

Analisa Efisiensi Gearbox pada Motor Penggerak Listrik Kapal Nelayan

Petra Yericen¹, Faisal Mahmuddin^{1,*}, Syerly Klara¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Jalan Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan

*Email: f.mahmuddin@gmail.com

Abstrak

Gearbox berfungsi sebagai alat untuk melambatkan putaran motor listrik, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menyesuaikan putaran serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisa masalah efisiensi dari *gearbox* sebagai sistem penunjang dalam pengoperasian motor listrik. Pada penelitian dilakukan beberapa variasi tegangan listrik yaitu 60, 110, 160, dan 210 Volt. Pengambilan data juga dilakukan dengan menggunakan beban (air) dan tanpa beban. Dari hasil analisa didapatkan hasil bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan pada motor listrik maka semakin besar nilai efisiensi yang didapatkan dimana pada kondisi tanpa beban saat tegangan 210 volt nilai efisiensi gearbox sebesar 99,870%, pada saat kondisi dengan beban (air) saat tegangan 210 volt nilai efisiensi gearbox sebesar 98,887%. Semakin kecil tegangan semakin besar torsi yang dihasilkan dimana pada kondisi tanpa beban saat tegangan 60 volt torsi poros *propeller* sebesar 1.809 Nm, pada kondisi dengan beban (air) saat tegangan 60 volt 3.361 Nm.

Abstract

Analysis of Gearbox Efficiency on Fishing Boat Electric Drive Motors. The gearbox functions as a tool to slow down the rotation of the electric motor, so it is hoped that it can be used to adjust the rotation and change the power or torque of the rotating motor into greater power. This research also aims to analyze the efficiency problem of the gearbox as a supporting system in the operation of electric motors. In the research experiment, several variations of electrical voltage were carried out, namely 60, 110, 160, and 210 Volts. Data collection was also carried out using a load (water) and without a load. From the results of the analysis, it was found that the higher the electrical voltage given to the electric motor, the greater the efficiency value obtained, where in no-load conditions when the voltage is 210 volts, the gearbox efficiency value is 99.870%, in conditions with a load (water) when the voltage is 210 volts, the gearbox efficiency value is 98.887%. The smaller the voltage, the greater the torque produced, where in no-load conditions when the voltage is 60 volts, the propeller shaft torque was 1,809 Nm, in conditions with a load (water) when the voltage was 60 volts, it is 3,361 Nm.

Kata Kunci: Motor listrik; gearbox; tegangan listrik; efisiensi, torsi motor

1. Pendahuluan

Dalam pengoperasiannya, kapal membutuhkan daya yang sangat besar sehingga menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama. Kapal beroperasi dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga menghabiskan bahan bakar yang banyak (*diesel oil*), yang mana kita ketahui Solar (*diesel oil*) merupakan bahan bakar fosil yang akan habis suatu saat nanti, serta menghasilkan polusi udara yang cukup besar [1].

Dengan menggunakan mesin diesel, kebutuhan *diesel oil* sebagai bahan bakar sangat besar, sedangkan harga bahan bakar juga semakin naik. Melihat kondisi tersebut perlu dilakukan suatu terobosan untuk mencari solusi bagi para nelayan

agar mereka bisa terlepas dari masalah tersebut, dan bisa terlepas dari ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satu solusi yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan menggunakan motor listrik. Dengan menggunakan motor listrik dinilai dapat mengurangi beban tersebut dengan mempertimbangkan dari segi ekonomis dan ketersediaan bahan bakarnya [2].

Untuk mendukung pengoperasian *main engine* termasuk pada kapal dengan motor listrik dibutuhkan suatu mesin yang berfungsi sebagai penghantar daya ke *propeller* di atas kapal, mesin tersebut dinamakan *gearbox*. *Gearbox* memiliki fungsi sebagai pemindah tenaga penggerak (mesin diesel atau dinamo motor elektrik) ke mesin yang ingin digerakkan. Setidaknya

ada dua alasan kunci mengapa penggunaan *gearbox* dalam dunia permesinan memegang peranan penting. Pertama, fungsi *gearbox* utamanya adalah memperlambat kecepatan putaran yang dihasilkan dari perputaran *dynamo* motor atau mesin diesel. Kedua adalah untuk memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan oleh *dynamo* atau diesel [3].

