

## PERANCANGAN MOTOR LISTRIK BLDC TIPE HUB 1000W UNTUK PENGGERAK SEPEDA MOTOR

Immawan Insani <sup>(1)\*</sup>, Gesang Nugroho <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Program Studi S2 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Bulaksumur, Yogyakarta 55281  
e-mail : immawaninsani@mail.ugm.ac.id<sup>(1)\*</sup>

### Abstrak

Meningkatnya konsumsi energi tidak dapat dihindari karena berkembangnya kegiatan ekonomi dan meningkatnya jumlah penduduk. Bahan bakar minyak (BBM) merupakan sumber energi yang paling dominan dan transportasi merupakan sektor pengguna BBM yang paling besar. Untuk mengurangi peningkatan konsumsi BBM dan untuk mengurangi polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, maka kendaraan listrik merupakan salah satu solusinya. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai penggerak dimana ia berfungsi sebagai pengubah energi listrik yang tersimpan dalam baterai menjadi energi mekanik untuk memutar roda kendaraan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan motor Brush Less Direct Current (BLDC) sebagai penggerak sepeda motor, Motor BLDC memiliki komponen utama yaitu stator dan rotor. Perancangan komponen motor BLDC ini dilakukan dengan perhitungan analitis dan dengan software solidworks. Motor listrik yang dirancang ini menggunakan BLDC HUB dengan spesifikasi yaitu untuk daya 1000 Watt dan frekuensi tegangan input 50 Hz dan kecepatan putar 500 rpm dengan baterai SLA 12V 20 Ah dirangkai seri 4 menjadi 48V serta jenis magnet yang digunakan adalah neodymium N35 dan Airgap 1mm. Hasil perancangan diperoleh jumlah kumparan di stator sebanyak 18 kumparan, 62 lilitan per fasa dan jumlah fasa 3. Dimensi fisik stator berupa susunan plat setebal 20 mm, tersusun dari plat setebal 2 mm per plat. Besar arus yang akan mengalir di lilitan stator sebesar 14,49 A. dimensi akhir motor memiliki lebar 116 mm dan diameter luar 250 mm. Model motor listrik BLDC HUB ini dapat disesuaikan dengan bentuk tromol sepeda motor dengan diameter roda 14 inci.

**Kata Kunci : BLDC HUB, rotor, stator, perancangan.**

### 1. PENDAHULUAN

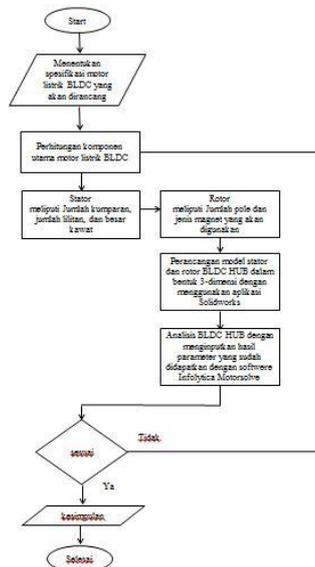
Meningkatnya suatu kebutuhan energi yang mempunyai keterkaitan erat dengan berkembangnya kegiatan ekonomi dan semakin bertambahnya jumlah penduduk. peningkatan ini akan terus berlangsung selama aktivitas ekonomi yang dilakukan masyarakat akan kebutuhan energi tidak dapat dihindari. Salah satunya dari segi konsumsi bahan bakar minyak mengalami kenaikan. Contoh kasus pada periode 2019 akhir konsumsi bahan bakar mengalami kenaikan 10-15%. Pada periode tersebut telah diketahui konsumsi BBM. Dikarenakan pada sektor transportasi merupakan sektor pengguna BBM paling besar. Tidak hanya dari konsumsi bahan bakarnya, harga BBM pun akan mengalami kenaikan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar dan menipisnya cadangan minyak bumi.

Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang digunakan untuk memudahkan penggunaannya saat ingin melakukan perjalanan dengan jarak yang dekat maupun jarak yang jauh. Motor bakar adalah kendaraan tertua yang menggunakan BBM sebagai bahan untuk melakukan pembakaran dalam mesin untuk menggerakkan motor tersebut dan jumlah polusi yang dihasilkan akan terus mengalami peningkatan. Meskipun kendaraan listrik masih tahap embrio dalam hal pasar, tetapi kendaraan listrik layak terhadap lingkungan karena tidak adanya emisi. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak dimana ia berfungsi untuk mengubah energi listrik yang disimpan dalam baterai kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik atau gerak untuk memutar roda kendaraan. Motor listrik brushless direct current (BLDC) adalah motor listrik yang memiliki efisiensi yang baik, lebih handal, minim perawatan dan murah. BLDC memiliki 2 bagian komponen yaitu rotor berupa magnet permanen dan bagian stator berupa belitan untuk menghasilkan suatu medan magnet. Perubahan polaritas pada motor BLDC dilakukan secara elektronik menggunakan sensor hall-effect dan rotary encoder. Pada motor listrik ini hampir bebas dari perawatan, tidak membutuhkan minyak pelumasan, busi baru atau perbaikan sparepart yang rutin lainnya seperti yang dilakukan motor bakar. Maka pada penelitian ini melakukan rancang bangun motor listrik sebagai penggerak sepeda motor sebagai inovasi kendaraan yang ramah lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alur Penelitian

Pada bab ini dibahas alur dari penelitian perancangan BLDC Motor listrik sebagai roda penggerak pada sepeda motor. Secara skematik penelitian yang dilakukan dengan tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perancangan BLDC motor

### 2.2. Alat yang dipakai

Untuk melakukan suatu perancangan pada motor listrik BLDC dibutuhkan piranti keras (hardware) laptop yang akan digunakan dalam melakukan perancangan dengan didukung piranti lunak (software) yakni aplikasi solidworks dan Infolytica motorsolve sebagai analisisnya.

### 2.3. Perancangan motor BLDC

Spesifikasi motor BLDC Hub yang dirancang adalah 1000 Watt dengan kecepatan putar 500 RPM, tegangan 48 Volt, frekuensi 50 Hz, Airgap 1 mm, dan menggunakan 4 buah battery 12 volt 20 Ah serta magnet yang digunakan berjenis Neodymium N35.

#### 2.3.1. Rotor

Merupakan tempat pole atau medan magnet. Karena dimensi magnet yang digunakan menyesuaikan dari dimensi stator maka pada perancangan model rotor motor listrik BLDC HUB itu sendiri menyesuaikan dari model stator yang telah di rancang. Untuk mencari jumlah pole magnet dalam rotor digunakan persamaan (1).

$$p = \frac{120xf}{n} \quad (1)$$

Dimana:

p = jumlah pole

f = frekuensi

n = kecepatan motor

#### 2.3.2. Stator

Stator merupakan tempat yang disebut kumparan, untuk membuat suatu rancangan stator dengan spesifikasi dan ukuran stator yang diinginkan dengan spesifikasi tegangan Jumlah kumparan dalam stator ditentukan dalam persamaan (2).

$$NS = px \frac{Nph}{2} \quad (2)$$

Dimana :

NS = jumlah kumparan

P = jumlah pole

Nph = jumlah phasa

### 2.3.3. Arus

Perhitungan arus ini untuk menghitung besarnya arus per saluran dan untuk menentukan ukuran kawat belitan yang akan digunakan. Maka ditentukan dengan persamaan (3).

$$P_{sal} = \frac{V_{sal}}{\sqrt{3}} \times I_{sal} \times \cos \varphi \quad (3)$$

Dimana :

P = daya motor

V sal = tegangan

I = arus

$\cos \varphi$  = faktor daya (0,83)

### 2.3.4. Menghitung fluks magnet

Fluks magnetik adalah banyaknya garis medan magnetik yang dilingkupi oleh luas daerah (A) dalam arah tegak lurus. Secara matematik dituliskan pada persamaan (4)

$$\Phi = B \times A \times \cos \theta \quad (4)$$

Dimana :

$\Phi$  = fluks magnet

B = kerapatan fluks

A = luas penampang magnet

$\cos \theta$  = sudut antara arah garis normal bidang A dan arah B

### 2.3.5. Perhitungan jumlah belitan kawat setiap kumparan

Ukuran kawat yang digunakan pada stator tergantung dari besarnya arus yang akan mengalir di dalam kawat tersebut. Maka persamaan yang digunakan untuk mencari diameter kawat dan jumlah lilitan pada stator yaitu diameter kawat :

$$D = 2x \sqrt{\frac{I}{3.14}} \quad (5)$$

Jumlah belitan :

$$N = \frac{E}{2x3.14xfx\Phi xNS/Nph} \quad (6)$$

Dimana :

