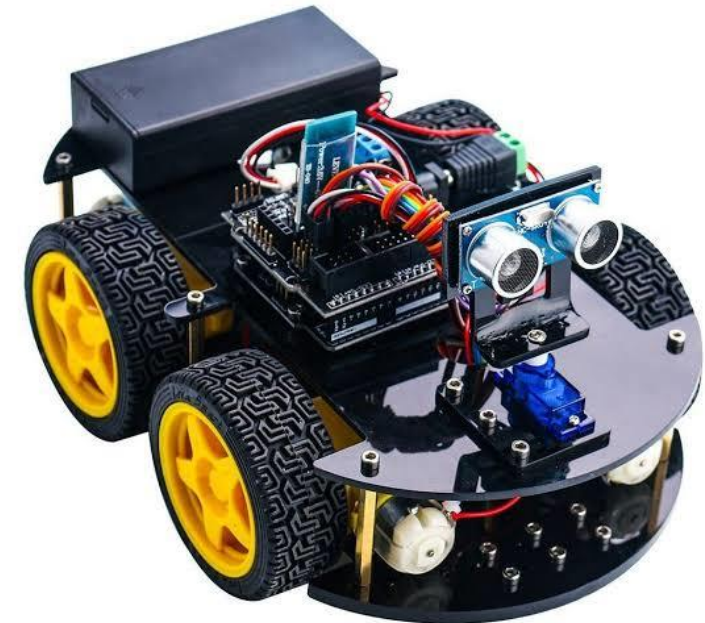
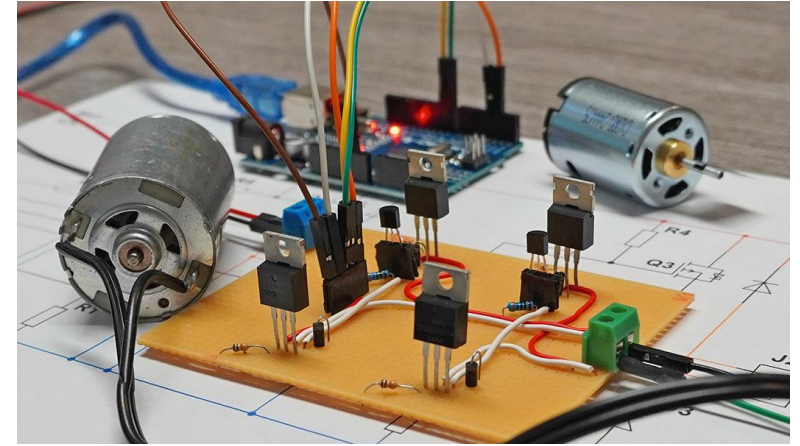


# EKSPLORASI MOTOR DC SEBAGAI AKTUATOR ROBOT BERODA

## OUTLINE

1. Cara Kerja Motor DC
2. RPM vs Torsi
3. Sistem Roda Gigi Motor DC
4. Rangkaian H-Bridge & IC Driver Motor DC
5. Kendali Motor DC via Mikrokontroller





# TAK KENAL MAKA **MARI KENALAN**



S1 Kimia Universitas Hasanuddin

- *Laboratory Officer* **Bosowa School Makassar**
- *Owner* **Rizky Project**
- Mentor IoT & DS ML **Indobot Academy**
- Pengurus Komunitas **ArduMeka**



085332257589



Rizky Dermawan



Rizky Dermawan



Rizky Dermawan



Rizky Dermawan



<https://github.com/rizkydermawan1992>



**Rizky Dermawan, S.Si.**



# MENGAPA MEMBAHAS TOPIK YANG ~~BASIC~~ “REMEH” SEPERTI INI ?



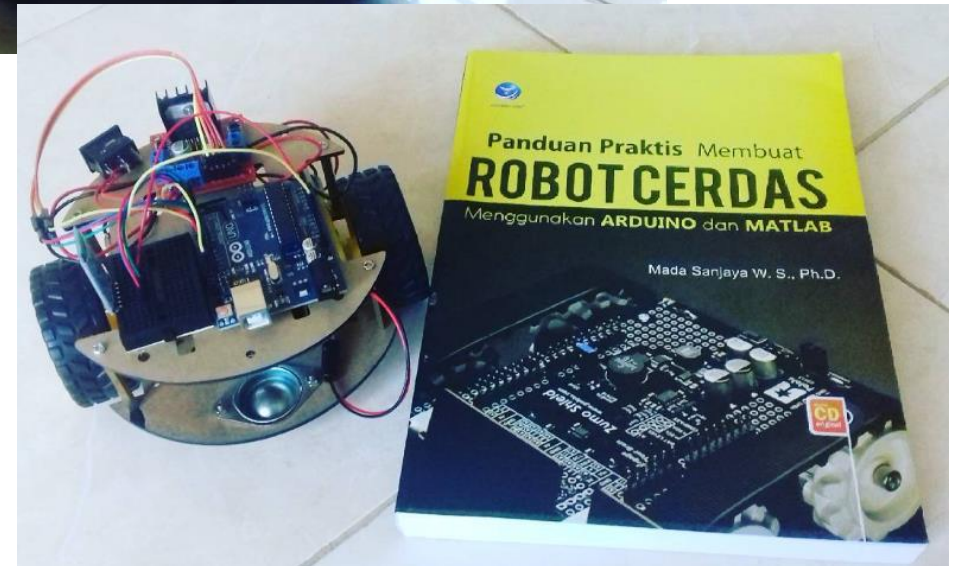
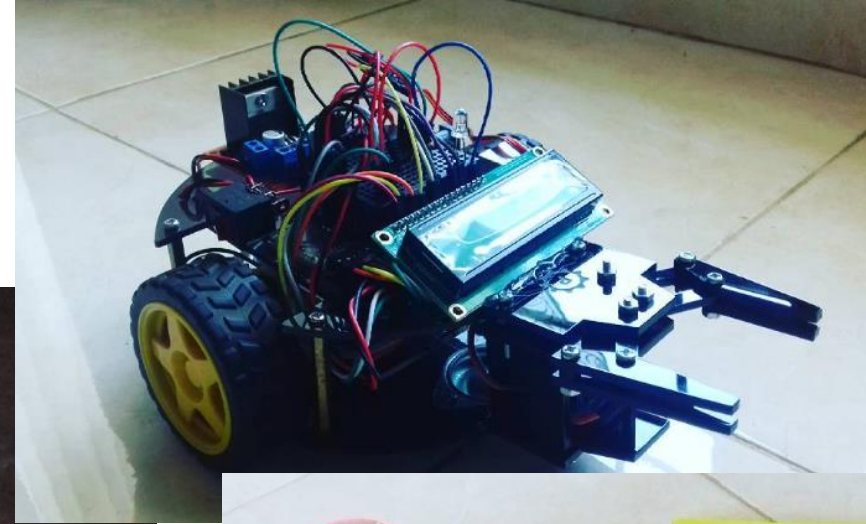
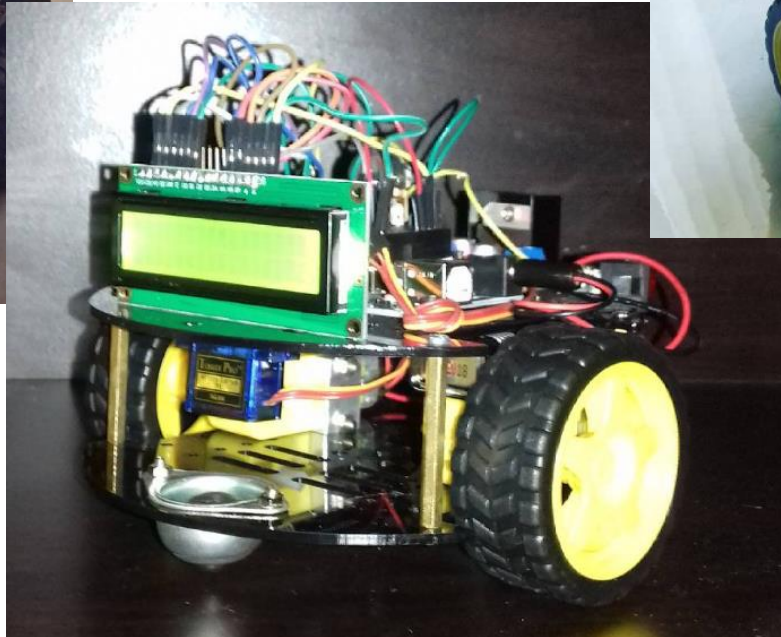
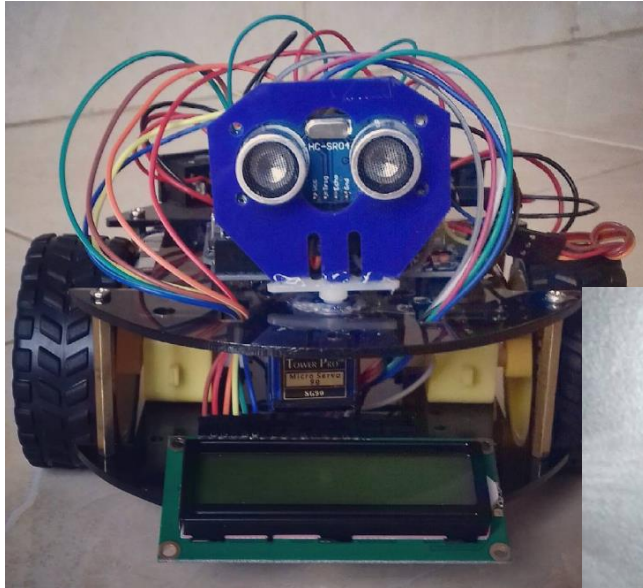
- Belajar robotika bukan mie instan yang tinggal seduh
- Nekat membuat robot hanya bermodalkan tutorial internet
- Tidak paham bagaimana melakukan **Bug Fixing**
- Terjebak dalam **Tutorial Hell**, *watch more no action!*
- Bingung membaca skematik rangkaian yang penuh liku
- Malas baca datasheet komponen dan hasilnya **BOOM!!!**

***It's all talk about ME!!!***

***So let's back to basic!!!***



## MY FIRST OWN ROBOT IN 2017



Source: Instagram @mr\_ikr

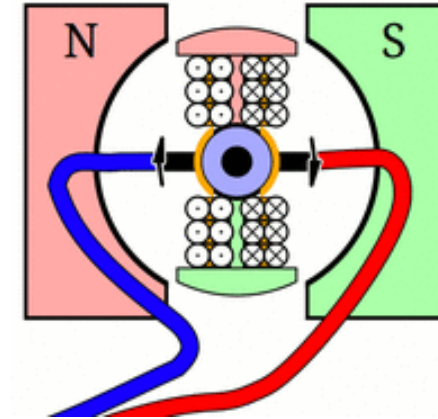


# CARA KERJA MOTOR DC

# PENGENALAN MOTOR DC

- Motor DC adalah jenis motor listrik yang mengubah **energi listrik** arus searah (DC) menjadi **energi mekanis** dalam bentuk putaran
- Prinsip kerja motor DC berdasarkan interaksi antara dua buah **fluks magnetik** yang disebut kumparan medan dan kumparan jangkar
- **Kumparan Medan** menghasilkan fluks magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan, sedangkan **Kumparan Jangkar** menghasilkan fluks magnetik yang melingkar
- Motor DC bekerja berdasarkan arus searah yang mengalir melalui penghantar listrik yang ditempatkan pada suatu **medan magnet**
- Motor DC menghasilkan **torsi** yang digunakan untuk memutar rotor
- **Kecepatan** putaran rotor dapat diubah dengan mengubah **tegangan** yang masuk ke rotor

[Source: Wikipedia](#)



