinkronisasi waktu dan kestabilan kecepatan sangat penting.

Peran medan magnet tetap pada stator sangat penting dalam menentukan kinerja dan efisiensi motor listrik. Kemampuannya untuk memberikan gaya pendorong pada rotor menciptakan dasar bagi berbagai aplikasi teknologi listrik modern. Pengembangan dan pemeliharaan medan magnet tetap ini merupakan fokus utama dalam desain motor listrik yang handal dan efisien. Seiring dengan kemajuan teknologi, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja medan magnet tetap pada stator guna

memenuhi tuntutan makin kompleks dari berbagai aplikasi industri dan konsumen.

2. Interaksi dengan Rotor

Rotor yang merupakan bagian yang berputar dalam motor, ditempatkan di dalam medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Medan magnet stator ini berinteraksi dengan medan magnet rotor atau magnet permanen yang dipasang di rotor. Interaksi antara stator dan rotor dalam motor listrik memainkan peran sentral dalam menghasilkan gerakan rotasi.

Stator sebagai bagian tetap motor memiliki tugas utama dalam menciptakan medan magnet yang berinteraksi dengan rotor untuk menghasilkan gerakan mekanis. Dalam motor induksi, stator menghasilkan medan magnet tetap melalui kumparan-kumparan kawat yang melilit pada inti besi stator. Ketika arus listrik bolak-balik dialirkan melalui kumparan-kumparan ini, medan magnet tetap dihasilkan dan merambat melalui ruang rotor. Interaksi antara medan magnet stator dan konduktor-konduktor rotor menghasilkan gaya elektromagnetik yang mendorong rotor untuk berputar.

Sementara itu, pada motor sinkron, stator menciptakan medan magnet putar yang selalu sinkron dengan frekuensi sumber daya AC. Rotor, yang memiliki kutub magnet atau kumparan kawat sendiri, akan selalu berusaha untuk menyesuaikan posisinya dengan medan magnet yang berputar ini. Interaksi antara medan magnet putar stator dan rotor menyebabkan rotor berputar pada kecepatan yang selaras dengan frekuensi sumber daya.

Inti dari interaksi stator dengan rotor adalah konsep dasar elektromagnetisme, di mana medan magnet yang berasal dari stator memberikan gaya yang mendorong rotor untuk bergerak. Ini adalah prinsip dasar yang memungkinkan motor listrik mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis, menjadikannya komponen yang sangat penting dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen.

3. Prinsip Gerak Elektromagnetik

Sesuai dengan Hukum Lorentz dan Hukum Faraday, interaksi antara medan magnet stator dan rotor menciptakan gaya elektromotif (EMF) atau potensial listrik di dalam rotor. Ini menghasilkan arus listrik dalam gulungan rotor. Prinsip gerak elektromagnetik pada stator merupakan konsep dasar dalam operasi motor listrik, yang menggabungkan prinsip-prinsip elektromagnetisme untuk menghasilkan gerakan mekanis. Pada motor induksi, prinsip ini terutama melibatkan interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan rotor.

Stator pada motor induksi memiliki kumparan-kumparan kawat yang melilit pada inti besi stator. Saat arus listrik bolak-balik dialirkan melalui kumparan-kumparan ini, terbentuk medan magnet tetap di sekitar stator. Medan magnet inilah yang menjadi pendorong utama dalam prinsip gerak elektromagnetik.

Ketika rotor, yang terletak di dalam medan magnet stator, memiliki konduktor-konduktor yang dapat mengalirkan arus listrik, prinsip hukum elektromagnetisme menyatakan bahwa konduktor yang mengalirkan arus dalam medan magnet akan mengalami gaya. Dalam konteks motor induksi, gaya ini menyebabkan rotor untuk berputar. Prinsip ini, dikenal sebagai Hukum Lorentz, menjelaskan bagaimana arus listrik dan medan magnet dapat berinteraksi untuk menciptakan gerak mekanis.

Pada motor sinkron, prinsip gerak elektromagnetik juga terlibat, tetapi dengan tambahan dimensi sinkronisasi waktu. Stator menciptakan medan magnet putar yang selalu sinkron dengan frekuensi sumber daya AC. Rotor, yang memiliki kutub magnet atau kumparan kawat sendiri, berusaha untuk selalu menyelaraskan posisinya dengan medan magnet yang berputar, menciptakan gerakan rotasi yang sinkron.

Dengan demikian, prinsip gerak elektromagnetik pada stator memanfaatkan efek elektromagnetisme untuk menghasilkan gerakan mekanis yang menjadi dasar dari berbagai aplikasi motor listrik dalam kehidupan sehari-hari.

4. Timbulnya Gaya Magnet Elektromagnetik

Arus listrik yang mengalir dalam gulungan rotor menciptakan medan magnet sendiri. Interaksi antara medan magnet rotor dan stator menciptakan gaya elektromagnetik yang mendorong rotor untuk berputar. Timbulnya gaya magnet elektromagnetik pada stator terkait erat dengan prinsip dasar elektromagnetisme, yang menjelaskan bagaimana arus listrik yang mengalir melalui kumparan-kumparan stator menciptakan medan magnet. Dalam motor listrik, stator berfungsi sebagai pembangkit medan magnet tetap yang berinteraksi dengan rotor untuk menghasilkan gerak mekanis.

Ketika arus listrik bolak-balik dialirkan melalui kumparan-kumparan stator, medan magnet tetap terbentuk di sekitar stator. Medan magnet ini kemudian merambat ke ruang rotor. Prinsip hukum elektromagnetisme, seperti yang dirumuskan oleh Hukum Lorentz, menyatakan bahwa bila sebuah konduktor membawa arus listrik dalam medan magnet, konduktor tersebut akan mengalami gaya yang sejajar dengan medan magnet dan arah arus listriknya.

Dalam konteks motor listrik, konduktor-konduktor pada rotor berada di dalam medan magnet tetap yang dihasilkan oleh stator. Oleh karena itu, gaya magnet elektromagnetik yang timbul pada stator adalah hasil dari interaksi antara medan magnet stator dan arus listrik yang mengalir melalui konduktor-konduktor rotor. Gaya ini bertindak pada konduktor-konduktor rotor, menyebabkan mereka mengalami gaya yang mendorong untuk bergerak. Inilah yang pada akhirnya menghasilkan gerakan rotasi pada rotor, yang selanjutnya digunakan untuk melakukan pekerjaan mekanis atau menggerakkan peralatan terkait.

Dengan demikian, timbulnya gaya magnet elektromagnetik pada stator merupakan dasar dari mekanisme kerja motor listrik, yang secara efisien mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis. Prinsip ini menjadi landasan untuk berbagai aplikasi motor listrik dalam berbagai sektor industri dan kehidupan sehari-hari.

5. Rotasi dan Gerakan Mekanis

Gaya elektromagnetik yang dihasilkan mendorong rotor untuk berputar dalam upaya untuk menyelaraskan medan magnet stator dan rotor. Rotasi rotor ini menghasilkan gerakan mekanis yang dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan atau menggerakkan perangkat mekanis yang terhubung dengan motor. Rotasi dan gerakan mekanis pada stator terjadi sebagai hasil dari interaksi yang kompleks antara medan magnet yang dihasilkan oleh stator dengan komponen rotor pada motor listrik. Dalam motor induksi, stator menciptakan medan magnet tetap melalui kumparan-kumparan kawat yang melilit pada inti besi stator. Proses ini menghasilkan medan magnet tetap di sekitar stator yang merambat ke ruang rotor.

Ketika arus listrik dialirkan melalui kumparan-kumparan stator, medan magnet yang tetap tersebut berinteraksi dengan konduktor-konduktor rotor. Berdasarkan Hukum Lorentz, konduktor yang membawa arus listrik dalam medan magnet akan mengalami gaya. Dalam konteks motor listrik, gaya ini mendorong konduktor-konduktor rotor untuk bergerak. Rotasi stator menciptakan gerakan mekanis karena gaya magnet elektromagnetik pada stator bertindak pada rotor, menyebabkan rotor berputar. Gerakan mekanis ini kemudian dapat dihubungkan ke peralatan atau mesin yang ditenagai oleh motor untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan.

Dalam motor sinkron, di mana stator menciptakan medan magnet putar yang selalu sinkron dengan frekuensi sumber daya AC, interaksi ini juga menghasilkan rotasi dan gerakan mekanis pada stator. Stator berusaha menyelaraskan posisi medan magnet putar dengan rotor, menyebabkan rotor untuk mengikuti gerakan putar medan tersebut.

Dengan demikian, rotasi dan gerakan mekanis pada stator terjadi sebagai konsekuensi langsung dari prinsip dasar elektromagnetisme dan interaksi dinamis antara stator dan rotor dalam motor listrik. Hal ini memungkinkan konversi efisien energi listrik menjadi gerakan mekanis yang bermanfaat dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen.

Berikut adalah beberapa poin penting tentang stator:

- **Fungsi Utama:** Stator adalah komponen motor listrik yang memiliki kumparan kawat yang diberi arus listrik. Arus listrik yang mengalir melalui kumparan stator menciptakan medan magnet yang stabil di sekitarnya.
- **Stasioner atau Tidak Bergerak:** Sebaliknya dengan rotor yang dapat berputar, stator biasanya adalah bagian motor yang stasioner atau tidak bergerak. Stator memberikan medan magnet yang tetap dan tidak berubah.
- **Medan Magnet Stator:** Medan magnet yang dihasilkan oleh stator berfungsi sebagai medan referensi yang diperlukan untuk menggerakkan rotor. Interaksi antara medan magnet stator dengan medan magnet rotor menghasilkan gaya putar yang mendorong rotor berputar.
- **Desain Stator:** Desain stator dapat bervariasi tergantung pada jenis motor. Dalam motor tiga fase, stator biasanya memiliki tiga kumparan yang ditempatkan secara simetris untuk menghasilkan medan magnet tiga fase. Pada motor DC, stator dapat memiliki komutator dan sikat yang memungkinkan arus listrik berubah arah sesuai dengan putaran rotor.
- **Arus Listrik:** Arus listrik yang mengalir melalui stator dapat berasal dari sumber listrik eksternal, seperti pasokan daya listrik atau baterai, tergantung pada jenis motor.
- **Kawat dan Lilitan:** Stator dilengkapi dengan kumparan kawat yang dirancang khusus untuk menghasilkan medan magnet yang diperlukan. Lilitan kawat ini harus dirancang dengan cermat untuk memastikan operasi motor yang efisien.
- **Pola Medan Magnet:** Pola medan magnet yang dihasilkan oleh stator sangat penting dalam operasi motor. Stator menciptakan medan magnet

yang tidak berputar, sementara rotor menciptakan medan magnet yang berputar. Kombinasi dari kedua medan ini menciptakan gerakan rotor.

Pada stator atau kumparan untuk motor 1 phase memiliki kumparan yang berbeda yaitu:

1. kumparan bantu Penjelasan dan pengertian Kumparan bantu, motor 1 phase adalah memiliki gulungan lebih banyak dan diameter kawat lebih kecil jika dibandingkan dengan kumparan utama. Pada suatu kasus kumparan bantu memiliki kumparan yang hampir sama pada setiap gulungan kawat email /enamel dengan kumparan utama yaitu pada motor listrik yang menggunakan kapasitor tipe permanen.
2. kumparan utama Kumparan utama adalah kumparan yang menghasilkan medan magnet utama untuk menggerakan rotor pada saat star running 75 % , jadi dengan kata lain rotor menginduksi medan magnet pada kumparan utama untuk menggerakan rotor tersebut, kumparan utama memiliki diameter kawat lebih besar, sehingga memiliki impedansi lebih besar dan lebih banyak begitu juga dengan diameter kawat yang lebih besar.
3. Besi berlapis laminasi baja (bagian yang diam) seperti wafer, terdapat slot alur yang nantinya akan disisipkan kumparan kawat email pada tiap-tiap alur atau slot besi, besi laminasi baja berlapis yang disusun menyerupai sangkar atau wafer pada rumah motor itu sendiri guna mengurangi arus eddy.
4. Didalam motor 1 phase terdapat alur atau slot untuk mengisi kumparan, stator biasanya terdapat jumlah alur atau slot yang berbeda pada motor listrik 1 phasa 36 dan 24 slot. (celah untuk mengisi kumparan yang mengelilingi rotor).

Stator dan rotor adalah dua komponen utama dalam motor listrik yang bekerja sama untuk mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanik. Stator menyediakan medan magnet yang tetap, sedangkan rotor berinteraksi dengan medan tersebut untuk menghasilkan gerakan berputar pada motor. Keduanya adalah bagian integral dari prinsip kerja motor listrik.

Stator dalam motor listrik merupakan komponen kunci yang berperan dalam mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis yang bermanfaat. Stator umumnya terdiri dari kumparan-kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi, membentuk struktur yang mendukung pembentukan medan magnet tetap. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan-kumparan ini, medan magnet yang dihasilkan menciptakan interaksi dengan rotor yang berputar di dalamnya. Berdasarkan prinsip-prinsip elektromagnetisme, seperti hukum Lorentz dan hukum Faraday, interaksi ini menghasilkan gaya elektromotif di rotor, menciptakan arus listrik dalam gulungan rotor dan, pada gilirannya, menghasilkan medan magnet di rotor. Gaya elektromagnetik yang timbul dari interaksi ini mendorong rotor untuk berputar, menghasilkan gerakan mekanis yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan pekerjaan atau menggerakkan perangkat mekanis lainnya. Dengan demikian, stator memainkan peran penting dalam mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis dalam motor listrik, yang merupakan teknologi kunci dalam berbagai aplikasi industri dan konsumen.

2.3.4 Jenis Motor Listrik

Ada beberapa jenis motor listrik yang berbeda, dan setiap jenis memiliki karakteristik dan aplikasi yang khas. Berikut adalah beberapa jenis motor listrik yang umum:

1. Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang menggunakan arus searah (DC) untuk menghasilkan gaya mekanik. Jenis yang paling umum bergantung pada gaya magnet yang dihasilkan oleh arus dalam kumparan. Hampir semua jenis motor DC mempunyai mekanisme internal, baik elektromekanis maupun elektronik, untuk mengubah arah arus pada bagian motor secara berkala.



Gambar 2. 4 Motor DC

Motor DC adalah bentuk motor pertama yang banyak digunakan, karena dapat ditenagai oleh sistem distribusi daya penerangan arus searah yang ada. Kecepatan motor DC dapat dikontrol dalam rentang yang luas, baik menggunakan tegangan suplai variabel atau dengan mengubah kekuatan arus pada belitan medannya. Motor DC kecil digunakan pada perkakas, mainan, dan peralatan. Motor universal, motor sikat ringan yang digunakan untuk perkakas dan peralatan listrik portabel, dapat beroperasi dengan arus searah dan arus bolak-balik. Motor DC yang lebih besar saat ini digunakan sebagai penggerak kendaraan listrik, elevator dan hoist, serta sebagai penggerak pabrik penggilingan baja. Munculnya elektronika daya telah memungkinkan penggantian motor DC dengan motor AC dalam banyak aplikasi.

Motor DC sederhana memiliki seperangkat magnet stasioner di stator dan jangkar dengan satu atau lebih gulungan kawat berinsulasi yang melilit inti besi lunak yang memusatkan medan magnet. Gulungan biasanya memiliki banyak lilitan di sekitar inti, dan pada motor besar terdapat beberapa jalur arus paralel. Ujung-ujung belitan kawat dihubungkan ke komutator. Komutator memungkinkan setiap kumparan jangkar diberi energi secara bergantian dan menghubungkan kumparan yang berputar dengan catu daya eksternal melalui sikat. (Motor DC tanpa sikat memiliki perangkat elektronik yang menghidupkan dan mematikan arus DC ke setiap kumparan dan tidak memiliki sikat.)

Jumlah medan stator dan jangkar yang berbeda serta cara penyambungannya memberikan karakteristik pengaturan kecepatan dan torsi yang berbeda. Kecepatan

motor DC dapat dikontrol dengan mengubah tegangan yang diberikan pada jangkar. Resistansi variabel di sirkuit jangkar atau sirkuit medan memungkinkan kontrol kecepatan. Motor DC modern sering kali dikendalikan oleh sistem elektronika daya yang mengatur tegangan dengan "memotong" arus DC menjadi siklus hidup dan mati yang memiliki tegangan efektif lebih rendah karena motor DC seri-lilit mengembangkan torsi tertingginya pada kecepatan rendah, motor ini sering digunakan dalam aplikasi traksi seperti lokomotif listrik, dan trem .