N = jumlah belitan

E = tegangan

$\Phi$  = fluks magnet

NS = jumlah kumparan

Nph = jumlah phasa

### 2.3.6. Torsi

Torsi adalah kekuatan yang menghasilkan rotasi. Hal ini menyebabkan objek untuk berputar. Struktur kumparan sangat berpengaruh terhadap torsi. Untuk menghitung torsi digunakan persamaan (7)

$$T = \frac{5250 \times HP}{n} \quad (7)$$

Dimana :

T = torsi

HP = daya motor

n = kecepatan motor

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Spesifikasi BLDC

No.	Spesifikasi perancangan	
1	Daya motor	1000 Watt
2	Tegangan	48 V
3	frekuensi	50 Hz
4	Kecepatan motor	500 Rpm
5	Airgap	1 mm

#### 3.1. Perancangan Stator

##### 3.1.1. Perhitungan jumlah pole magnet dan kumparan

Untuk menghitung jumlah pole magnet dibutuhkan beberapa parameter yaitu frekuensi (f) dan kecepatan (n) maka dengan persamaan (1) diperoleh jumlah pole magnet sebagai berikut :

$$p = \frac{120 \times 50}{500}$$

= 12 pole magnet

Untuk perhitungan jumlah kumparan dibutuhkan nilai pole (p) dan jumlah fasa (Nph). BLDC merupakan motor listrik 3 fasa maka nilai Nph yaitu 3. Maka dengan persamaan (2) akan di dapatkan jumlah kumparan :

$$NS = 12 \times \frac{3}{2}$$

= 18 kumparan

##### 3.1.2. Perhitungan nilai arus

Untuk mendapatkan nilai arus diperlukan parameter nilai tegangan (V), daya motor (Watt), dan fasa (Nph). Maka dengan persamaan 3 diperoleh nilai arus sebagai berikut :

$$P = \frac{V \text{ sal}}{\sqrt{3}} \times I \text{ sal} \times \cos \varphi$$

Dengan :

$$P \text{ sal} = \frac{P}{Nph}$$

$$= \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ Watt}$$

$$V \text{ sal} = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{48}{\sqrt{3}} = 27.71 \text{ volt}$$

Maka nilai Arus (I) adalah

$$I_{sal} = \frac{P_{sal}}{V_{sal} \times \cos\phi}$$
$$= \frac{333,33}{27,71 \times 0,83} = 14,49 \text{ A}$$

### 3.1.3. Menghitung fluks magnet

Magnet yang digunakan adalah jenis magnet Neodymium N35 dengan kerapatan fluks (B) = 1,2 T dan dimensi magnet yang digunakan adalah (10x20x2) mm. Luas penampang (A) = (10mm) panjang x (20mm) lebar (magnet) =  $200 \text{ mm}^2 > 0,0002 \text{ m}^2$ . Untuk nilai  $\cos\theta = \cos 0^\circ = 1$  karena bidang A dan arah B tegak lurus sehingga dengan persamaan (6) didapatkan fluks magnet:

$$\Phi = 1,2 \times 0,0002 \times 1$$
$$= 0,00024 \text{ weber}$$

### 3.1.4. Menghitung jumlah lilitan

Diameter kawat email didapatkan dari tabel KHA dengan nilai ampere sebesar 14,49 A maka diameter yang didapatkan  $0,75 \text{ mm}^2$ . Jumlah kawat email yang akan dililit pada kumparan stator. Diketahui nilai dari  $E = 28\text{V}$ ,  $\phi = 0,00024 \text{ Weber}$ ,  $N_s = 18$ ,  $N_{ph} = 3$  maka dengan persamaan (5) dan (6) didapatkan jumlah lilitan:

$$D = 2x \sqrt{\frac{0,75}{3,14}}$$
$$= 0,47 \text{ mm}$$

Jumlah belitan :

$$N = \frac{28}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,00024 \times 18/3}$$
$$= 61,92 > 62 \text{ lilitan}$$

### 3.1.5. Menghitung Torsi

Untuk menghitung nilai torsi dibutuhkan parameter nilai daya dan kecepatan. Untuk nilai daya perlu di konfigurasi dari watt ke HP. Dengan persamaan (7) maka akan didapatkan nilai torsi:

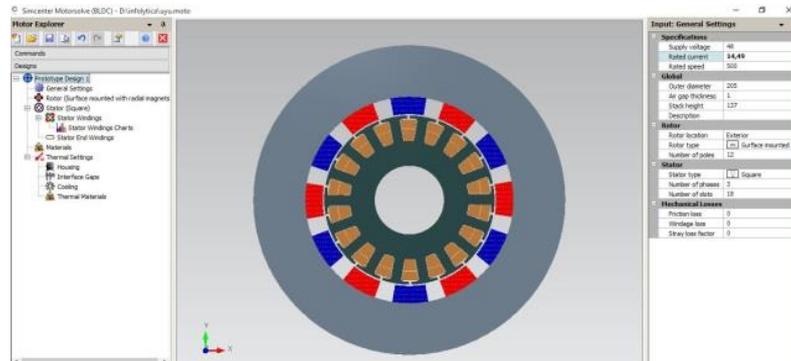
1 HP = 746 Watt  
Maka 1000 Watt = 1,34 HP

$$T = \frac{5250 \times 1,34}{500}$$
$$= 14,07 \text{ lbft} > 19,1 \text{ Nm}$$

## 3.2. Analisis Infolytica Motorsolve

Software ini digunakan untuk merancang motor BLDC dengan menginputkan parameter

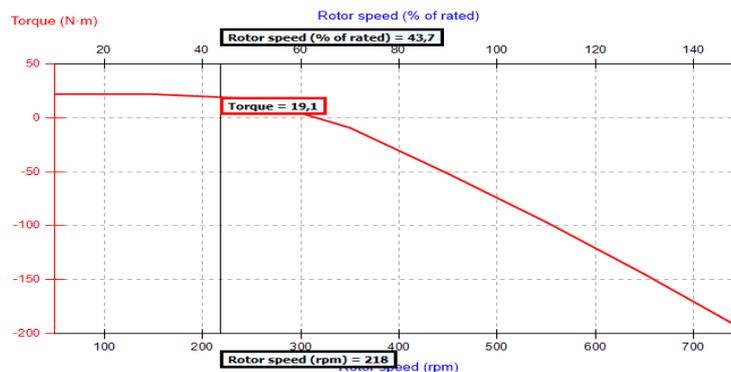
yang telah diketahui dan kemudian untuk menganalisa torsi pada kecepatan tertentu dan efisiensinya.



Gambar 2. Infolytica software

### 3.2.1. Analisa hasil torsi pada kecepatan

Setelah menginputkan parameternya didapatkan nilai hasil torsi pada kecepatan tertentu. Dari perhitungan torsi secara numerik didapatkan 19,1 Nm, maka didapatkan pada kecepatan 218 Rpm.



Gambar 2. Grafik torsi kecepatan

### 3.2.1. Analisa hasil efisiensi torsi

Pada analisa didapatkan efisiensi minimum dan maksimum pada torsi 19.1 Nm sebagai berikut.

Torque (N·m)	Efficiency (%)
19,1	82
Torque (N·m)	Efficiency (%)
19,1	83,8

Gambar 3. Efisiensi torsi

## 3.3. Perancangan Tiga Dimensi BLDC

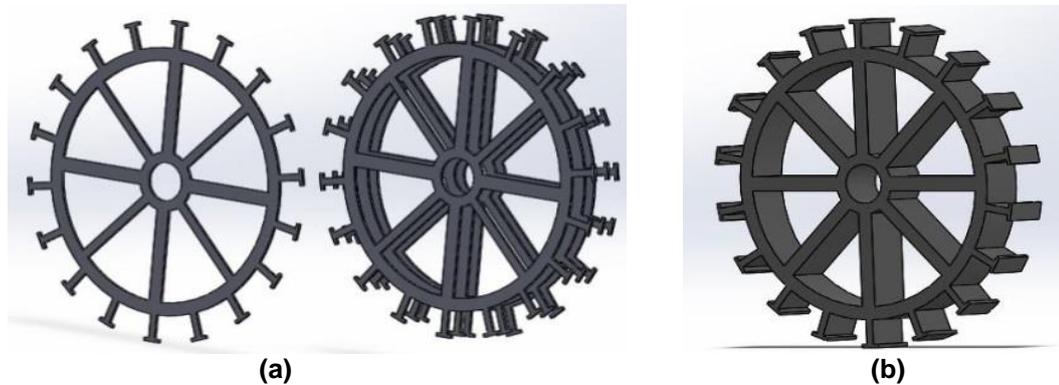
### 3.3.1. Stator

Rancangan dari motor listrik BLDC terdiri dari kumparan sebagai stator. Spesifikasi yang telah di tentukan sebagai dasar untuk melakukan perancangan yaitu dimensi stator yang dirancang dengan menyesuaikan bentuk hub pada sepeda motor. Perancangan stator sendiri terdiri dari plat stator dan alur (slot).

