

STUDI PENINGKATAN UNJUK KERJA MOTOR DC DENGAN PENGULUNGAN ULANG METODE MEMUSAT

Eva Kurnia Yulyawan¹, Mas Ahmad Baihaqi², Misdiyanto³,
Dani Hari Tunggal Prasetyo⁴

^{1,2,3} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

⁴ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga
Jalan Yos Sudarso, No. 107, Pabean, Dringu Probolinggo, Jawa Timur

Email: evak@upm.ac.id

ABSTRACT

DC motor is an electromagnetic device that converts electrical energy into mechanical energy. Maintenance is one of the important factors to maintain the performance of a DC motor, because the damage to a DC motor is usually caused by three things including environmental factors, mechanical factors and electrical factors. The purpose of this research is to improve the performance of the DC motor and to determine its effect on the rotation (RPM) which previously experienced a decrease in performance due to damage to some of the windings, where if the DC motor is overloaded and continues to operate it will cause the winding of the DC motor to burn. And this condition requires replacing it by rolling a new winding so that the DC motor can still be used. Changes in the construction of the windings of a DC motor affect the resistance of the windings which in turn will change the performance of the motor. The DC motor test before rewinding using a voltage of 48 volts has a rotational speed of 70 Rpm. And after rewinding using the same voltage of 48 volts, the rotational speed becomes 300 RPM.

Keywords: DC motor, Rewinding, Centering Method

ABSTRAK

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Maintenance merupakan salah satu faktor yang penting untuk mempertahankan performa kinerja motor DC, karena kerusakan – kerusakan motor DC biasanya disebabkan oleh tiga hal diantaranya faktor lingkungan, faktor mekanikal dan faktor elektrikal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperbaiki kinerja motor DC dan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap putaran (RPM) yang sebelumnya mengalami penurunan kinerja karena mengalami kerusakan pada sebagian lilitan, dimana jika motor DC tersebut mengalami kelebihan beban dan tetap dioperasikan maka akan menyebabkan terbakarnya lilitan dari motor DC tersebut. Dan kondisi ini mengharuskan untuk melakukan penggantian dengan melakukan penggulungan lilitan baru agar motor DC tetap bisa digunakan. Perubahan konstruksi pada lilitan motor DC berpengaruh terhadap besar tahanan lilitan yang pada akhirnya nanti akan mengubah kinerja motor. Uji motor DC sebelum dilakukan penggulungan ulang menggunakan tegangan sebesar 48 volt mempunyai kecepatan putar 70 RPM. Dan sesudah dilakukan penggulungan ulang dengan menggunakan tegangan yang sama sebesar 48 volt, kecepatan putar menjadi 300 RPM.

Kata kunci: Motor DC, Penggulungan ulang, Metode memusat

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi sarana transportasi diikuti dengan melonjaknya harga bahan bakar serta menipisnya cadangan energi

maka diperlukan langkah serius untuk mengatasi hal tersebut[1]. Langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah pengembangan teknologi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan [2-3]

Pada saat ini pengembangan teknologi dan penelitian terhadap alat transportasi banyak dilakukan. Salah satu pengembangan riset dan teknologi transportasi adalah penelitian tentang mobil sel surya. Mobil sel surya memanfaatkan panel surya sebagai elemen aktif untuk mendapatkan energi listrik melalui proses efek *photovoltaic* [4–6]. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disimpan pada baterai. Energi yang tersimpan pada baterai digunakan untuk memutar motor DC sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh motor DC (*Direct Current*) untuk menggerakkan poros-poros pada mobil sel surya. Poros-poros yang bergerak menghasilkan sumber energi gerak pada mobil sel surya.

Penggunaan mobil sel surya memiliki manfaat seperti ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak bumi (BBM)[7]. Penggunaan motor DC saat ini tidak lepas dari perkembangan teknologi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil [8]. Hal ini dikarenakan motor DC dapat digunakan sebagai penggerak pada alat transportasi [9]. Selain tidak menimbulkan polusi udara, motor DC memiliki konstruksi sederhana, jika dibandingkan alat penggerak lainnya [10]. Hal ini dikarenakan sistem kontrol motor DC memiliki komponen yang sederhana.