Untuk menunjang operasional kapal tersebut, maka diperlukan *gearbox* sebagai alat untuk memperlambat putaran motor listrik, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menyesuaikan putaran serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa masalah efisiensi dari *gearbox* sebagai sistem penunjang dalam pengoperasian motor listrik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gearbox

Worm gear speed reduce adalah komponen utama motor yang diperlukan untuk menyalurkan daya atau torsi (*torque*) mesin ke bagian mesin lainnya, sehingga unit mesin tersebut dapat bergerak menghasilkan sebuah pergerakan baik putaran maupun pergeseran, serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar [5].

Roda gigi merupakan bagian dari mesin yang mengalami perputaran serta memiliki bentuk lingkaran yang memiliki beberapa gigi yang bersinggungan. Roda gigi memiliki fungsi sebagai mentransmisikan kecepatan, membalikan putaran hingga berfungsi sebagai menaikkan dan menurunkan kecepatan [6].

Nilai efisiensi gearbox didapatkan dengan mencari nilai RPM ideal Poros propeller pada setiap titik tegangan listrik dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Rpm\ ideal = \frac{Rpm\ Poros\ Motor}{Ratio\ Gearbox} \dots\dots\dots(1)$$

Setelah didapatkan nilai rpm ideal poros propeller selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi pada setiap titik tegangan listrik. Untuk menghitung efisiensi putaran poros propeller adalah dengan membandingkan rpm poros propeller dengan rpm ideal poros propeller [7].

$$\eta = \frac{Rpm\ Poros\ Propeller}{Rpm\ Ideal\ Poros\ Propeller} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Dalam penelitian ini juga menggunakan alat penelitian berupa *gearbox*, motor listrik sebagai penggerak, dan *voltage regulator* sebagai alat pengatur tegangan listrik.

Spesifikasi *gearbox* dan gambar instalasi sistem pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gearbox WPA

Spesifikasi gearbox

- Merk : HRF
- Size : 60
- Ratio : 30:1
- Input shaft : 12 mm X 40 mm
- Output shaft: 22 mm X 50 mm
- Dimensi : 198 mm X 168 mm X 204 mm

2.2 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Pada motor listrik, tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa kutub dari magnet yang Senama akan tolak-menolak dan kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap [8].

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini biasanya digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan *compressor*, menggerakkan *conveyor*, mengangkat bahan, dan lain-lain. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik [9].

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan [10].

Daya listrik atau *electrical power* adalah jumlah energi yang di serap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik

adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik adalah sebagai berikut [11]

$$P = V \times I \cos \varphi \dots\dots\dots(3)$$

dimana,

- P_{out} = Daya keluaran (watt)
- V = Tegangan Listrik (Volt)
- I = Arus Listrik (Ampere)
- $\cos \varphi$ = Rugi-rugi daya (0,89)

Setelah didapatkan nilai daya, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai torsi motor listrik serta torsi poros *propeller* pada setiap titik tegangan listrik. Untuk menghitung torsi motor listrik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{n (Rpm)} \times 60 \dots\dots\dots(4)$$

dimana,

- τ = Torsi beban (Nm)
- P_{out} = Daya keluaran (watt)
- n = Kecepatan motor (rps)

Untuk menghitung torsi pada poros propeller dapat digunakan persamaan sebagai berikut [12]:

$$\tau = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{P}{n (rpm)} \right) \dots\dots\dots(5)$$



Gambar 2. Contoh motor listrik

2.3. Roda Gigi

Roda gigi atau *gears* adalah roda silinder dengan gigi-gigi yang digunakan untuk mentransmisikan gerak dan daya dari suatu poros yang berputar ke poros yang lain. Dua buah roda dengan bentuk kerucut atau silinder yang saling bersinggungan pada kelilingnya guna mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat dengan dibuat bergerigi pada kelilingnya sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi dari kedua roda, disebut roda gigi [13].