#### 3.3.1.1. Plat stator

Pada umumnya berbentuk silindris dengan alur-alur sebagai tempat kumparan lilitan kawat.

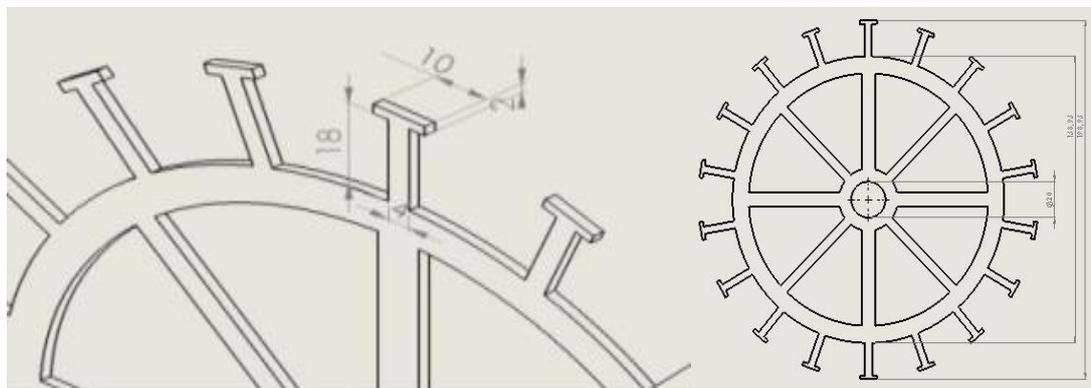
Untuk membentuk dan membagi medan magnetik sesuai kebutuhan dari masing-masing rancangan motor listrik BLDC. Karena besi armature dipengaruhi oleh fluks magnetik maka besi tersebut terinduksi arus eddy. Gambar 4 (a) dan (b) adalah rancangan gambar besi armature yang dibuat dari lapisan-lapisan yang tipis untuk memperkecil rugi-rugi arus eddy.



Gambar 4. (a) Plat stator, (b) Plat stator laminasi

### 3.3.1.2. Alur (slot) stator

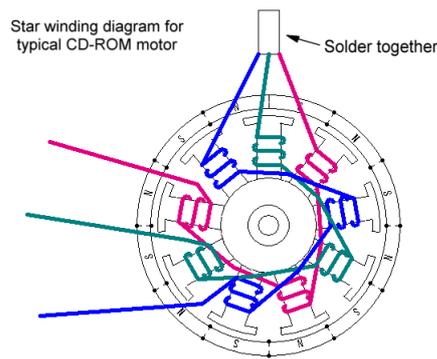
Merupakan tempat belitan kawat pada kumparan stator. Pada perancangan ini didapatkan jumlah kumparan sebanyak 18 slot. Untuk perancangan selanjutnya dengan membuat sketsa awal dengan ukuran tinggi batang alur 18 mm, lebar batang slot 4 mm dan lebar payung 10 mm. Stator dibuat dari bahan yang berlapis-lapis tipis, pada perancangan stator motor dengan tebal plat stator 2 mm, selanjutnya plat-plat stator disusun dengan tebal stator 20 mm seperti yang di tunjukkan pada Gambar 4 (a) dan (b).



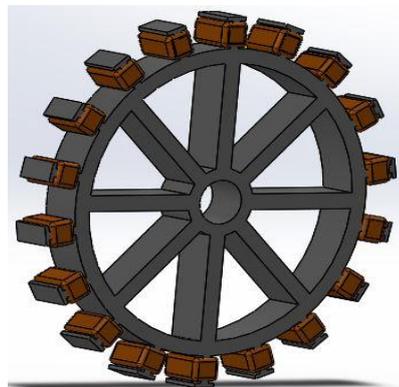
Gambar 5. Dimensi plat stator

### 3.3.1.3. Perancangan belitan stator

perancangan belitan stator mempengaruhi gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar, lilitan kawat pada BLDC motor dihubungkan dengan konfigurasi bintang. Untuk tiap kumparan didapatkan 62 lilitan pada setiap kumparan stator dengan diameter kawat email 0,47 mm.



