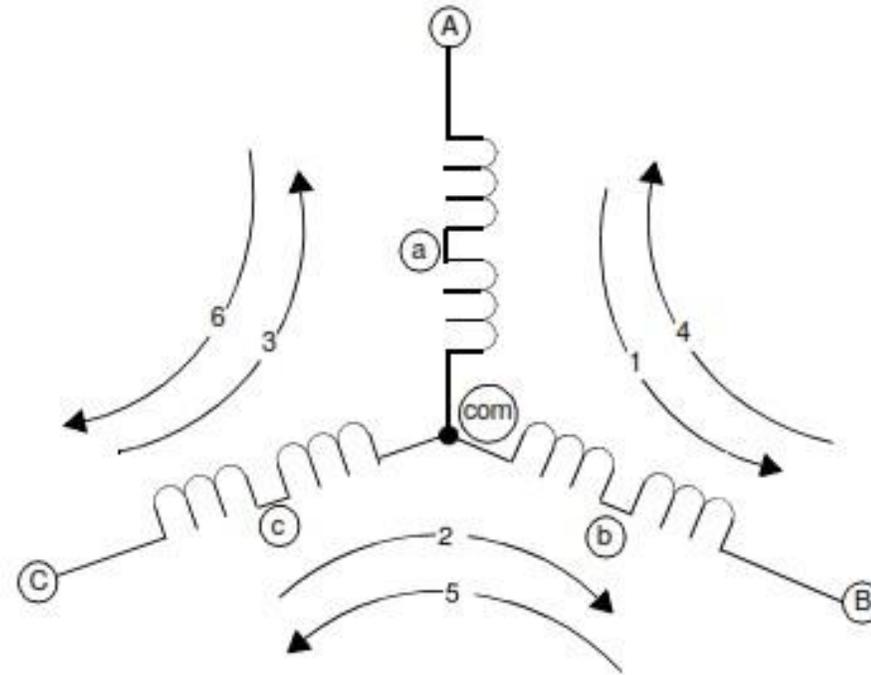
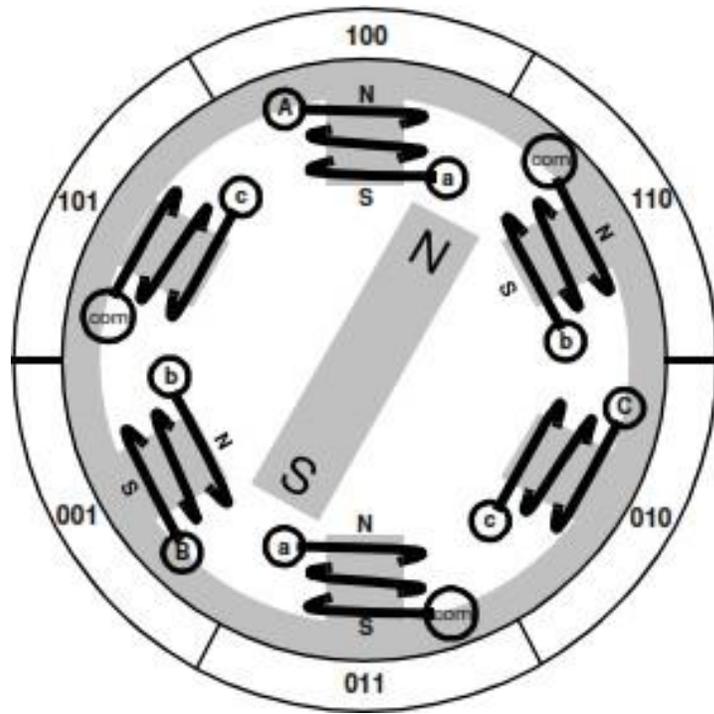


# KONTROL MOTOR BLDC

Pertemuan 11

# Definisi BLDC

Motor BLDC (Brushless DC) adalah salah satu jenis motor sinkron AC 3 fasa dengan konstruksi yang kecil. Pada motor BLDC (Brushless DC), stator terdiri dari kumparan sedangkan pada rotor terdiri dari magnet permanen. Penggunaan motor jenis ini menjadi populer beberapa tahun terakhir. Perkembangan kendaraan listrik yang pesat, menjadikan motor ini banyak diimplementasikan pada berbagai jenis kendaraan listrik. Pada beberapa jenis, motor ini menggunakan sensor hall untuk mengetahui posisi rotor. Walaupun menggunakan arus 3 fasa, motor BLDC tidak termasuk motor AC karena sumber arus motor BLDC berasal dari 1 sumber DC yang diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan SIX STEP MOSFET 3 fasa.