Animasi cara kerja Motor DC sederhana

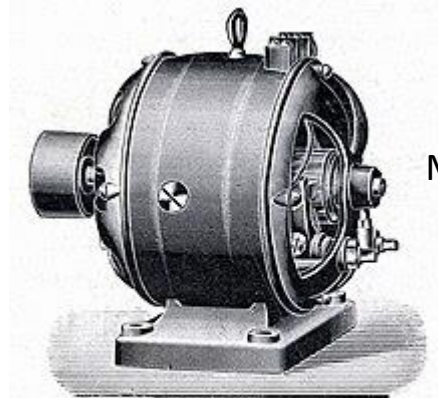
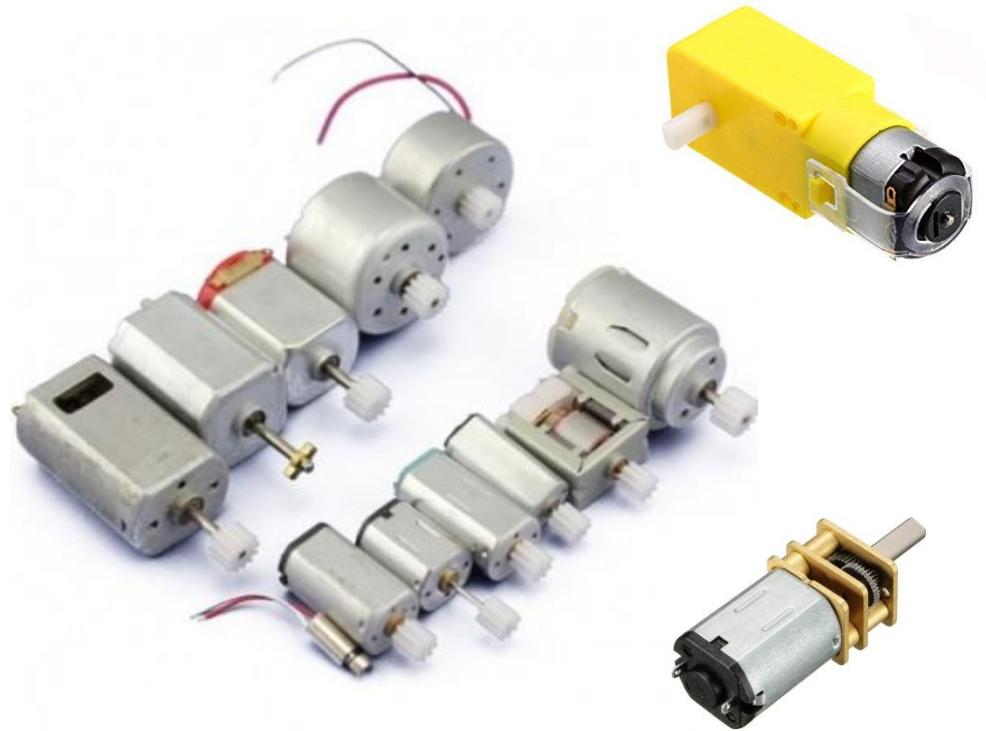


Fig. 400  
Gleichstrommotor von Siemens  
& Halske

Motor DC rancangan Siemens & Halske (1867)

# SPESIFIKASI STANDAR MOTOR DC (*BRUSHED*)



## Motor Specifications



- Standard 130 Type DC motor
- Operating Voltage: 4.5V to 9V
- Recommended/Rated Voltage: 6V
- Current at No load: 70mA (max)
- No-load Speed: 9000 rpm
- Loaded current: 250mA (approx)
- Rated Load: 10g\*cm
- Motor Size: 27.5mm x 20mm x 15mm
- Weight: 17 grams

<https://components101.com/motors/toy-dc-motor>

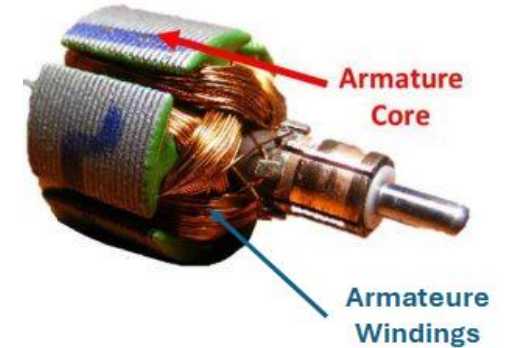
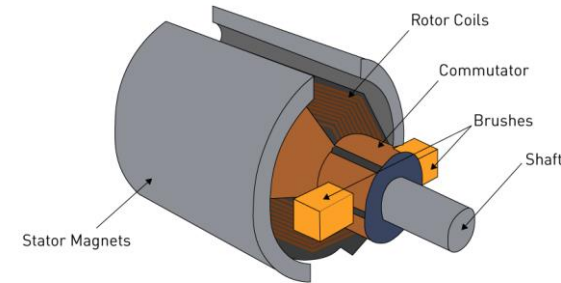




# KOMPONEN MOTOR DC

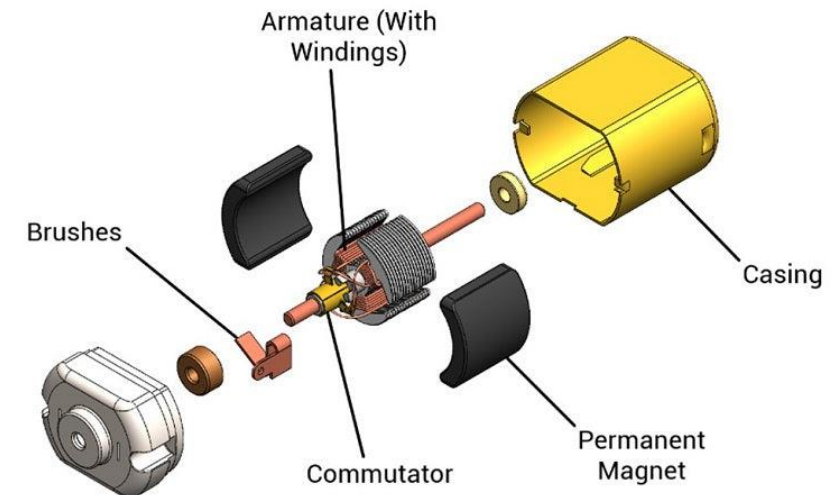
- **Rotor** : berasal dari kata “*rotate*” yang berarti adalah komponen elektronik yang berputar dari sebuah motor. Komponen ini bergerak secara dinamik ketika tegangan diberikan ke belitan armature.
- **Stator** : berasal dari kata “*stationary*” yang berarti komponen elektronik dari motor DC yang tidak bergerak. Stator menghasilkan medan magnet di sekitar rotor agar rotor dapat berputar ketika diberikan tegangan.
- **Brush** : sikat yang terpasang ke commutator sebagai jembatan untuk mengirimkan energi listrik dari rangkaian suplai ke rotor. Brush biasanya terbuat dari material Karbon atau Graphite.
- **Commutator** : slip ring yang bertugas menyalurkan arus listrik ke belitan armature.

<https://wiraelectrical.com/id/komponen-motor-dc/>



Components Of The  
Traditional Brushed DC Motor

<https://www.monolithicpower.com/en/learning/mpscholar/electric-motors/dc-motors/types>



<https://www.progressiveautomations.ca/blogs/products/cored-vs-coreless-dc-motors-which-should-you-choose>



# BRUSHED VS BRUSHLESS

	Brushed motor	Brushless motor
Lifetime	Short (brushes wear out)	Long (no brushes to wear)
Speed and Acceleration	Medium	High
Efficiency	Medium	High
Electrical Noise	Noisy (bush arcing)	Quiet
Acoustic Noise & Torque Ripple	Poor	Medium (trapezoidal) or good (sine)
Cost	Lowest	Medium (added electronics)

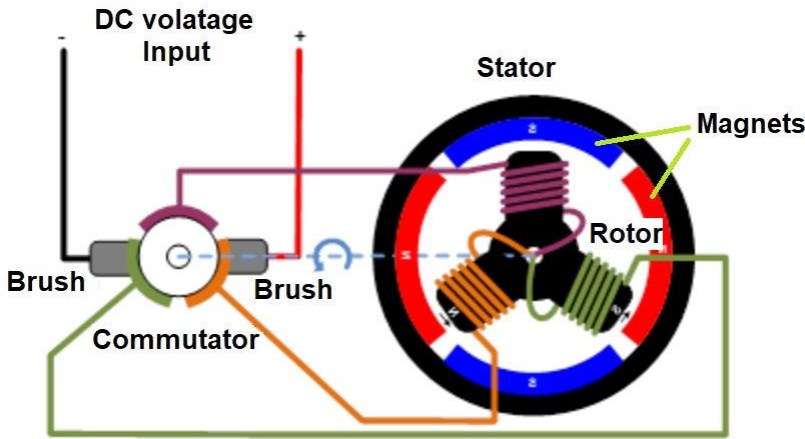
<https://www.monolithicpower.com/en/learning/resources/brushless-vs-brushed-dc-motors>



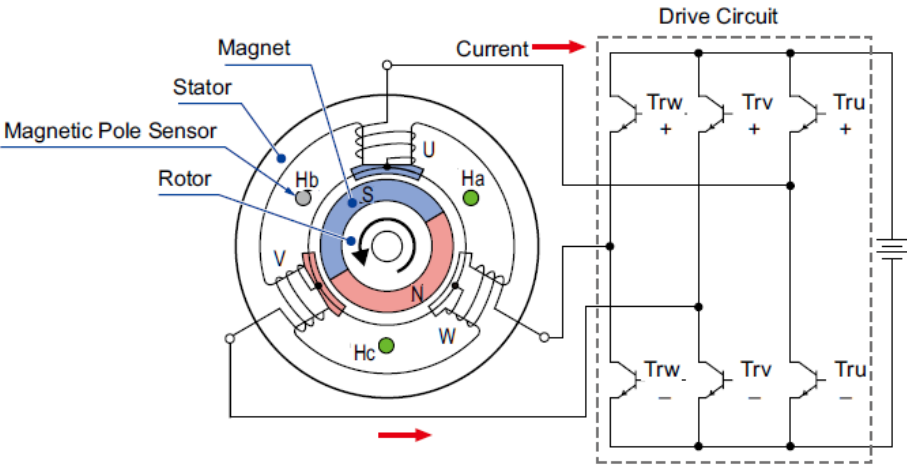
**BDC MOTOR**



**BLDC MOTOR**



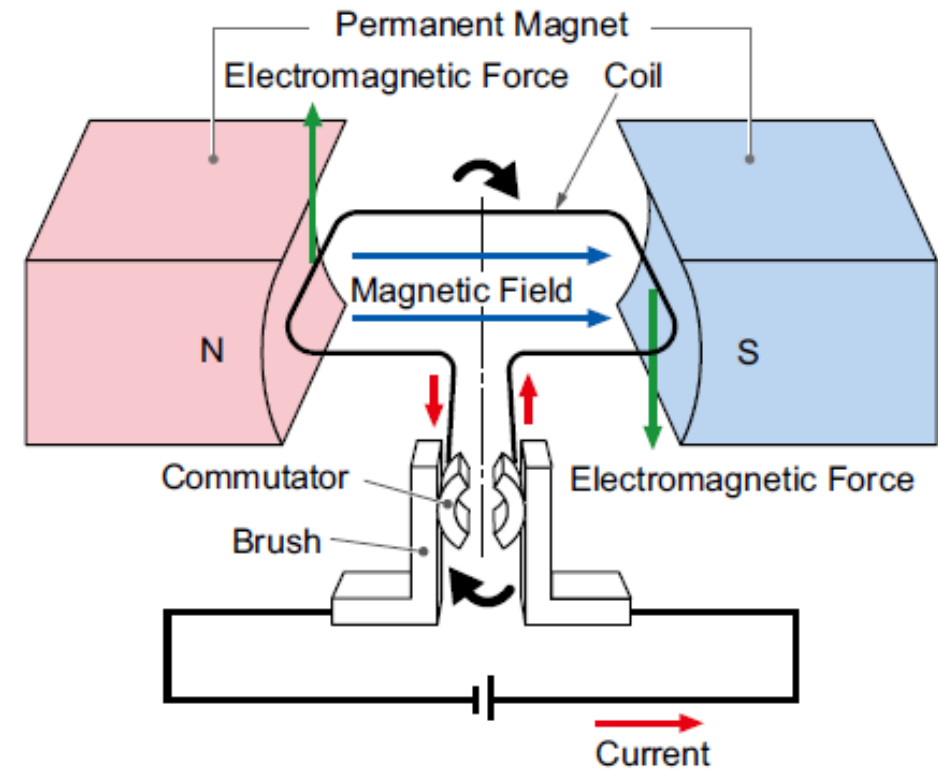
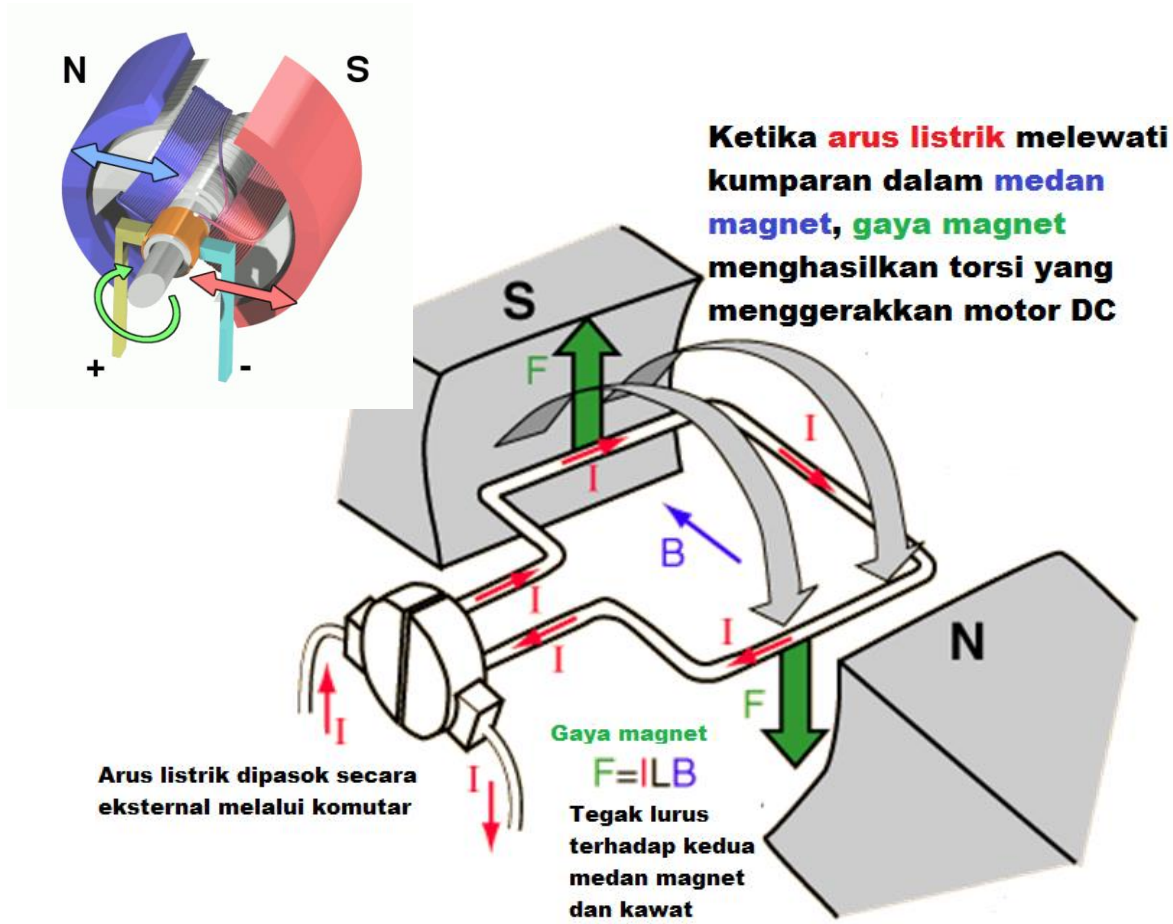
**Brushed DC Motor**



