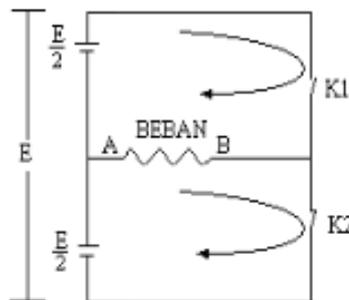


## BAB II

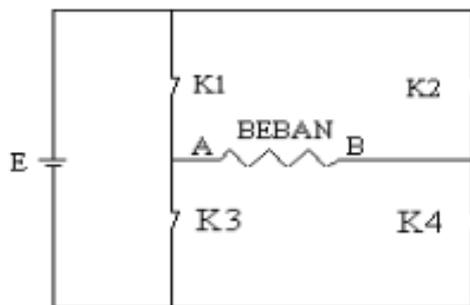
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Inverter

Inverter merupakan suatu perangkat elektronika yang dapat mengubah listrik DC menjadi listrik AC yang tegangan outputnya dapat diatur. Sumber tegangan inputnya dapat menggunakan baterai, sel surya, atau sumber tegangan DC lainnya. (Husnaini *et al.*, 2019)



**Gambar 2. 1 Rangkaian Inverter *Half Bridge***



**Gambar 2. 2 Rangkaian Inverter *Full Bridge***

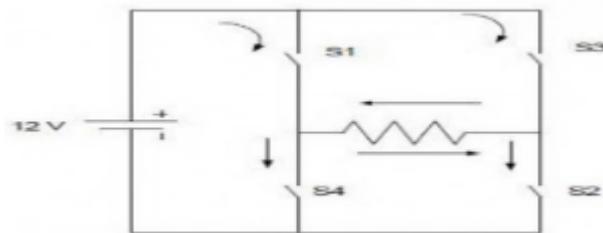
Sumber : (Maharmi, 2017)

Rangkaian inverter terbagi menjadi dua, yaitu rangkaian *half bridge* dan rangkaian *full bridge*. Rangkaian *half bridge* ini terdiri dari dua sakelar, yaitu K1 dan K2 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Tegangan input DC dibagi

menjadi dua. Pada gambar 2.2. diatas merupakan rangkaian inverter *full bridge* yang terdiri dari empat sakelar K1,K2,K3, dan K4 serta satu tegangan input DC. (Maharmi, 2017).

### 2.1.1 Prinsip Kerja Inverter

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 Bila sakelar S1 dan S2 dalam keadaan ON maka arus DC akan mengalir ke beban R dari kiri ke kanan, sebaliknya jika sakelar S3 dan S4 yang dalam keadaan ON maka arus DC akan mengalir ke beban R dari arah kanan ke kiri.



**Gambar 2. 3 Ilustrasi Prinsip Kerja Inverter**

Sumber : (Husnaini *et al.*, 2019)

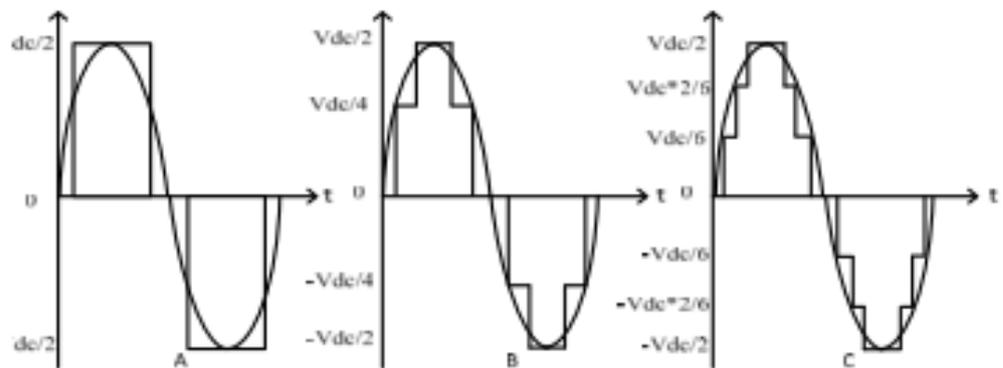
Pada inverter terdapat sakelar daya yang berupa MOSFET/IGBT. Ketika sumber input DC masuk melalui fuse/sekring selanjutnya akan dialirkan ke sakelar daya dengan tegangan rendah berurut, lalu sakelar daya merubah alirannya menjadi AC.