Roda gigi cacing ialah suatu elemen transmisi yang dapat meneruskan daya dan putaran pada poros yang bersilang. Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik

dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan, roda gigi ini dalam operasionalnya akan “mengunci sendiri” sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan. Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan *output* dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal [5].

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di ruang laboratorium energi terbarukan Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, laboratorium permesinan kapal Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, serta pada *circulating water channel* (CWC) laboratorium energi terbarukan Departemen Teknik Sistem Perkapalan.

Metode penelitian menggunakan studi pustaka tentang perhitungan nilai efisiensi putaran dari *gearbox* serta perhitungan daya serta torsi motor listrik tanpa beban dan dengan menggunakan beban (air), serta analisis data hasil penelitian.

Percobaan dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian tanpa beban (*propeller* tidak terendam air) serta pengujian dengan menggunakan beban (*propeller* terendam air) dengan mengatur nilai tegangan listrik yang masuk ke motor listrik (60, 110, 160, dan 210 Volt). Setelah dilakukan pengujian langkah terakhir adalah pengolahan data.

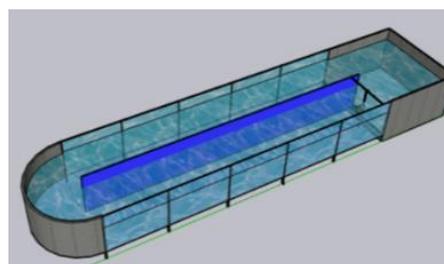
3.1. Alat Pengujian

a. Circulating water channel

Circulating water channel adalah sebuah tangki yang akan digunakan untuk pengujian yang menggunakan fluida (air) sebagai medianya, yang didesain sedemikian rupa agar dapat dipakai untuk melakukan pengujian yang dapat bersirkulasi.

Data CWC

- Panjang : 9.6 m
- Lebar : 2.4 m
- Tinggi : 1.2 m
- Massa air : 27.640 Ton
- Bahan : Besi , acrylic



Gambar 3. Desain *Circulating Water Channel*

b. *Regulator Voltage*

Voltage regulator atau pengatur tegangan berfungsi untuk menyediakan suatu tegangan output DC yang mempunyai nilai tegangan tetap dan tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan input, arus beban *output*, dan suhu.



Gambar 4. *Voltage Regulator*

c. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang dirancang untuk mengukur kecepatan putaran dari objek yang bergerak, unit ini juga dikenal sebagai alat penghitung revolusi, penghitung putaran atau pengukur RPM.

Tachometer digunakan pada pengukuran kecepatan motor, misalnya : kecepatan poros engkol motor / mesin lainnya.