Motor DC merupakan rangkaian sistem listrik dari perangkat elektro magnetis yang dapat mengkonversi bentuk energi dari energi listrik menjadi energi mekanik [11]. Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat, hal ini menjadi inovasi produk teknologi pada bidang transportasi. Inovasi kemunculan produk teknologi tersebut tidak dapat dipisahkan dengan penggunaan motor DC yang akan dikembangkan dimasa mendatang. Salah satu aplikasi motor DC dapat dikembangkan pada bidang transportasi [12]. Oleh karena itu digunakanlah motor DC sebagai sumber energi mekanik pada mobil sel surya.

Motor DC sebagai sumber energi mekanik untuk memutar poros pada elemen mesin mobil sel surya. Karena menjadi sumber energi mekanis pada mobil sel surya, oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut pada motor DC. Penelitian lanjut tersebut dilakukan dengan cara melakukan proses penggulangan ulang pada rotor. Hal ini dikarenakan motor DC yang telah digunakan dengan jangka waktu yang lama mengalami penurunan performa. Rotor merupakan salah satu komponen yang bergerak

dari sistem elektromagnetik pada motor listrik. Gerak rotasi oleh rotor disebabkan oleh interaksi antara lilitan dan medan magnet sehingga menghasilkan torsi pada poros rotor. Oleh karena itu diperlukan penelitian terhadap penggulangan ulang pada belitan rotor.

Motor DC yang digunakan pada penelitian adalah motor DC yang mengalami penurunan performa kinerja dan bukan dikarenakan faktor umur. Penurunan performa kinerja ini umumnya disebabkan oleh beberapa hal diantaranya faktor lingkungan, faktor mekanikal dan faktor elektrik. Khusus kerusakan akibat faktor elektrik umumnya terletak pada lilitan (*winding*). *Winding* disebabkan oleh kelebihan beban pada motor (*overload*) saat dioperasikan sehingga menyebabkan lilitan pada bagian rotor mengalami konsleting/terbakar. Hal ini mengharuskan untuk melakukan *maintenance*/penggantian pada lilitan rotor lama dengan lilitan yang baru sehingga motor DC dapat digunakan. *Maintenance* lilitan motor DC akan berpengaruh terhadap unjuk kinerja motor DC.

2. METODE PENELITIAN

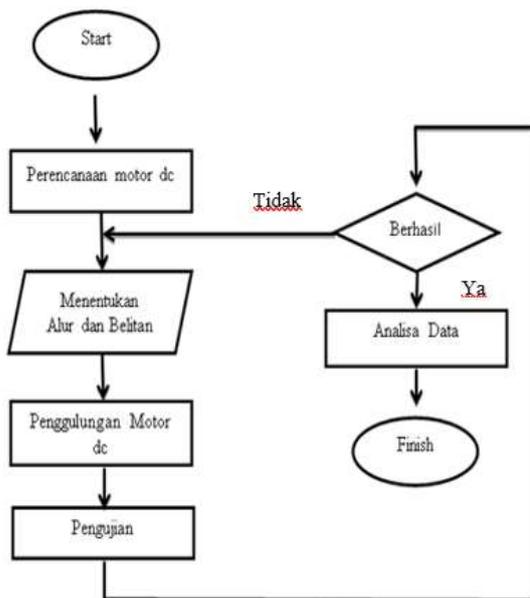
Proses *rewinding* adalah proses penggulangan kumparan pada stator dan rotor. Proses *rewinding* dilakukan ketika unjuk kerja motor DC tidak dapat optimal dan tidak dapat digunakan lagi. Hal yang harus dilakukan pada motor DC yang tidak optimal adalah proses *dismantling*. Pada proses *dismantling* kumparan yang terbakar dipotong dan diganti dengan lilitan tembaga yang baru. Dalam proses ini diperlukan ketelitian karena jika dalam menghitung dan memasang kumparan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan maka motor akan bekerja abnormal dan harus dililit ulang kembali. Proses penggulangan kumparan yang baru menggunakan beberapa alat bantu sehingga mempermudah proses pengerjaan dan meningkatkan ketelitian.