## 2.2 *Multilevel Inverter*

*Multilevel Inverter* merupakan suatu konsep untuk menghasilkan output sinyal AC yang tidak hanya bergantung pada dua tingkat tegangan. Beberapa tingkat tegangan bisa ditambahkan untuk menghasilkan gelombang output yang

semakin halus dan mendekati sinusoidal dengan menghasilkan nilai distorsi harmonisa yang rendah sehingga kualitas daya yang dihasilkan menjadi lebih baik.

Tetapi semakin banyak/tinggi level inverternya, desainnya menjadi lebih kompleks dengan komponen yang lebih banyak dan controller yang lebih kompleks juga.



**Gambar 2. 4 Tegangan Output (a) 2 level inverter (b) 3 level inverter (c) 7 level inverter**

Sumber : (Omar *et al.*, 2015)

Berdasarkan jurnal (Hafandi, 2018). Topologi *Multilevel Inverter* dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis diantaranya adalah *flying capacitor*, *cascaded H-Bridge*, dan *diode clamped*. Besar tegangan output dari setiap tingkatan inverter full-bridge yang berbeda dihubungkan secara seri sehingga didapatkan gelombang tegangan yang merupakan penjumlahan dari seluruh output inverter. Tegangan output pada *Multilevel Inverter* ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$m = 2H + 1 \quad (2.1)$$

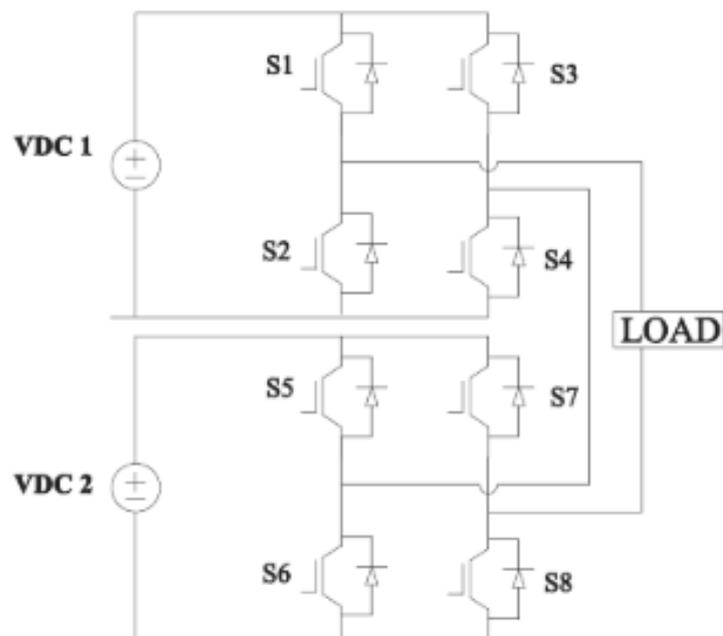
Keterangan :

m = Level tegangan Inverter

H = Jumlah inverter *Cascaded H-Bridge*

### 2.3 Cascaded *H-Bridge*

*Cascaded H-Bridge* (CHB) merupakan salah satu topologi *Multilevel Inverter* yang cukup dikenal. Pada topologi ini jumlah *H-Bridge* dihubungkan secara seri, setiap *H-Bridge* memiliki sumber DC yang terpisah.



**Gambar 2. 5 Topologi *Multilevel Inverter Cascaded H-Bridge***

Sumber : (Arbune, 2016)

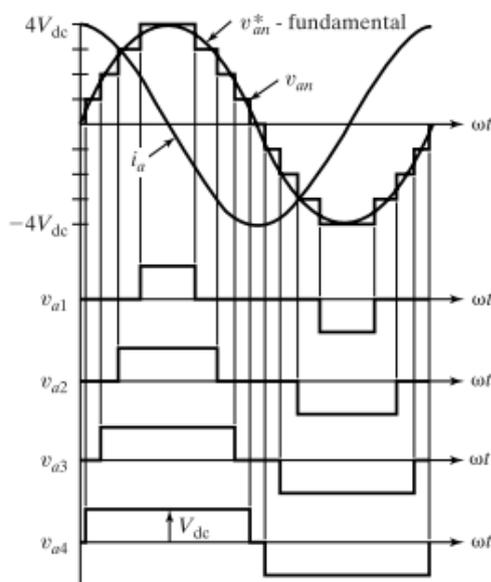
Topologi ini merupakan alternatif dengan sakelar daya yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan topologi *Multilevel Inverter* lainnya dengan level yang sama, dan juga tidak memerlukan dioda *clamping* maupun kapasitor penyeimbang tegangan.