Motor DC adalah penggerak traksi listrik andalan pada lokomotif listrik dan diesel-listrik , trem/trem, dan rig pengeboran diesel-listrik selama bertahun-tahun. Pengenalan motor DC dan sistem jaringan listrik untuk menjalankan mesin yang dimulai pada tahun 1870an memulai Revolusi Industri kedua yang baru . Motor DC dapat beroperasi langsung dari baterai yang dapat diisi ulang, memberikan tenaga penggerak untuk kendaraan listrik pertama dan mobil hibrida dan mobil listrik saat ini serta menggerakkan sejumlah peralatan tanpa kabel .

Saat ini motor DC masih ditemukan dalam aplikasi kecil seperti mainan dan disk drive, atau dalam ukuran besar untuk mengoperasikan pabrik penggilingan baja dan mesin kertas. Motor DC besar dengan medan tereksitasi terpisah umumnya digunakan dengan penggerak penggulung untuk kerekan tambang , untuk torsi tinggi serta kontrol kecepatan yang mulus menggunakan penggerak thyristor. Sekarang digantikan dengan motor AC besar dengan penggerak frekuensi variabel.

Jika tenaga mekanik eksternal diterapkan pada motor DC, ia bertindak sebagai generator DC, dinamo . Fitur ini digunakan untuk memperlambat dan mengisi ulang baterai pada mobil hibrida dan listrik atau untuk mengembalikan listrik ke jaringan listrik yang digunakan pada gerbong jalan raya atau jalur kereta bertenaga listrik ketika melambat. Proses ini disebut pengereman regeneratif pada mobil hybrid dan listrik. Pada lokomotif diesel listrik mereka juga menggunakan motor DC sebagai generator untuk memperlambat tetapi menghilangkan energi dalam tumpukan resistor. Desain yang lebih baru menambahkan paket baterai besar untuk mendapatkan kembali sebagian energi ini.

2. Motor AC

Motor AC adalah motor listrik yang digerakkan oleh arus bolak-balik (AC). Motor AC umumnya terdiri dari dua bagian dasar, stator luar yang mempunyai kumparan yang disuplai dengan arus bolak-balik untuk menghasilkan medan magnet berputar, dan rotor dalam yang dipasang pada poros keluaran yang menghasilkan medan magnet berputar kedua. Medan magnet rotor dapat dihasilkan oleh magnet permanen, arti-penting keengganan, atau belitan listrik DC atau AC.



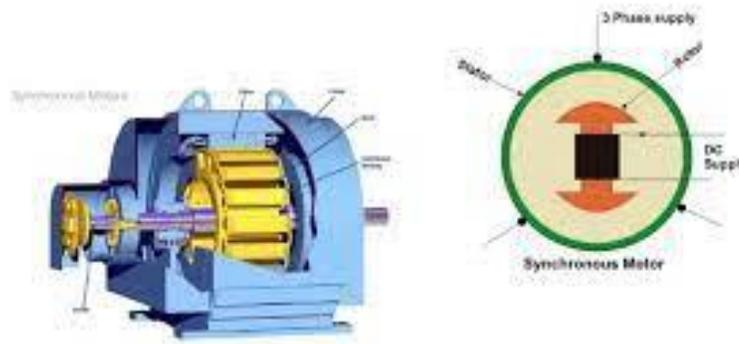
Gambar 2. 5 Motor AC

Dua jenis utama motor AC adalah motor induksi dan motor sinkron. Motor induksi (atau motor asinkron) selalu mengandalkan perbedaan kecil kecepatan antara medan magnet putar stator dan kecepatan poros rotor yang disebut slip untuk menginduksi arus rotor pada belitan AC rotor. Akibatnya, motor induksi tidak dapat menghasilkan torsi mendekati kecepatan sinkron dimana induksi (atau slip) tidak relevan atau tidak ada lagi. Sebaliknya, motor sinkron tidak bergantung pada induksi slip untuk pengoperasiannya dan menggunakan magnet permanen, kutub menonjol (memiliki kutub magnet yang menonjol), atau belitan rotor yang tereksitasi secara independen. Motor sinkron menghasilkan torsi pengenalnya pada kecepatan sinkron yang tepat. Sistem motor sinkron pengumpan ganda rotor luka tanpa sikat memiliki belitan rotor tereksitasi secara independen yang tidak bergantung pada prinsip induksi slip arus. Motor pengumpan ganda rotor luka tanpa sikat adalah motor sinkron yang

dapat berfungsi tepat pada frekuensi suplai atau di bawah kelipatan super dari frekuensi suplai.

3. Motor Sinkron

Motor sinkron adalah motor yang rotornya biasanya berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan putar pada mesin. Stator mirip dengan mesin induksi yang terdiri dari rangka besi silinder dengan belitan, biasanya tiga fasa, terletak di celah di sekeliling pinggiran bagian dalam. Perbedaannya terletak pada rotor, yang biasanya berisi belitan berinsulasi yang dihubungkan melalui slip ring atau cara lain ke sumber arus searah (*lihat gambar*).



Gambar 2. 6 Motor Sinkron

Prinsip pengoperasian motor sinkron dapat dipahami dengan menganggap belitan stator dihubungkan dengan suplai arus bolak-balik tiga fasa. Pengaruh arus stator adalah membentuk medan magnet yang berputar dengan kecepatan putaran $120f/p$ per menit untuk frekuensi f hertz dan untuk kutub p . Arus searah pada belitan medan kutub- p pada rotor juga akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan rotor. Jika kecepatan rotor dibuat sama dengan kecepatan medan stator dan tidak ada torsi beban, maka kedua medan magnet ini akan cenderung sejajar satu sama lain. Ketika beban mekanis diterapkan, rotor tergelincir ke belakang beberapa derajat terhadap medan putar stator, mengembangkan torsi dan terus ditarik oleh medan putar ini. Sudut antar bidang meningkat seiring dengan meningkatnya torsi beban. Torsi maksimum yang tersedia dicapai ketika sudut dimana

medan rotor tertinggal dari medan stator adalah 90° . Penerapan torsi beban yang lebih besar akan menghentikan motor.

Salah satu keuntungan motor sinkron adalah medan magnet mesin dapat dihasilkan oleh arus searah pada belitan medan, sehingga belitan stator hanya perlu menyediakan komponen daya arus sefasa dengan tegangan stator yang diterapkan—yaitu, motor dapat beroperasi pada faktor daya kesatuan. Kondisi ini meminimalkan rugi-rugi dan pemanasan pada belitan stator.

Faktor daya input listrik stator dapat dikontrol langsung dengan penyesuaian arus medan. Jika arus medan ditingkatkan melebihi nilai yang diperlukan untuk menyediakan medan magnet, arus stator berubah untuk menyertakan komponen untuk mengkompensasi overmagnetisasi ini. Hasilnya adalah arus stator total yang mendahului tegangan stator dalam satu fasa, sehingga menyediakan volt-ampere reaktif pada sistem tenaga yang diperlukan untuk memagnetisasi peralatan lain yang terhubung ke sistem seperti transformator dan motor induksi. Pengoperasian motor sinkron yang besar pada faktor daya terdepan mungkin merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan faktor daya keseluruhan beban listrik di pabrik untuk menghindari tarif pasokan listrik tambahan yang mungkin dikenakan untuk beban faktor daya rendah.

Motor sinkron tiga fasa banyak digunakan dalam situasi industri dimana terdapat beban mekanis yang besar dan cukup stabil, biasanya melebihi 300 kilowatt, dan dimana kemampuan untuk beroperasi pada faktor daya terdepan sangat berharga. Di bawah tingkat daya ini, mesin sinkron umumnya lebih mahal dibandingkan mesin induksi. Arus medan dapat disuplai dari penyearah yang dikontrol secara eksternal melalui slip ring, atau, pada motor yang lebih besar, dapat disediakan oleh penyearah yang dipasang pada poros dengan trafo atau generator yang berputar.

Motor sinkron yang hanya mempunyai belitan medan yang mengalirkan arus searah tidak akan dapat mengasut sendiri. Pada kecepatan apa pun selain kecepatan sinkron, rotornya akan mengalami torsi osilasi dengan nilai rata-rata nol karena medan magnet yang berputar berulang kali melewati rotor yang bergerak lebih lambat. Biasanya, belitan hubung pendek yang mirip dengan mesin induksi ditambahkan ke

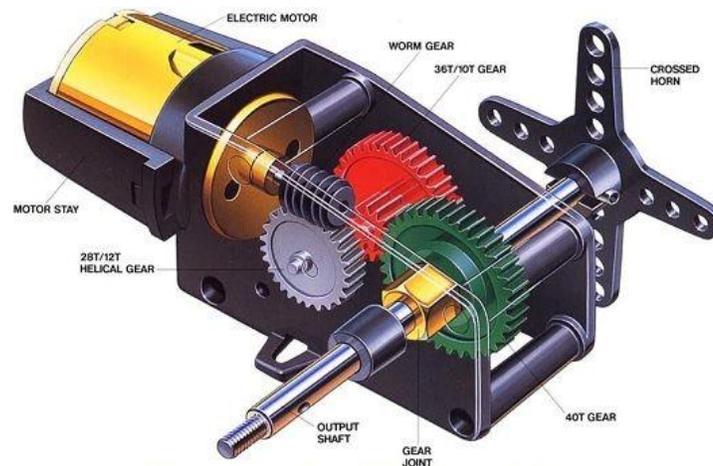
rotor untuk menghasilkan torsi awal. Motor dihidupkan, baik dengan tegangan stator penuh atau dikurangi, dan dinaikkan hingga sekitar 95 persen kecepatan sinkron, biasanya dengan belitan medan dihubung pendek untuk melindunginya dari tegangan induksi berlebihan. Arus medan kemudian diterapkan dan rotor menjadi sinkron dengan medan putar.

Belitan rotor tambahan ini biasa disebut dengan belitan peredam karena sifat tambahannya yaitu meredam osilasi apa pun yang mungkin disebabkan oleh perubahan beban pada rotor secara tiba-tiba ketika sinkron. Penyesuaian terhadap perubahan beban melibatkan perubahan sudut dimana medan rotor tertinggal dari medan stator dan dengan demikian melibatkan perubahan jangka pendek dalam kecepatan sesaat. Hal ini menyebabkan arus terinduksi pada belitan peredam, menghasilkan torsi yang bertindak melawan perubahan kecepatan.

Perlindungan untuk motor sinkron serupa dengan yang digunakan pada motor induksi besar. Suhu dapat dirasakan pada belitan stator dan medan dan digunakan untuk mematikan pasokan listrik. Pemanasan yang cukup besar terjadi pada belitan rotor-damper selama pengasutan, dan pengatur waktu sering dipasang untuk mencegah pengasutan berulang dalam interval waktu terbatas.

4. Motor Servo

Motor servo merupakan perangkat elektromekanis yang dibuat memakai sistem kontrol jenis lup tertutup (servo) untuk menjadi penggerak dalam sebuah rangkaian. Nantinya, akan menciptakan torsi serta kecepatan berdasarkan arus listrik beserta tegangan yang diberikan kepadanya. Motor servo ini ada dalam berbagai bentuk, jenis serta ukuran. Istilah cerefox tersebut pertama kali dipakai tahun 1859 oleh Joseph Facort. Dia menerapkan mekanisme umpan balik dalam membantu mengemudikan kapal dengan uap untuk pengendali kemudi. Motor tersebut diterapkan untuk banyak peralatan. Penerapan paling sederhana adalah mainan elektronik sampai yang paling rumit yaitu mesin pada industri.



Gambar 2. 7 Motor Servo

Motor servo masuk ke dalam jenis motor yang menggunakan jenis sistem closed loop. Sistem tersebut dimanfaatkan dalam mengendalikan eksplorasi dan kecepatan di motor listrik, memakai tingkat keakuratan tinggi. Selain itu, motor juga biasa digunakan dalam melakukan perubahan energi listrik menjadi mekanik. Caranya, dengan dua interaksi dengan medan magnet permanen.

2.3.5 Motor Listrik 1 Phase

Ada beberapa jenis motor listrik antara lain yaitu:

1. Motor Split Phase

Motor Split Phase adalah jenis motor listrik satu fasa yang menggunakan dua gulungan utama yang disusun secara fungsional. Motor ini dirancang untuk memberikan torsi awal yang tinggi dan sering digunakan dalam aplikasi rumah tangga dan komersial. Motor ini mempunyai kumparan utama dan bantu dengan rotor lilit atau rotor sinkron yang mempunyai sumbu diisi dengan kawat tembaga pada umumnya, untuk kumparan utama dan bantu masing masing dihubungkan secara paralel, dimana pada stator ini bekerja secara bersamaan pada saat diberikan 12 sumber arus listrik, ketika kumparan utama dan bantu bekerja pada putaran nominal 75 % maka saklar sentrifugal akan terlepas dan menyebabkan kumparan bantu berhenti bekerja sehingga stator akan bergerak hanya mendapatkan medan magnet dari kumparan utama.

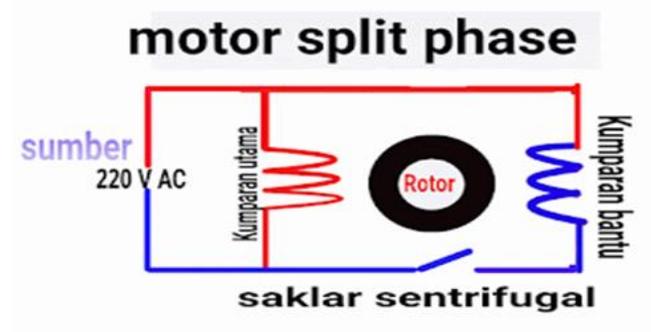
Bila dibandingkan nilai *resistansi* dan *reaktansi* kumparan utama dengan kumparan bantu pada motor split phase sebagai berikut:

- Maka pada kumparan utamanya mempunyai suatu nilai *resistansi* yang kecil dan *reaktansi* yang besar.
- Begitu pula pada kumparan bantu mempunyai nilai *resistansi* yang besar dan *reaktansi* yang kecil.

Biasanya untuk mendapatkan suatu nilai resistansi yang besar pada kumparan bantu dapat dilakukan dengan memasang tahanan seri atau dengan menggunakan kumparan yang mempunyai tahanan tinggi. Bila diambil suatu penggambaran tentang motor jenis ini jika arus I_s yang mengalir di kumparan bantu tertinggal dari tegangan V dengan sudut yang sangat kecil, sedangkan arus I_m yang mengalir di kumparan utama tertinggal dari tegangan V dengan sudut yang besar. Sudut fase antara I_m dan I_s dibuat sebesar mungkin karena torsi yang dihasilkan sebanding dengan $\sin \alpha$.

Sakelar sentrifugal diletakkan secara seri dengan kumparan bantu dan terletak di bagian dalam motor. Fungsi sakelar sentrifugal adalah sebagai alat pemutus otomatis suplai tegangan dari sumber ke kumparan bantu, apabila putaran motor telah mencapai 75 % dari kecepatan nominal motor.

Saat star, torsi yang dihasilkan motor split phase berkisar antara 150%-200% dari torsi beban penuh. Sedangkan arus startnya bisa mencapai 6 sampai dengan 8 kali arus nominal motor. Diketahui dari beberapa sumber bahwa pada umumnya motor ini digunakan untuk daya yang kecil yaitu antara 1/20 hp sampai dengan 1 hp dengan putaran dari 865 Rpm sampai 3.450 Rpm. Ternyata di dalam motor, ada cara untuk mengubah kecepatan motor split phase menjadi dua kecepatan yang dengan cara yang umum dilakukan pada putaran yang searah, yaitu dengan cara menambah jumlah kumparan utama dengan kumparan bantu tetap, menggunakan dua kumparan utama dan dua kumparan bantu, dan yang terakhir dengan menggunakan hubungan khusus, yaitu hubungan consequent-pole tanpa menambah kumparan utama atau kumparan bantu.