Motor DC pada mobil sel surya menggunakan sumber tegangan yang berasal dari baterai / aki. Aki yang digunakan sebanyak empat buah dengan total tegangan sebesar 24 Volt – 48 Volt. Unjuk kerja kumparan pada motor DC sebelum di uji menjadi acuan sebagai data pembandingan setelah proses *rewinding*.

Penelitian unjuk kerja motor DC dilakukan dengan membandingkan *output* RPM motor yang dihasilkan sebelum dan sesudah dilakukan proses penggulangan ulang.

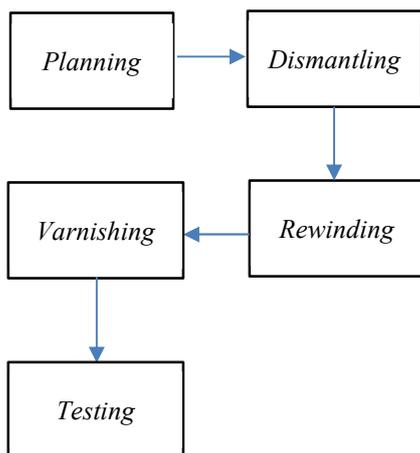
- *Flowchart* penelitian

Studi Peningkatan Unjuk Kerja Motor DC ...



Gambar 1. Flowchart penelitian

Tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 dan dijelaskan pada subbab sebagai berikut:



Gambar 2. Tahap penelitian

A. Planning

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal yaitu:

- Melakukan pengecekan spesifikasi dari motor listrik.
- Melakukan pengecekan komponen pada motor listrik.
- Merekondisi atau memperbaiki komponen pada motor listrik.
- Menulis *Work Order* untuk proses *dismantling*.

Setelah proses *planning* dilakukan, maka dilanjutkan dengan proses *dismantling* untuk proses *maintance* dan proses penggulungan ulang lilitan rotor pada motor DC. Hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan pada saat motor DC siap digunakan.

B. Dismantling

Setelah kelengkapan motor dilakukan pengecekan yang sesuai dengan *Work Order*, kemudian dilanjutkan dengan menentukan kondisi motor DC. Spesifikasi kondisi seperti direkondisi atau harus diperbaiki. Cara pengecekan awal dilakukan dengan mengukur tahanan pada terminal motor, apabila tahanan masih kondisi normal maka tidak perlu dilakukan proses *rewinding*. Hasil pengukuran tahanan dapat disimpulkan apakah motor tersebut terbakar atau tidak, jika tahanan dalam dan tahanan isolasinya mendekati 0 (nol) dapat dipastikan motor tersebut sudah terbakar. Setelah diukur tahanannya, maka proses *dismantling*/pembongkaran dilakukan. Pembongkaran pada stator, rotor, bearing, lilitan dan bagian lainnya dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada motor. Hal yang sering terjadi adalah terbakarnya lilitan motor sehingga motor tidak dapat bekerja.

C. Rewinding

Pada tahap *rewinding*/proses menggulung ulang lilitan atau kumparan stator pada motor listrik. Proses *rewinding* dilakukan pada motor listrik yang terbakar. Lilitan yang terbakar biasanya tidak dapat digunakan kembali sehingga harus dipotong pada tahap *dismantling* dan dibuat susunan kawat yang baru.