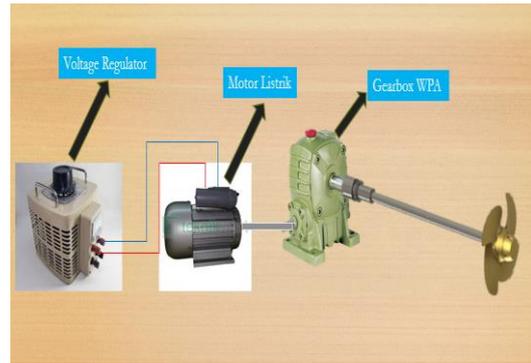


Gambar 5. *Tachometer*

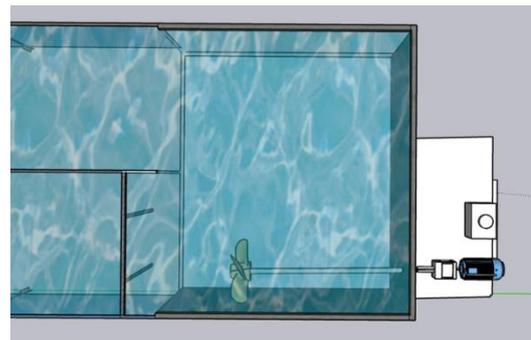
3.2. *Instalasi Alat Pengujian*

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran manual menggunakan alat ukur tachometer dan multimeter. Adapun data yang diambil adalah data putaran motor listrik, data putaran poros *propeller*, data tegangan listrik dan data arus listrik. Adapun cara pengambilan data dilakukan dengan mengatur tegangan yang masuk ke motor listrik dengan menggunakan *voltage regulator*, tegangan listrik diukur dengan menggunakan multimeter, kemudian dilakukan pengukuran putaran motor listrik dengan menggunakan *tachometer* pada bagian poros input motor listrik, serta putaran pada poros *propeller*.

Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data maka tahap selanjutnya adalah analisa data untuk mengetahui pengaruh tegangan terhadap torsi serta efisiensi Putaran poros *propeller*.



Gambar 6. Instalasi sistem pengujian



Gambar 7. Tampak atas pada CWC

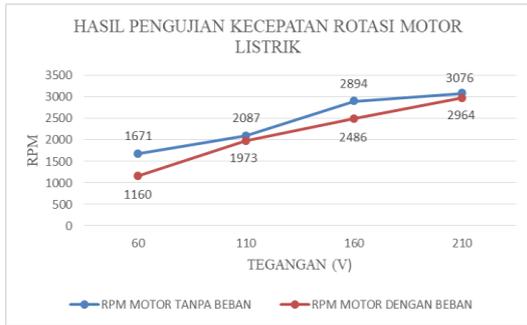
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. *Pengukuran Kecepatan Rotasi Motor Listrik dan Poros Propeller Tanpa Beban dan Menggunakan Beban*

Pengambilan data dilakukan mulai dari tegangan 60 volt sampai dengan tegangan 220 volt dengan kenaikan tegangan setiap 50 volt. Dalam proses pengambilan data dimulai dari tegangan 60 volt karena pada tegangan tersebut motor listrik dapat berputar dengan stabil. Proses pengambilan data dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pada setiap kenaikan tegangan listrik dan pada kondisi menggunakan beban dan tanpa beban.

Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan rotasi motor listrik dan poros propeller tanpa beban dan menggunakan beban

| Dengan Beban | | | |
|----------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
| Tegangan Listrik (V) | Arus Listrik (A) | RPM Poros Motor (Rpm) | RPM poros Propeller (Rpm) |
| 60 | 35,3 | 1160 | 37,8 |
| 110 | 12,3 | 1973 | 63,4 |
| 160 | 7,8 | 2486 | 81,6 |
| 210 | 5,4 | 2964 | 97,7 |
| Tanpa Beban | | | |
| 60 | 27,6 | 1671 | 54,9 |
| 110 | 8,5 | 2087 | 68,5 |
| 160 | 5,9 | 2894 | 96,2 |
| 210 | 3 | 3076 | 102,4 |



Gambar 8. Hasil pengujian kecepatan rotasi motor listrik

Dari Gambar 8 dapat kita lihat hasil pengukuran kecepatan putaran (rpm) motor listrik dimana kecepatan putaran yang dihasilkan berbanding lurus dengan tegangan listrik yang diberikan pada motor listrik. Semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka semakin besar kecepatan putaran motor yang dihasilkan. Beban (air) yang diberikan juga mempengaruhi kecepatan putaran rotasi motor, dimana pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa nilai dari kecepatan putaran rotasi motor tanpa beban lebih besar bila dibandingkan dengan kecepatan putaran rotasi motor yang diberikan beban (air). Hasil putaran motor listrik tanpa beban lebih tinggi dibandingkan dengan beban karena dipengaruhi oleh adanya gesekan yang terjadi antara permukaan *propeller* dengan air, serta adanya pengaruh perbedaan tekanan yang disebabkan oleh beban (air) itu sendiri.