Gambar 2. 8 Skema Diagram Motor Split Phase

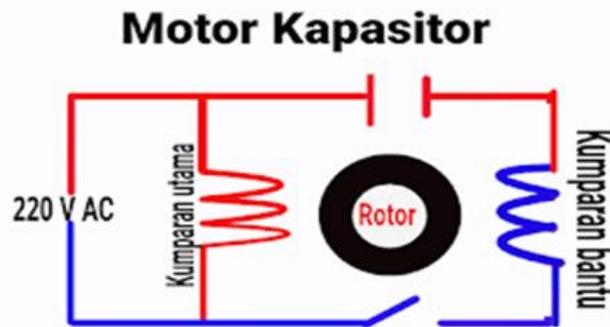
2. Motor Kapasitor

Motor kapasitor merupakan motor induksi dua fasa yang mana pada belitan awal motor ini terdapat kapasitor yang dihubungkan secara seri dengannya. Ini adalah bentuk perbaikan dari motor fase terpisah. Keuntungan utama motor kapasitor dibandingkan dengan motor tipe split-phase adalah bahwa mereka memiliki torsi berjalan serta start yang lebih tinggi. Pengertian prinsip kerja motor 1 phase kapasitor hampir sama dengan motor split phasa yang penggunaannya hanya menambahkan komponen berupa kapasitor, yang berfungsi untuk star awal atau torsi putaran awal, pergeseran phase dan arus start motor kapasitor, sampai batas nominalnya 75 % maka saklar akan memutuskan kumparan bantu, dan rotor hanya akan berputar pada medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan utama. Intinya motor kapasitor torsinya lebih kuat. Dibandingkan tanpa kapasitor. motor kapasitor adalah; sejenis kapasitor yang terutama dirancang untuk mengoperasikan motor ac atau kompresor. Kapasitor ini mengubah aliran arus menjadi belitan tunggal atau ganda motor induksi AC satu fasa sehingga membentuk medan magnet berputar.



Gambar 2. 9 Motor Kapasitor

Motor induksi ac satu fasa mencakup dua belitan seperti belitan utama dan belitan bantu. Belitan utama langsung mendapat energi dari saluran listrik sedangkan belitan bantu mendapat energi melalui kapasitor, sehingga energi dalam kedua belitan motor berbeda dalam fasa & menghasilkan torsi. Ini paling sering digunakan pada pompa air, kipas angin, konsentrator oksigen, pembekuan, dll. Cara kerja motor kapasitor adalah kapasitor digunakan untuk menyimpan energi listrik untuk pengoperasian motor. Jika kapasitansi kapasitor tinggi maka ia menyimpan lebih banyak energi. Kapasitor yang terbakar atau rusak mungkin hanya menampung sebagian energi yang diperlukan untuk motor listrik jika kapasitansinya kecil.



Gambar 2. 10 Skema Diagram Motor Kapasitor

Diagram rangkaian motor start kapasitor satu fasa ditunjukkan di bawah ini. Konstruksi fisik motor kapasitor dapat dilakukan dengan menghubungkan unit kapasitor di dekat motor. Bentuk motor kapasitor adalah punuk silinder. Setelah motor mendapatkan kecepatan putar yang cukup, maka kapasitor start & koil start akan dimatikan dengan membuka kontak saklar sentrifugal yang diaktifkan secara mekanis oleh gaya sentrifugal yang terbentuk dari kecepatan putar poros putar motor, sehingga menempatkan motor pada kondisi berjalan hanya melalui kumparan berjalan yang bekerja pada putaran rotor.

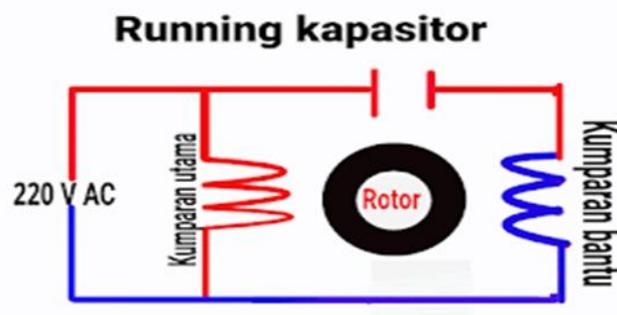
3. Motor Running Kapasitor

Motor Running Capacitor Start adalah jenis motor listrik satu fasa yang menggunakan kapasitor untuk memberikan torsi awal yang tinggi dan menjaga putaran rotor. Dalam prinsip kerjanya, motor ini dilengkapi dengan gulungan kapasitor yang

terhubung ke gulungan utama, di mana kapasitor menciptakan pergeseran fase untuk mendukung putaran rotor.

Seiring dengan pemberian daya awal, gulungan kapasitor bekerja untuk menjaga medan magnet dalam fase yang stabil setelah motor mencapai kecepatan operasional. Motor Running Capacitor beroperasi pada kecepatan tetap dan umumnya ditemui dalam aplikasi seperti kipas angin, kompresor refrigerator, dan pompa air rumah tangga. Keuntungan utamanya terletak pada kemampuannya memberikan torsi awal yang tinggi menjadikannya cocok untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan tetap.

Meski demikian, motor ini memiliki kelemahan, termasuk efisiensi yang mungkin lebih rendah dibandingkan dengan motor lain yang lebih canggih. Penjelasan Motor running kapasitor adalah motor yang terdapat komponen kapasitor permanen, yang dimana pada tiap kumparan bantu dan utama dihubungkan secara paralel, dan kapasitor dihubungkan secara seri ke kumparan bantu. Pada motor kapasitor permanen mempunyai kabel gulungan yang sama banyak, tetapi memiliki diameter kawat yang kecil (kumparan bantu) kumparan utama adalah diameter kawat lebih besar, motor jenis kapasitor permanen pada peralatan rumah tangga contohnya adalah motor 1 phase mesin cuci.



Gambar 2. 11 Skema Diagram Motor Running Kapasitor

4. Star Running Kapasitor

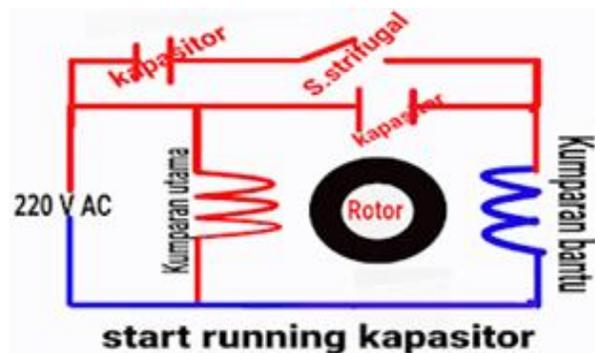
Star Running Capacitor adalah komponen elektronik yang sering digunakan dalam sistem motor listrik, terutama pada motor induksi tiga fase. Kapasitor ini dirancang untuk meningkatkan faktor daya dan efisiensi operasional motor. Dalam

sistem motor induksi tiga fase, terdapat dua jenis kapasitor yang umumnya digunakan: starting capacitor (kapasitor start) dan running capacitor (kapasitor run). Kapasitor start digunakan selama fase awal start-up motor untuk memberikan torsi tambahan, sementara kapasitor run, atau kadang disebut juga star running capacitor, terus bekerja selama motor beroperasi untuk meningkatkan faktor daya.

Pada penjelasan dan pengertian motor star running kapasitor ini dimana terdapat 2 kapasitor, dimana 2 kapasitor ini digunakan untuk penggunaan yang mempunyai torsi star awal yang kuat dan lebih merata. Motor ini adalah perpaduan antara motor running kapasitor dan motor start kapasitor.

Star running capacitor terhubung secara permanen ke salah satu dari tiga kumparan stator motor tiga fase dan dihubungkan secara bintang (star) dengan titik netral sistem daya tiga fasa. Pilihan konfigurasi bintang ini memberikan keuntungan dalam meningkatkan faktor daya motor dan efisiensi energi operasionalnya. Penggunaan star running capacitor membantu mengkompensasi daya reaktif yang dihasilkan oleh motor induksi, sehingga meningkatkan faktor daya keseluruhan sistem. Faktor daya yang baik penting untuk efisiensi sistem daya dan dapat mengurangi beban pada jaringan listrik.

Penting untuk dicatat bahwa penggunaan kapasitor pada motor harus sesuai dengan spesifikasi yang direkomendasikan oleh produsen motor untuk mencegah kerusakan atau masalah operasional. Dengan penerapan yang tepat, star running capacitor dapat menjadi komponen yang berguna dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja motor induksi tiga fase.



Gambar 2. 12 Skema Diagram Start Running Kapasitor

Adapun bentuk motor listrik dapat kita lihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 13 Motor Induksi 1 Fasa

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \quad \text{rumus kecepatan sinkron motor} \quad (2.4)$$

$$P = \frac{(T \times ns)}{5252} \quad \text{(Hourse Power)} \quad (2.5)$$

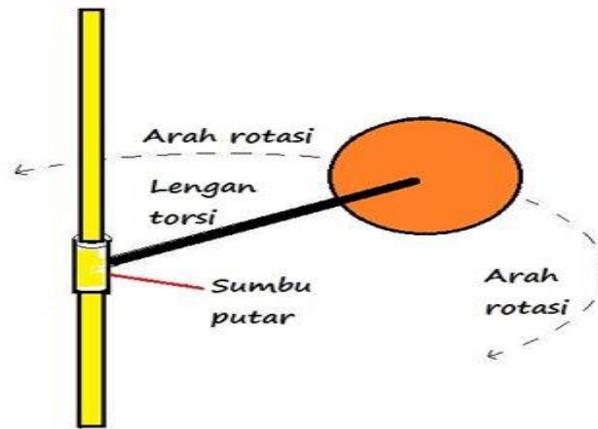
$$P = \frac{V \times I \times \text{Cos}\varphi}{5252} \quad \text{(Watt)} \quad (2.6)$$

2.4 Torsi

Sejarah pemahaman tentang torsi dalam konteks motor listrik dimulai seiring perkembangan teknologi mesin dan elektrifikasi. Pada abad ke-19, penemuan motor listrik oleh ilmuwan dan insinyur seperti Michael Faraday dan Nikola Tesla memberikan landasan untuk pemahaman konsep torsi. Pada awal penggunaan motor listrik, fokus utama adalah menghasilkan gerakan rotasi yang efisien. Konsep torsi menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya kompleksitas dan keberagaman aplikasi motor listrik, termasuk penggunaan dalam industri, transportasi, dan peralatan rumah tangga.

Torsi merupakan konsep fisika yang mengacu pada gaya yang menyebabkan suatu benda untuk berputar sekitar sumbu tertentu. Istilah "torsi" sering digunakan secara bergantian dengan istilah "momentum sudut" atau "gaya". Ini adalah konsep yang penting dalam mekanika dan fisika, terutama dalam konteks sistem yang melibatkan rotasi. Torsi adalah gaya yang memutar atau gaya tumpu yang berusaha memutar suatu benda sekitar porosnya. Ini adalah konsep dalam fisika yang berkaitan

dengan rotasi benda. Torsi diukur dalam satuan Newton meter (Nm) dalam sistem metrik atau foot-pound (lb-ft) dalam sistem Imperial. Torsi seringkali digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu gaya bisa memutar benda tertentu [17].



Gambar 2. 14 Ilustrasi Torsi

Torsi dapat dihasilkan oleh gaya yang bekerja sejajar dengan jarak dari poros rotasi atau bisa juga dihasilkan oleh gaya yang bekerja tegak lurus terhadap jarak dari poros rotasi yang ditunjukkan pada gambar 2.14. Besarnya torsi tergantung pada kekuatan gaya yang diterapkan dan jaraknya dari poros rotasi. Berikut adalah beberapa elemen kunci yang terkait dengan torsi.

Torsi (τ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar dari fisika yang mengaitkan gaya dengan jari-jari atau lengan dari suatu objek yang mengalami putaran. Rumus umum untuk menghitung torsi adalah:

$$\tau = r \cdot F \cdot \sin (\theta) \quad (2.7)$$

Dimana:

- τ = Torsi,
- r = Jari-jari atau lengan dari titik aplikasi gaya,
- F = Gaya yang diterapkan, dan
- θ = Sudut antara vektor gaya dan vektor lengan(dinyatakan dalam radian).

Rumus ini menggambarkan bahwa torsi adalah hasil perkalian antara gaya yang diterapkan dan lengan atau jari-jari dari titik di mana gaya diterapkan. Komponen

$\sin(\theta)$ menyertakan efek sudut antara gaya dan lengan, yang mengindikasikan bahwa hanya komponen gaya yang sejajar dengan lengan yang berkontribusi terhadap torsi.

Dalam beberapa kasus, misalnya pada motor listrik, torsi dapat dihitung sebagai produk dari gaya dan jarak atau lengan dari pusat rotasi motor. Misalnya, jika Anda memiliki motor listrik dengan gaya yang diterapkan di ujung poros, torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\tau = r \cdot F \quad (2.8)$$

Dimana:

- r = Jarak dari pusat rotasi (poros) hingga titik di mana gaya diterapkan
- F = Gaya yang diterapkan pada titik tersebut.

Penting untuk memperhatikan bahwa unit torsi yang dihasilkan dari rumus ini akan tergantung pada unit yang digunakan untuk gaya (F) dan jarak (r), seperti Newton meter (Nm) jika gaya diukur dalam Newton dan jarak diukur dalam meter. Ada rumus lain dalam menghitung torsi motor Listrik, yaitu:

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (2.9)$$

Dimana:

- τ = Torsi dalam Newton meter (Nm).
- P = Daya aktif dalam watt (W).
- ω = Kecepatan sudut dalam radian per detik (rad/s).

$$HP = \frac{T \times n}{5250} \quad (2.10)$$

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n} \quad (2.11)$$

$$n = \frac{5250 \cdot HP}{T} \quad (2.12)$$

Dimana:

T = Torsi motor (dalam lb-ft)
 n = Kecepatan putar motor (rpm)
 HP = Daya kuda motor (HP = 746 watt)
 5250 = konstan

Atau

$$T = F \cdot D \quad (2.13)$$

Dimana:

T = torsi motor (Nm)
 F = Gaya (Newton)
 D = Jarak (meter)

Ada beberapa jenis torsi yang berbeda yang dapat ditemui dalam berbagai aplikasi teknik. Berikut adalah beberapa jenis torsi yang umum:

1. Torsi Statis (Static Torque)

Torsi statis merujuk pada torsi yang diperlukan untuk mengatasi torsi awal atau torsi tetap yang tidak berubah seiring waktu. Ini berlaku ketika benda yang diputar memiliki percepatan sudut nol, atau tidak bergerak. Contohnya adalah torsi yang diperlukan untuk mengencangkan baut dengan torsi awal tertentu. Ini mengacu pada torsi yang dihasilkan oleh motor listrik ketika dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan. Ini adalah torsi yang berlaku ketika motor tidak mengalami perubahan kecepatan atau percepatan. Torsi statis memiliki peran penting dalam banyak aplikasi, terutama pada saat motor memulai untuk mengatasi torsi inersial dan torsi gesekan.

Penting untuk memahami bahwa torsi statis tidak hanya muncul pada saat motor diam, tetapi juga saat motor beroperasi pada kecepatan konstan. Meskipun ada beberapa variasi dalam torsi yang mungkin terjadi selama perubahan kecepatan atau percepatan, torsi statis memberikan gambaran tentang torsi minimum yang diperlukan untuk menjaga peralatan tetap bergerak atau saat motor berhenti.

Torsi statis merupakan faktor kunci dalam mendesain dan menentukan keandalan operasi motor, terutama ketika berurusan dengan beban awal atau beban resistif yang tinggi. Pada motor induksi, torsi statis mencerminkan kemampuan motor untuk mengatasi hambatan awal dan memulai gerakan. Sebaliknya, pada motor sinkron atau motor DC, torsi statis dapat berperan penting dalam menentukan kestabilan dan kinerja operasional pada kecepatan konstan.

2. Torsi Dinamis (Dynamic Torque)

Torsi dinamis adalah torsi yang diperlukan untuk mengatasi perubahan dalam gerakan rotasi. Ini terkait dengan percepatan sudut benda yang diputar. Ketika benda bergerak dan mengalami percepatan sudut, torsi dinamis diperlukan untuk mempertahankan atau mengubah kecepatan rotasinya. Torsi dinamis merujuk pada torsi yang dihasilkan oleh motor listrik saat mengalami perubahan kecepatan atau percepatan. Ini terjadi selama fase percepatan atau perlambatan motor, dan torsi dinamis menjadi penting dalam memahami bagaimana motor menanggapi perubahan kondisi operasionalnya.

Perubahan kecepatan dapat terjadi karena berbagai alasan, seperti mulai dari keadaan diam, mengubah kecepatan rotasi, atau menanggapi beban yang bervariasi. Torsi dinamis memiliki dampak besar terutama pada motor yang digunakan dalam aplikasi di mana perubahan kecepatan atau beban yang cepat sering terjadi, seperti pada kendaraan listrik atau mesin produksi yang membutuhkan pengaturan kecepatan yang presisi.