**Brushless DC Motor**

<https://www.firgelliauto.com/id/blogs/news/what-is-the-difference-between-brushed-and-brushless-dc-motors?srsId=AfmBOoooBS9xT4ciRUj0MLRr7x8v6G8jRWIjPH7cVlB4yMIAoEZnfbSq>

# BAGAIMANA MOTOR DC BEKERJA



# HUKUM FISIKA PADA MOTOR DC

- **Gaya Lorentz** adalah gaya dorongan yang bekerja pada kawat dalam motor listrik DC.
- Gaya Lorentz ini terjadi karena adanya **arus listrik** yang mengalir di dalam **medan magnet**.
- Besarnya gaya Lorentz dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \times \mathbf{I} \times \mathbf{L}$$

dimana:

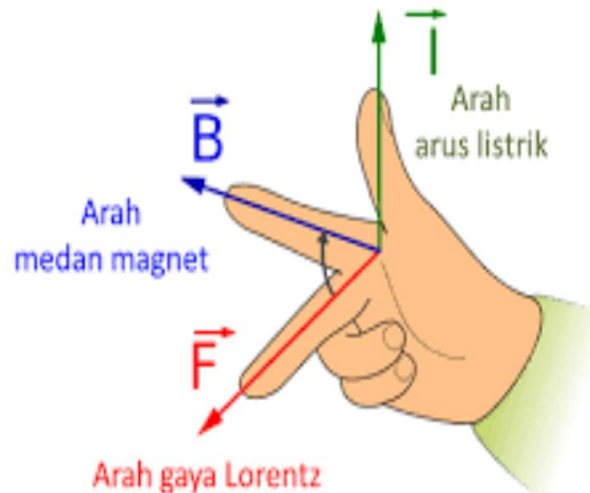
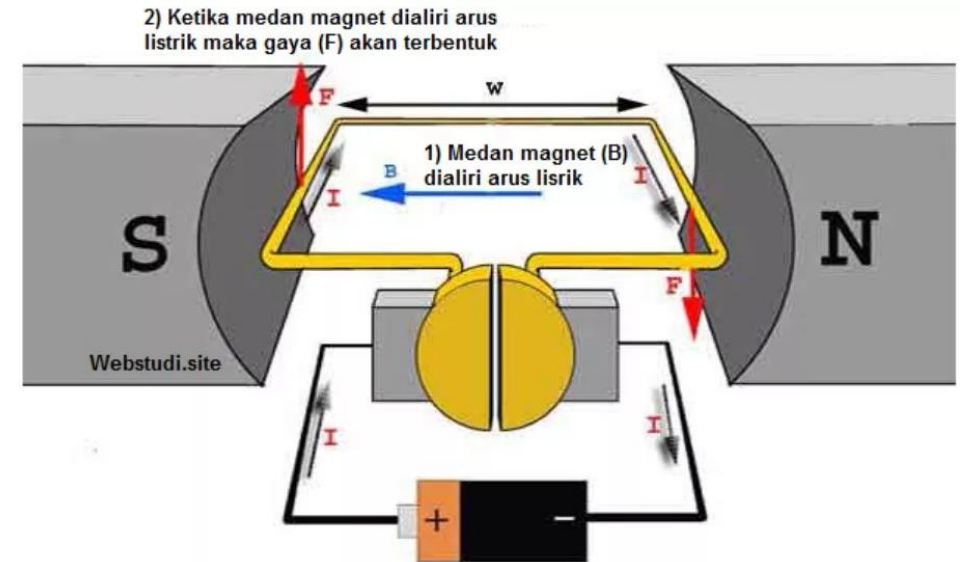
F = Gaya Lorentz (Newton)

B = Medan magnet (Tesla)

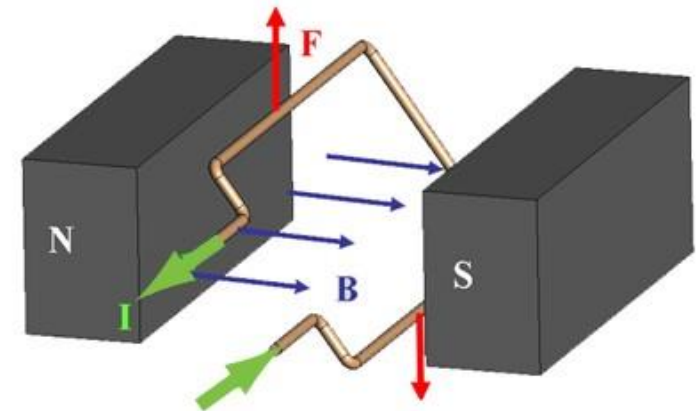
I = Arus listrik (Ampere)

L = Panjang kawat yang dialiri listrik (Meter)

<https://www.bengkeltv.id/jenis-jenis-motor-dc/>



<https://katadata.co.id/>



[https://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Brushed\\_DC\\_Motor\\_Theory](https://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Brushed_DC_Motor_Theory)



# RPM VS TORSI

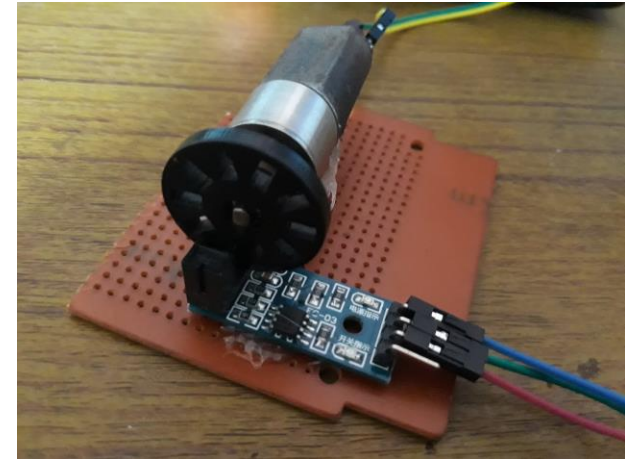




# APA ITU RPM ?

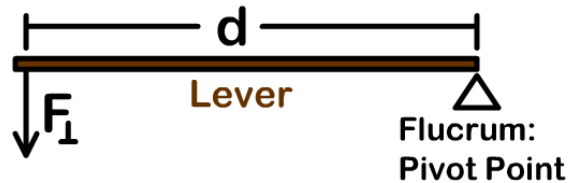
- **Revolusi per menit (rpm)** (**bukan Rotasi Per Menit**) adalah unit yang digunakan untuk menyatakan kecepatan revolusi (perputaran) setiap menitnya
- RPM adalah satuan yang menyatakan **jumlah putaran per menit** dari semua benda yang berputar seperti mesin, piringan, bola dsb.
- Contoh: mesin mobil berputar antara 600 sampai **6.000 rpm** berarti berputar sebanyak 600 sampai **6.000 kali per menit**
- **Kesalahan dalam definisi:** kemungkinan terjadi akibat penerjemahan yang salah dari bahasa inggris (**rpm = revolution per minutes**) ke bahasa indonesia (**rpm = rotasi per menit**) sehingga jadinya (**rpm = rotation per minutes**).

[https://id.wikipedia.org/wiki/Revolusi\\_per\\_menit](https://id.wikipedia.org/wiki/Revolusi_per_menit)

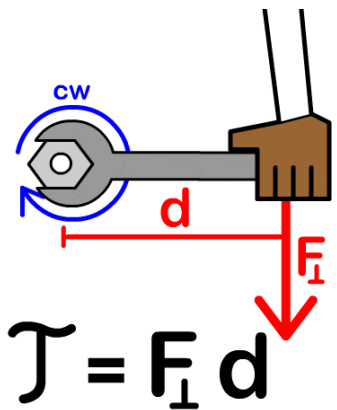




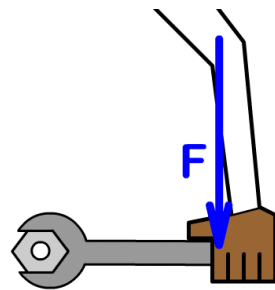
# APA ITU TORSI?



CCW: Counterclockwise 



Most torque



$$\tau = F \cdot d$$

$$\tau = F \cdot d \cdot \sin \theta$$

$\tau$  = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

d = Panjang Lengan (m)

$\theta$  = Sudut lengan

- **Momen gaya** atau **torsi** adalah besaran gaya yang bekerja sampai mengakibatkan benda bergerak melingkar dimana benda tersebut bergerak pada suatu poros.
- Torsi meningkat ketika gaya tegak lurus diterapkan semakin jauh dari titik tumpu.
- Torsi juga meningkat ketika besar dari gaya itu sendiri bertambah.
- Jadi, gaya tegak lurus dan jarak memiliki hubungan langsung dengan torsi. Oleh karena itu, jika salah satu dari gaya tegak lurus atau jarak meningkat, dengan semua faktor lain tetap sama, maka torsi akan bertambah.