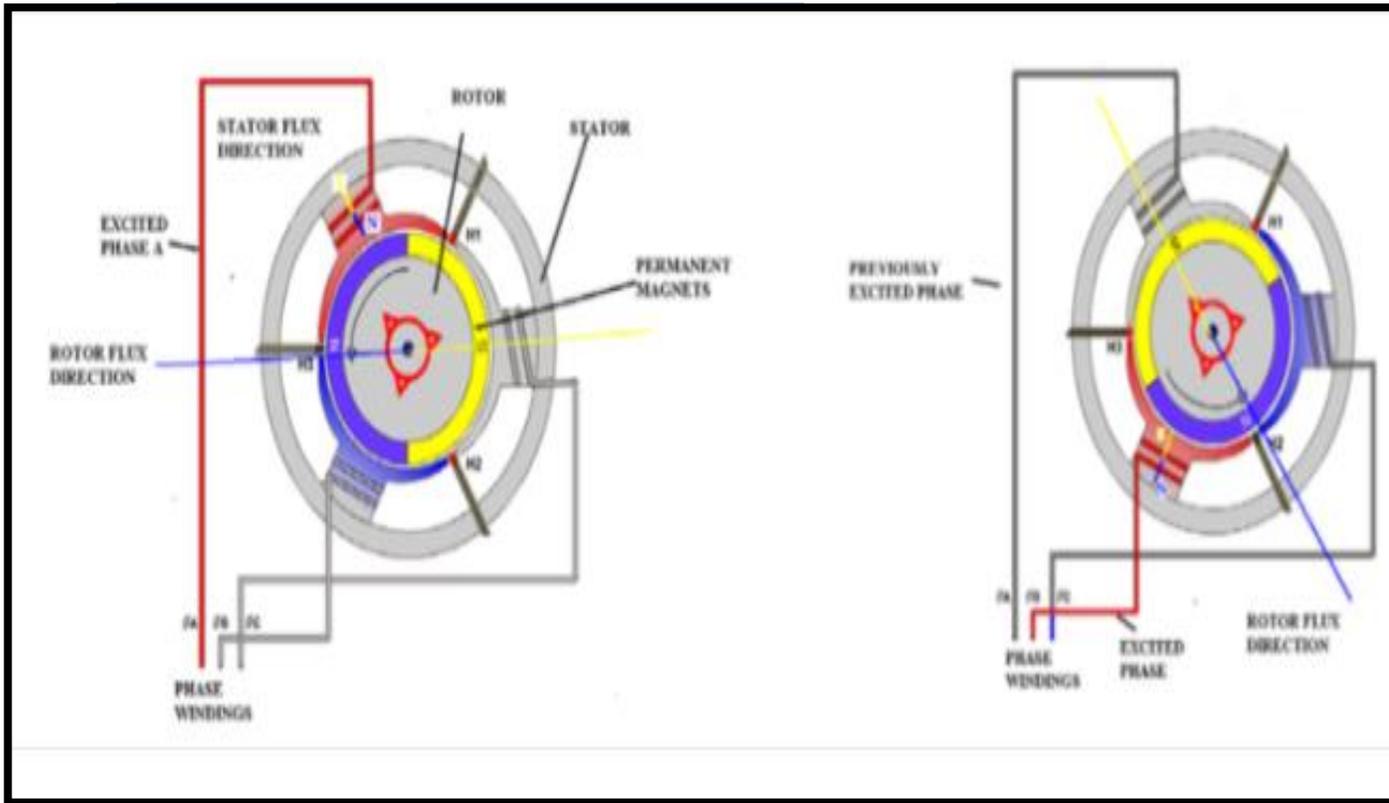


**Gambar Diagram Sederhana BLDC Motor**

Keuntungan Motor BLDC dibandingkan dengan motor DC konvensional antara lain :

- Karakteristik kecepatan dan torsi yang lebih baik
- Respon dinamik yang tinggi
- Efisiensi tinggi
- Umur pakai yang panjang
- Rendahnya tingkat noise

# Cara Kerja BLDC



Motor BLDC bekerja dengan memanfaatkan interaksi antara medan listrik dan medan magnet, yang menimbulkan gaya elektromagnetik. Penggunaan 3 fasa untuk menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet pada rotor. Proses komutasi pada Motor BLDC ini bergantung pada posisi rotor, dimana kecepatan putar tersebut diatur oleh tegangan yang diberikan.

# Perbedaan Motor BLDC dengan Motor DC biasa

## **Struktur Mekanik**

Medan magnet pada motor konvensional berada pada stator, sedangkan BLDCM berada pada rotornya

## **Teknik komutasi**

Pada motor konvensional terjadi secara mekanik, dengan menggunakan sikat dan komutator. Sedangkan pada BLDCM terjadi secara elektrik, dengan menggunakan transistor *switching*.

## **Penentuan posisi**

Pada motor konvensional terjadi secara otomatis, dengan menggunakan sikat. Sedangkan pada motor BLDC memerlukan sensor-sensor tambahan.