Dalam motor induksi, torsi dinamis muncul karena adanya torsi inersial, torsi gesekan, dan gaya elektromagnetik yang berubah saat kecepatan berubah. Pada motor DC, selain torsi inersial dan gesekan, torsi dinamis dapat dikontrol melalui arus medan dan arus armature. Pada motor sinkron, torsi dinamis muncul ketika ada perubahan sudut antara medan magnet stator dan rotor.

Pemahaman dan pengukuran torsi dinamis penting dalam mengoptimalkan performa motor untuk situasi perubahan kecepatan atau

beban. Ini membantu dalam merancang sistem pengendalian yang efisien dan mengantisipasi respon motor terhadap perubahan kondisi operasionalnya. Insinyur dan desainer menggunakan data torsi dinamis untuk memilih motor yang sesuai dengan kebutuhan spesifik aplikasi, memastikan bahwa motor dapat merespons perubahan kondisi operasional dengan akurat dan efisien.

3. Torsi Pemerasan (Torque for Crushing)

Torsi pemerasan adalah torsi yang diperlukan untuk memeras atau menghancurkan suatu bahan, seperti dalam mesin peras tebu atau penghancur. Torsi pemerasan, atau stiction torque, merujuk pada torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan statis atau kerekatan antara dua permukaan yang bersentuhan dalam suatu sistem mekanis. Pada dasarnya, ini adalah torsi yang harus diatasi agar pergerakan atau rotasi dapat dimulai setelah suatu objek diam atau terhenti.

Pemerasan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor gesekan, termasuk gesekan kering, gesekan pelumas, dan kerekatan permukaan. Fenomena ini dapat terjadi dalam berbagai sistem mekanis, seperti pada poros yang terhenti, gigi yang terkunci, atau bagian-bagian mesin yang berada dalam keadaan diam.

Torsi pemerasan menjadi faktor penting terutama ketika merancang atau mengoperasikan peralatan yang membutuhkan presisi tinggi, seperti dalam industri manufaktur, robotika, atau peralatan pengukuran. Pada aplikasi ini, torsi pemerasan dapat mempengaruhi respons sistem terhadap perintah kontrol dan kemampuan untuk mencapai posisi yang diinginkan tanpa gangguan dari hambatan gerakan awal.

Untuk mengatasi torsi pemerasan, beberapa pendekatan dapat diambil, termasuk penggunaan pelumas yang tepat untuk mengurangi gesekan, perancangan sistem yang meminimalkan titik-titik kontak yang dapat menyebabkan pemerasan, atau penggunaan sistem penggerak yang memiliki torsi awal yang cukup untuk mengatasi gesekan tersebut. Pemahaman dan mitigasi torsi pemerasan menjadi penting dalam memastikan operasi yang

akurat dan responsif dari sistem mekanis, terutama di lingkungan yang membutuhkan tingkat presisi tinggi.

4. Torsi Putar (Twisting Torque)

Torsi putar adalah torsi yang dihasilkan oleh efek torsi yang diterapkan pada batang atau elemen silindris. Ini sering terjadi dalam aplikasi seperti pengencangan baut atau sekrup. Torsi ini terjadi ketika suatu gaya torsi diterapkan pada ujung batang, yang kemudian merespon dengan menahan atau memutar benda tersebut.

Dalam pengencangan baut atau sekrup, torsi putar sangat penting. Pemberian torsi yang tepat pada baut memastikan pengencangan yang sesuai dan keamanan struktural. Terlalu sedikit torsi dapat menyebabkan kelonggaran, sementara terlalu banyak torsi dapat merusak baut atau elemen yang terlibat.

Torsi putar ini diukur dalam satuan gaya torsi, seperti Newton-meter (Nm) atau pound-foot (lb-ft), dan seringkali nilai yang dianjurkan sudah ditentukan oleh spesifikasi teknis atau panduan pengencangan baut tertentu. Dengan memahami dan mengukur torsi putar yang tepat, dapat dijamin keamanan dan keandalan struktur atau peralatan yang terlibat.

5. Torsi Reaksi (Reaction Torque)

Torsi reaksi adalah torsi yang dihasilkan sebagai reaksi terhadap torsi yang diterapkan pada elemen atau komponen mekanis lain. Ini sering terjadi dalam sistem yang melibatkan berbagai elemen yang berputar. Torsi reaksi merujuk pada gaya putar yang dihasilkan sebagai respons terhadap torsi yang diterapkan pada suatu sistem. Ini adalah torsi yang muncul sebagai akibat hukum aksi dan reaksi dari mekanisme tertentu. Penerapan umum dari konsep torsi reaksi adalah dalam konteks roda gaya atau rotor yang berputar.

Ketika suatu benda berputar atau bergerak secara rotasional, torsi yang dihasilkan oleh benda tersebut akan menghasilkan torsi reaksi pada elemen yang mendukungnya. Contohnya dapat dilihat pada roda gaya. Jika Anda memutar roda gaya searah jarum jam, roda tersebut akan memberikan torsi

reaksi ke tangan atau perangkat yang Anda gunakan untuk memutarinya. Sebaliknya, jika Anda memutar roda gaya dengan perangkat yang tetap, Anda akan merasakan torsi reaksi ke arah sebaliknya.

Dalam konteks mesin atau motor, torsi reaksi juga terjadi sebagai respons terhadap torsi yang dihasilkan oleh rotor atau elemen putar lainnya. Misalnya, dalam motor listrik, torsi reaksi dapat mempengaruhi stabilitas dan perpindahan motor saat menghasilkan torsi untuk menggerakkan peralatan atau beban tertentu.

6. Torsi Gesekan (Friction Torque)

Torsi gesekan adalah torsi yang dihasilkan sebagai akibat gesekan antara permukaan kontak dua benda yang berputar satu sama lain. Ini merupakan komponen torsi beban yang sering kali harus diatasi dalam mesin dan peralatan mekanik. Torsi gesekan merujuk pada torsi yang dihasilkan oleh gesekan antara dua permukaan yang bersentuhan di dalam suatu sistem mekanis. Gesekan ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk gesekan kering antara permukaan benda padat, gesekan di dalam bantalan, atau gesekan di antara komponen mesin lainnya.

Torsi gesekan dapat memiliki dampak signifikan terutama dalam sistem yang memerlukan presisi tinggi atau saat perubahan kecepatan rotasi atau perubahan beban terjadi. Ini bisa mengakibatkan kehilangan energi yang disipasikan sebagai panas dan potensi pengurangan efisiensi sistem.

Pada motor listrik, misalnya, torsi gesekan dapat mempengaruhi respons motor terhadap perubahan kecepatan atau perubahan beban. Reduksi torsi gesekan adalah pertimbangan penting dalam merancang sistem yang memerlukan efisiensi tinggi dan presisi. Ini dapat dicapai dengan menggunakan bahan pelumas yang tepat, merancang bantalan yang mengurangi gesekan, atau menggunakan teknologi pengendalian yang tepat untuk mengatasi efek torsi gesekan.

Penting untuk memahami dan mengukur torsi gesekan agar dapat merancang dan mengoptimalkan sistem mekanis dengan tepat. Meminimalkan torsi gesekan dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan sistem, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi dan efisiensi energi.

7. Torsi Elektrik (Electromagnetic Torque)

Torsi elektrik adalah torsi yang dihasilkan dalam motor listrik sebagai hasil dari interaksi medan magnetik dengan gulungan kawat pada rotor motor. Ini adalah torsi yang digunakan untuk menggerakkan poros motor. Torsi elektrik merujuk pada gaya putar yang dihasilkan oleh interaksi medan elektromagnetik dalam motor listrik. Ini adalah torsi yang mendorong rotor motor untuk berputar dan menjalankan peralatan atau mekanisme terkait. Torsi ini muncul sebagai hasil dari prinsip dasar elektromagnetisme dalam motor listrik.

Dalam motor induksi, torsi elektrik dihasilkan oleh interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan arus listrik yang mengalir melalui rotor. Gaya putar ini menyebabkan rotor untuk berputar seiring dengan medan magnetik stator. Pada motor DC, torsi elektrik dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui kumparan armature dan interaksi dengan medan magnet yang dihasilkan oleh kutub kutub medan magnet stator.

Rumus matematis untuk torsi elektrik pada motor listrik dapat diungkapkan melalui hukum Lorentz, yang menyatakan bahwa torsi (τ) adalah hasil perkalian antara panjang konduktor, medan magnet, dan arus listrik. Pemahaman dan pengendalian torsi elektrik sangat penting dalam merancang motor listrik untuk aplikasi tertentu. Pengaturan torsi ini memungkinkan motor untuk menghasilkan gaya putar yang cukup untuk mengatasi torsi resistif dan inersial yang ada pada sistem, serta memastikan respons yang diinginkan dalam berbagai kondisi operasional.

8. Torsi Rem (Braking Torque)

Torsi rem adalah torsi yang diperlukan untuk menghentikan atau memperlambat pergerakan rotasi. Ini digunakan dalam sistem pengereman dan kontrol motor. Torsi rem merujuk pada gaya putar yang dihasilkan oleh sistem pengereman untuk memperlambat atau menghentikan gerakan rotasi suatu objek atau sistem. Ini adalah torsi yang bertentangan dengan arah gerakan dan bertujuan untuk mengubah energi kinetik menjadi energi panas, yang selanjutnya disipasikan ke lingkungan sekitarnya.

Penerapan torsi rem sangat umum dalam berbagai konteks, termasuk kendaraan bermotor, mesin industri, dan aplikasi mekanis lainnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghasilkan torsi rem, dan setiap metode memiliki karakteristik dan kegunaan masing-masing:

- a. Rem Mekanik: Menggunakan friksi antara permukaan piringan rem dan kampas rem untuk menghasilkan torsi rem. Ini adalah metode pengereman yang umum pada kendaraan bermotor dan sebagian besar mesin-mesin industri.
- b. Rem Elektromagnetik: Menggunakan prinsip elektromagnetisme untuk menghasilkan torsi rem. Ini dapat dilakukan dengan mengonversi energi kinetik menjadi energi listrik yang disipasikan sebagai panas.
- c. Rem Hidraulik: Menggunakan sistem hidraulik untuk mentransfer tekanan fluida ke dalam kaliper rem, menyebabkan piringan rem dipadatkan dan menciptakan torsi rem.
- d. Rem Regeneratif (pada kendaraan listrik): Menggunakan motor listrik sebagai generator untuk mengonversi energi kinetik kendaraan kembali menjadi energi listrik yang dapat digunakan atau disipasikan.

Torsi rem sangat penting dalam menjaga kendaraan atau mesin beroperasi dengan aman dan efisien. Pemahaman tentang cara mengontrol dan mengoptimalkan torsi rem merupakan bagian integral dari rekayasa sistem pengereman untuk memastikan kinerja yang diinginkan dan keselamatan operasional.

9. Torsi Beban (Load Torque)

Torsi beban adalah torsi yang diperlukan untuk mengatasi berbagai hambatan atau beban dalam aplikasi tertentu. Ini dapat terdiri dari berbagai komponen, termasuk torsi pemerasan, torsi gesekan, dan torsi lainnya yang harus diatasi oleh motor atau mesin. Torsi beban merujuk pada gaya putar atau momen yang diperlukan untuk mengatasi torsi resistif dan inersial yang dihasilkan oleh beban tertentu yang ditempatkan pada poros motor atau sistem mekanis. Torsi beban ini mencakup semua hambatan yang perlu diatasi oleh motor agar dapat memutar beban tertentu. Dalam suatu sistem, torsi beban dapat dikelompokkan menjadi dua jenis utama:

- a. Torsi Resistif (Frictional Torque): Merupakan torsi yang muncul akibat gesekan antara elemen-elemen yang bergerak dalam sistem. Ini termasuk gesekan di bantalan, gesekan di antara gigi-gigi, atau gesekan di titik-titik kontak lainnya. Torsi resistif ini bertujuan untuk melawan gerakan rotasi dan sering disebut juga sebagai torsi gesekan.
- b. Torsi Inersial (Inertial Torque): Merupakan torsi yang muncul karena inersia benda yang berputar. Semakin besar massa dan semakin besar jarak distribusi massa dari sumbu rotasi, semakin besar torsi inersial yang diperlukan untuk memulai atau menghentikan gerakan rotasi tersebut.

Torsi beban harus diimbangi oleh torsi yang dihasilkan oleh motor agar gerakan rotasi dapat terjadi dengan stabil. Dalam desain motor dan sistem mekanis, pemahaman tentang torsi beban menjadi krusial untuk memilih motor yang sesuai dan mengoptimalkan kinerja keseluruhan. Sistem kontrol juga dapat dirancang untuk memonitor dan menyesuaikan torsi agar sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu.

Rumus yang digunakan dalam perhitungannya:

1. Torsi Motor (τ)

Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar torsi:

$$\tau = F \times r \quad (2.14)$$

- τ adalah torsi motor (dalam Nm).
- F adalah gaya yang bekerja pada motor (dalam N).
- r adalah jarak dari poros rotasi ke titik di mana gaya bekerja (dalam m).

2. Daya Motor (P)

Daya yang dihasilkan oleh motor dalam mengatasi torsi beban dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \tau \times \omega \quad (2.15)$$

- P adalah daya motor (dalam watt, W).
- τ adalah torsi motor (dalam Nm).
- ω adalah kecepatan sudut motor (dalam radian per detik).

3. Efisiensi Motor (η)

Efisiensi motor adalah perbandingan antara daya keluaran motor dengan daya masukan. Efisiensi motor dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta = (\text{Daya keluaran motor} / \text{Daya masukan motor}) \times 100\% \quad (2.16)$$

- Efisiensi motor diukur dalam persen (%).

4. Daya Listrik (Watt) ke Daya Mekanis (Nm/s)

Untuk mengkonversi daya listrik (dalam watt) menjadi daya mekanis (dalam Nm/s):

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Nm/s}$$

Penerapan Torsi dalam Motor Listrik:

1. Motor Induksi: Pada motor induksi, torsi dihasilkan oleh interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan arus yang mengalir melalui rotor. Ini membentuk dasar dari banyak aplikasi industri dan rumah tangga.
2. Motor DC: Pada motor DC, torsi dapat diatur melalui penggunaan komutator dan sikat. Motor DC sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kontrol kecepatan yang tinggi dan torsi awal yang besar.
3. Motor Sinkron: Motor sinkron menggunakan prinsip torsi untuk menjaga sinkronisasi antara medan magnet stator dan rotor. Ini umumnya digunakan dalam pembangkit listrik sebagai generator sinkron.

Torsi menjadi kritikal dalam mendefinisikan performa motor. Ketika motor bekerja dengan beban tertentu, torsi yang dihasilkan harus cukup untuk mengatasi semua hambatan, termasuk torsi resistif dan inersial. Desain motor, besaran arus, dan struktur mekanis dari peralatan yang digerakkan semuanya mempengaruhi torsi yang dihasilkan. Torsi merupakan konsep kunci dalam pemahaman dan pengembangan motor listrik. Sejarahnya sejalan dengan evolusi teknologi dan perkembangan kebutuhan industri. Penerapan yang baik dari konsep torsi memungkinkan desain motor yang efisien dan dapat diandalkan, mendukung berbagai aplikasi dari alat rumah tangga hingga mesin industri berat.

2.5 Tegangan Listrik

Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik. Ini dapat dianggap sebagai daya dorong yang mendorong arus listrik mengalir melalui konduktor atau perangkat listrik. Tegangan diukur dalam satuan volt (V) dan merupakan salah satu parameter kunci dalam sistem listrik.

Dalam konteks listrik, tegangan menggambarkan energi listrik yang tersimpan dan ketersediaannya untuk melakukan pekerjaan. Tegangan memberikan informasi tentang potensi listrik atau energi yang dapat digunakan oleh peralatan elektrik dalam suatu sistem. Tegangan dapat menjadi tegangan listrik yang disuplai oleh sumber daya,

tegangan yang dihasilkan oleh generator, atau tegangan yang jatuh melalui suatu resistor atau komponen dalam rangkaian.

Dalam persamaan dasar listrik, hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan (V), arus (I), dan resistansi (R) saling terkait oleh rumus $V=I \times R$. Artinya, tegangan pada suatu titik dalam suatu rangkaian adalah hasil dari arus yang mengalir melalui rangkaian tersebut dikalikan dengan resistansinya.