4.2. Analisa Efisiensi Gearbox Tanpa Beban dan dengan Beban

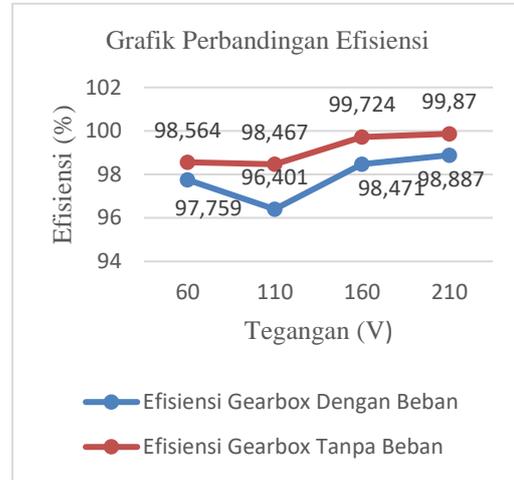
Nilai efisiensi gearbox didapatkan dengan mencari nilai RPM ideal Poros *propeller* pada setiap titik tegangan listrik dengan menggunakan Pers. 1. Setelah didapatkan nilai rpm ideal maka dimasukkan ke Pers. 2 untuk mencari nilai efisiensinya. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan Rpm ideal dan efisiensi

| Tegangan (V) | RPM Ideal Poros <i>Propeller</i> (Rpm) | Efisiensi (%) |
|--------------|--|---------------|
| Dengan Beban | | |
| 60 | 38,667 | 97,759 |
| 110 | 65,767 | 96,401 |
| 160 | 82,867 | 98,471 |
| 210 | 98,8 | 98,887 |
| Tanpa Beban | | |
| 60 | 55,7 | 98,564 |
| 110 | 69,567 | 98,467 |
| 160 | 96,467 | 99,724 |
| 210 | 102,533 | 99,870 |

Gambar 9 menunjukkan perbandingan efisiensi *gearbox* dengan menggunakan beban dan tanpa beban pada setiap kenaikan tegangan. *Gearbox*

bekerja dengan lebih efisien pada saat kondisi tanpa beban dan pada saat tegangan tinggi, hal ini dapat ditunjukkan pada grafik diatas dimana nilai efisiensi yang dihasilkan pada saat kondisi tanpa beban lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi menggunakan beban.



Gambar 9. Perbandingan efisiensi

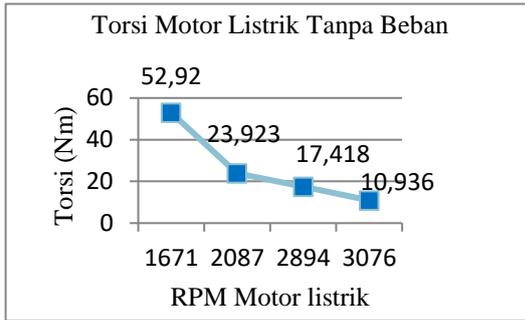
Pada saat tegangan tinggi, nilai efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi dikarenakan kecepatan putaran yang dihasilkan oleh motor listrik lebih stabil jika dibandingkan dengan tegangan yang lebih rendah, sedangkan pada kondisi menggunakan beban, nilai efisiensi yang dihasilkan lebih rendah disebabkan oleh putaran *propeller* yang lebih kecil akibat adanya gesekan yang terjadi antara permukaan daun *propeller* dengan air serta adanya perbedaan tekanan pada saat kondisi tanpa beban dan pada saat kondisi menggunakan beban.