## **Metode pembalikan**

Pada motor konvensional, dilakukan dengan membalikkan tegangan terminalnya, sedangkan pada BLDCM dilakukan dengan mengatur fungsi logika.

# Pengendalian Motor BLDC

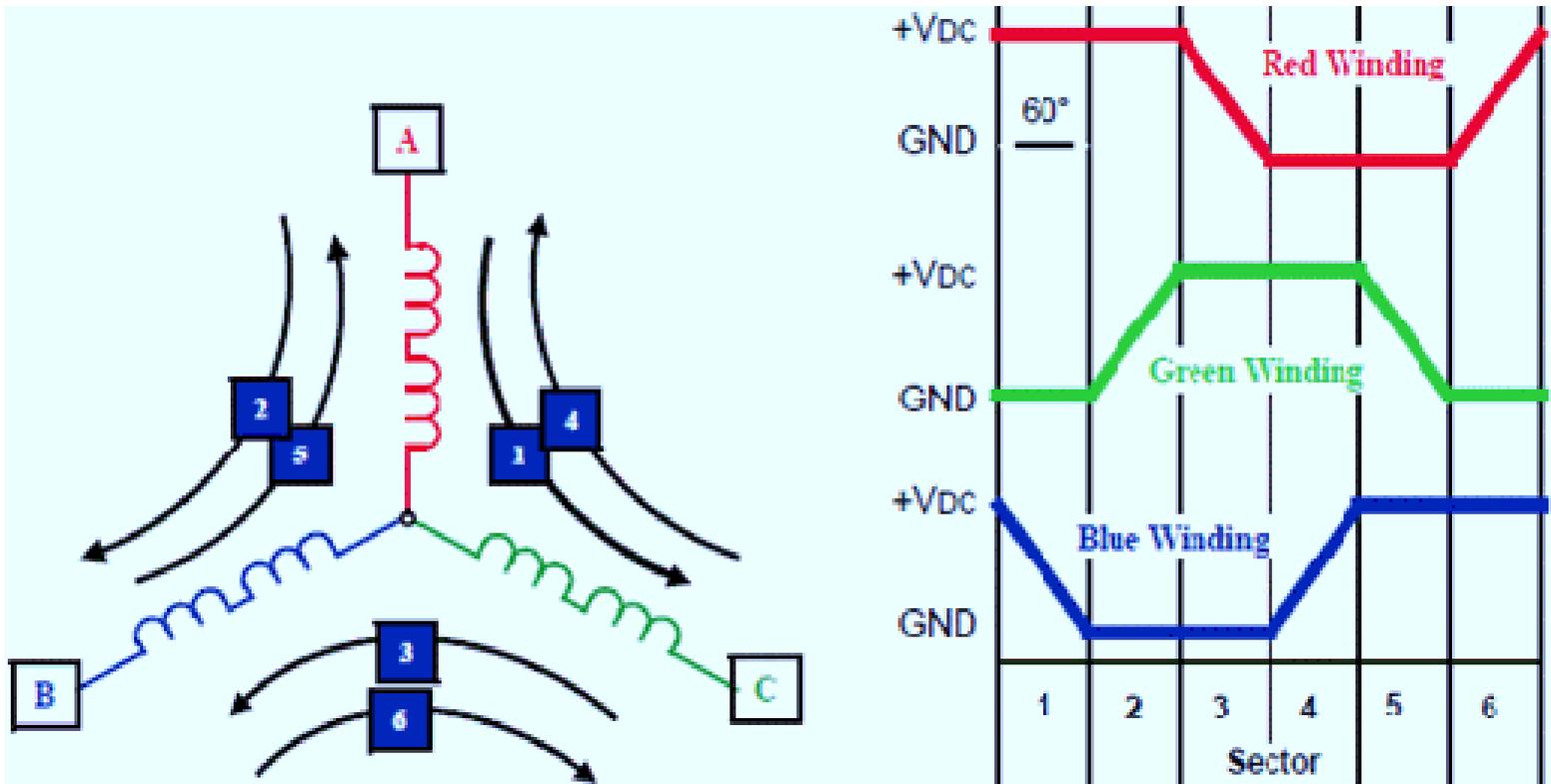
Secara umum dalam pengendalian motor BLDC terdapat dua metode yakni