### 2.3.1 Prinsip Kerja Cascaded *H-Bridge*

Pada gambar 2.6 dibawah ditunjukkan bentuk gelombang tegangan fasa yang di sintesis dari *Multilevel Inverter* dengan empat sumber DC terpisah. Menurut (Rashid, Kumar and Kulkarni, 2014) Tegangan output fasa di sintesis dengan penjumlahan empat output inverter,

$$V_{an} = V_{a1} + V_{a2} + V_{a3} + V_{a4} \quad (2.2)$$

Dengan setiap levelnya dapat menghasilkan tiga output yang berbeda, yaitu  $+V_{dc}$ , 0, dan  $-V_{dc}$ , dengan menghubungkan sumber DC ke sisi output AC dengan kombinasi yang berbeda dari empat sakelar  $S_1, S_2, S_3$ , dan  $S_4$ . Sebagai contoh di level tertinggi jika  $S_1$  dan  $S_4$  dinyalakan maka akan menghasilkan  $V_{a4} = +V_{dc}$ . Sebaliknya jika  $S_2$  dan  $S_3$  dinyalakan maka akan menghasilkan  $V_{a4} = -V_{dc}$ . Jika semua sakelar di matikan maka akan menghasilkan  $V_{a4} = 0$ .



**Gambar 2. 6 Bentuk Gelombang Output Dari Tegangan Fasa 9 Level**

Sumber : (Rashid, Kumar and Kulkarni, 2014)

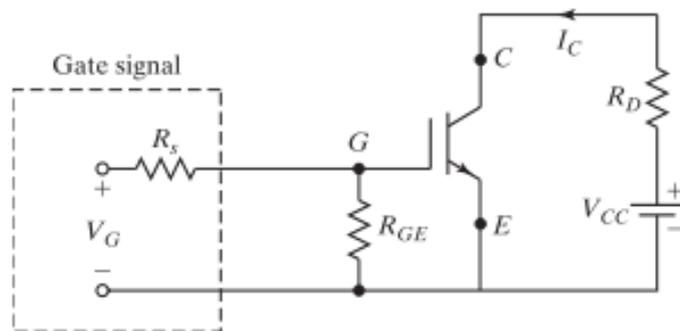
Keuntungan dari topologi *Cascaded H-Bridge* menurut (Rashid, Kumar and Kulkarni, 2014) :

- Dibandingkan dengan 2 topologi lainnya yaitu, *diode clamped* dan *flying capacitor*. Topologi ini membutuhkan jumlah komponen yang lebih sedikit untuk mendapatkan jumlah level tegangan yang sama
- Optimasi tata letak sirkuit sangat memungkinkan karena setiap level memiliki struktur yang sama dan tidak ada II-6lter clamping tambahan atau kapasitor penyeimbang tegangan.

#### 2.4 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

IGBT adalah sebuah perangkat transistor yang dapat digunakan sebagai sakelar daya. IGBT menggabungkan keuntungan dari MOSFET dan BJT, memiliki input impedansi yang tinggi seperti MOSFET, dan rugi-rugi konduksi saat keadaan low state seperti BJT. Terminal pengendali berupa gate. IGBT memiliki struktur 4 lapisan PNPN II-6lternative, yang dapat mengunci seperti thyristor dengan syarat  $(\alpha_{pn} + \alpha_{np}) > 1$ .

Seperti MOSFET, ketika gate dibuat bernilai positif sehubungan dengan emitor untuk diaktifkan, N carrier akan ditarik ke saluran P yang dekat gate, yang mana menghasilkan bias maju dari transistor NPN. IGBT diaktifkan hanya dengan menerapkan tegangan positif gate untuk membuka saluran untuk N carrier dan dimatikan dengan melepaskan tegangan gate untuk menutup saluran. Rangkaian IGBT pada gambar 2.7 dibawah menunjukkan terdapat 3 terminal, yaitu Gate, collector, dan emiter.