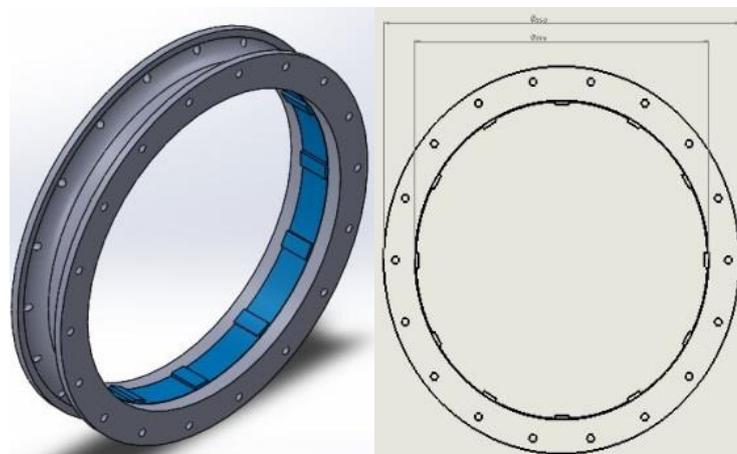
Gambar 6. Konfigurasi belitan star(bintang)



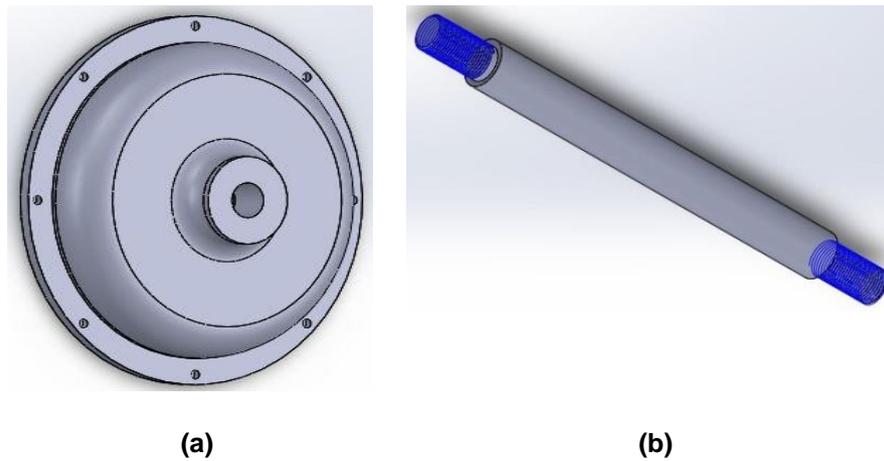
Gambar 7. Stator dengan belitan kawat email.

### 3.3.2. Rotor

Rotor merupakan rumah atau (kerangka) tempat magnet permanen akan diletakkan. Perancangan kerangka rotor menyesuaikan bentuk tromol motor sebagai acuan untuk dimensi dan bentuk dari motor listrik BLDC. Didapatkan perancangan rotor dengan diameter luar 250 mm dan dimensi dalam 205 mm. Jumlah pole atau jumlah magnet permanen yang akan ditempatkan di rangka rotor sebanyak 12 pole. Dengan dimensi magnet permanen panjang 10 mm, lebar 20 mm dan tebal 2 mm. Kemudian tambahan komponen pendukung yaitu cover BLDC dan ass stator ditunjukkan pada gambar 9 (a) dan (b).