Metode six-step

Metode Sinusiodal

# **PENGGUNAAN BLDC METODE SIX- STEP**

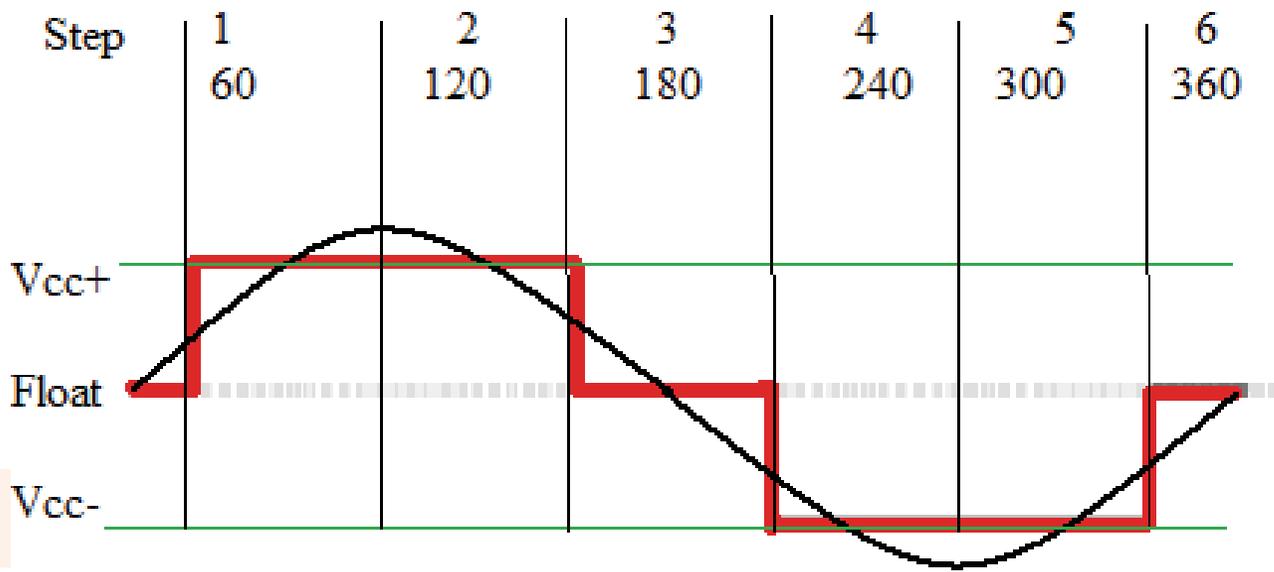
Metode Six-Step adalah metode yang paling sering digunakan dalam pengendalian BLDC. Hal ini disebabkan karena metode ini sederhana sehingga mudah diimplementasikan. Hanya saja metode ini memiliki kelemahan yaitu arus RMS (Root Mean Square) yang tinggi. Ini dapat terjadi karena PWM yang digunakan dalam metode ini merupakan PWM square dengan frekuensi tertentu sehingga menciptakan gelombang AC yang berbentuk trapezoid atau square. Akibat dari gelombang yang berbentuk square atau trapezoid adalah timbulnya gelombang harmonik. Gelombang harmonik inilah yang mengakibatkan motor berputar.



**Gambar Komutasi Six-Step.**

Setiap langkah atau sector adalah ekuivalen dengan 60 derajat elektrik. 6 sektor menjadi 360 derajat elektrik atau satu putaran elektrik

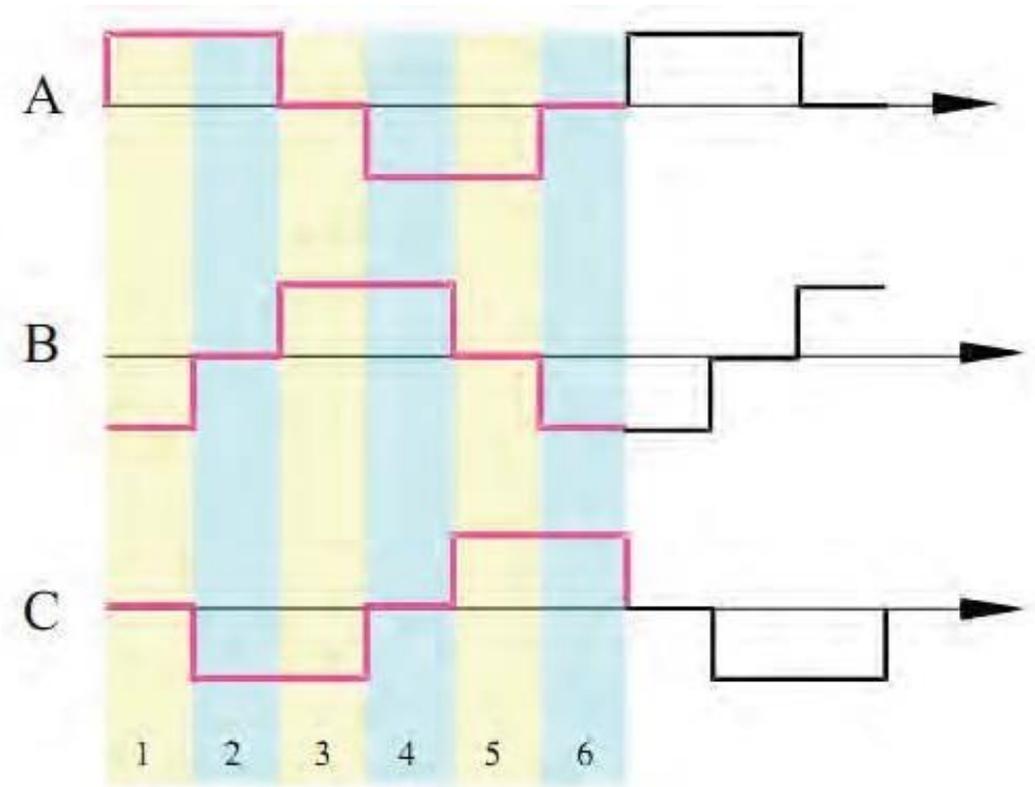
Tanda panah pada kumparan menunjukkan arah di mana arus mengalir melalui kumparan-kumparan motor setiap langkah pada Six-Step.