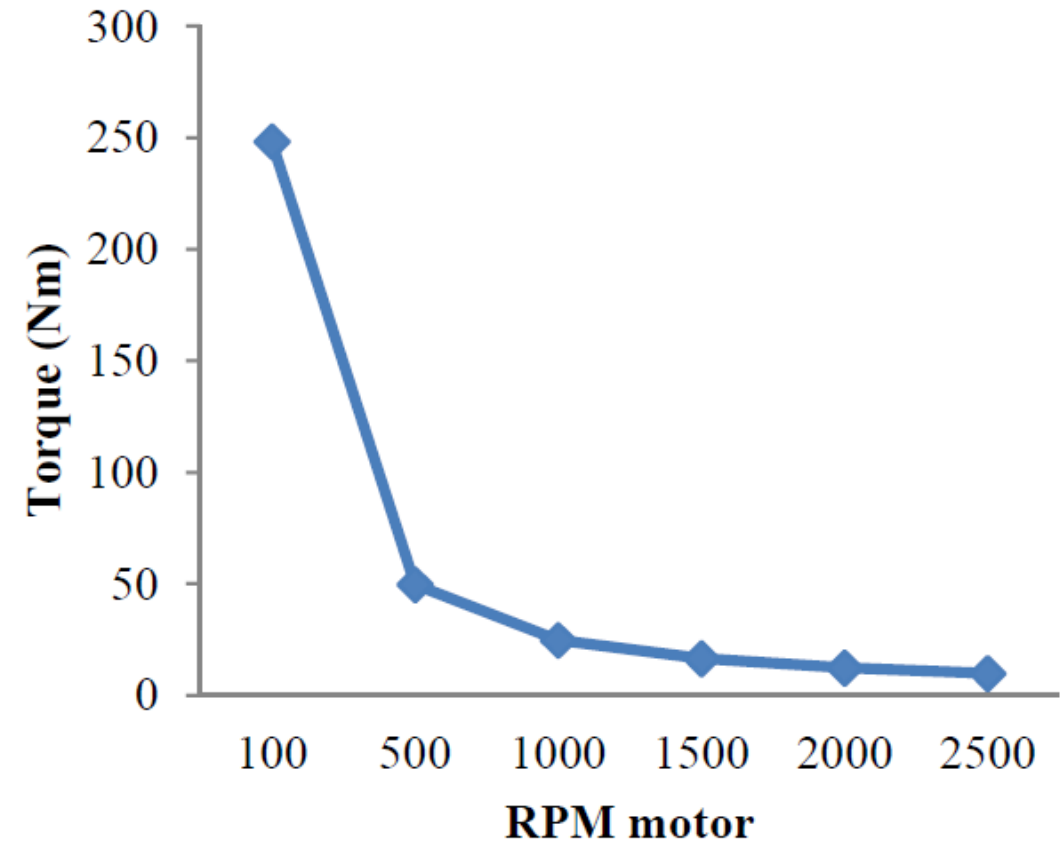
# KORELASI RPM DAN TORSI

$$Power (kW) = \frac{2\pi \times Speed (rpm) \times Torque(kNm)}{60}$$

$$Torque (kNm) = \frac{60 \times Power(kW)}{2\pi \times Speed (rpm)}$$

$$Torque (Nm) = \frac{9548 \times Power(kW)}{Speed (rpm)}$$

[https://extrudesign.com/engineering-unit-converters/motor-torque-calculator/#google\\_vignette](https://extrudesign.com/engineering-unit-converters/motor-torque-calculator/#google_vignette)



[https://www.researchgate.net/publication/301633114\\_The\\_design\\_and\\_control\\_system\\_of\\_small\\_electric\\_vehicle\\_EV\\_A\\_review/link/5a07357b4585157013a5c0be/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicHJldmldvXNQYWdlIjoieX2RpcmVjdCJ9fQ](https://www.researchgate.net/publication/301633114_The_design_and_control_system_of_small_electric_vehicle_EV_A_review/link/5a07357b4585157013a5c0be/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicHJldmldvXNQYWdlIjoieX2RpcmVjdCJ9fQ)

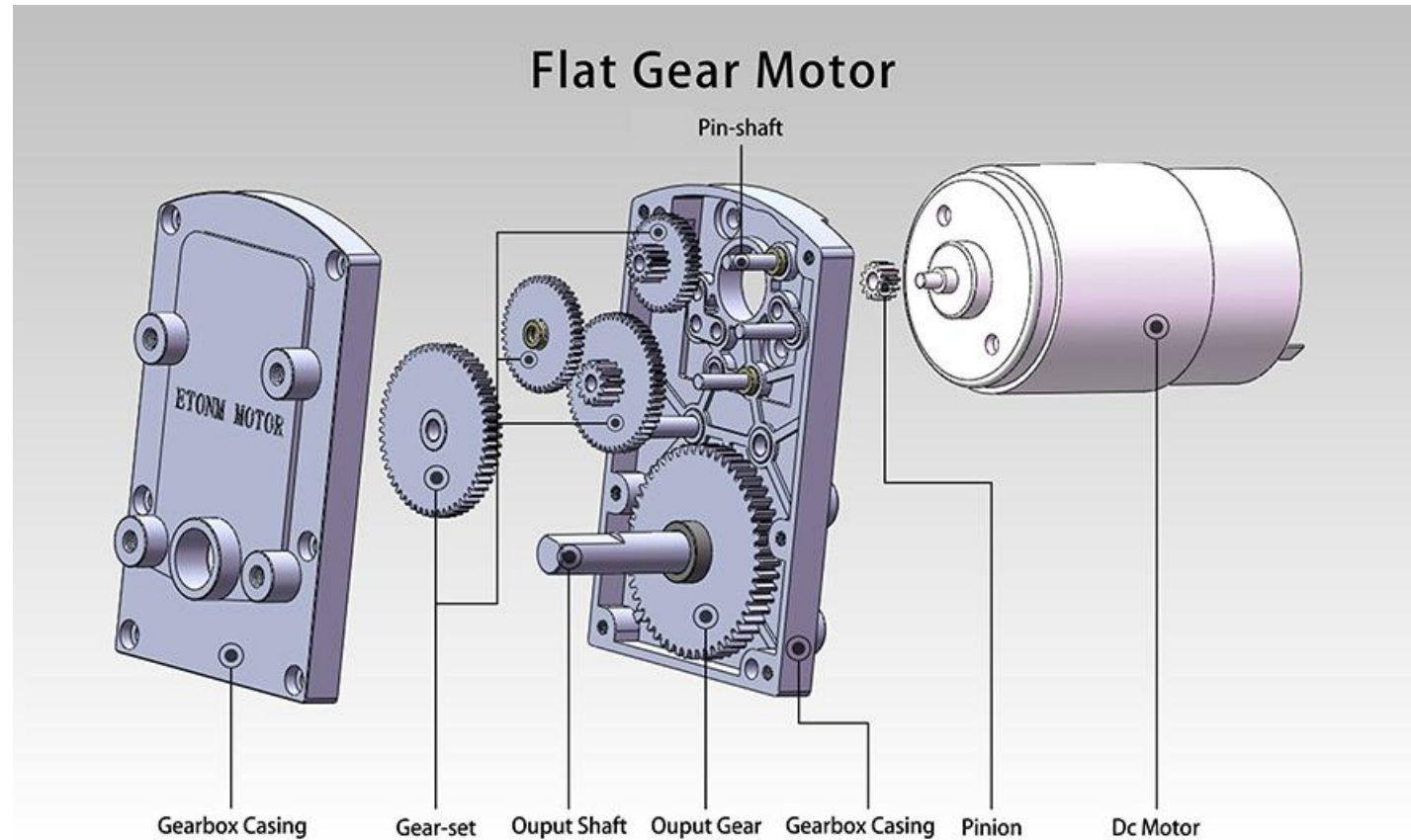


# SISTEM RODA GIGI MOTOR DC





# GEARBOX MOTOR DC



[https://www.etonm.com/About\\_4/5100565.html](https://www.etonm.com/About_4/5100565.html)

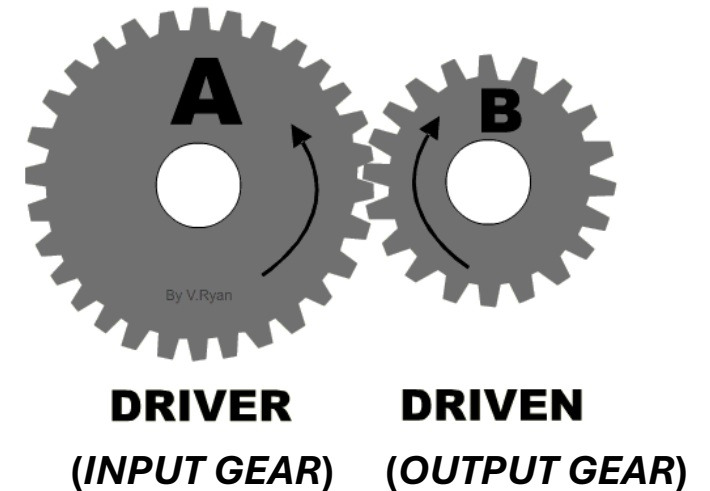
# SISTEM RODA GIGI SEDERHANA (*SIMPLE GEAR*)

## Input Gear (Driver):

- Roda gigi yang menerima tenaga langsung dari sumber tenaga, seperti motor atau engkol.
- Berfungsi sebagai penggerak utama dalam sistem transmisi roda gigi.
- Putaran dan kecepatan driver gear akan menentukan bagaimana output gear berputar.

## Output Gear (Driven):

- Roda gigi yang menerima tenaga dari input gear melalui kontak gigi.
- Berputar sebagai hasil dari pergerakan driver gear.
- Kecepatan dan arah putarnya tergantung pada rasio gigi serta konfigurasi roda gigi yang digunakan



# RASIO RODA GIGI (*GEAR RATIO*)

## RUMUS GEAR RATIO

$$GR = \frac{Z_{out}}{Z_{in}} = \frac{N_{in}}{N_{out}} = \frac{T_{out}}{T_{in}}$$

**$Z_{out}$**  = Jumlah gigi roda gigi output/driven

**$Z_{in}$**  = Jumlah gigi roda gigi input/driver

**$N_{in}$**  = Kecepatan putaran roda gigi input/driver (RPM)

**$N_{out}$**  = Kecepatan putaran roda gigi output/driven (RPM)

**$T_{out}$**  = Torsi roda gigi output/driven (Nm)

**$T_{in}$**  = Torsi roda gigi input/driver (Nm)

Source: Youtube Jago Otomotif

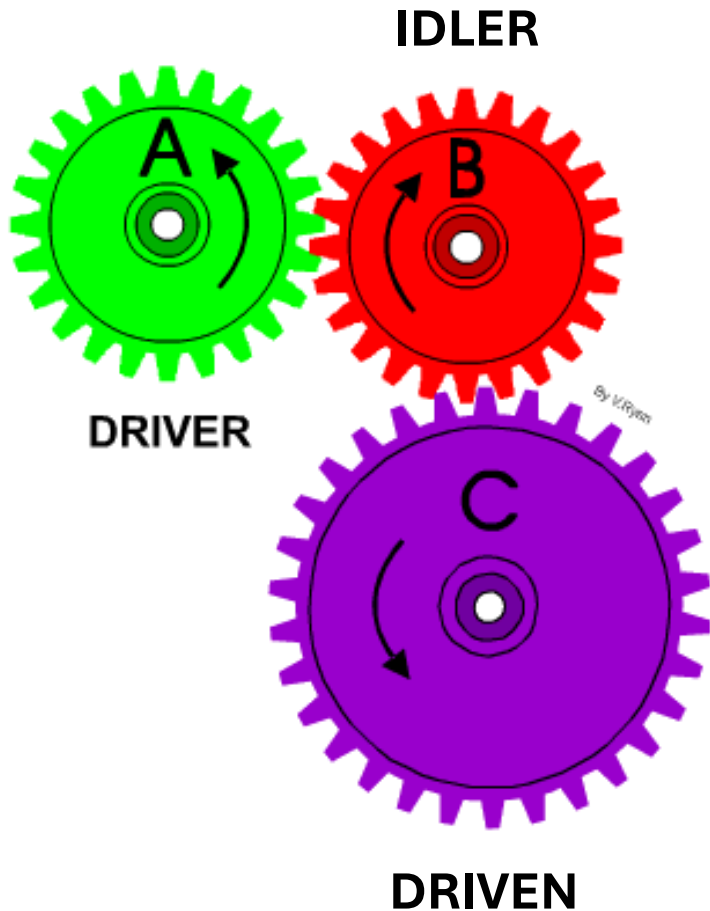


<https://www.vexforum.com/t/gear-ratios-for-pulling/76381/3>

- $Z_{in} > Z_{out}$  maka speed (rpm) naik dan torsi turun
- $Z_{in} = Z_{out}$  (1:1) maka tidak ada perubahan speed dan torsi
- $Z_{in} < Z_{out}$  maka speed (rpm) turun dan torsi naik



# RANGKAIAN 3 RODA GIGI (MULTIGEAR)



- **Idler Gear** adalah roda gigi tambahan yang ditempatkan di antara **Input Gear (Driver)** dan **Output Gear (Driven)** dalam suatu sistem transmisi roda gigi.
- Idler gear **tidak berpengaruh terhadap kecepatan atau rasio transmisi** tetapi berperan penting dalam mengubah arah putaran, meningkatkan jarak antara roda gigi utama, dan mendistribusikan beban dalam sistem mekanik.
- Pada animasi di samping, gear B (idler) bertindak sebagai output dari gear A dan sekaligus juga sebagai input untuk gear C sehingga persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Gear Ratio} = \frac{Z_B}{Z_A} \times \frac{Z_C}{Z_B} = \frac{Z_C}{Z_A}$$

- Berdasarkan persamaan di atas **nilai  $Z_B$  (Jumlah gigi gear B) dapat diabaikan**





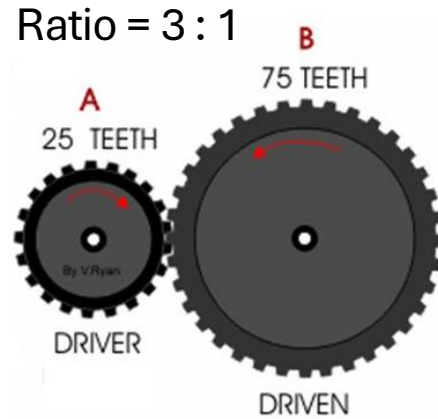
# Menghitung RPM dan Torsi Sistem Roda Gigi Sederhana

Speed = 9000 rpm

Torsi = 0.001 Nm



+



Speed Out = ... rpm ?