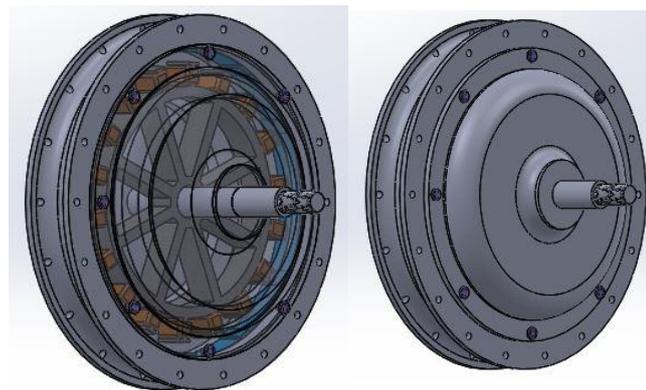
Gambar 8. Bentuk 3D dan dimensi rotor



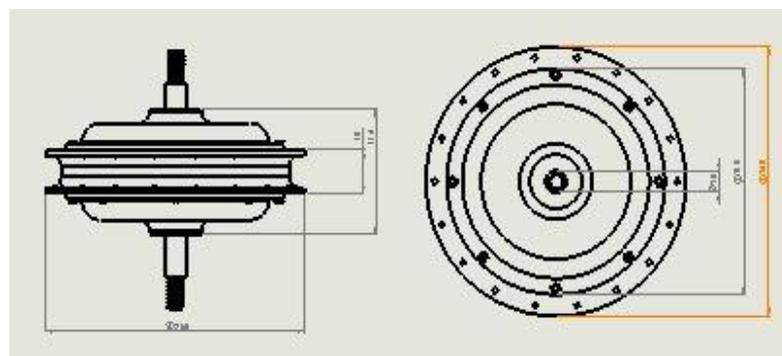
Gambar 9. (a) Cover samping BLDC, (b) Ass stator

### 3.3.3. Perakitan motor BLDC

Setelah perancangan komponen-komponen BLDC selesai di buat maka langkah selanjutnya yaitu proses perakitan atau assembly pada software solidworks. Kemudian pada gambar 10 dan 11 didapatkan dimensi akhir motor dengan diameter luar 250 mm dan lebar 116 mm.



Gambar 10. BLDC motor hub.



Gambar 11. Dimensi BLDC motor hub.



**Gambar 12. Pemasangan BLDC hub pada roda.**

### **KESIMPULAN**

BLDC hub motor merupakan komponen yang meliputi stator dan rotor sebagai komponen utamanya. Untuk mendapatkan BLDC motor listrik dengan spesifikasi 1000 Watt, input daya 48 V, dengan kecepatan 500 Rpm. Hasil perancangan diperoleh jumlah kumparan di stator sebanyak 18 kumparan (slot) dengan 62 belitan per fasa dengan diameter kawat email 0.47 mm dalam 3 fasa. Kemudian didapatkan 12 pole magnet dengan dimensi magnet 10x20x2 mm. Dimensi fisik stator berupa susunan plat 2 mm setebal 20 mm. Besar arus yang akan mengalir di lilitan stator sebesar 14,49 A. dimensi akhir motor memiliki lebar 144 mm dan diameter luar 250 mm. Model motor listrik BLDC HUB ini dapat disesuaikan dengan bentuk tromol motor dengan diameter roda 14 inci.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bashir Sheikh, Priti. S. 2016. *Manware Brushless DC Motor Design for Electric Traction System*. Journal for Research.
- N. Srivastava. 2014. *Design Of 3-phase BLDC Motor For Electric Vehicela Aplication By using Finite Element Simulation*.IJETA.E.
- Pei feng Xu, Kai Shi, Yuxin Sun, & Huang qiu Zhua. 2017. *Effect of pole number and slot number on the performance of a double rotor permanent magnet wind power plant using ferrite magnets*.AIP Advances 7, 056631
- Samsul Hidayat, Mochamad Ashari, & Dedet Candra Riawan. 2013. *Perancangan dan Pembuatan Motor Induksi Fluks Aksial Tiga Fasa Satu Stator-Satu Rotor Untuk Kendaraan Listrik*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No.1.2013.1-7.
- Purwito & Ruslan. 2017. *UNJUK KERJA REWINDING MOTOR INDUKSI DENGAN ISOALASI BELITAN STATOR BERBEDA*, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017 pp.39-44.
- Joni Irfan & Amir Hamzah. 2019. *DISAIN DAN SIMULASI GENERATOR MAGNET PERMANEN 3 PHASA MENGGUNAKAN SOFTWAWRE MAGNET UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN KECEPATAN RENDAH*. Jom FTEKNIK Volume 6 Edisi 1 Januari s/d Juni 2019.
- Muhammad Taufiq Ridhwan. 2012. *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF POWER DRIVER BRUSHLESS DIRECT CURRENT MOTOR 350W/48V*. Teknik elektro. ITB. Bandung.