**Gambar PWM Six Step**

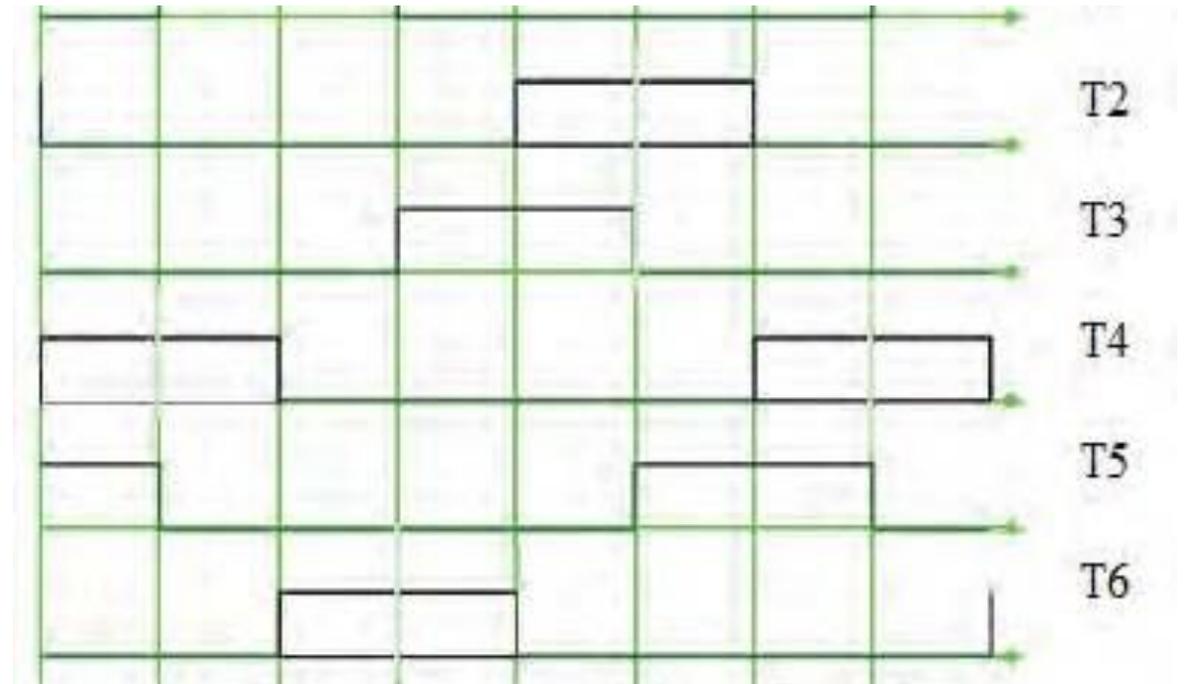
Metode ini disebut Six-Step karena agar mampu menciptakan gelombang trapezoidal atau square yang menyerupai gelombang sinus soidal, digunakan PWM square yang terdiri dari 6 bagian yaitu 2 bagian positif dan 2 bagian negatif, dan 2 bagian floating. Masing-masing bagian besarnya 60 derajat gelombang sinus soidal. Kondisi floating pada algoritmaini adalah kondisi ketika gelombang sinusoidal bepotongan pada titik 0.

Untuk membentuk gelombang trapezoid atau gelombang square 3 fasa, digunakan 3 buah algoritma *six-step* yang masing – masing berbeda 1 step (60 derajat) antara satu algoritma dengan algoritma lainnya



**Gambar PWM Six Step 3 Fasa**

Dalam implementasi pada driver 3 fasa, maka algoritma PWM pada gambar untuk masing – masing fasa dibagi menjadi 2 bagian yakni bagian positif untuk transistor T1, T3 dan T5 dan bagian negatif untuk transistor T2, T4, dan T6