Torsi Out = ... Nm ?

## Menghitung RPM

$$\frac{Z_{out}}{Z_{in}} = \frac{N_{in}}{N_{out}} \rightarrow \frac{3}{1} = \frac{9000}{N_{out}}$$

$$N_{out} = \frac{9000}{3}$$

$$= 3000 \text{ rpm}$$

## Menghitung Torsi

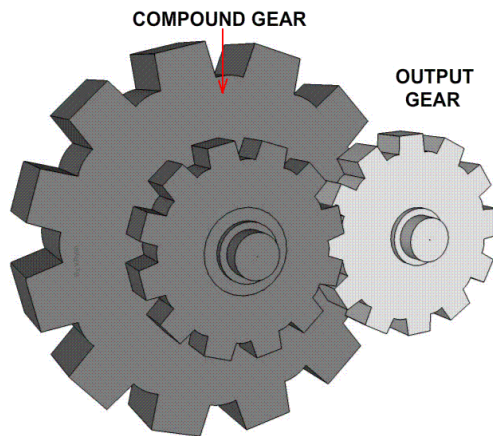
$$\frac{Z_{out}}{Z_{in}} = \frac{T_{out}}{T_{in}} \rightarrow \frac{3}{1} = \frac{T_{out}}{0.001}$$

$$T_{out} = 0.001 \times 3$$

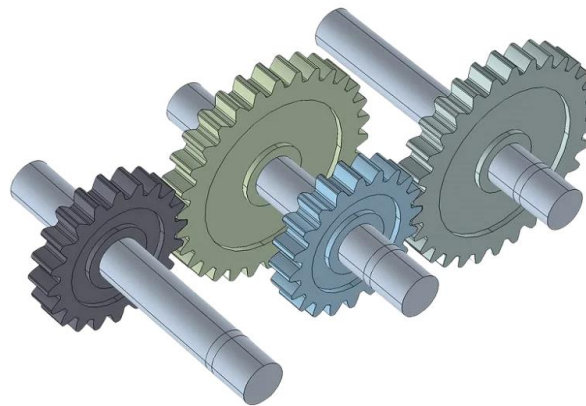
$$= 0.003 \text{ Nm}$$

# SISTEM RODA GIGI MAJEMUK (COMPOUND GEAR)

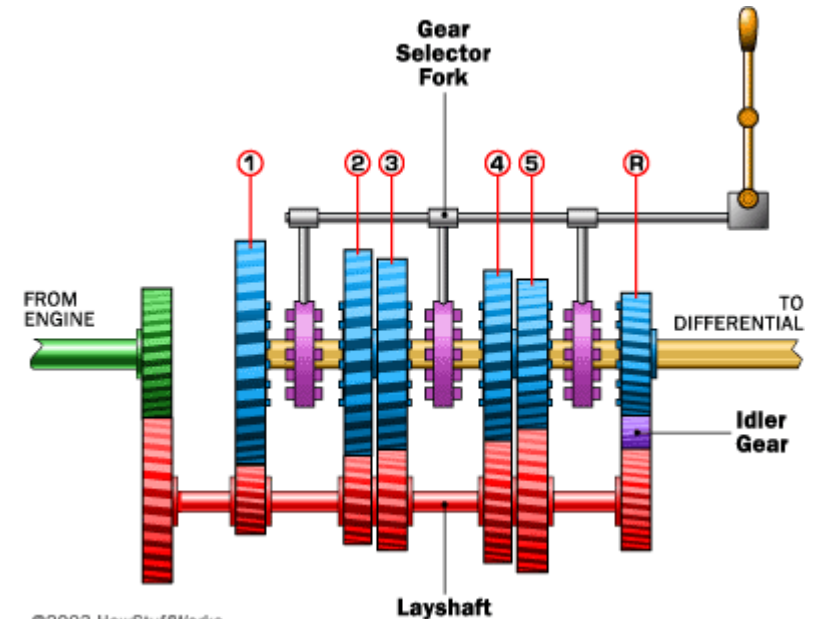
- **Compound gear** adalah sistem roda gigi di mana dua atau lebih roda gigi dipasang pada poros yang sama sehingga berputar dengan kecepatan dan arah yang sama.
- Sistem ini digunakan untuk mendapatkan perbandingan kecepatan dan torsi yang lebih kompleks dibandingkan dengan sistem roda gigi sederhana.
- Sistem ini digunakan pada transmisi gear manual kendaraan bermotor



<https://technologystudent.com/gears1/gears3.htm>

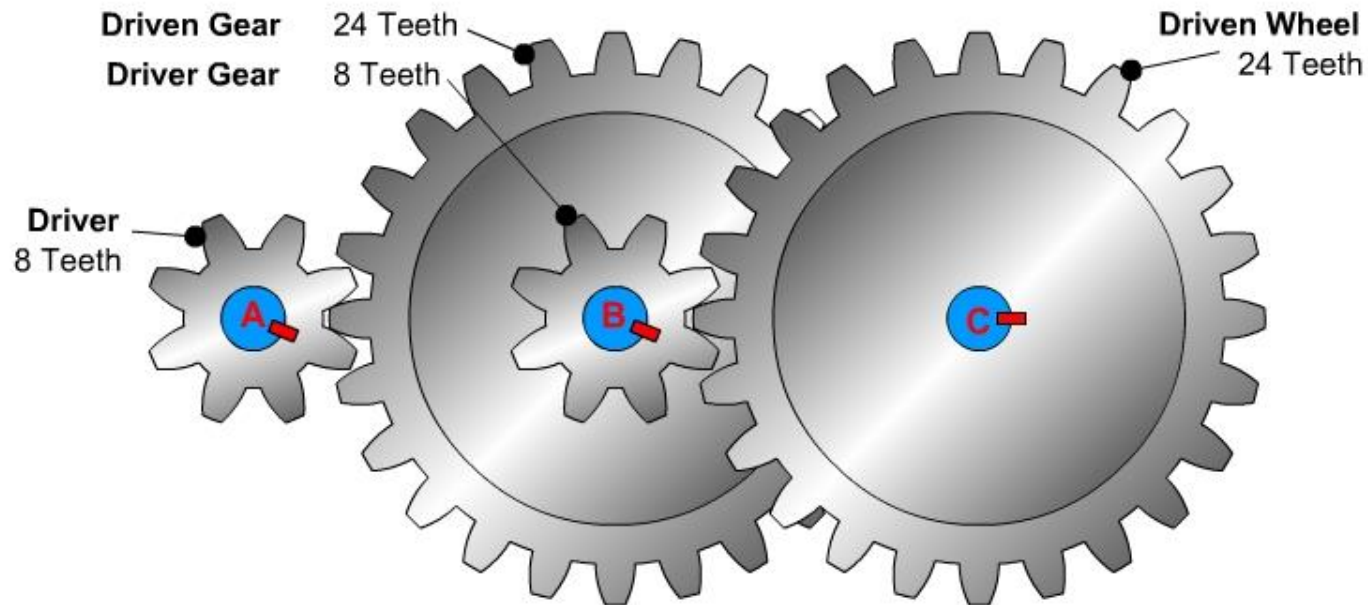


<https://dizz.com/gear-trains/>



[https://energyeducation.ca/encyclopedia/Transmission\\_%28vehicle%29](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Transmission_%28vehicle%29)

# Menghitung Rasio Roda Gigi Sistem Roda Gigi Majemuk



<https://www.notesandsketches.co.uk/Gears.html>

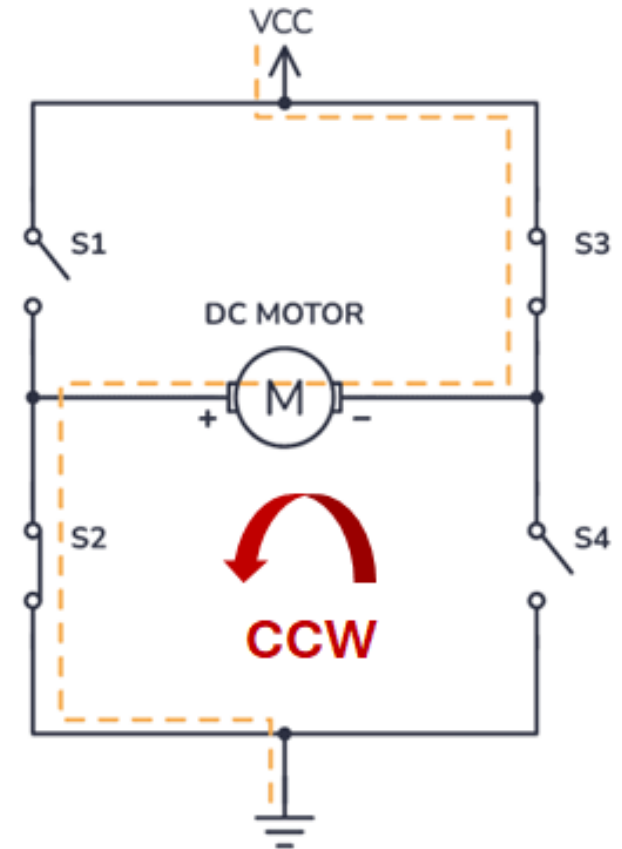
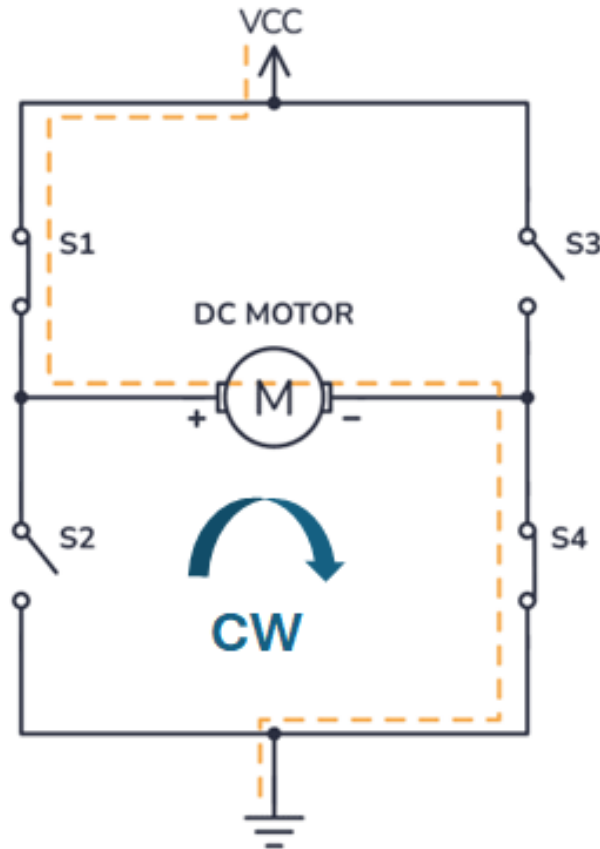
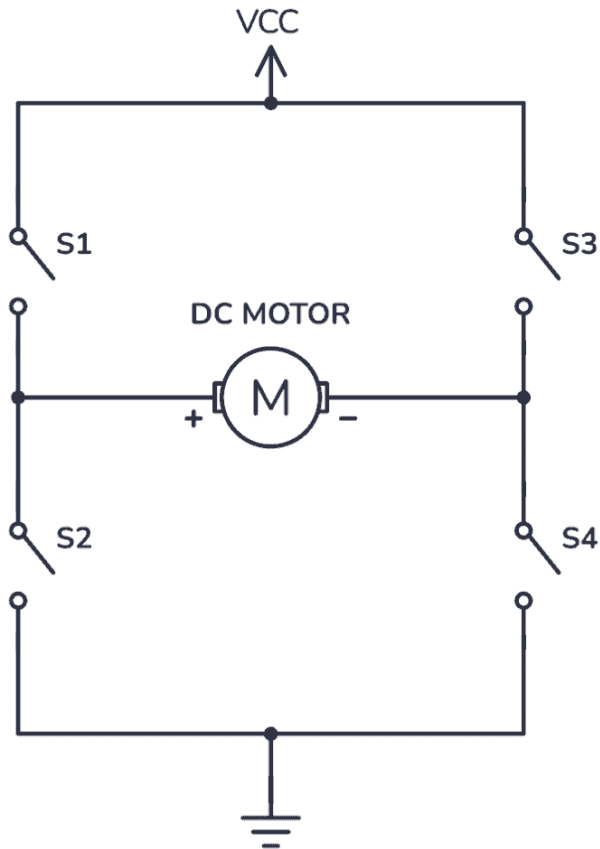
$$\begin{aligned}\text{Gear Ratio} &= \frac{Z_B}{Z_A} \times \frac{Z_C}{Z_{B'}} \\ &= \frac{24}{8} \times \frac{24}{8} \\ &= \frac{9}{1}\end{aligned}$$