Tegangan fasa stator pada motor listrik satu fasa merujuk pada tegangan listrik yang diukur antara terminal fasa dan terminal netral pada stator motor. Motor satu fasa umumnya digunakan pada aplikasi rumah tangga dan kecil hingga menengah. Tegangan fasa stator ini penting untuk mengetahui daya yang disuplai ke motor dan dapat diukur menggunakan alat pengukur tegangan, seperti multimeter.

Secara umum, tegangan fasa stator pada motor satu fasa dapat bervariasi tergantung pada konfigurasi dan spesifikasi motor tertentu. Sebagai contoh, di lingkungan rumah tangga di banyak negara, tegangan fasa stator satu fasa sering kali berkisar antara 110 hingga 240 volt, tergantung pada sistem listrik yang digunakan.

rumus untuk menghitung tegangan fasa stator pada motor satu fasa adalah:

$$V_{\text{fase,1-fasa}} = V_{\text{line,1-fasa}} \quad (2.17)$$

Di mana:

- $V_{\text{fase,1-fasa}}$ = Tegangan fasa stator pada motor satu fasa (volt).
- $V_{\text{line,1-fasa}}$ = Tegangan lintasan atau tegangan total pada motor satu fasa (volt).

Karena pada sistem satu fasa, tidak ada perbedaan antara tegangan fasa dan tegangan lintasan, maka nilai keduanya sama. Jadi, Anda dapat langsung menggunakan nilai tegangan lintasan sebagai tegangan fasa stator pada motor satu fasa.

2.6 Arus Listrik

Arus adalah aliran muatan listrik yang mengalir melalui konduktor, seperti kawat atau kabel, dalam suatu rangkaian listrik. Arus diukur dalam satuan ampere (A). Arus listrik disebabkan oleh pergerakan elektron di dalam konduktor.

Dua jenis arus utama yang umumnya dibahas dalam konteks listrik adalah:

1. Arus Searah (Direct Current - DC)

Arus searah mengalir dalam satu arah. Muatan listrik, yang biasanya diwakili oleh elektron, mengalir terus-menerus dari titik yang memiliki potensial listrik tinggi ke titik yang memiliki potensial listrik rendah.

2. Arus Bolak-balik (Alternating Current - AC)

Arus bolak-balik mengalir bergantian arah secara periodik. Hal ini terjadi karena tegangan dalam sumber daya listrik umumnya berubah secara periodik. Pada arus bolak-balik, arus mengalir ke depan dan ke belakang dalam siklus yang terus-menerus.

Hukum dasar yang menghubungkan tegangan (V), arus (I), dan resistansi (R) dalam rangkaian listrik dinyatakan dalam hukum Ohm, yang dapat dituliskan sebagai:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.18)$$

Dimana:

- I adalah arus (ampere),
- V adalah tegangan (volt),
- R adalah resistansi (ohm).

Hukum ini menyatakan bahwa arus dalam suatu rangkaian sebanding dengan tegangan yang diterapkan dan sebaliknya sebanding dengan invers resistansi rangkaian.

Arus stator pada motor listrik mengacu pada arus listrik yang mengalir melalui kumparan stator. Arus ini dibangkitkan oleh tegangan yang diterapkan pada stator dan menghasilkan medan magnet yang berinteraksi dengan rotor untuk menyebabkan gerakan rotasi. Arus stator dapat diukur dalam satuan ampere (A).

Pada stator motor listrik, resistansi stator (R_{stator}) adalah resistansi yang dimiliki oleh kumparan stator, dan tegangan (V_{stator}) adalah tegangan yang diterapkan pada stator. Dengan menggunakan hukum Ohm, kita dapat menuliskan rumus arus stator sebagai:

$$I_{stator} = \frac{V_{stator}}{R_{stator}} \quad (2.19)$$

Arus stator merupakan parameter penting dalam analisis dan perancangan motor listrik, dan nilai arus ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi operasional dan beban yang diterapkan pada motor.

2.7 Kecepatan Putar Rotor

Kecepatan putar rotor mengacu pada seberapa cepat bagian berputar dari motor listrik, yang disebut rotor. Pada dasarnya, motor listrik bekerja dengan memanfaatkan interaksi antara medan magnet stator (bagian tetap motor) dan rotor yang berputar. Kecepatan rotasi rotor menentukan seberapa cepat motor dapat menghasilkan tenaga mekanis atau gerakan.

Dalam motor listrik, rotor adalah bagian yang bergerak dan biasanya terhubung dengan peralatan yang perlu digerakkan. Kecepatan rotasi rotor sangat penting karena memengaruhi kinerja motor dan aplikasi di mana motor tersebut digunakan. Kecepatan rotasi rotor diukur dalam putaran per menit (rpm) atau detik (rps), yang menunjukkan jumlah putaran rotor dalam satu menit atau satu detik.

Dalam motor listrik, ada beberapa jenis rotor, dan kecepatan rotasi rotor dapat bervariasi tergantung pada desain motor tersebut. Beberapa jenis rotor yang umum digunakan meliputi:

1. Rotor Kumparan (Squirrel Cage Rotor): Rotor ini terbuat dari kumparan kawat tembaga atau aluminium yang membentuk struktur berbentuk kumparan. Kecepatan rotasi rotor ditentukan oleh frekuensi daya dan jumlah kutub pada motor.

2. Rotor Berlilit (Wound Rotor): Rotor ini memiliki kumparan yang dapat dihubungkan ke luar melalui slip ring. Kecepatan rotasi rotor dapat diatur dengan mengubah hubungan kumparan pada slip ring.
3. Rotor Silinder atau Rotor Drum: Rotor ini memiliki bentuk silinder atau drum dan sering digunakan pada motor induksi tiga fasa. Kecepatan rotasi rotor pada motor ini terkait dengan frekuensi daya dan jumlah kutub pada motor.
4. Rotor Bulat (Synchronous Rotor): Rotor ini sering digunakan pada motor sinkron. Kecepatan rotasi rotor selalu sama dengan kecepatan medan putar yang dihasilkan oleh stator.

Kecepatan rotasi rotor diukur dalam putaran per menit (rpm) atau detik (rps). Kecepatan ini berkaitan erat dengan frekuensi sistem daya (yang diukur dalam Hertz) dan jumlah kutub pada motor. Hubungan antara kecepatan rotasi rotor (N), frekuensi (f), dan jumlah kutub (P) dapat dijelaskan dengan rumus umum:

$$N = \frac{120 \times f}{P} \quad (2.20)$$

Dimana:

N = kecepatan rotasi rotor

f = frekuensi sistem daya

P = jumlah kutub pada motor

Kecepatan rotasi rotor memainkan peran kritis dalam menentukan kinerja motor listrik dan sering menjadi faktor penentu dalam pemilihan dan desain motor untuk aplikasi tertentu.

2.8 Daya Aktif

Daya adalah ukuran energi yang dikonsumsi atau dihasilkan per satuan waktu. Dalam sistem listrik, daya diukur dalam watt (W) atau kilowatt (kW), dan ini menggambarkan seberapa cepat energi digunakan atau dihasilkan. Daya aktif (active power) adalah komponen dari daya total dalam suatu sirkuit listrik yang menyumbangkan energi secara langsung untuk melakukan pekerjaan atau memberikan

daya pada peralatan. Daya aktif diukur dalam watt (W) dan biasanya dinyatakan sebagai "P" dalam rumus-rumus listrik.

Daya aktif adalah daya yang benar-benar digunakan untuk melakukan pekerjaan dalam suatu sistem listrik, seperti menggerakkan motor, menyalakan lampu, atau memanaskan alat elektronik. Daya aktif menghasilkan efek kerja yang berguna dan berguna dalam proses daya listrik.

Rumus umum untuk menghitung daya aktif adalah:

$$P = V \times I \times \cos(\theta) \quad (2.21)$$

Dimana:

- P adalah daya aktif dalam watt (W),
- V adalah tegangan efektif (rms) dalam volt (V),
- I adalah arus efektif (rms) dalam ampere (A), dan
- $\cos(\theta)$ adalah faktor daya, yaitu kosinus sudut fasa antara tegangan dan arus.

Jika faktor daya ($\cos(\theta)$) adalah 1, maka daya aktif bersamaan dengan daya tampak (apparent power). Faktor daya kurang dari 1 menunjukkan bahwa sebagian daya tampak tidak digunakan untuk melakukan kerja yang bermanfaat dan disebabkan oleh komponen reaktif dalam sirkuit.

2.9 Matlab

Matlab merupakan software yang ada pada komputer memakai Bahasa pemrograman yang dikembangkan menggunakan suatu fungsi melalui metode numerik untuk memudahkan dan untuk memperoleh hasil dan penyelesaian yang tepat.

MATLAB adalah singkatan dari MATRIX LABORATORY, yang biasanya di gunakan dalam:

1. Pengembangan Algoritma matematika dan komputasi
2. Pemodelan, simulasi, dan pembuatan *prototype* dari penerimaan data
3. Analisa, eksplorasi, dan visualisasi data
4. Scientific dan engineering

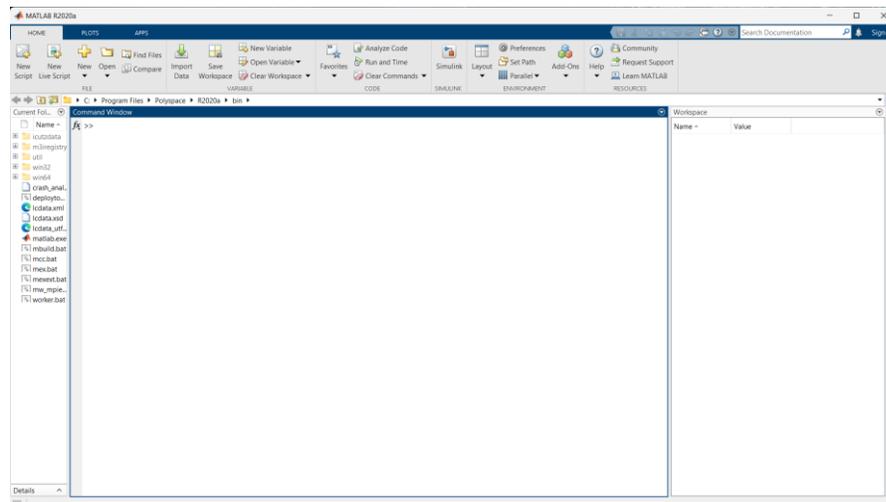
5. Pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan *Graphical User Interface* (GUI)

Software MATLAB memiliki pengaplikasian yang berbeda – beda khususnya dalam pengaplikasian yang membutuhkan perhitungan secara matematis. Penting untuk mengetahui bahwa matlab melakukan seluruh perhitungan matematis dalam bentuk matriks. Semua operasi matematika dalam MATLAB adalah operasi matriks. MATLAB dapat menunjukkan hasil perhitungan dalam bentuk grafik dan dapat dirancang sesuai keinginan kita menggunakan GUI yang kita buat sendiri.

MATLAB juga bersifat extensible, dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk menambahkan pada library, ketika fungsi-fungsi built-in yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu. Kemampuan pemrograman yang dibutuhkan tidak terlalu sulit bila kita telah memiliki pengalaman dalam pemrograman bahasa lain seperti C, PASCAL, atau FORTRAN. MATLAB (*Matrix Laboratory*) yang juga merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks, sering kita gunakan untuk teknik komputasi numerik, yang kita gunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dll. Sehingga Matlab banyak digunakan pada: Matematika dan komputansi, Pengembangan dan algoritma, Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototipe, Analisa data, eksplorasi dan visualisasi, Analisis numerik dan statistik dan Pengembangan aplikasi teknik.

Oleh karena itu, aplikasi MATLAB dapat digunakan dan diaplikasikan di berbagai bidang ilmu pengetahuan seperti teknik, komputer, Matematika, ekonomi, serta beberapa ilmu pengetahuan lainnya. MATLAB bukan hanya dipakai untuk pembelajaran di universitas saja, tetapi juga dapat digunakan dalam industri, seperti desain, pengembangan dan penelitian [18].

Dalam penelitian ini matlab digunakan untuk menganalisis pengaruh torsi beban terhadap kinerja motor listrik pada mesin tebu agar mempermudah dan mempercepat dalam pengolahan data dengan menyusun kedalam bahasa pemrogramannya. Versi software yang digunakan dalam penelitian ini adalah MATLAB R2018a.



Gambar 2. 15 Tampilan awal MATLAB

Secara default, MATLAB terdiri dari:

Command window yang merupakan tempat di mana kita menuliskan fungsi yang kita inginkan. Command history untuk melihat dan menggunakan kembali fungsi-fungsi sebelumnya. Workspace yang berisi variabel yang kita gunakan dan untuk membuat variabel baru dalam MATLAB. Current directory menunjukkan folder- folder yang berisi file MATLAB yang sedang berjalan. Kelebihan MATLAB:

1. Mudah dalam memanipulasi struktur matriks dan perhitungan berbagai operasi matriks yang meliputi penjumlahan, pengurangan, perkalian, invers dan fungsi matriks lainnya.
2. Menyediakan fasilitas untuk memplot struktur gambar (kekuatan fasilitas grafik tiga dimensi yang sangat memadai).
3. Script program yang dapat diubah sesuai dengan keinginan user.
4. Jumlah routine – routine powerful yang berlimpah yang terus berkembang.
5. Dilengkapi dengan toolbox, simulink, stateflow dan sebagainya

Kelemahan MATLAB:

1. Lebih lambat dalam mengeksekusi
2. Mahal

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan tugas akhir ini berlangsung dimulai dari November 2023 sampai April 2024.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

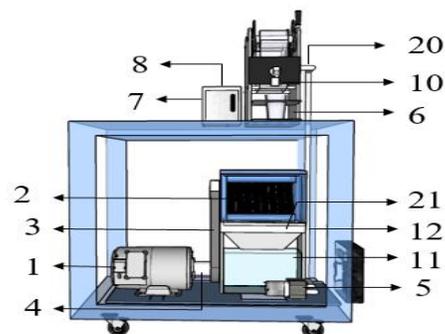
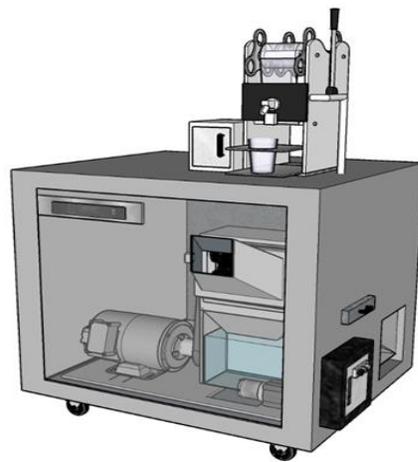
NO	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian Literatur						
2	Penyusunan Proposal Penelitian						
3	Penulisan Bab 1 Samapai Bab 3						
4	Pengumpulan Data Mesin Peras Tebu						
5	Analisa Data						
6	Seminar hasil						
7	Sidang Akhir						

3.2 Alat Dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Software* MATLAB R2018a
3. Data motor listrik mesin peras tebu

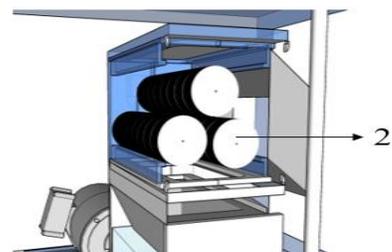
3.3 Perancangan Alat Peras Tebu



Gambar 1



gambar 2



gambar 3

Gambar 3. 1 Rancangan Mesin Peras Tebu

Keterangan Gambar 3.1:

1. Motor Listrik 1 phasa
2. Roll peras
3. Belt
4. Pully
5. Pompa
6. Sealer cup
7. Peltier
8. Sensor Infrared pada Peltier
9. Breadboard
10. Sensor Infrared
11. Tampungan
12. Selang
13. MCB
14. Power Suplay
15. Relay
16. LCD
17. Lampu Indikator
18. Dimmer
19. Arduino Uno
20. Water Flow Sensor
21. Saringan

3.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dari awal hingga akhir saat melakukan pengukuran pada motor mesin pemeras tebu.