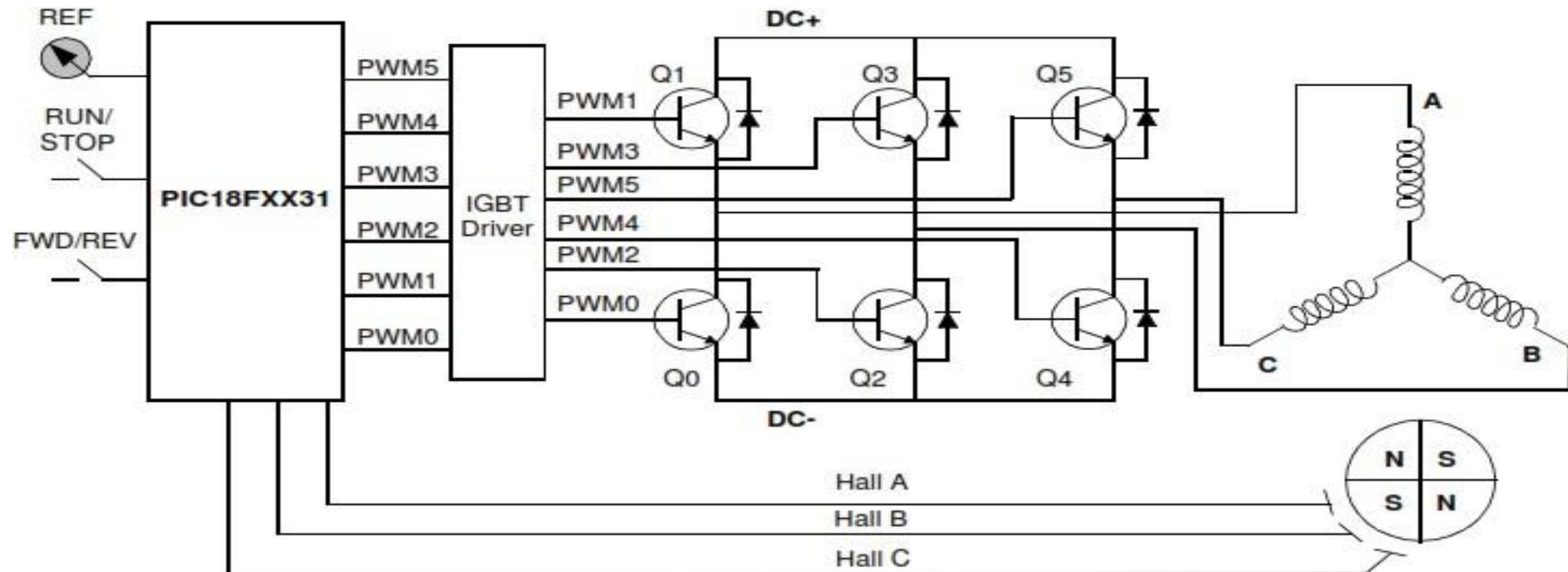


**Gambar Algoritma Six Step**

# Pengendalian *Sensored* *Brushless* DC Motor

Sesuai namanya *motor Brushless DC* ini memiliki sensor, yaitu sensor *hall effect*. Biasanya ciri ciri motor yang dikategorikan sebagai *sensored Brushless DC* memiliki soket tambahan pada motornya. Berikut adalah diagram sistem pengendalian / pengontrolan *sensored brushless DC motor*

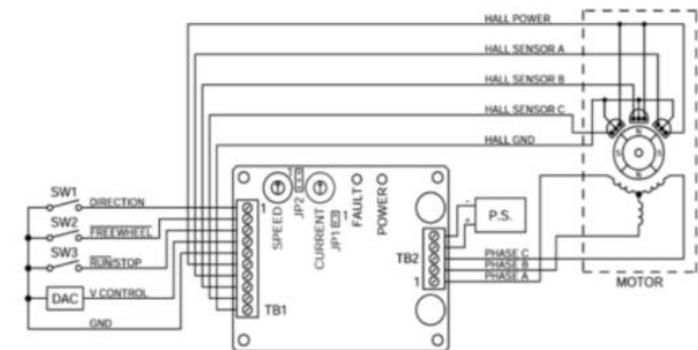
Dapat dilihat pada diagram tersebut untuk menggerakkan *sensored BLDC motor* dibutuhkan suatu *pwm generator* dalam hal ini sebuah mikrokontroler. Dalam mikrokontroler tersebut dibutuhkan suatu alogaritma *coding* untuk mengatur keluaran sinyal PWM.



Dari sinyal PWM masuk ke *IGBT driver*, *driver* ini berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran mikrokontroler agar bisa mengaktifkan mosfet. Mosfet yang dipakai sejumlah 6 buah disusun sedemikian rupa sesuai dengan konsep *6 stage commutation* yang telah dibahas sebelumnya. Dari rangkaian *driver* mosfet diambil 3 fasa untuk menggerakkan motor BLDC. Dalam konstruksi motor BLDC sebelumnya sudah terdapat *hall effect sensor* untuk membaca medan magnet dari kumparan yang melaluinya. *Hall effect sensor* inilah yang kemudian memberikan sinyal data kembali ke mikrokontroler. Berdasarkan data sinyal inilah mikrokontroler bisa mengetahui posisi komutasi motor.