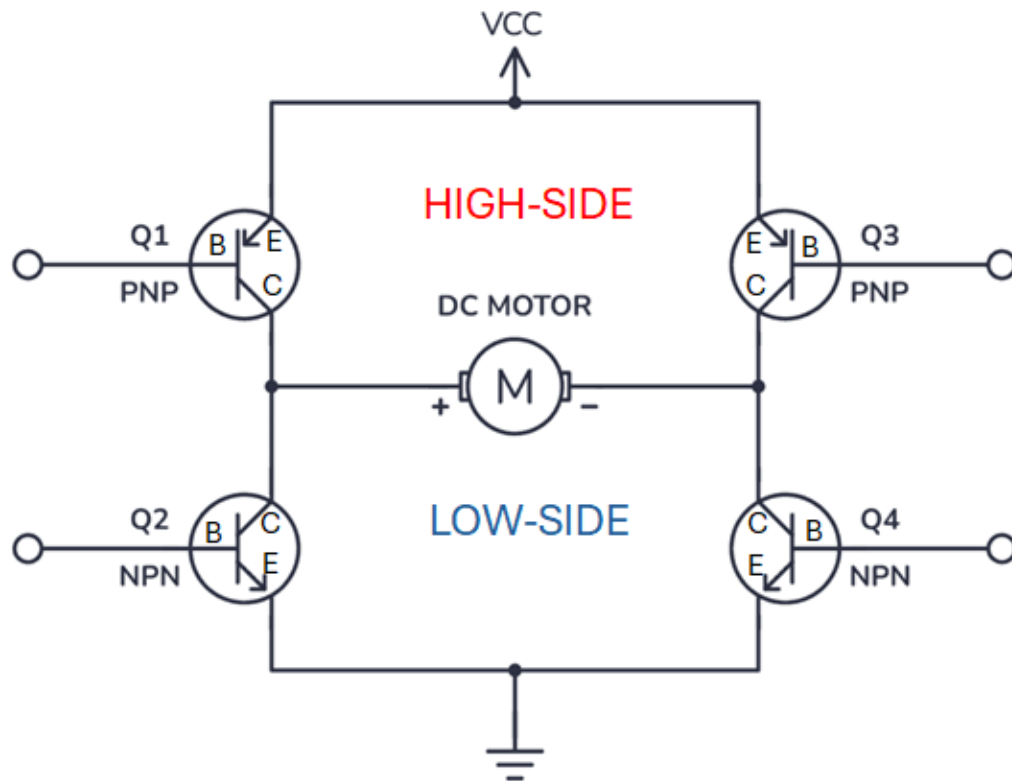
# RANGKAIAN H-BRIDGE & IC DRIVER MOTOR DC



# CARA KERJA RANGKAIAN H-BRIDGE



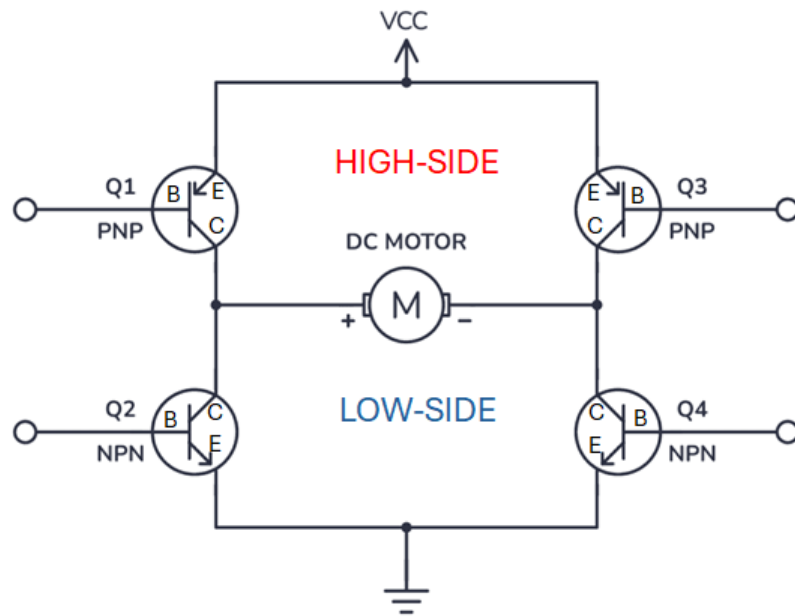
# RANGKAIAN H-BRIDGE MENGGUNAKAN TRANSISTOR



- Transistor tipe **PNP** bersifat **active LOW** dan **NPN** bersifat **active HIGH**
- Penempatan transistor PNP di **HIGH-SIDE** lebih memungkinkan karena cukup dengan memenuhi  $V_B < V_E$  untuk bisa mengalirkan arus ke motor.
- Sedangkan jika transistor NPN ditempatkan di HIGH-SIDE akan sulit untuk mengalirkan arus ke motor karena harus memenuhi  $V_B > V_E$  yang artinya tegangan input harus lebih besar dari Vcc
- Penempatan transistor NPN akan lebih cocok di **LOW-SIDE** karena kaki Emitter yang terhubung ke gnd sehingga lebih mudah mencapai kondisi  $V_B > V_E$  guna menarik arus ke gnd



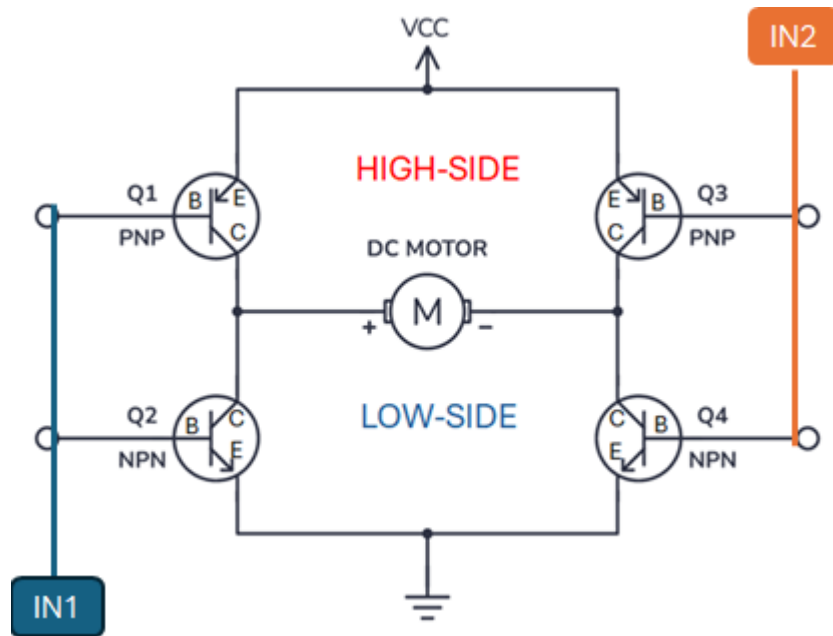
# ATURAN PENGENDALIAN H-BRIDGE 4 INPUT



Q1 (PNP)	Q2 (NPN)	Q3 (PNP)	Q4 (NPN)	Aksi Motor
OFF	ON	ON	OFF	Berputar searah jarum jam
ON	OFF	OFF	ON	Berputar berlawanan arah jarum jam
OFF	OFF	OFF	OFF	Motor berhenti (bebas)
ON	ON	OFF	OFF	Motor berhenti (rem)
OFF	OFF	ON	ON	Motor berhenti (rem) ↓

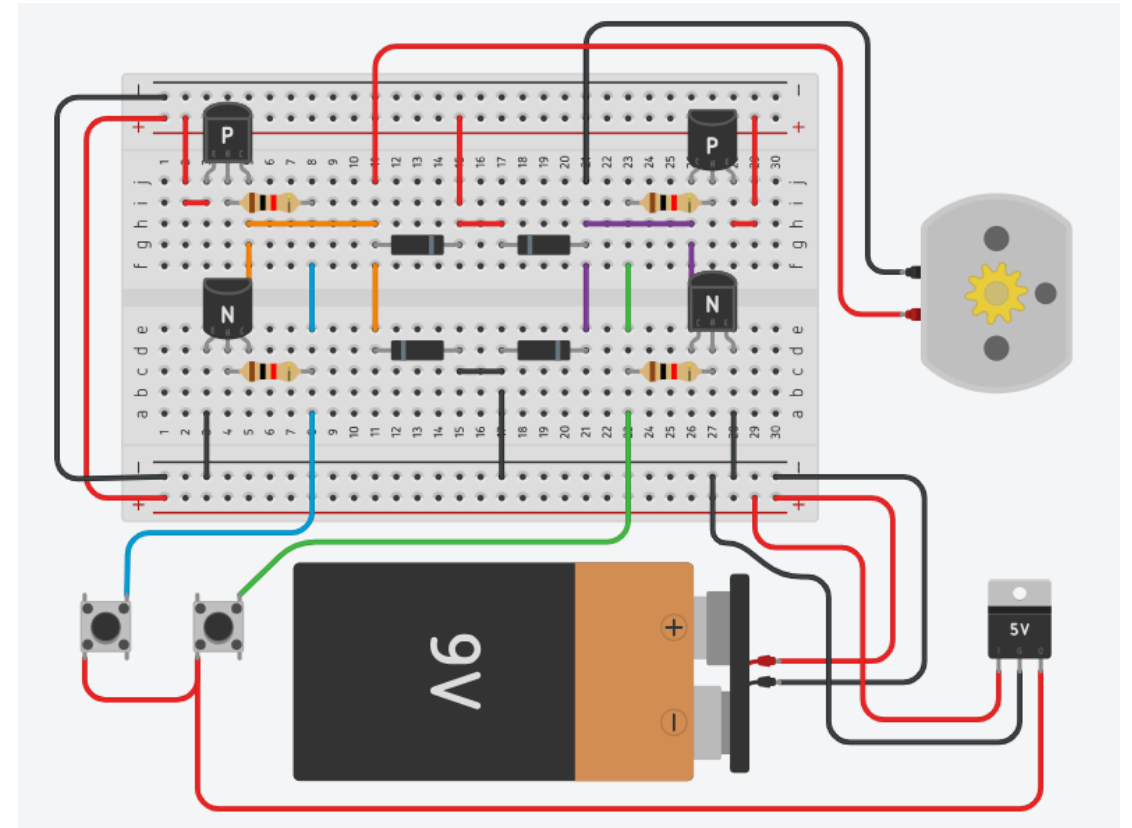
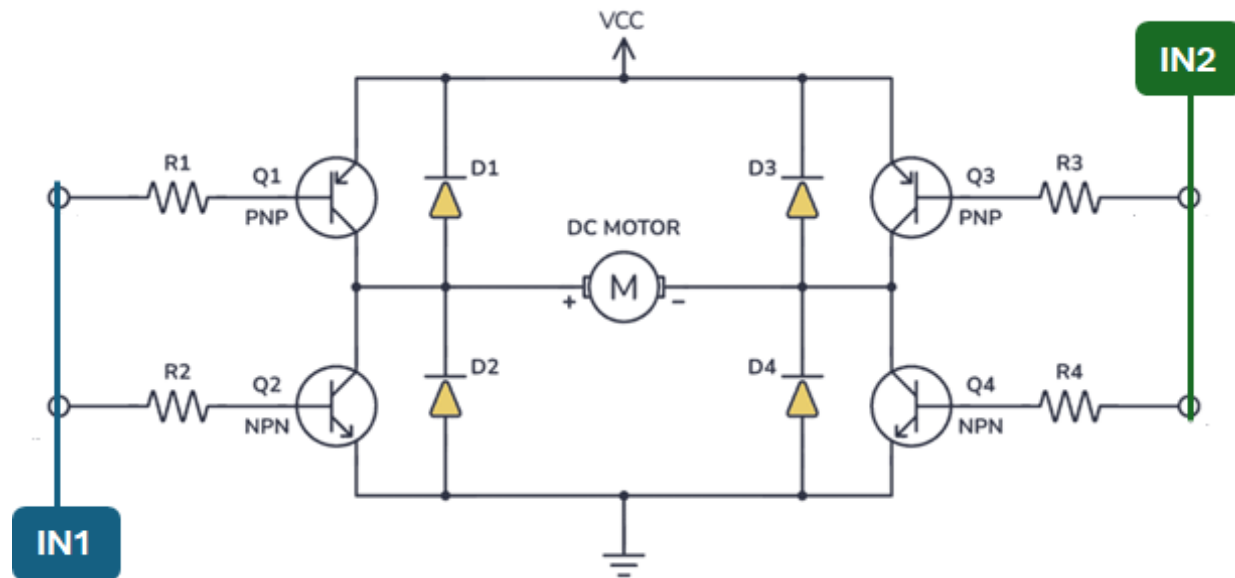
Q1 (PNP)	Q2 (NPN)	Q3 (PNP)	Q4 (NPN)	Aksi Motor
1	1	0	0	Berputar searah jarum jam
0	0	1	1	Berputar berlawanan arah jarum jam
1	0	1	0	Motor berhenti (bebas)
0	1	1	0	Motor berhenti (rem)
1	0	0	1	Motor berhenti (rem) ↓