4.3. Pengaruh Tegangan Terhadap Torsi Motor dan Torsi Poros *Propeller* dengan Beban dan Tanpa Beban

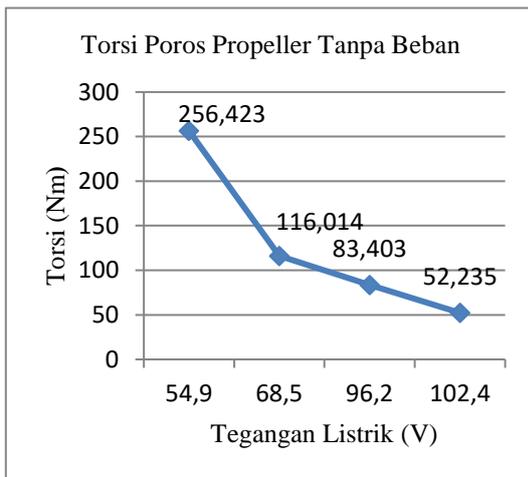
Untuk menghitung daya dapat digunakan Pers. 3. Setelah dilakukan perhitungan daya maka dapat kita masukkan ke Pers. 4 dan 5. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan torsi motor dan torsi poros *propeller* tanpa beban

| Tegangan Listrik (V) | Daya (Watt) | Torsi Motor (Nm) | Torsi Poros (Nm) |
|----------------------|-------------|------------------|------------------|
| 60 | 1473.84 | 52,92 | 256,423 |
| 110 | 832.15 | 23,923 | 116,014 |
| 160 | 840.16 | 17,418 | 83,403 |
| 210 | 560.7 | 10,936 | 52,235 |



Gambar 10. Torsi motor tanpa beban



Gambar 11. Torsi poros propeller tanpa beban

Pada Gambar 10 dan 11 dapat kita lihat bahwa RPM berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan dimana semakin besar RPM maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Torsi terbesar pada motor listrik yaitu 59,461 Nm pada saat putaran 1671 RPM, sedangkan torsi terkecil yaitu 12,288 Nm pada saat putaran 3076 RPM. Pada poros propeller torsi terbesar yang dihasilkan yaitu 256,423 Nm pada saat putaran 54,9 RPM, sedangkan torsi yang terkecil yang dihasilkan yaitu 52,235 Nm pada saat putaran 102,4 RPM. Torsi yang dihasilkan dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan oleh motor listrik, oleh karena itu semakin besar daya yang dihasilkan oleh motor listrik maka akan semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan daya pada bagian sebelumnya dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada motor listrik maka semakin kecil daya yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan rpm, semakin besar tegangan maka semakin besar pula nilai rpm nya. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa torsi berbanding lurus dengan daya dan berbanding terbalik dengan rpm.

3.4 Pengaruh Tegangan terhadap Torsi Motor Listrik dan Torsi Poros Propeller Tanpa Beban

Torsi adalah gaya pada gerak translasi

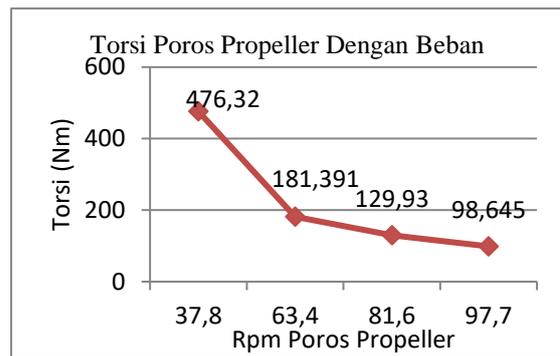
menunjukkan kemampuan sebuah gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi/berputar. Sebuah benda akan berotasi bila dikenai torsi. Satuan yang sering digunakan adalah Newtonmeter (Nm). Torsi pada motor listrik dapat diperoleh dari hasil bagi antara daya keluaran (watt) dengan kecepatan motor (rpm).