Sebelum melakukan proses *rewinding*, diperlukan pencatatan data tentang cara penggulungan motor listrik sehingga dapat diketahui jenis kumparan. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa jenis kumparan sehingga cara menggulung/melilit berbeda-beda pada setiap jenis motor listrik. Selain itu diperlukan cara penentuan sambungan antara sambungan seri, parallel, seri parallel dan dahlander. Cetakan bentuk (panjang dan lebar) dari kumparan dibuat dengan cara meletakkan kawat tembaga ke slot alur motor. Kemudian cetakan yang telah dibuat digunakan untuk mengatur panjang dan lebar. Ujung-ujung kumparan diberi tanda dengan huruf-huruf **A**, **B**, **a** dan **b**. bila pangkal diberi tanda **A** maka ujungnya **a**, pangkal **B** ujungnya **b**.

- Langkah kumparan di beri tanda Y_s
 $Y_s = G/2p$
 G = Jumlah alur pada stator
 P = Jumlah pasang kutub
- Jumlah kumparan tiap kelompok (q)
 $Q = G/2p.m$
 m = fasa
- Jumlah kumparan dalam satu kutub (K)
 $K = G/2p$

Studi Peningkatan Unjuk Kerja Motor DC ...

4. Jarak lubang alur diukur dalam derajat radian (KAR)
 $KAR = 360^\circ/G$
5. Jarak lubang alur dalam derajat listrik (KAL)
 $KAL = KAR \cdot p$
6. Kaisar fasa/jarak fasa pertama dengan berikutnya (Kp)
 $Y_s = 90^\circ/KAL$

Alur yang digunakan untuk stator 24 alur dengan 2 pasang (4) buah kutub yaitu :

$$Y_s = G/2p = 24/4 = 6$$

Langkah belitan adalah 1 -7
 $Q = G/2p.m = 24/4.2 = 3$

Berarti jumlah kumparan tiap kelompok adalah 3.

$$K = G / 2p = 24/4 = 6$$

Tiap kutub terdiri dari 6 kumparan

$$KAR = 360/G = 360/24 = 15 \text{ radian}$$

Jarak antar alur 15 radian

$$KAL = KAR \cdot p = 15 \cdot 2 = 30 \text{ listrik}$$

$$Kp = 90/KAL = 90/30 = 3$$

fasa pertama di mulai dari alur 1 maka fasa kedua dari alur ke 4. Daftar belitannya sebagai berikut:

I 1-7 II 21-15 I

I 4-10 II 24-18 I

A I 2-8 II 20-14 I a

B I 5-11 II 23-17 I b

I 3-9 II 19-13 I

I 6-12 II 22-16

D. Varnishing

Setelah proses *rewinding*, dilanjutkan proses *varnishing* pada kumparan yaitu perendaman stator atau rotor pada cairan yang berfungsi sebagai isolasi.

E. Assembling

Tahap assembling ini merupakan tahap pemasangan kembali peralatan motor listrik yang telah diperbaiki seperti semula. Pada tahap ini diperlukan juga ketelitian dalam hal pemasangan kembali komponen - komponen motor induksi yang telah di bongkar dan juga telah selesai di *rewinding*.

F. Testing

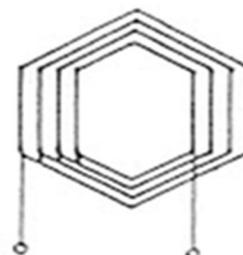
Tahap testing merupakan tahap terakhir untuk proses perbaikan motor, dimana setiap motor listrik yang sudah dipasang perengkapannya pada bagian *assembling* akan di test sesuai dengan karakteristiknya. Dalam testing hal - hal yang perlu diperhatikan dan diukur yaitu :

1. Tahanan isolasi masing masing fasa dengan *ground*

2. Tahanan isolasi antar fasa dengan fasa Tahanan dalam
3. Tahanan dalam thermis gulungan dan bearing
4. Tes tanpa beban

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kumparan dalam motor DC pada penelitian ini menggunakan metode memusat. Sistem kumparan memusat banyak digunakan untuk motor listrik dengan kapasitas kecil. Tetapi ada juga secara khusus motor-motor dengan daya kecil yang menggunakan kumparan dengan tipe spiral.