# ATURAN PENGENDALIAN H-BRIDGE 2 INPUT



INPUT 1 (Q1 & Q2)	INPUT 2 (Q3 & Q4)	Arah Putaran Motor	Keterangan
0	1	Maju	Motor berputar ke depan
1	0	Mundur	Motor berputar ke belakang
1	1	Rem	Motor berhenti mendadak (brake)
0	0	Bebas	Motor tidak bergerak (freewheel)

# RANGKAIAN H-BRIDGE MENGGUNAKAN TRANSISTOR + DIODA FLYBACK



<https://www.tinkercad.com/things/eMNH6GTec18-h-bridge?sharecode=8k4Vxb7hQwH8EAdDyCjGKAVHk2PR2n4raWQaxV3wwkY>



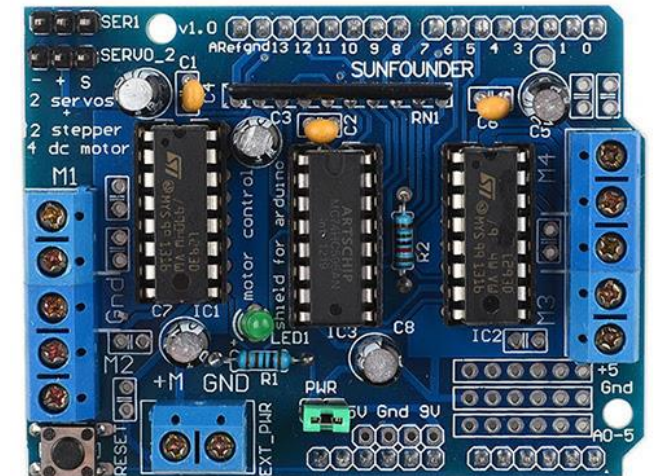


# IC DRIVER L293D

- IC L293D adalah **driver motor DC** yang dirancang untuk mengendalikan motor DC, motor stepper, atau beban induktif lainnya.
- IC ini menggunakan **dual H-Bridge** sehingga dapat mengendalikan **dua motor DC secara independen**
- Mengendalikan arah putaran motor (**Maju, Mundur, Berhenti**) serta kecepatan putaran motor menggunakan PWM
- Memiliki **dioda flyback internal** untuk melindungi IC dari tegangan balik (back EMF) yang dihasilkan oleh motor.

- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

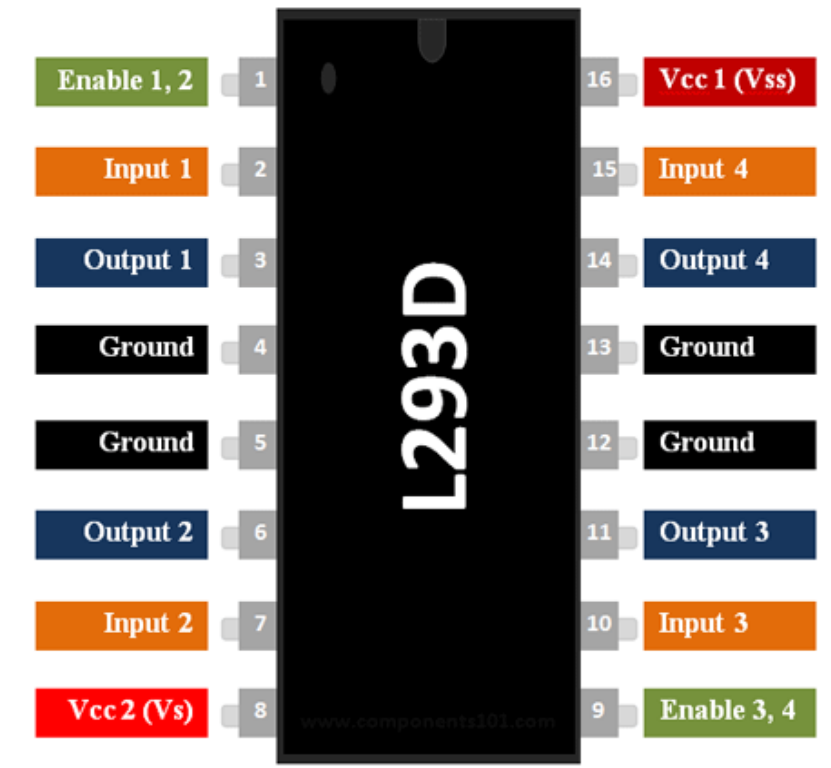
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf>





# PIN IC DRIVER L293D

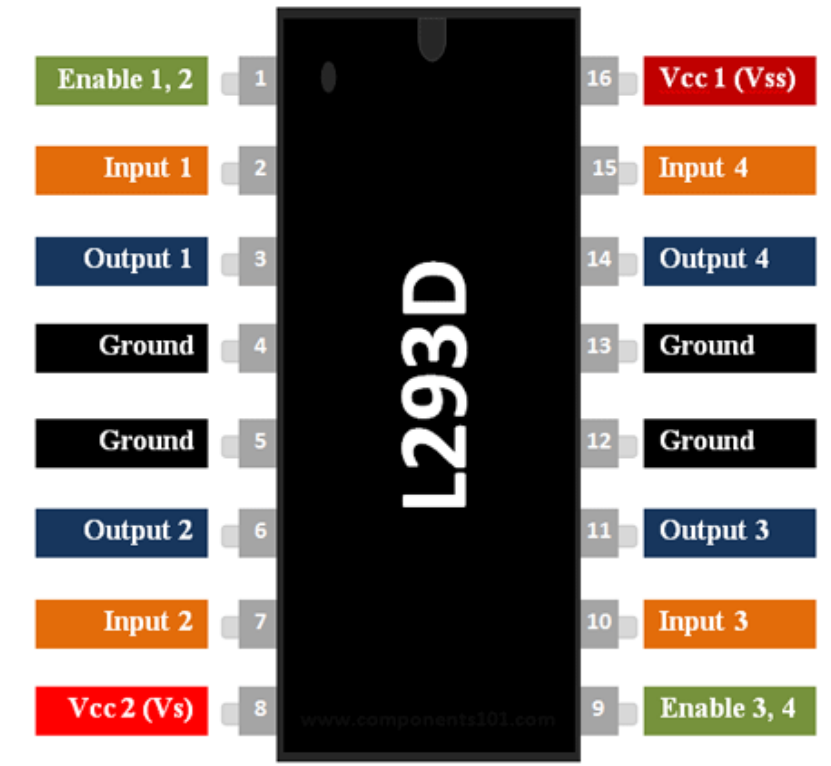
- **Enable 1,2** dan **Enable 3,4**: Mengaktifkan atau menonaktifkan bagian kiri dan kanan IC serta mengatur kecepatan putaran motor.
- **Input 1-4**: Mengontrol aliran arus ke Output 1-4.
- **Output 1-4**: Terhubung ke terminal motor.
- **VCC1**: Suplai daya untuk IC (5V).
- **VCC2**: Suplai daya untuk motor (4.5V-36V).
- **GND**: Harus dihubungkan ke ground rangkaian. Berperan dalam mencegah *overheat* pada IC





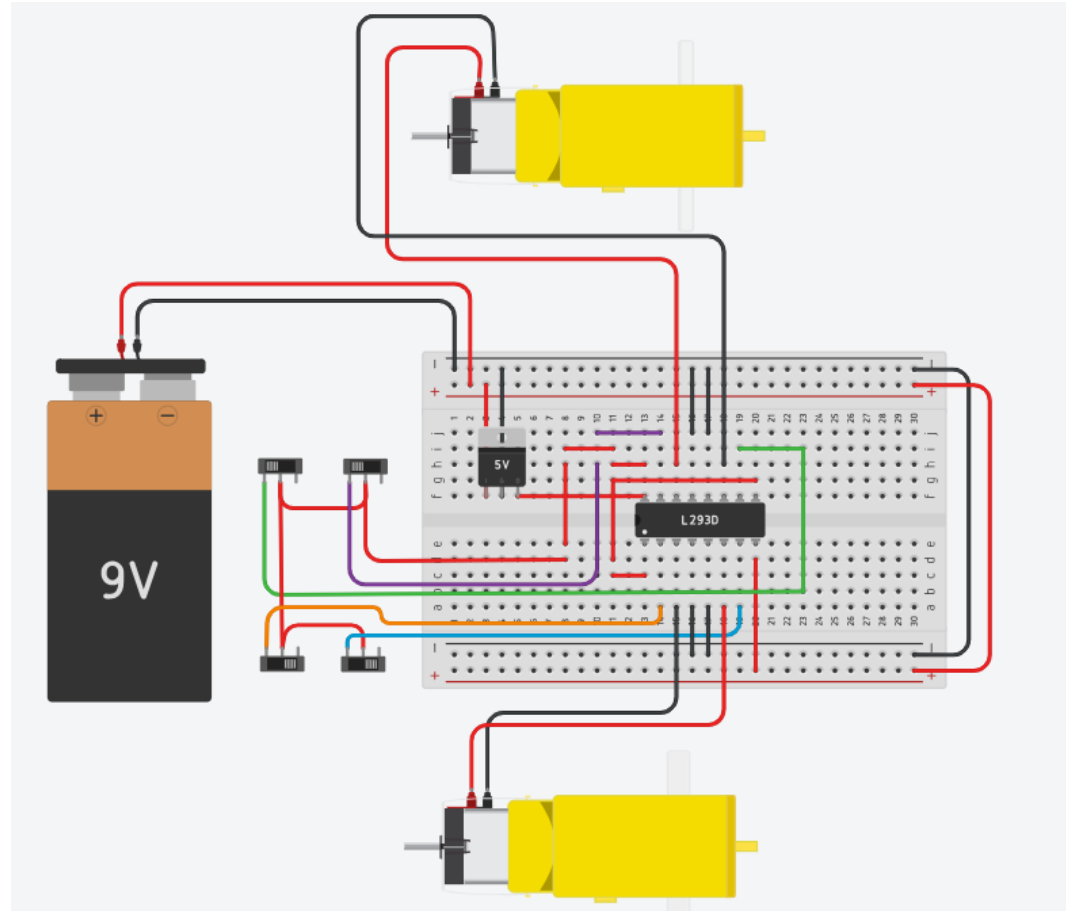
# ATURAN PENGENDALIAN L293D

Input 1	Input 2	Enable 1,2	Result
0	0	1	Stop
0	1	1	Anti-clockwise rotation
1	0	1	Clockwise rotation
1	1	1	Stop
0	1	50% duty cycle	Anti-clockwise rotation with half speed
1	0	50% duty cycle	Clockwise rotation with half speed