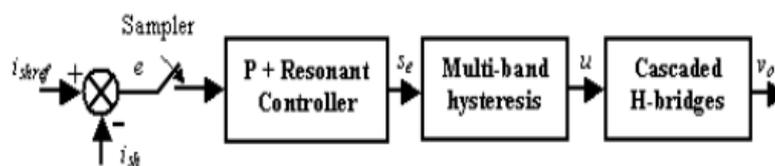
**Gambar 2. 7 Rangkaian IGBT**

Sumber : (Rashid, Kumar and Kulkarni, 2014)

Rating dari satu IGBT dapat mencapai 6500 V, 2400 A, dan frekuensi switching nya bisa mencapai 20 kHz. (Rashid, Kumar and Kulkarni, 2014).

## 2.5 Kendali *Hysteresis*

Blok diagram dari proses modulasi multilevel converter ditunjukkan pada gambar 2.8 dibawah. Arus error  $e$  dijadikan sampel dan di umpankan ke proportional (P) + resonant controller. Output dari pengontrol yaitu fungsi switching  $s_e$ , di modulasi oleh *Hysteresis* multiband untuk menghasilkan sinyal kontrol  $u$ . Sinyal ini memberikan perintah switching ke sakelar individual dari *Cascaded H-Bridge* untuk menghasilkan output  $V_o$ .

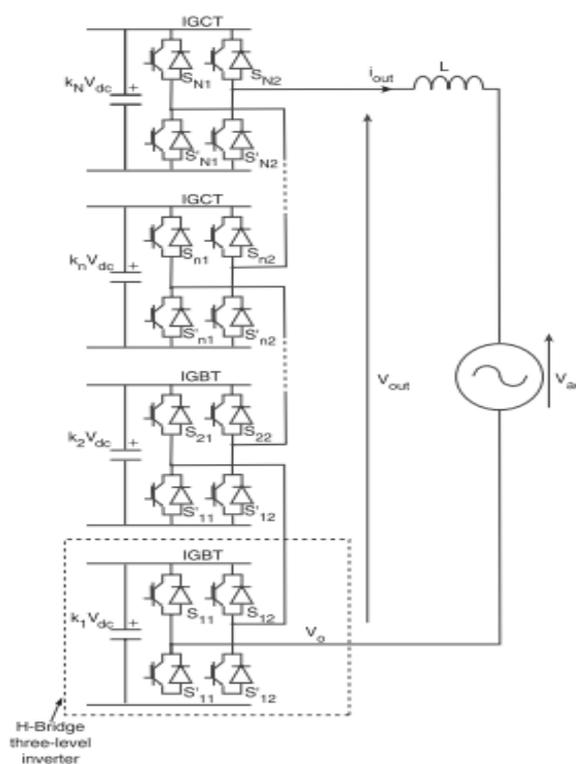


**Gambar 2. 8 Blok Diagram Modulasi Cascaded *Multilevel Inverter***

Sumber : (Gupta, Ghosh and Joshi, 2006)

Kendali *Hysteresis* merupakan teknik kontrol arus yang mengaktifkan switching pada tegangan fasa yang terhubung sebagai hasil pada bentuk feedback sensor arus. (Purnata, 2017).

Sebagai contoh Gambar 2.9 menunjukkan topologi inverter tiga level H bridge dan bagaimana beberapa *H-Bridge* dapat dihubungkan seri untuk menerapkan inverter hybrid (cascaded). Tegangan output  $V_o$  dari inverter *H-Bridge* tunggal hanya dapat beralih di antara tiga level tegangan  $+V_{dc}$ ,  $0$ , dan  $-V_{dc}$ . Tetapi ketika dihubungkan secara seri, output  $V_o$  dari inverter hybrid dapat beralih di antara tingkat tegangan dengan jumlah yang lebih besar, sehingga meningkatkan kualitas bentuk gelombang.



**Gambar 2. 9 Konfigurasi Multilevel Inverter Hybrid (Cascaded)**

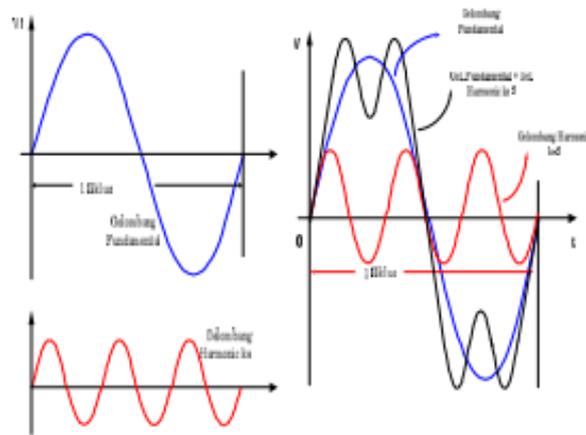
Sumber : (Loh, Bode and Tan, 2003)