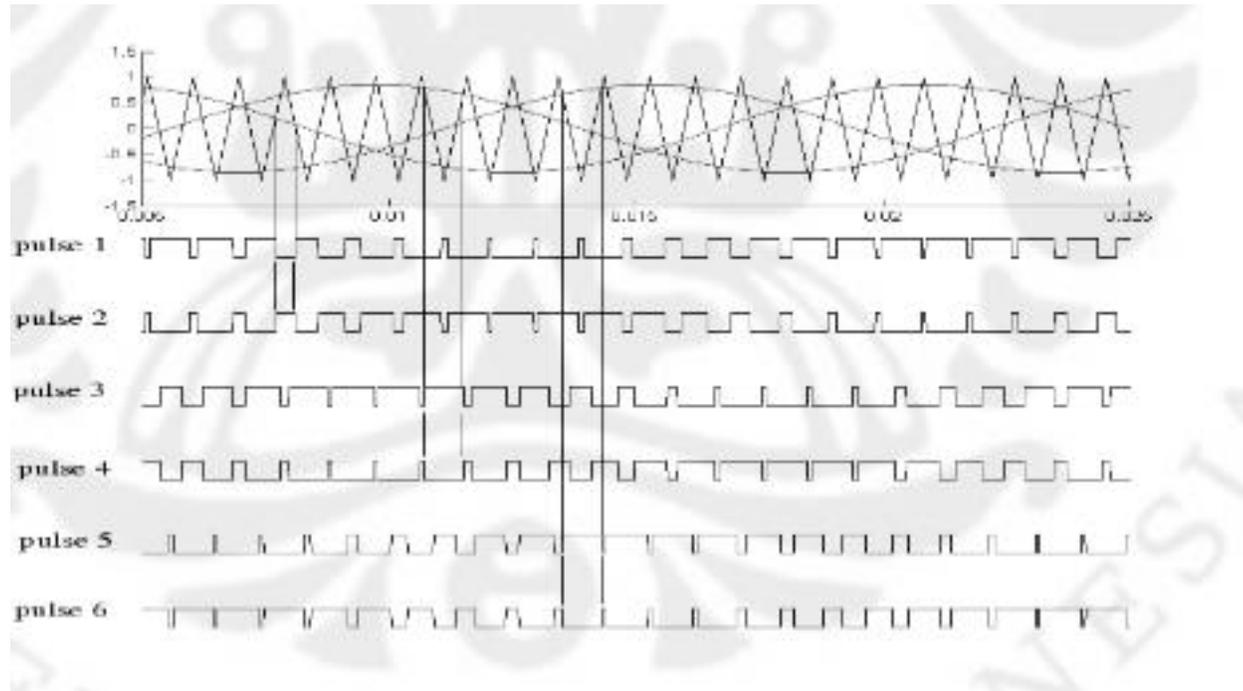
# Metode Sinusoidal

Pengendalian dengan metode PWM sinusoidal bertujuan untuk menciptakan gelombang sinusoidal sebagai masukan motor. Untuk menghasilkan medan putar pada motor DC, koneksi sumber ke rotor menggunakan brush, namun pada BLDC motor pemberian sumber dilakukan oleh sebuah rangkaian pengontrol, rangkaian ini mendapat sumber dari listrik DC yang kemudian diolah sehingga menghasilkan gelombang sinusoidal atau kotak. Kontrol ini mendapat masukan data dari hall sensor untuk mengatur pemberian sumber pada stator.