A. Pengukuran Arus

1. Pertama melakukan persiapan alat dan bahan
2. Persiapan motor Mesin pemeras tebu
3. Memeriksa semua koneksi listrik untuk memastikan tidak ada kabel yang longgar atau rusak
4. Mengatur multimeter untuk mengukur arus dengan rentang yang sesuai untuk motor mesin pemeras tebu dengan mengatur multimeter dalam mode pengukuran arus
5. Menghubungkan multimeter secara seri dengan salah satu kabel daya motor dengan membuka salah satu kabel daya motor dan menghubungkan probe multimeter ke setiap ujungnya.
6. Hidupkan motor mesin pemeras tebu
7. Masukkan tebu ke dalam mesin pemeras dengan kecepatan dan intensitas yang biasanya terjadi dalam operasi normal
8. Mengamati pembacaan arus pada multimeter
9. Catat hasil pengukuran dengan teliti.

B. Pengukuran Tegangan

1. Pertama melakukan persiapan alat dan bahan
2. Persiapan motor Mesin pemeras tebu
3. Memeriksa semua koneksi listrik untuk memastikan tidak ada kabel yang longgar atau rusak
4. Persiapan Multimeter dengan mengatur multimeter untuk mengukur tegangan dengan rentang yang sesuai untuk motor mesin pemeras tebu dengan memastikan untuk mengatur multimeter dalam mode pengukuran tegangan

5. Hubungkan multimeter secara paralel dengan sirkuit listrik motor. Ini dilakukan dengan menghubungkan probe multimeter positif dan negatif ke klem atau terminal yang sesuai pada motor atau sirkuit listrik.
6. Hidupkan motor mesin pemeras tebu
7. Masukkan tebu ke dalam mesin pemeras dengan kecepatan dan intensitas yang biasanya terjadi dalam operasi normal
8. Mengamati pembacaan arus pada multimeter
9. Catat hasil pengukuran dengan teliti.

C. Pengukuran Kecepatan Putar Motor

1. Pertama melakukan persiapan alat dan bahan
2. Persiapan motor Mesin pemeras tebu
3. Mempersiapkan tachometer yang sesuai untuk mengukur kecepatan putar motor
4. Tempatkan tachometer dalam jarak yang aman dari motor tetapi masih cukup dekat untuk mendapatkan pembacaan yang akurat
5. Pastikan sensor tachometer terpasang pada posisi yang tepat untuk mendeteksi putaran motor dengan benar
6. Hidupkan motor mesin pemeras tebu
7. Aktifkan tachometer dengan menekan tombol ON
8. Catat hasil pengukuran dengan teliti
9. Matikan motor mesin pemeras tebu setelah selesai pengukuran

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data pada motor listrik dengan memperhitungkan torsi terhadap kinerja motor listrik pada mesin peras tebu. Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai pengamatan terhadap spesifikasi dari motor listrik 1 fasa untuk digunakan sebagai dasar dari studi yang akan dilakukan.

Data yang akan diambil meliputi:

1. Daya (W)
2. Kecepatan putar motor (RPM)
3. Arus (A)
4. Tegangan (V)

3.6 Spesifikasi Mesin Peras Tebu Otomatis

Adapun spesifikasi alat Peras Tebu Otomatis serta sensor beserta motor yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Untuk Mesin Peras Tebu Otomatis

Spesifikasi Mesin Peras Tebu Otomatis	
Daya	880 Watt
Tegangan	220-240 V
Frekuensi	50 Hz
Jenis Motor	1 Phase
Kecepatan Putar Motor	1500 RPM
Arus	4 A
Berat Alat	70 Kg
Dimensi Rangka Perajang	P = 80 cm l = 50 cm T = 80 cm
Roll Perasan	Besi stenlis
Diameter Rolling	Roll 1,8mm, dengan As 20 mm
Jumlah Roll	3 buah 1,8 mm (Hasil pemerasan dengan ketebalannya diatur semakin menyempit)

Cover Body	Stainless Steel, Warna: Random stainless Kilap & Dop
Rangka	Besi Siku dan Plat Besi
Kapasitas Hasil Pemerasan	20 – 25 liter

3.7 Perancangan Coding Matlab

Proses analisis melalui hasil pengumpulan data pengukuran dan dibuat grafik hasil pada Matlab. Berikut ini adalah *coding* grafik MATLAB yang digunakan:

```
% Data Waktu (s)
waktu = 1:60;

% Data Torsi (Nm)
torsi_tanpa_beban = [4.72086726, 4.709309525,
4.667059678, 4.709150476, 4.674482226, 4.672381774,
4.661852159, 4.690174727, 4.669135725, 4.673983003,
4.686999005, 4.69093205, 4.679008356, 4.697390261,
4.685916285, 4.665657556, 4.67629162, 4.699279715,
4.671509532, 4.684388899, 4.695280738, 4.666730625,
4.643036176, 4.693934606, 4.713902248, 4.652422639,
4.414578404, 4.6822644, 4.662418607, 4.653536659,
4.636102771, 4.620817239, 4.610301614, 4.610455722,
4.62224681, 4.613719174, 4.606843334, 4.616577702,
4.625249875, 4.600270441, 4.626606545, 4.640400828,
4.627325368, 4.653612466, 4.686820714, 4.709580274,
4.698601468, 4.689080725, 4.680389503, 4.678099017,
4.624479266, 4.684313295, 4.681120051, 4.672826438,
4.694396472, 4.67088071, 4.665209374, 4.664577577,
4.67831943, 4.666430133];
torsi_dengan_beban1 = [4.792084533, 4.777376663,
4.842345814, 4.94584617, 5.026348018, 5.101030362,
5.070972415, 5.086025289, 5.103787816, 5.142869579,
5.228755116, 5.106852607, 5.121540466, 5.188731994,
5.199663025, 5.230497809, 5.130460653, 5.135546641,
5.224635527, 5.239343499, 5.158932891, 5.150853286,
5.131852129, 5.232933021, 5.3514781, 5.355464931,
5.221750829, 5.280163102, 5.417531107, 5.36268933,
5.44119099, 5.293000179, 5.389524331, 5.626292171,
5.422125118, 5.418336376, 5.295253338, 5.372577768,
5.450391314, 5.466751158, 5.392963809, 5.416605227,
```

```

5.310537705, 5.326654885, 5.458695238, 5.4570155,
5.403999006, 5.364735992, 5.446892469, 5.351472148,
5.439794218, 5.368033145, 5.40473401, 5.575445406,
5.343784058, 5.466599486, 5.517911059, 5.375699063,
5.391924536, 5.401476868];
torsi_dengan_beban2 = [5.41272756, 5.413359521,
5.46082873, 5.342406725, 5.403479962, 5.389333456,
5.430497553, 5.43207339, 5.548141316, 5.524496789,
5.550298971, 5.489313301, 5.467546988, 5.467272394,
5.452828635, 5.567893758, 5.681379266, 5.55326774,
5.418258113, 5.625285627, 5.643003322, 5.428098904,
5.427453968, 5.438589412, 5.308466949, 5.509601354,
5.493023593, 5.462532846, 5.845145191, 5.896108947,
5.493992238, 5.551639414, 5.465634362, 5.454818294,
5.706046447, 5.603499483, 5.543487341, 5.539495488,
5.505718732, 5.326223898, 5.440030671, 5.512916402,
5.610657946, 5.664193424, 5.707408695, 5.620264096,
5.896754997, 5.80089674, 5.466192998, 5.432342843,
5.421873345, 5.291352236, 5.321888132, 5.480182608,
5.283441709, 5.426953657, 5.393182599, 5.454642209,
5.696890148, 5.648136561];
% Plotting
figure;
hold on;
plot(waktu, torsi_tanpa_beban, 'r', 'LineWidth',
1.5); % Kurva warna merah
plot(waktu, torsi_dengan_beban1, 'g', 'LineWidth',
1.5); % Kurva warna hijau
plot(waktu, torsi_dengan_beban2, 'b', 'LineWidth',
1.5); % Kurva warna biru
% Label
xlabel('Time (s)');
ylabel('Torque (Nm)');
title('Torque Versus Time Graph');
legend('Tanpa Beban', 'Dengan Beban I', 'Dengan Beban
II');
grid on;
hold off;

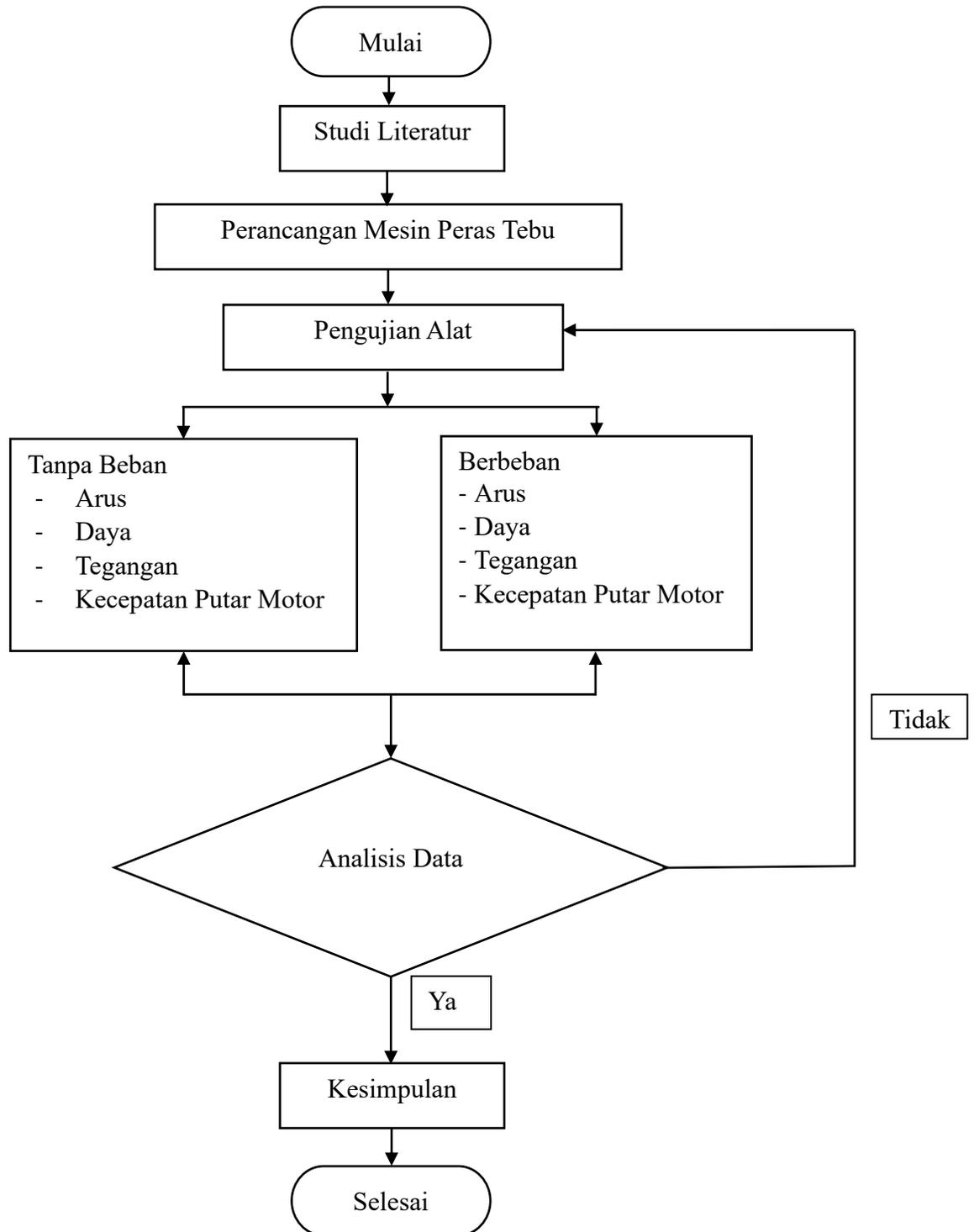
```

Dengan menggunakan *coding* ini dapat menganalisis dan memvisualisasikan dengan memperhatikan aspek-aspek lain yang relevan dalam analisis. Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai bentuk dari grafik di aplikasi Matlab untuk dilakukan berdasarkan data pengukuran yang ada.

3.8 Metode Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode kuantitatif dengan mengambil data pengukuran dan disimulasi komputer untuk menunjukkan grafik pengaruh torsi terhadap kinerja motor dan dilakukan pada bulan November sampai Desember 2023 bertempat di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dan diketahui peneliti dalam pelaksanaan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan penelitian
2. Mengambil data motor pada mesin peras tebu
3. Melakukan input data menggunakan Software Matlab R2018a
4. Melakukan Perhitungan dan analisa data
5. Melakukan analisis dan evaluasi hasil data terhadap torsi motor listrik
6. Mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilaksanakan
7. Selesai, Berikut Diagram Alir Serta Proses Penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 Berikut



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Dan Pengambilan Data Pada Motor Pemas Tebu

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan 3 variabel dan dilakukan dihari yang berbeda untuk mendapatkan nilai torsi. Adapun aspek pengujian berupa data tegangan, arus, daya, dan kecepatan putaran yang dihasilkan motor tersebut.



Gambar 4. 1 Pengukuran Kecepatan Putar Pada Motor Pemas Tebu

BAB V

5.2 Saran

1. Untuk hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat nilai yang cukup signifikan terhadap daya, tegangan, arus, torsi, dan kecepatan putar motor yang dilakukan saat pengujian, maka pada penelitian berikutnya memberikan peningkatan terhadap nilai sesuai dengan standar yang berlaku. Penelitian yang telah dilakukan memberikan indikasi penting terkait nilai-nilai fundamental seperti daya, tegangan, arus, torsi, dan kecepatan putaran motor yang sedang diuji. Oleh karena itu, penelitian berikutnya akan mengarah pada upaya untuk meningkatkan nilai-nilai tersebut, sejalan dengan standar yang berlaku. Langkah-langkah ini mencakup pembaruan desain motor untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja secara keseluruhan, penerapan kontrol yang lebih canggih guna mengoptimalkan fungsi motor, serta penyesuaian parameter operasional agar mencapai performa yang optimal.
2. Aspek teknologi Juga menjadi fokus, dengan rekomendasi untuk menerapkan teknologi terbaru seperti motor brushless atau sumber energi terbarukan jika memungkinkan. Peningkatan dalam proses produksi, termasuk penggunaan material berkualitas tinggi dan pelatihan model kontrol, juga diusulkan agar mendukung peningkatan kualitas dan kinerja motor.
3. Studi mengenai analisis dampak torsi terhadap kinerja motor listrik pada mesin peras tebu otomatis membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut serta dapat dijadikan sebagai dasar referensi untuk penelitian selanjutnya. Penelitian semacam ini memiliki potensi untuk memberikan wawasan mendalam tentang interaksi antara torsi dan kinerja motor pada konteks spesifik mesin peras tebu otomatis. Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pemahaman kita tentang hubungan antara torsi dan kinerja motor pada mesin peras tebu otomatis, serta membuka pintu bagi inovasi dan peningkatan berkelanjutan dalam desain dan operasi sistem tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Evizal, “Perkebunan Tebu,” *Pengelolaan Perkeb. Tebu*, pp. 1–233, 2018.
- [2] J. D. Sibarani, G. M. C. Mangindaan, and A. H. J. Ontowirjo, “Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab,” pp. 1–11, 2020, [Online]. Available: <http://repo.unsrat.ac.id/id/eprint/2768>
- [3] Rimbawati, N. Ardiansyah, and N. Evalina, “Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan pada PLTB Menggunakan Potensio DC,” *Semnastek Uisu*, p. Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [4] W. Dsl and D. N. K. Hardani, “Analisis Torsi dan Efisiensi pada Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar,” *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 19, no. 2, p. 79, 2018, doi: 10.30595/techno.v19i2.3070.
- [5] Y. Oktariani, “Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase,” *Inst. Teknol. Padang*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2016.
- [6] M. Zuhadi, Atmam, and E. Zondra, “Analisis Perubahan Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Baja Diva Manufacture,” *Semin. Nas. Cendekiawan ke 5 Tahun 2019*, vol. 1, no. 65, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiml4Lu4_rtAhVQbn0KHbbTDo0QFjACegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Frijurnal.lemlit.trisakti.ac.id%2Fsemnas%2Farticle%2Fdownload%2F5748%2F4506&usg=AOvVaw0iKrK_yW5arYeLXE1qcDcr
- [7] U. Gunadarma, “PERFORMA MOTOR INDUKSI SATU FASA MENGGUNAKAN,” vol. 6, 2022.
- [8] Suyadi, Sunarto, and F. N. Rachman, “Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Puter Dengan Pengaduk Dan Penggerak Motor Listrik,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 41–46, 2014.
- [9] M. Adam, P. Harahap, B. Oktrialdi, and R. Herlambang, “Analisis Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Softstarter dan Inverter,” *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2,