Fungsi dasar dari pengontrol arus *Hysteresis* tiga level adalah untuk mengalihkan output dari inverter tiga level antara tiga tingkat tegangan  $+V_{dc}$ , 0, dan  $-V_{dc}$  untuk membatasi kesalahan arus (arus terukur dikurangi arus referensi) dalam pita *Hysteresis* tertentu. Setiap saat ketika arus mengalami error melebihi batas *Hysteresis*, level tegangan yang lebih tinggi (atau lebih rendah) berikutnya harus dipilih untuk dipaksa agar arus error menuju 0. (Loh, Bode and Tan, 2003)

## 2.6 Harmonisa

Harmonisa adalah gangguan dalam sistem tenaga listrik yang disebabkan oleh adanya distorsi gelombang arus dan tegangan sehingga menyebabkan adanya pembentukan gelombang yang tidak sinusoidal dan menyebabkan cacat gelombang.

Harmonisa dapat timbul akibat adanya beban non-linear yang terhubung, yang merupakan sumber terbentuknya gelombang pada frekuensi-frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya seperti 50 Hz, 100 Hz, dst. Hal ini dapat mengganggu sistem kelistrikan pada frekuensi fundamentalnya, yaitu 50/60 Hz, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan yang idealnya adalah sinusoidal murni akan menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi. (Setiyono, 2009).



**Gambar 2. 10 Gelombang Fundamental Harmonik ke 3 & Hasil Penjumlahannya**

Sumber : (Setiyono, 2009)

Besarnya nilai harmonisa pada sistem tenaga listrik dinyatakan dalam *Total Harmonic Distortion* (THD) dengan persamaan sebagai berikut (Vasya, Lubis and Gapy, 2019).

- Total Harmonic Distortion (THD) Current :

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_2^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

- Total Harmonic Distortion (THD) Voltage :

$$THDv = \frac{\sqrt{\sum_2^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2.4)$$

## 2.7 Kualitas Inverter

Suatu Inverter bisa dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila gelombang output yang dihasilkannya berbentuk/menyerupai sinusoidal dengan sedikit distorsi harmonisa, memiliki efisiensi yang tinggi, dan tegangan rms yang tinggi. Kondisi seperti ini disebut high performance switching multilevel inverter. Namun apabila gelombang output yang dihasilkannya cenderung menghasilkan distorsi harmonisa yang lebih tinggi, memiliki efisiensi yang rendah, dan tegangan rms yang lebih rendah maka kondisi ini disebut low performance switching multilevel inverter. Dampak yang diakibatkan dari tingginya nilai THD pada suatu sistem tenaga listrik dapat menyebabkan terjadinya resonansi pada sistem yang merusak kapasitor kompensasi faktor daya, membuat faktor daya sistem menjadi lebih buruk, menimbulkan interferensi terhadap sistem telekomunikasi, meningkatkannya rugi-rugi sistem, yang semuanya menyebabkan penggunaan energi listrik menjadi tidak efektif (Mulyana, 2008). Standar IEEE 519-2014 merupakan standar yang berisikan tentang batasan-batasan kandungan nilai harmonisa yang terdapat dalam sistem tenaga listrik (Wirajaya, Rinas and Sukerayasa, 2019)

<b>Bus Voltage (V) at PCC</b>	<b>Individual Harmonic (%)</b>	<b>Total Harmonic Distortion (%)</b>
$V \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V < 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V < 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5 <sup>a</sup>

**Tabel 2. 1 Standar THD Tegangan**

Sumber : (IEEE, 2014)

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of $I_L$						
Individual Harmonic Order (odd harmonic) <sup>a, b</sup>						
$I_{sc}/I_L$	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	THD (%)
$< 20^c$	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
$20 < 50$	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
$50 < 100$	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
$100 < 1000$	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
$> 1000$	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

**Tabel 2. 2 Standar THD Arus**

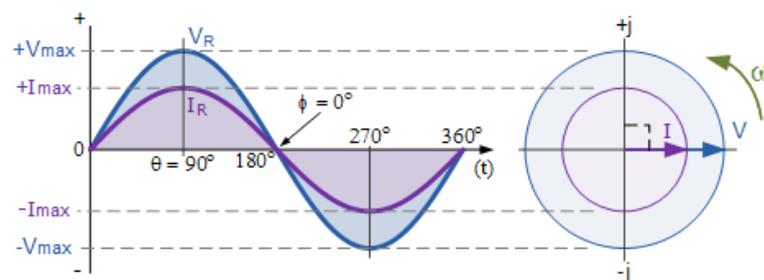
Sumber : (IEEE, 2014)

## 2.8 Beban Listrik

Suatu alat yang dapat bekerja atau berfungsi dengan memanfaatkan energi listrik disebut dengan beban listrik. Beban listrik dapat dibagi 3 berdasarkan sifatnya, yaitu: Beban resistif, beban induktif, beban kapasitif.