Gambar 2. Metode kumparan memusat

Tabel 1. Alur jumlah lilitan pada penggulangan sebelum digulung ulang

Alur	Lilitan
1-7, 21-15	70
4-10, 24-18	70
2-8, 20-14	70
5-11, 23-17	70
3-9, 19-13	70
6-12, 22-16	70

Setelah pengukuran dan didapatkan semua data pada motor awal (sebelum penggulangan ulang), maka data awal ini akan dijadikan data uji untuk perbandingan dengan data setelah rotor digulung ulang.

Tabel 2. Alur jumlah lilitan pada penggulangan sesudah digulung ulang

Alur	Lilitan
1-7, 21-15	24
4-10, 24-18	24
2-8, 20-14	24
5-11, 23-17	24
3-9, 19-13	24
6-12, 22-16	24

. Berikut adalah spesifikasi motor DC sebelum motor DC dilakukan penggulangan ulang.:

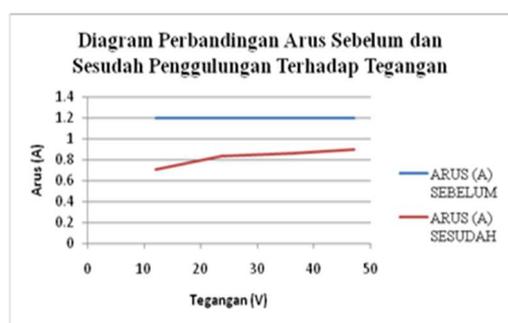
- BALDOR industrial motor
- SER. NO B1407255228
- Tegangan maksimal 180 VDC
- Arus maksimal 74 A

Studi Peningkatan Unjuk Kerja Motor DC ...

- 250 Rpm
- Torque 30
- Ratio 10:1

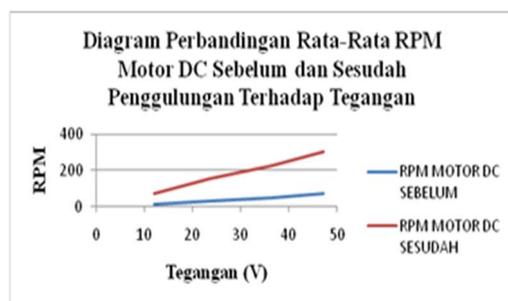
Penggulungan ulang dilakukan dengan perbandingan 1:4 dengan metode memusat. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja putaran motor DC dengan spesifikasi Tegangan maksimal 180 VDC, Arus maksimal $74 \text{ A} / 4 = 18,5 \text{ A}$, $250 \text{ RPM} \times 4 = 1000 \text{ RPM}$, Torque 30 dan Ratio 10:1.

Dari data pengujian diatas kecepatan motor DC setelah digulung ulang menjadi 40% lebih besar dari motor DC sebelum digulung. Jadi performa motor DC lebih baik dari sebelumnya.



Gambar 3. Perbandingan rata-rata tegangan (V) terhadap arus (A) sebelum dan sesudah penggulangan ulang.

Pada Gambar 3 dapat diamati hubungan antara tegangan (V) dengan arus (A). Hubungan tegangan dan arus terjadi peningkatan pada arus seiring dengan bertambahnya tegangan. Hal ini dapat dilihat pada garis merah, terjadi peningkatan arus sesudah penggulangan ulang pada rotor. Namun pada motor listrik sebelum dilakukan penggulangan, nilai tegangan selalu konstan dan tidak terjadi peningkatan arus.



Gambar 4. Perbandingan arus motor DC terhadap tegangan sebelum dan sesudah penggulangan ulang.