- no. 2, pp. 81–87, 2021, doi: 10.53695/jm.v2i2.603.
- [10] Z. Abidin, T. Priangkoso, and Darmanto, “Pengujianperformance Motor Listrik Ac 3 Fasa Dengan Daya 3 Hp Menggunakan Pembebanan Generator Listrik,” *ft-UNWAHAS SEMARANG*, vol. 09, pp. 33–34, 2013, [Online]. Available: <https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/view/846/958>
- [11] S. Prodi, T. Fisika, F. Teknik, and U. Telkom, “3 1,2,3,” vol. 7, no. 2, pp. 4499–4508, 2020.
- [12] J. T. Mardiwawan, N. Fitriyanti, and R. A. Salam, “Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Dengan Metode Hukum Biot-Savart Berbasis Mikrokontroller Menggunakan Sumber Arus Terkontrol Design A Magnetic Field Gauge With A Microcontroller-Based Biot-Savart Legal Method Using A Controlled Current Source,” vol. 10, no. 1, pp. 133–140, 2023.
- [13] R. T. Jurnal, “Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Pemakaian Bahan Bakar Motor Konvensional Dengan Motor Listrik Ulc Pln Area Cengkareng,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 64–69, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.329.
- [14] O. Hikmawan, M. Naufa, and B. M. Indriani, “The Effect of rotor distance on seed cracking efficiency at Ripple Mill stasion in palm oil Factory,” *J. Tek. dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 14–21, 2021.
- [15] P. A. Paristiawan, S. Mikro, and B. Laterit, “V11 n2,” *Pengaruh Variasi Persentase Reduksi Pada Proses Pengerolan Panas Terhadap Sifat Mek. Dan Strukt. Mikro Baja Laterit*, no. August, pp. 297–305, 2020, [Online]. Available: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/search/authors/view?givenName=SinggihDwi&familyName=Prasetyo&affiliation=Mahasiswa S1%0D%0AUniversitas Sebelas Maret%0D%0AJurusan Teknik Mesin&country=ID&authorName=Prasetyo%2C Singgih Dwi>
- [16] J. Barta, N. Uzhegov, P. Losak, C. Ondrusek, M. MacH, and J. Pyrhonen, “Squirrel-Cage Rotor Design and Manufacturing for High-Speed Applications,” *IEEE Trans. Ind.*

Electron., vol. 66, no. 9, pp. 6768–6778, 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2879285.

- [17] D. Rohman Nurdiansyah, S. Aditya Putra, R. Azimansyah, B. Dwi Kurniawan, A. Dasilva Rustandy Putra, and Mh. Fatkhurahman, “Pengaruh Daya Dan Torsi Untuk Performa Sebuah Mesin Effect of Power and Torque the Performance of a Machine,” *J. Tek. Otomotif*, p. 7, 2017, [Online]. Available: <https://osf.io/twyrq/download>
- [18] T. Andani, F. H. Badruzzaman, and E. Harahap, “Operasi Matriks Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan MATLAB Matrix Operations as Learning Media Using MATLAB,” *J. Pendidik. Mat.*, vol. 19, no. 2, pp. 33–45, 2020.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Alvian Trinanda Harahap
 NPM : 2007220077
 Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Listrik Pada Mesin Peras Tebu"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	22/11-2023	Diskus: Bab I untuk me- nentukan rumusan masalah pada penelitian	
2.	30/11-2023	Diskus: Bab II untuk stabi literatur	
3.	4/12-2023	Diskus: Bab III untuk menentukan perancangan sistem analisis	
4.	8/12-2023	Melakukan evaluasi dari Bab I sampai Bab III	
		Ute seminar proposal 8/12 2023	

Mengetahui,
Pembimbing I

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Alvian Trinanda Harahap
NPM : 2007220077
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Listrik Pada Mesin Peras Tebu"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	10/01-2024	Revisi Rumusan Masalah	Paraf.
2	20/01-2024	Revisi kerangka Penulisan	Paraf.
3	26/01-2024	Revisi Tujuan Penelitian	Paraf.
4	11/02-2024	Revisi Metodologi Penelitian	Paraf.
5	20/02-2024	Review 4.1.42-43 tgr jelaw	Paraf.
6	23/02-2024	Revisi 4.1 Analisis Data	Paraf.
7	2/03-2024	AKU Sembar 02/03 2024	Paraf.

Mengetahui,
Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)
 FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Alvian Trinanda Harahap
 NPM : 2007220077
 Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Listrik Pada Mesin Peras Tebu"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	23/03-2024	Revisi Penulisan pada BAB 2	
2.	24/03-2024	Revisi Pembuatan coding dan grafik	
3.	26/03-2024	Pemeliharaan semua hasil revisi	
4.	27/03-2024	AKU sidang 27/3 2024	

Mengetahui,
 Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T

ANALISIS PENGARUH TORSI TERHADAP KINERJA MOTOR LISTRIK PADA MESIN PERAS TEBU

Alvian Trinanda Harahap¹, Rimbawati²

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{1,2}Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3, Kota Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia

e-mail: alviantrinanda2301@gmail.com

Abstrak—Mesin peras tebu merupakan salah satu peralatan penting dalam industri pertanian untuk menghasilkan jus tebu secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja motor peras tebu dan memahami pengaruhnya terhadap parameter operasional seperti tegangan, arus, kecepatan rotasi, daya aktif, dan torsi. Data diperoleh melalui pengujian dengan menggunakan motor peras tebu dalam kondisi tanpa beban dan berbeban. Dari hasil pengamatan menunjukkan nilai rata-rata torsi pada kondisi tanpa beban adalah sekitar 4.662 Nm, sementara pada kondisi berbeban (Beban I dan Beban II), nilai rata-rata torsi meningkat menjadi sekitar 5.279 Nm dan 5.514 Nm berturut-turut. Terdapat peningkatan torsi sekitar 0.617 Nm (untuk Beban I) dan 0.852 Nm (untuk Beban II) saat mesin peras tebu diberi beban dibandingkan dengan kondisi tanpa beban.

Kata kunci : Kinerja Motor, Mesin Peras Tebu, Torsi

Abstract—*Sugarcane juice extractor machine is one of the essential equipment in agricultural industry for efficiently producing sugarcane juice. This research aims to analyze the performance of sugarcane juice extractor motor and understand its influence on operational parameters such as voltage, current, rotational speed, active power, and torque. Data were obtained through testing using the sugarcane juice extractor motor under no-load and load conditions. Observations revealed that the average torque value under no-load condition is approximately 4.662 Nm, while under loaded conditions (Load I and Load II), the average torque values increased to around 5.279 Nm and 5.514 Nm respectively. There was an increase in torque of about 0.617 Nm (for Load I) and 0.852 Nm (for Load II) when the sugarcane juice extractor machine was loaded compared to the no-load condition.*

Keywords : *Motor Performance, Sugar Cane Pressing Machine, Torque*

PENDAHULUAN

Listrik dikenal sebagai sumber energi pembawa, energi pembawa adalah suatu substansi atau sistem yang memindahkan energi dalam suatu bentuk dari satu tempat ke tempat yang lain. Listrik dibangkitkan oleh suatu pembangkit dari suatu energi primer dikonversikan dalam energi listrik. Sebagai contoh sumber energi primer adalah bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) air, sinar matahari, angin, biomassa, dan lain-lain. Mulai tahun 1970-an, penggunaan energi fosil mulai dikurangi karena dampaknya yang tidak bersahabat dengan lingkungan dan jumlah ketersediaannya di alam yang semakin berkurang [1]. Saat ini mesin penggiling tebu atau mesin pemeras tebu telah digunakan untuk proses pemisahan air tebu dari serat batang tebu dengan bantuan mesin pemeras tebu yang akan menghasilkan sari tebu dengan hanya membutuhkan waktu kerja singkat. Kegunaan mesin pemeras tebu dapat digunakan untuk memproduksi gula dan pembuatan es tebu dengan mesin skala kecil, sehingga tidak membutuhkan ruang dan proses pengerjaan yang rumit, maka mesin ini sangat cocok untuk industri pengolahan tebu skala usaha kecil menengah dengan penggerak menggunakan sebuah motor listrik [2].

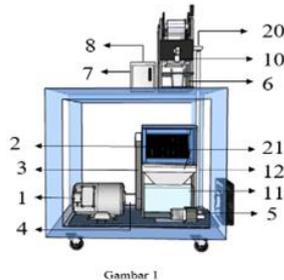
Ketika motor dalam keadaan hidup (ON) maka pulley akan menggerakkan roll pemeras, dalam hal ini pengguna menempatkan tebu yang sudah dikupas di antara roll penggerak atas dan roll penggerak bawah. Melalui rotasi relatif dari dua roll, tebu diperas berulang ulang agar sari tebu habis, dan mengalir turun dari dua roll ke catch pan/tampungan, sebelum air turun ketampungan terdapat 2 saringan untuk menyaring ampas tebu yang jatuh ke bawah. Pada saat itulah motor menghasilkan torsi yang muncul selama operasi.

Torsi merujuk pada gaya putar atau torsi yang harus diatasi atau diatasi oleh suatu mekanisme atau motor dalam suatu sistem. Hal ini digunakan untuk mengukur seberapa besar hambatan atau beban yang harus diatasi oleh komponen yang menghasilkan gerakan atau putaran [3]. Besarnya torsi yang dapat di hasilkan oleh motor tergantung dengan besarnya beban yang ada pada motor motor. Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk menerima beban, jadi torsi motor di pengaruhi oleh beban. Perubahan beban mengakibatkan perubahan kecepatan putar motor akibatnya terjadi perubahan torsi pada motor untuk menyesuaikan dengan torsi.

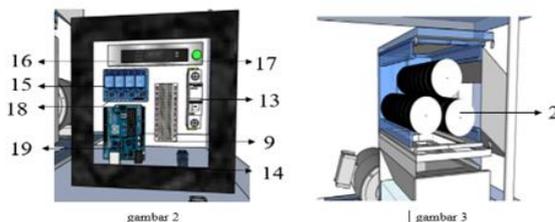
METODE

Mesin Peras Tebu

Perancangan Mesin Peras Tebu Otomatis Berbasis sensor infrared dengan kapasitas 20-25 liter/jam untuk bahan tebu berdasarkan literatur terdahulu, yaitu berkaitan dengan gerak pemerasan, jumlah roll, sensitifitas pendeteksi objek dengan sensor infrared IR yang dikontrol oleh Arduino Uno, Perancangan Mesin Peras Tebu Otomatis, dan penghisapan air tebu beserta kontrol otomatis. Mesin peras tebu ini biasanya bekerja berdasarkan arah putaran jam. Dimana roll pressnya berputar mengepres tebu hingga terpisah ampas dan sarinya memeras sampai pada tingkat kekeringan ampas mencapai 95%. Dengan dibekali roll press 3 batang, mesin peras tebu mampu memproduksi perjam 20-25 liter/jam, Kegunaan mesin pemeras tebu untuk memproduksi gula dan pembuatan es tebu dengan mesin skala kecil, sehingga tidak membutuhkan ruang dan proses pengerjaan yang rumit, maka mesin ini sangat cocok untuk industri pengolahan tebu skala usaha kecil menengah. Mesin press tebu system mekanik tiga roll ini terdiri dari beberapa komponen yaitu rangka, penopang dudukan bearing, bak penampung nira tebu, poros penggiling satu, dua poros penggiling, motor listrik, v-belt, pulley, roda gigi dan saringan. Dengan komponen komponen diatas, mesin press tebu system mekanik tiga roll ini diharapkan mampu bekerja dengan baik.



Gambar 1



Gambar 1. Desain Mesin Peras Tebu

Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah benda yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor-motor listrik merupakan beban listrik yang cukup besar karena bersifat induktif, karena motor listrik dapat bekerja dengan memanfaatkan lilitan-lilitan yang ada didalamnya yang menghasilkan medan magnet apabila dialiri arus listrik [4]. Motor induksi fasa tunggal memiliki konstruksi sederhana

terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor yang berguna untuk menimbulkan GGL (gaya gerak listrik) sebagai akibat interaksi kumparan stator dan rotor yang disuplai tegangan bolak balik. Kecepatan (n) rotor dapat diperoleh dalam dua mode operasi yaitu pada mode medan putar reverse (ϕb), rotor berputar dengan slip (s) berpijak pada medan putar maju sehingga kecepatan putar medan maju [5]. Motor listrik biasanya digunakan sebagai penggerak mesin-mesin di industri. Motor listrik kadangkala disebut "Pekerjaan kuda"nya industri sebab diperkirakan bahwa motor menggunakan energi listrik sekitar 70% dari total energi listrik yang dikonsumsi oleh sebuah industri. Peningkatan efisiensi dari motor dapat dilakukan dengan merancang motor dengan material yang lebih baik [6]. Efisiensi maksimum adalah yang mendekati 75% pada beban nominal. Peningkatan efisiensi dari motor dapat dilakukan dengan merancang motor dengan material yang lebih baik. Jenis motor ini dikenal dengan nama motor efisiensi tinggi atau 10 motor premium. Namun, harga motor premium lebih mahal sekitar 10% - 30 % daripada motor listrik biasa [7].

1. Stator

Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar yang terletak pada bagian luar dan merupakan tempat mengalirkan arus beban. Stator terbuat dari besi bundar berlaminasi yang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi, tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120° . Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris. Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, dan belitan stator yang telah diletakkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.

2. Rotor

Rotor adalah bagian dari mesin yang berputar dan letaknya pada bagian dalam. Pada motor induksi terdapat dua tipe rotor yang berbeda yaitu rotor sangkar tupai dan rotor belitan. Kedua tipe rotor ini menggunakan laminasi melingkar yang terikat erat pada poros [8]. Pada dasarnya, prinsip kerja rotor terkait erat dengan hukum elektromagnetisme. Ketika arus listrik dialirkan melalui rotor, terjadi interaksi antara arus tersebut dan medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Menurut hukum Ampere, kawat yang membawa arus listrik akan mengalami gaya yang berinteraksi dengan medan magnet. Sebagai hasilnya, rotor akan mengalami gaya yang mendorongnya untuk berputar [9]. Oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai. Pada ujung cincin penutup dekatkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena

batangan dialiri arus yang besar pada tegangan rendah [10].

Prinsip Kerja Motor Listrik

Motor listrik bekerja berdasarkan prinsip dasar elektromagnetik, di mana interaksi antara medan magnet dan arus listrik dalam kumparan kawat menghasilkan gaya putar yang mendorong poros motor. Prinsip ini terdiri dari dua komponen utama dalam motor listrik: stator dan rotor. Prinsip kerja motor 1 phase adalah apabila pada kumparan diberikan arus listrik AC 1 phase maka akan membangkitkan medan magnet pada celah udara yang kosong pada stator dan rotor, medan magnet yang berputar bergerak memotong lilitan rotor sehingga pada rotor menginduksi medan magnet pada stator. Biasanya rotor berada pada dalam hubung singkat guna mendapatkan arus listrik, yang besarnya tergantung dari impedansi dan tagangan rotor [11]. Arah dari medan ini adalah seimbang dengan arah jarum kompas yang diletakkan di dalam medan tersebut. Ada dua jenis sumber magnet yang menghasilkan medan magnet yakni sumber alamiah dan sumber buatan [12].

Medan magnet merupakan medan gaya yang berada di sekitar benda magnetik atau di sekitar konduktor berarus. Medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis gaya magnet yang selalu keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet. Sementara di dalam magnet, garis-garis gaya magnet memiliki arah dari kutub selatan magnet ke kutub utara magnet. Garis-garis tersebut tidak pernah saling berpotongan. Kerapatan garis-garis gaya magnet menunjukkan kekuatan medan magnet. Jika dua buah magnet dengan kutub yang berbeda didekatkan maka akan memiliki medan magnet yang besar. Sementara itu, jika dua buah magnet yang memiliki kutub sejenis didekatkan maka tidak akan terjadi garis-garis gaya magnet yang membentuk medan magnet [13].