### 2.8.1 Beban Resistif

Beban resistif adalah beban listrik pada rangkaian listrik AC yang diakibatkan oleh peralatan listrik yang bersifat resistif murni seperti pada elemen pemanas dan lampu pijar.



**Gambar 2. 11 Gelombang Sinusoidal Beban Resistif dan Diagram Phasor**

Sumber : (Pamungkas, 2020)

Maka persamaan impedansi serta tegangan dan arus AC pada beban resistif:

$$Z = R + j0 \quad (2.5)$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad (2.6)$$

dimana :  $Z$  = impedansi beban

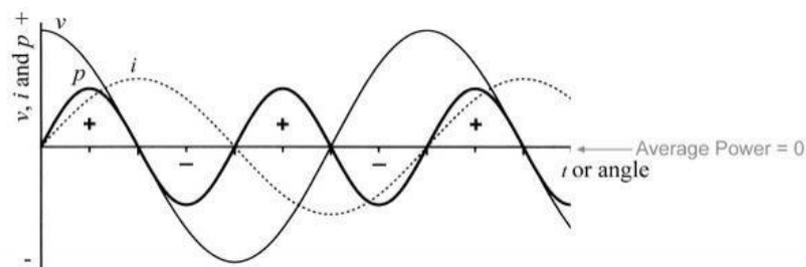
$R$  = resistansi

$J$  = bilangan imajiner

### 2.8.2 Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang dihasilkan oleh kumparan kawat yang terdapat pada berbagai alat seperti trafo, motor. Kumparan dibutuhkan oleh alat-alat tersebut untuk menghasilkan medan magnet sebagai komponen kerjanya.

Kumparan memiliki sifat untuk menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik. Listrik AC yang mengalami perubahan arus listrik yang naik turun ini yang dihalangi oleh kumparan di dalam sebuah rangkaian listrik AC. Terhalangnya perubahan arus listrik ini mengakibatkan arus listrik menjadi tertinggal beberapa derajat oleh tegangan pada grafik sinusoidal arus dan tegangan listrik AC.



**Gambar 2. 12 Gelombang Sinusoidal Beban Induktif**

Sumber : (Roza *et al.*, 2021)

Pada gambar 2.12 terlihat bahwa gelombang sinusoidal di atas bahwa jika sebuah beban induktif murni diberi sumber listrik AC, maka arus listrik akan tertinggal sejauh  $90^\circ$  oleh tegangan. Maka beban induktif disebut dengan istilah beban *lagging*. Maka persamaan impedansi beban induktif adalah :

$$Z = R + jX_L \quad (2.7)$$

$$X_L = \omega L \quad (2.8)$$

$$Q_L = I^2 X_L \text{ atau } \frac{2v^2}{X_L} \quad (2.9)$$

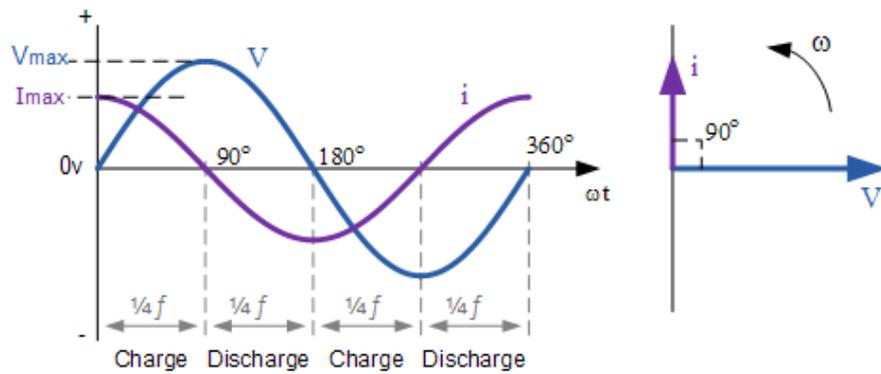
dimana :  $X_L$  = reaktansi induktansi

$\omega$  = frekuensi angular ( $2\pi f$ )

$Q_L$  = daya reaktif induktif

### 2.8.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan kebalikan dari beban induktif, jika beban induktif menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik AC, maka beban kapasitif memiliki sifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini menunjukkan seakan-akan kapasitor menyimpan tegangan sementara waktu.