Untuk mencari nilai torsi motor listrik dan torsi poros propeller menggunakan Pers. 4 dan 5. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

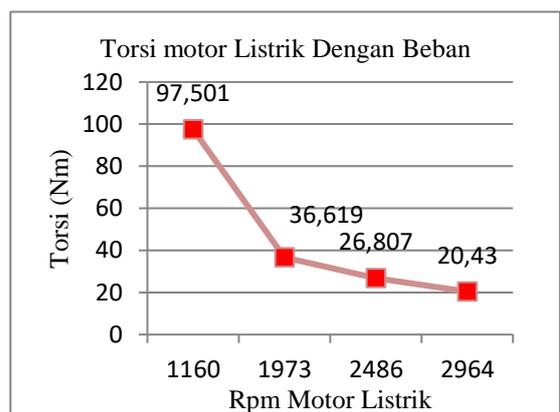
Tabel 4. Hasil Perhitungan torsi motor listrik dan torsi poros propeller dengan beban

| Tegangan Listrik (V) | Daya (Watt) | Torsi Motor (Nm) | Torsi Poros Propeller (Nm) |
|----------------------|-------------|------------------|----------------------------|
| 60 | 1885 | 97,501 | 476,320 |
| 110 | 1204 | 36,619 | 181,39 |
| 160 | 1110 | 26,807 | 129,930 |
| 210 | 1009 | 20,430 | 98,645 |

Grafik torsi poros motor dan torsi poros propeller tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Torsi motor listrik dengan beban



Gambar 13 Torsi Poros Propeller Dengan Beban

Pada Gambar 12 dan 13 dapat kita lihat bahwa RPM berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan dimana semakin besar RPM maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Torsi terbesar pada motor listrik yaitu 109,551 Nm pada saat

putaran 1160 RPM, sedangkan torsi terkecil yaitu 22,955 Nm pada saat putaran 2.964 RPM. Pada poros *propeller* torsi terbesar yang dihasilkan yaitu 476,32 Nm pada saat putaran 37,8 RPM, sedangkan torsi yang terkecil yang dihasilkan yaitu 98,645 Nm pada saat putaran 97,7 RPM. Torsi yang dihasilkan dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan oleh motor listrik, oleh karena itu semakin besar daya yang dihasilkan oleh motor listrik maka akan semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan daya pada bagian sebelumnya dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada motor listrik maka semakin kecil daya yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan rpm, semakin besar tegangan maka semakin besar pula nilai rpm nya. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa torsi berbanding lurus dengan daya dan berbanding terbalik dengan rpm.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan berpengaruh terhadap putaran yang dihasilkan oleh motor dan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *gearbox*, semakin besar tegangan maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan.
2. Semakin besar putaran maka semakin kecil

torsi yang dihasilkan dan sebaliknya, semakin kecil putaran maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

Referensi

- [1] U. W. R. Siagian, B. B. Yuwono, S. Fujimori, and T. Masui, "Low-carbon energy development in Indonesia in alignment with Intended Nationally Determined Contribution (INDC) by 2030," *J. Energies*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [2] I. N. Bagia and I. M. Parsa, *Motor-motor listrik*. Bandung: Rasi Terbit, 2017.
- [3] Arafiq, *Perancangan Gear Box*. 2012.
- [4] M. N. A. Mukhtar, "Rancang Bangun Gearbox Untuk Turbin Angin Savonius Vertikal (TASV) Menggunakan Metode FEA," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [5] R. Asri, "Jenis-jenis roda gigi." 2017.
- [6] Erinofardi., K. Asyarial, and Hendra, "Perancangan Roda Gigi Lurus, Roda Gigi Miring dan Roda Gigi Kerucut Lurus Berbasis Program Komputasi," *J. Mech.*, vol. 4, no. 1, 2013.
- [7] Energy Efficiency Asia, "Energy Efficiency Guide for Industry in Asia." 2017. [Online]. Available: <https://www.energyefficiencyasia.org/index.html>.
- [8] Z. Anthony, *Mesin listrik ac*. 2010.
- [9] Y. Drs Riyono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset, 2002.
- [10] E. C. Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Penerbit Erlangga, 1993.
- [11] A. E. Fitzgerald and Dkk, *Mesin-Mesin Listrik (terjemahan oleh Joko Achyanto)*. Surabaya: Erlangga, 1997.
- [12] H. A, *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Surabaya: Airlangga Press, 1988.
- [13] S. K. Sularso, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Cetakan ke-11*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1978.