# L293D + MOTOR DC



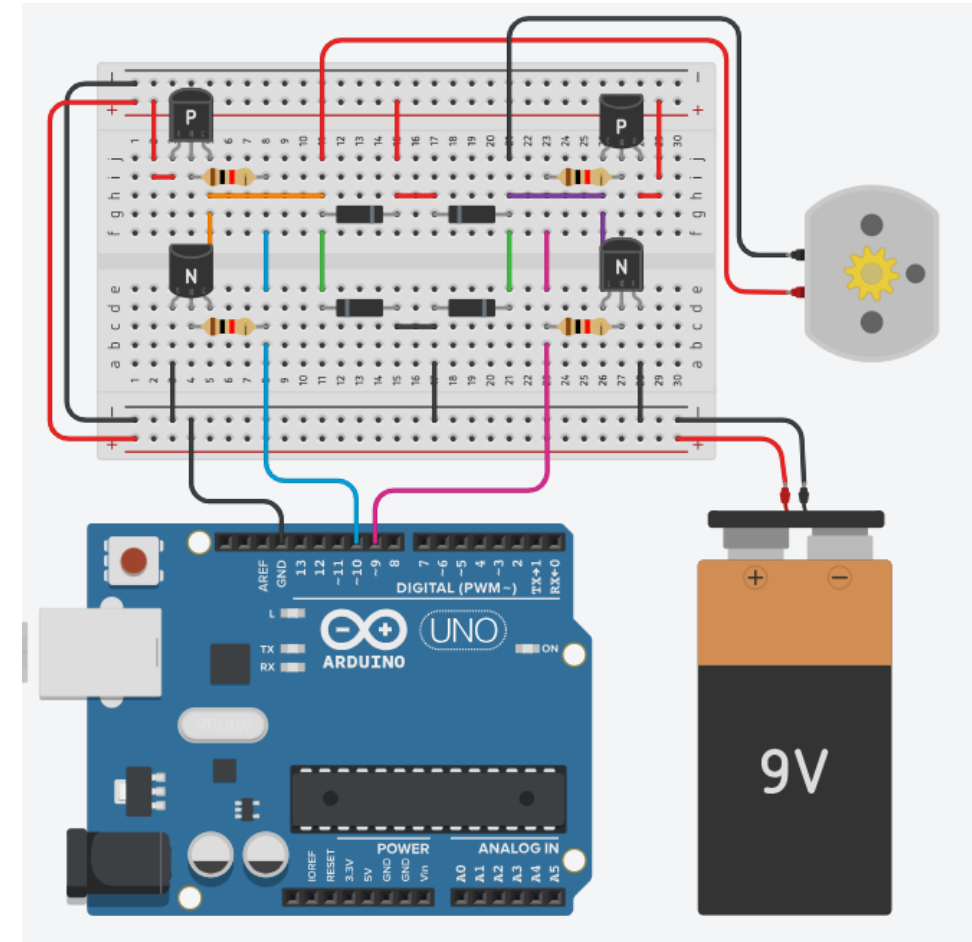
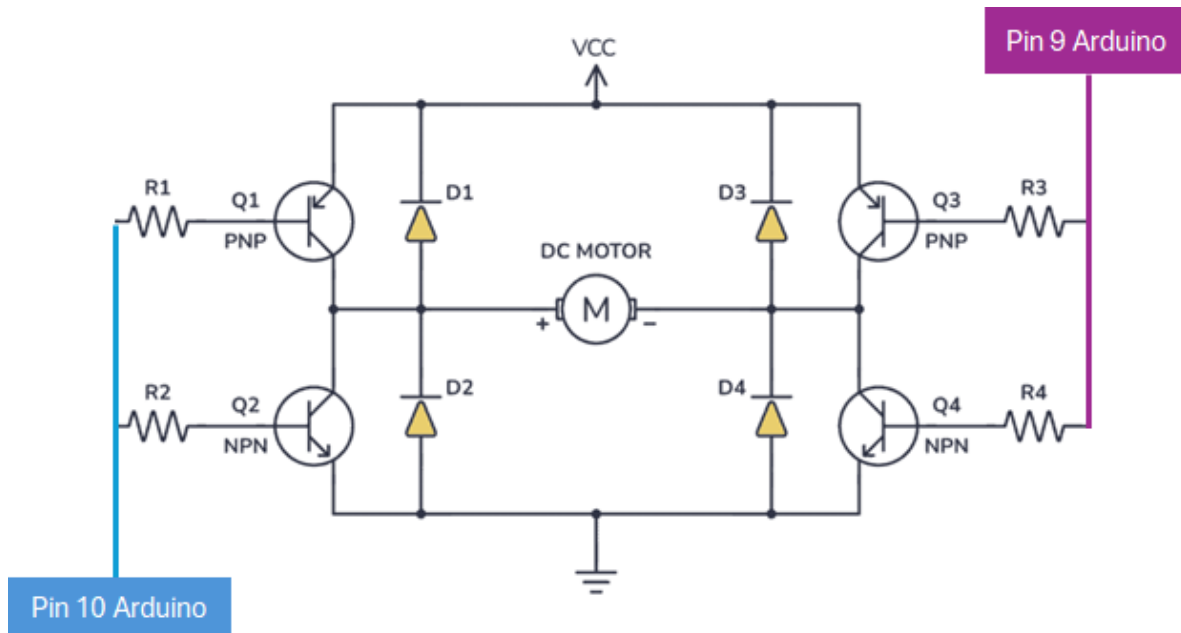
<https://www.tinkercad.com/things/jpM3ss9TpRU-l293d-motor-dc?sharecode=Gh7Pe7Kn-ET31esnQX3etd4hzKaElYvfotwawYQLqcE>



# KENDALI MOTOR DC VIA MIKROKONTROLLER

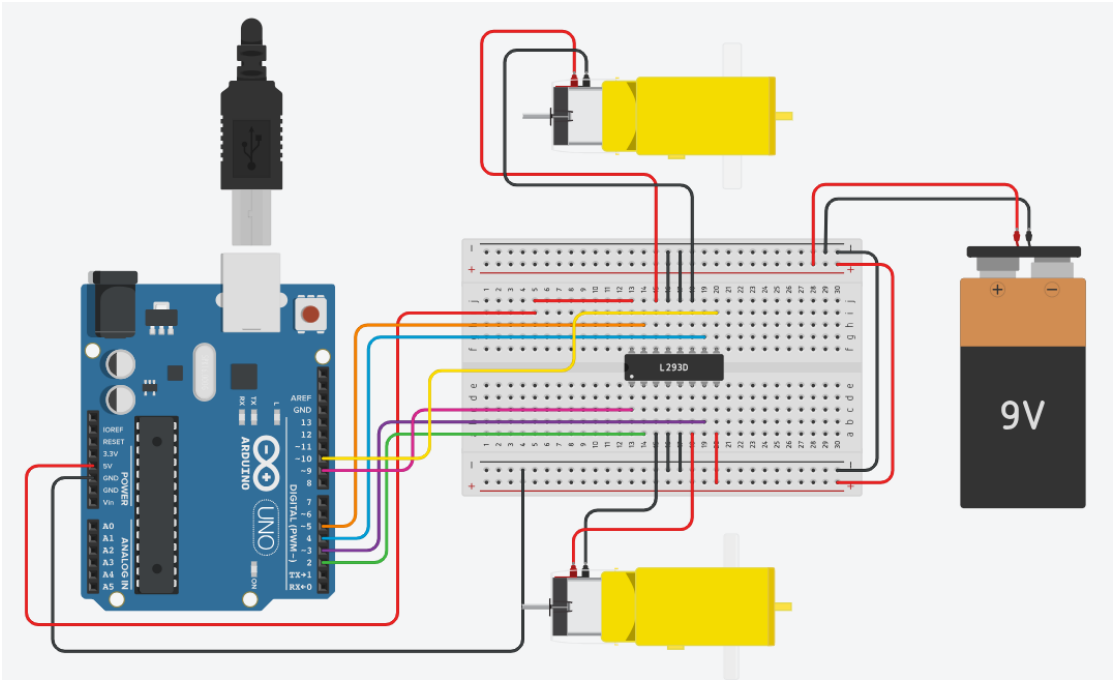


# H-BRIDGE + ARDUINO UNO



<https://www.tinkercad.com/things/eMNH6GTec18-h-bridge?sharecode=8k4Vxb7hQwH8EAdDyCjGKAVHk2PR2n4raWQaxV3wwkY>

# L293D + ARDUINO UNO

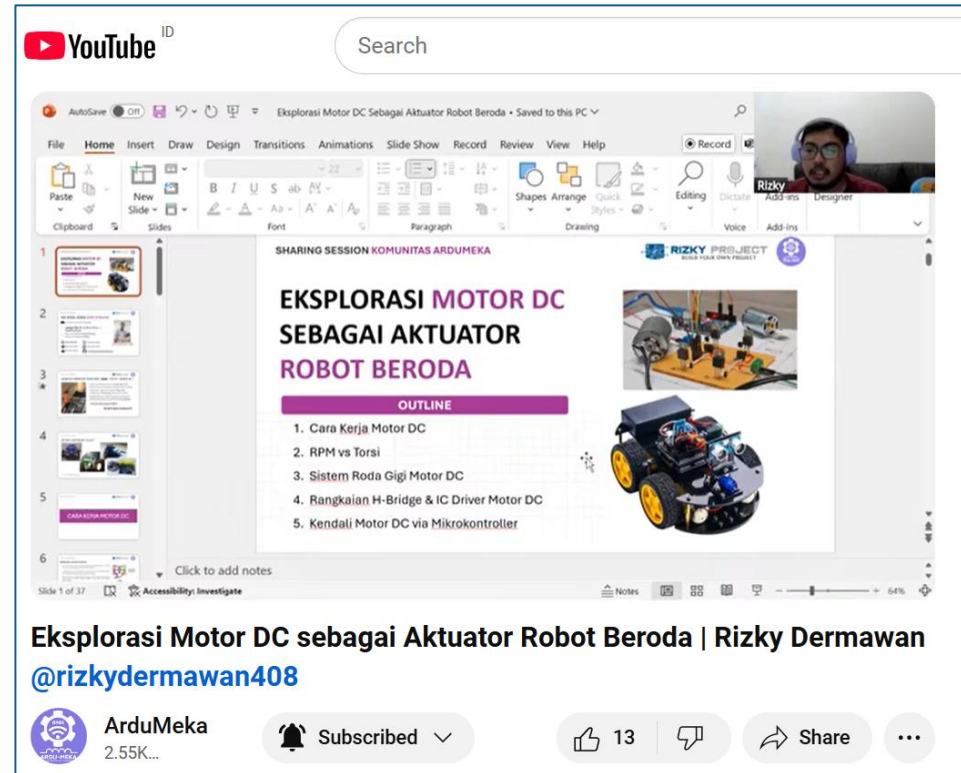


<https://www.tinkercad.com/things/jpM3ss9TpRU-l293d-motor-dc?sharecode=Gh7Pe7Kn-ET31esnQX3etd4hzKaElYvfotwawYQLqcE>

Komponen	Pin Driver L293D	Pin Arduino	Keterangan
Enable Motor A	ENA	9	Mengontrol kecepatan motor A (PWM)
Input 1 Motor A	IN1	2	Mengontrol arah motor A
Input 2 Motor A	IN2	3	Mengontrol arah motor A
Enable Motor B	ENB	10	Mengontrol kecepatan motor B (PWM)
Input 1 Motor B	IN3	4	Mengontrol arah motor B
Input 2 Motor B	IN4	5	Mengontrol arah motor B
VCC Motor (12V)	VCC2	-	Sumber daya motor (12V DC)
VCC Logic (5V)	VCC1	5V Arduino	Sumber daya logika driver
Ground	GND	GND Arduino	Ground sistem
Motor A (Kabel 1)	OUT1	-	Koneksi ke motor DC A
Motor A (Kabel 2)	OUT2	-	Koneksi ke motor DC A
Motor B (Kabel 1)	OUT3	-	Koneksi ke motor DC B
Motor B (Kabel 2)	OUT4	-	Koneksi ke motor DC B

# KESIMPULAN

1. Motor DC bekerja berdasarkan interaksi antara arus Listrik yang mengalir di kawat dengan medan magnet
2. Kecepatan (RPM) dan torsi dari motor saling berbanding terbalik
3. Kecepatan (RPM) dan torsi motor DC bisa dimanipulasi dengan menambahkan gearbox dengan rasio tertentu
4. Motor DC dapat dikendalikan arah putarannya menggunakan rangkaian H-Bridge atau menggunakan IC Driver L293D untuk mengendalikan 2 channel motor secara independent
5. Motor DC dapat dikendalikan menggunakan mikrokontroller dengan mengirim sinyal digital (1/0) atau sinyal PWM ke IC driver L293D



# LINK VIDEO REKAMAN

<https://www.youtube.com/watch?v=3cY6IzBFyJE&t=6744s>