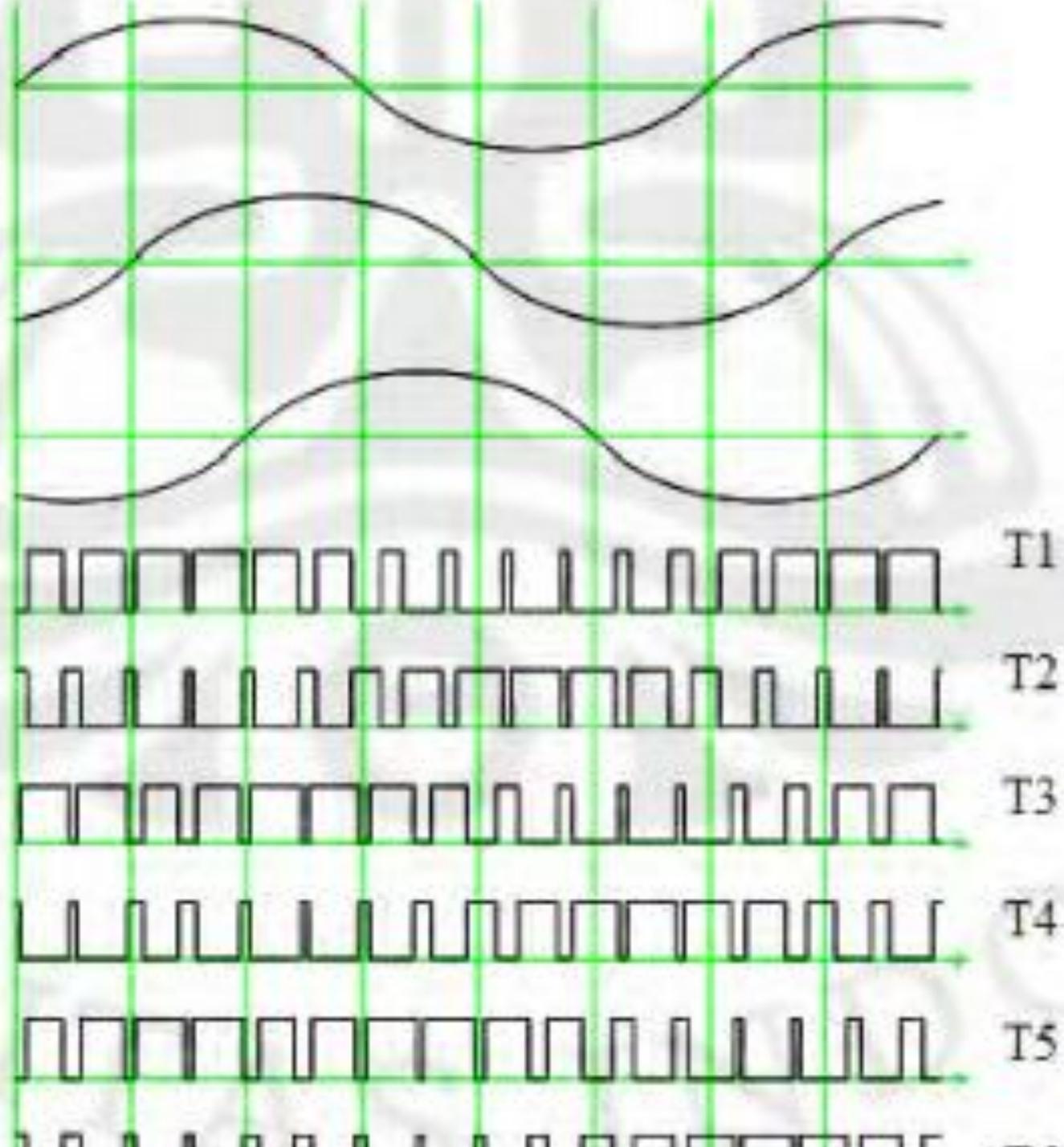
# Metode Sinusoidal

Proses pembangkitan PWM sinusoidal dilakukan dengan cara membandingkan sinyal sinusoidal dengan sinyal segitiga yang memiliki frekuensi lebih tinggi. Ketika sinyal segitiga dan sinyal sinusoidal ini berpotongan pada dua titik, sebuah sinyal PWM akan terbentuk.



# Metode Sinusoidal

Besar resolusi PWM yang dihasilkan sangat tergantung dari frekuensi sinyal segitiga yang digunakan. Semakin besar frekuensi sinyal segitiga yang digunakan, resolusi PWM yang dihasilkan semakin baik. Dan semakin tinggi resolusi PWM yang digunakan semakin sempurna gelombang sinusoidal yang terbentuk. Karena rumitnya operasi yang digunakan dan banyaknya resource mikrokontroler untuk membentuk PWM sinusoidal maka digunakan table-lookup. Tabel ini berisi timing sinyal PWM sinusoidal yang telah terbentuk dari perbandingan kedua sinyal tersebut sehingga kerumitan operasi matematika dapat dihindari.



keenam  
kan dibagi  
atau step  
fasa dari  
terdapat  
eh karena  
an untuk

# Metode Sinusoidal

Kelebihan :

- Memiliki arus rms yang lebih kecil dibanding metode six-step
- Memiliki rugi – rugi yang kecil
- Tidak bising karena pada gelombang sinusoidal tidak terdapat harmonik
- Memiliki efisiensi yang tinggi

# Metode Sinusoidal

Kekurangan :

- Algoritma yang rumit dalam pembangkitan sinyal PWM sinusoidal
- Memiliki rugi – rugi switching yang lebih besar
- Memiliki kecepatan dan regulasi torsi yang rendah untuk beban yang dinamik

# Tugas Pertemuan 11

- Simulasikan Kendali pada BLDC dengan Simulink
  - NIM Genap : Kecepatan
  - NIM Ganjil : Posisi
- Data parameter Motor BLDC diambil dari Jurnal