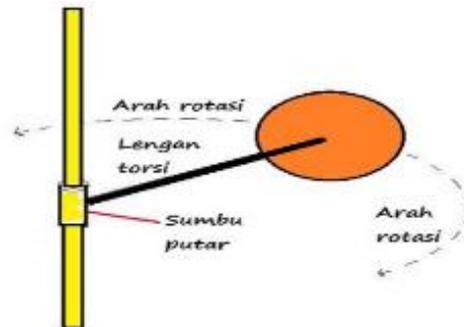
Prinsip kerja motor listrik dimulai dengan memberikan arus listrik pada koil stator. Arus ini menciptakan medan magnet yang menyebabkan rotor bergerak. Hukum Ampere menyatakan bahwa kawat yang membawa arus listrik akan menghasilkan gaya yang berinteraksi dengan medan magnet. Oleh karena itu, rotor yang membawa arus listrik akan mengalami gaya yang mendorongnya untuk berputar [14].

Torsi

Torsi merupakan konsep fisika yang mengacu pada gaya yang menyebabkan suatu benda untuk berputar sekitar sumbu tertentu. Istilah "torsi" sering digunakan secara bergantian dengan istilah "momentum sudut" atau "gaya" [15]. Ini adalah konsep yang penting dalam mekanika dan fisika, terutama dalam konteks sistem yang melibatkan rotasi. Torsi adalah gaya yang memutar atau gaya tumpu yang berusaha memutar suatu benda sekitar porosnya. Ini adalah konsep dalam fisika yang berkaitan dengan rotasi benda. Torsi diukur dalam

satuan Newton meter (Nm) dalam sistem metrik atau foot-pound (lb-ft) dalam sistem Imperial [16].

Perubahan beban yang cenderung naik melebihi kapasitas motor yang memengaruhi torsi mekanik yang dirasakan motor sehingga akan mempengaruhi kinerja motor pula, yang diantaranya adalah kecepatan dan arus motor. Semakin berat beban motor maka putaran motor akan menurun, sedangkan slip, torsi, arus semakin meningkat. Bila kondisi ini terus menerus berlangsung, maka akan memperpendek umur motor menjadi panas di sebabkan meningkatnya arus sehingga motor cepat rusak. Maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menaikkan daya (Dengan cara menukar motor dengan daya yang lebih besar) [17].



Gambar 2. Ilustrasi Torsi

Dalam beberapa kasus, misalnya pada motor listrik, torsi dapat dihitung sebagai produk dari gaya dan jarak atau lengan dari pusat rotasi motor. Misalnya, jika Anda memiliki motor listrik dengan gaya yang diterapkan di ujung poros, torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n}$$

Dimana:

T = Torsi motor (dalam lb-ft)

n = Kecepatan putar motor (rpm)

HP = Daya kuda motor (HP = 746 watt)

5250 = konstan

Matlab

Matlab adalah sebuah bahasa dengan kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. MATLAB mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk dipakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Penggunaan Matlab meliputi • Matematika dan komputasi • Pembentukan algoritma • Akuisisi data • Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototype • Analisa data, explorasi, dan visualisasi • Grafik keilmuan dan bidang rekayasa. Nama MATLAB merupakan singkatan dari matrix laboratory. Dalam lingkungan perguruan tinggi teknik, Matlab merupakan perangkat standar untuk memperkenalkan dan mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan keilmuan. Di industri, MATLAB merupakan perangkat pilihan

untuk penelitian dengan produktifitas yang tinggi, pengembangan dan analisisnya. Fitur-fitur MATLAB sudah banyak dikembangkan, dan lebih kita kenal dengan namatoolbox. Sangat penting bagi seorang pengguna MATLAB, toolbox mana yang mandukung untuk learn dan apply technology yang sedang dipelajarinya. Toolbox ini merupakan kumpulan dari fungsi-fungsi MATLAB (M-files) yang telah dikembangkan ke suatu lingkungan kerja MATLAB untuk memecahkan masalah dalam kelas particular [18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.

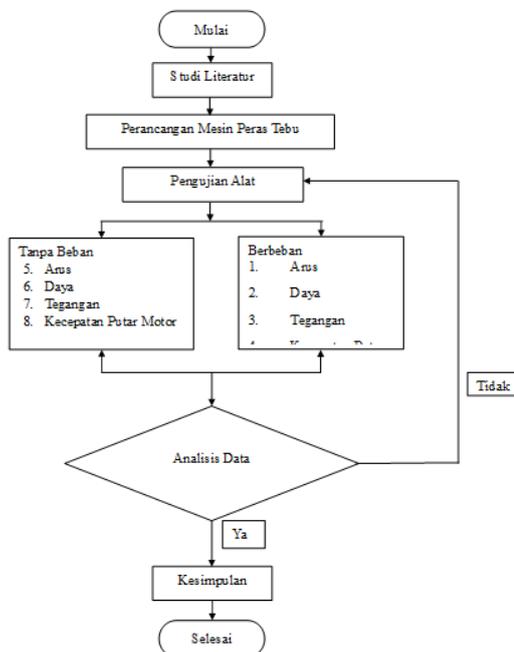
Pengambilan data

Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai pengamatan terhadap spesifikasi dari motor peras tebu untuk digunakan sebagai dasar dari penelitian yang akan dilakukan. data yang akan diambil meliputi

- Daya (W)
- Kecepatan putar motor (RPM)
- Arus (A)
- Tegangan (V)

B. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan mengambil data pengukuran dan disimulasi komputer untuk menunjukkan grafik pengaruh torsi terhadap kinerja motor dan dilakukan bertempat di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Berikut Diagram Alir Serta Proses Penelitian.



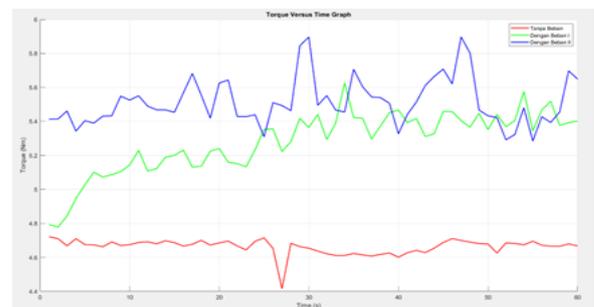
C. Hasil Penelitian

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan 3 variabel dan dilakukan dihari yang berbeda untuk mendapatkan nilai torsi. Adapun aspek pengujian berupa data tegangan, arus, daya, dan kecepatan putaran yang dihasilkan motor tersebut.

Tabel 1. Hasil Data

Pengujian	Rata-Rata Torsi (Nm)	Rata-Rata Tegangan (V)	Rata-Rata Arus (A)	Rata-Rata Daya (W)	Rata-rata Kecepatan Putar (RPM)
Tanpa Beban	4.661992154	209.7066667	3.496116667	733.1545317	1501.745
Beban I	5.279146322	212.9216667	3.86785	823.50425	1489.66
Beban II	5.514057867	210.7016667	4.0549	854.367285	1479.608333

Tabel diatas merupakan rata-rata hasil dari pengambilan yang dilakukan selama penelitian.



Gambar 3. Grafik Torsi Pada Percobaan

Pada diatas menunjukkan bahwa variasi yang signifikan dalam torsi yang diukur seiring waktu dan kondisi beban yang diberikan pada sistem. Torsi tanpa beban yang merupakan referensi awal, berkisar antara 4.61 Nm hingga 4.72 Nm. Namun, saat beban diperkenalkan, terjadi fluktuasi yang cukup besar dalam torsi yang dihasilkan. Torsi dengan beban I berkisar antara sekitar 4.77 Nm hingga 5.57 Nm dengan beberapa titik di mana torsi ini lebih rendah daripada torsi tanpa beban dan pada titik lainnya torsi ini dapat melampaui torsi tanpa beban. Sementara itu, torsi dengan beban II berkisar antara sekitar 5.28 Nm hingga 5.90 Nm dengan kecenderungan umum bahwa torsi ini lebih tinggi daripada torsi dengan beban I.

Variasi dalam torsi motor mencerminkan faktor yang memengaruhi kinerja motor dan ketidakstabilan kurva dalam menangani tebu dikarenakan motor terhubung dengan mesin peras menggunakan belting dan adanya perbedaan kepadatan ataupun ruas pada batang tebu menjadikan kurva berfluktuasi.

Perbedaan kurva pada tiap percobaan menunjukkan bahwa ukuran diameter dan kepadatan batang tebu dapat menyebabkan torsi mengalami fluktuasi yang dapat memiliki implikasi langsung pada efisiensi dan produktivitas dalam proses peremasan tebu secara keseluruhan. Kesimpulan dituliskan dalam bentuk narasi, bukan dalam bentuk *itemize*. Jika ada gambaran untuk pengembangan penelitian pada masa yang akan datang, dapat dituliskan juga pada bagian ini.

KESIMPULAN

1. Hubungan antara tegangan dan arus terhadap torsi yang dihasilkan oleh mesin peras tebu yaitu rata-rata arus meningkat saat beban diberikan pada mesin, yang juga diikuti dengan peningkatan torsi. Nilai data menunjukkan bahwa mesin memiliki tegangan rata-rata sebesar 209.71 V dan arus rata-rata sebesar 3.50 A yang menghasilkan torsi rata-rata sebesar 4.66 Nm. Namun saat beban diberikan terjadi peningkatan yang signifikan pada nilai arus dan torsi, sementara tegangan cenderung tetap yaitu pada Beban I nilai arus meningkat menjadi 3.87 A dan torsi rata-rata mencapai 5.28 Nm. Demikian dengan Beban II nilai arus dan torsi lebih tinggi lagi, mencapai 4.05 A dan 5.51 Nm secara berturut-turut.
2. Kecepatan rotasi dan daya aktif memiliki hubungan langsung dengan torsi karena ketika beban dan kecepatan rotasi meningkat maka daya aktif dan torsi meningkat. Dari data yang didapat, nilai daya aktif meningkat seiring dengan peningkatan beban. Pada kondisi tanpa beban mesin mencapai rata-rata kecepatan putar sebesar 1501.75 RPM dan rata-rata daya sebesar 733.15 W. Namun pada kondisi Beban I dan Beban II, meskipun kecepatan putar sedikit menurun daya aktif meningkat menjadi 823.50 W dan 854.37 W secara berturut-turut.
3. Perbedaan torsi dapat dilihat dari data bahwa rata-rata torsi meningkat dari kondisi tanpa beban ke kondisi berbeban. Ini menunjukkan bahwa mesin menghasilkan lebih banyak torsi untuk mengatasi beban yang diberikan dengan nilai rata-rata torsi pada kondisi tanpa beban adalah sekitar 4.662 Nm, sementara pada kondisi berbeban (Beban I dan Beban II), meningkat sekitar 5.279 Nm dan 5.514 Nm berturut-turut. Jadi, terdapat peningkatan torsi sekitar 0.617 Nm (untuk Beban I) dan 0.852 Nm (untuk Beban II) saat mesin peras tebu diberi beban dibandingkan dengan kondisi tanpa beban. Variasi dalam torsi motor mencerminkan faktor yang memengaruhi kinerja motor dan ketidakstabilan kurva dalam menangani tebu dikarenakan adanya perbedaan kepadatan ataupun ruas pada batang tebu menjadikan kurva berfluktuasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rimbawati, N. Ardiansyah, and N. Evalina, "Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan pada PLTB Menggunakan Potensio DC," *Semnastek Uisu*, p. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [2] R. Evizal, "Perkebunan Tebu," *Pengelolaan Perkeb. Tebu*, pp. 1–233, 2018.
- [3] J. D. Sibarani, G. M. C. Mangindaan, and A. H. J. Ontowirjo, "Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab," pp. 1–11, 2020, [Online]. Available: <http://repo.unsrat.ac.id/id/eprint/2768>
- [4] Suyadi, Sunarto, and F. N. Rachman, "Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Puter Dengan Pengaduk Dan Penggerak Motor Listrik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 41–46, 2014.
- [5] U. Gunadarma, "PERFORMA MOTOR INDUKSI SATU FASA MENGGUNAKAN," vol. 6, 2022.
- [6] M. Zulhadi, Atmam, and E. Zondra, "Analisis Perubahan Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Baja Diva Manufacture," *Semin. Nas. Cendekiawan ke 5 Tahun 2019*, vol. 1, no. 65, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwim14Lu4_rtAhVQbn0KHb bTD0oQFjACegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Ftrijurnal.lemlit.trisakti.ac.id%2Fsemnas%2Farticle%2Fdownload%2F5748%2F4506&usg=AOvVaw0iKrK_yW5arYeLXE1qcDcr
- [7] M. Adam, P. Harahap, B. Oktrialdi, and R. Herlambang, "Analisis Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Softstarter dan Inverter," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, pp. 81–87, 2021, doi: 10.53695/jm.v2i2.603.
- [8] O. Hikmawan, M. Naufa, and B. M. Indriani, "The Effect of rotor distance on seed cracking efficiency at Ripple Mill station in palm oil Factory," *J. Tek. dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 14–21, 2021.
- [9] P. A. Paristiawan, S. Mikro, and B. Laterit, "V11 n2," *Pengaruh Variasi Persentase Reduksi Pada Proses Pengerolan Panas Terhadap Sifat Mek. Dan Strukt. Mikro Baja Laterit*, no. August, pp. 297–305, 2020, [Online]. Available: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/search/authors/view?givenName=SinggihDwi&familyName=Prasetyo&affiliation=MahasiswaS1%0D%0AUniversitasSebelasMaret%0D%0AJurusanTeknikMesin&country=ID&authorName=Prasetyo%2C%20SinggihDwi>
- [10] J. Barta, N. Uzhegov, P. Losak, C. Ondrusek, M. MacH, and J. Pyrhonen, "Squirrel-Cage Rotor Design and Manufacturing for High-Speed Applications," *IEEE Trans. Ind.*

- Electron.*, vol. 66, no. 9, pp. 6768–6778, 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2879285.
- [11] Z. Abidin, T. Priangkoso, and Darmanto, “Pengujianperformance Motor Listrik Ac 3 Fasa Dengan Daya 3 Hp Menggunakan Pembebanan Generator Listrik,” *ft-UNWAHAS SEMARANG*, vol. 09, pp. 33–34, 2013, [Online]. Available: <https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/view/846/958>
- [12] S. Prodi, T. Fisika, F. Teknik, and U. Telkom, “3 1,2,3,” vol. 7, no. 2, pp. 4499–4508, 2020.
- [13] J. T. Mardawan, N. Fitriyanti, and R. A. Salam, “Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Dengan Metode Hukum Biot-Savart Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sumber Arus Terkontrol Design A Magnetic Field Gauge With A Microcontroller-Based Biot-Savart Legal Method Using A Controlled Current Source,” vol. 10, no. 1, pp. 133–140, 2023.
- [14] R. T. Jurnal, “Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Pemakaian Bahan Bakar Motor Konvensional Dengan Motor Listrik Ulc Pln Area Cengkareng,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 64–69, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.329.
- [15] D. Rohman Nurdiansyah, S. Aditya Putra, R. Azimansyah, B. Dwi Kurniawan, A. Dasilva Rustandy Putra, and Mh. Fatkhurahman, “Pengaruh Daya Dan Torsi Untuk Performa Sebuah Mesin Effect of Power and Torque the Performance of a Machine,” *J. Tek. Otomotif*, p. 7, 2017, [Online]. Available: <https://osf.io/twyrq/download>
- [16] W. Dsl and D. N. K. Hardani, “Analisis Torsi dan Efisiensi pada Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar,” *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 19, no. 2, p. 79, 2018, doi: 10.30595/techno.v19i2.3070.
- [17] Y. Oktariani, “Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase,” *Inst. Teknol. Padang*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2016.
- [18] T. Andani, F. H. Badruzzaman, and E. Harahap, “Operasi Matriks Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan MATLAB Matrix Operations as Learning Media Using MATLAB,” *J. Pendidik. Mat.*, vol. 19, no. 2, pp. 33–45, 2020.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Alviaan Trinanda Harahap
Tempat/Tanggal Lahir : Pematang Siantar/ 23 Januari 2001
Jenis kelamin : Laki - Laki
Umur : 23 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tinggi Badan / Berat Badan : 171 cm / 69 kg
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jalan Klambir V Ulayat D No. A-334
No Hp : 0851-5636-4709
Email : alviaantrinanda2301@gmail.com

Latar Belakang Pendidikan

TK Kartika 1-10 Pematang Siantar : Tahun 2006 - 2007
SDN 124399 Pematang Siantar : Tahun 2007 - 2013
SMPN 40 Medan : Tahun 2013 - 2016
SMAN 15 Medan : Tahun 2016 - 2019
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Teknik Elektro : Tahun 2020 - 2024