Pada Gambar 4 dapat diamati hubungan tegangan dengan putaran motor (Rpm) yang dihasilkan. Putaran motor yang dihasilkan antara sebelum dan sesudah penggulangan terjadi

perbedaan. Putaran motor setelah dilakukan penggulangan ulang pada rotor menghasilkan nilai tertinggi jika dibandingkan dengan putaran motor sebelum penggulangan. Hal ini dapat diamati pada Gambar 4 garis merah menunjukkan nilai Rpm meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan. Uji motor DC sebelum dilakukan penggulangan ulang menggunakan tegangan sebesar 48 volt mempunyai kecepatan putar 70 Rpm. Dan sesudah dilakukan penggulangan ulang dengan menggunakan tegangan yang sama sebesar 48 volt, kecepatan putar menjadi 300 Rpm. Hal ini dapat dilihat pada garis merah yang merupakan RPM motor setelah dilakukan penggulangan. Sebelum dan sesudah penggulangan ulang pada rotor dapat diamati perbedaan arus yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian motor DC setelah dilakukan penggulangan ulang mampu meningkatkan kemampuan unjuk kerja RPM nya. Dengan diberi tegangan maksimal 48V, motor DC awal (sebelum digulung ulang) hanya memiliki kecepatan 70 RPM. Setelah dilakukan penggulangan ulang dan dengan diberi tegangan yang sama yaitu 48V motor DC mempunyai kecepatan 300 RPM.

Dengan meningkatnya RPM, maka arus yang mengalir pada motor DC juga mengalami peningkatan suhu namun panas dari motor DC masih dapat dikategorikan dalam kondisi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. T. Prasetyo dan D. Wahyudi, "Analisis Pengaruh Pipa Inner Sebagai Katalis Metanol Dengan Memanfaatkan Energi Panas Yang Terbuang," vol. 5, hal. 7-13, 2022.
- [2] D. H. T. Prasetyo, D. Wahyudi, dan A. Muhammad, "The Effect of Biogas Purification Process Using Calcium Oxide-Based Sorbents on the Diffusion Flame Combustion Characteristics (Pengaruh Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Kalsium Oksida Terhadap Karakteristik Pembakaran Api Difusi)," vol. 4, no. 3, 2021.
- [3] "The Effect of Nitrogen on Methane Gas Flame Propagation Characteristic in Premix Combustion," *JEMMME (Journal Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 6, hal. 135-140, 2021.
- [4] S. Hidayat, "Pengisi Baterai Portable

Studi Peningkatan Unjuk Kerja Motor DC ...

- dengan Menggunakan Sel Surya,” *J. Energi dan Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, hal. 137–143, 2015.
- [5] D. Prasetyo, D. Wahyudi, dan M. Noor, “Pelatihan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Lampu Penerangan Jalan,” *J. Pengabd. Masy.*, vol. 6, no. 2, hal. 237–243, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://publikasi.polije.ac.id/index.php/j-dinamika/article/view/2662>
- [6] J. Mesin, O. Politeknik, dan N. T. Laut, “Pengaplikasian Panel Surya Pada Mobil Listrik Rusuminto Syahyuniar,” vol. 3, no. 1, hal. 10–17, 2016.
- [7] A. Surapati dan I. Priyadi, “Rancang Bangun Mobil Hybrid (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Zero Pollution,” *J. UMJ*, hal. 1–6, 2017.
- [8] N. Nugroho dan S. Agustina, “Analisa Motor Dc (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik,” *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, hal. 28–34, 2015.
- [9] R. Hartono, M. F. Noor, dan E. Kurnia Y, “Perancangan dan Pembuatan Mobil Sel Surya Menggunakan Motor DC Magnet Permanen,” *Energy*, vol. 6, no. 1, hal. 37–42, 2016, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.upm.ac.id/index.php/energy/article/view/152>
- [10] A. Kuswardana, “Analisis Sistem Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Dengan Kapasitas Satu Penumpang,” *Univ. Negeri Semarang*, no. motor bakar, hal. 45–47, 2016.
- [11] I. N. Bagia dan I. M. Parsa, *MOTOR-MOTOR LISTRIK*. Kupang: CV. Rasi Terbit, 2018.