**Gambar 2. 13 Gelombang Sinusoidal Beban Kapasitif dan Diagram Phasor**

Sumber : (Pamungkas, 2020)

Gambar 2.13 menunjukkan bahwa pada saat  $0^\circ$  laju perubahan suplai tegangan meningkat ke arah positif yang menghasilkan arus pengisian maksimum pada saat itu. Ketika tegangan yang diberikan mencapai nilai puncak maksimum pada  $90^\circ$  untuk waktu yang singkat, tegangan suplai tidak bertambah atau berkurang sehingga tidak ada arus yang mengalir melalui rangkaian.

Ketika suplai tegangan mulai berkurang menuju 0 pada  $180^\circ$ , kemiringan tegangan bernilai negatif sehingga kapasitor melepaskan ke arah negatif. Pada titik  $180^\circ$  sepanjang garis, laju perubahan tegangan berada pada maksimumnya lagi sehingga arus maksimum mengalir pada saat itu dan seterusnya.

$$Z = R + jX_c \quad (2.46)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (2.47)$$

$$Q_c = I^2 X_c \text{ atau } \frac{2V^2}{X_c} \quad (2.48)$$

dimana:  $X_c$  = reaktansi kapasitansi

$\omega$  = frekuensi angular ( $2\pi f$ )

$Q_c$  = daya reaktif kapasitif

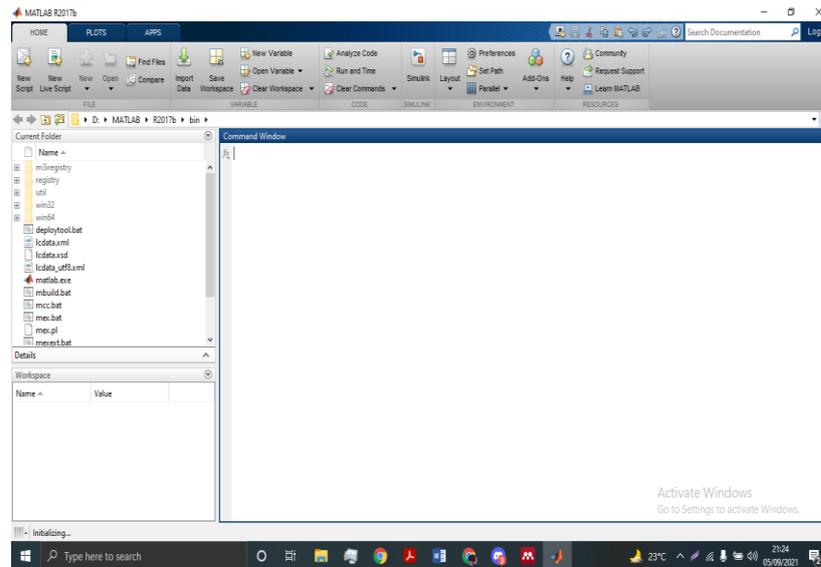
#### **2.8.4 Motor Induksi**

Motor adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik banyak digunakan di berbagai alat rumah tangga maupun di industri dan yang sering digunakan adalah motor AC. Motor AC dibagi menjadi 2 macam yaitu, motor induksi 1 fasa (peralatan rumah tangga) dan 3 fasa (peralatan industri). (Tri Agung Prabowo, Supari, 2020).

### **2.9 MATLAB dan Simulink**

#### **2.9.1 MATLAB**

MATLAB atau Matrix Laboratory adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *MathWorks* dan dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi, dan pemrograman. Dengan menggunakan Matlab, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi. (Parinduri, 2018).



**Gambar 2. 14 Tampilan Awal MATLAB**

Ketika aplikasi MATLAB pertama kali dibuka, maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.11 di atas. Bagian-bagian yang terdapat pada UI MATLAB yaitu sebagai berikut:

- **Current Directory/Folder**

Current Directory/Folder ini berfungsi untuk mengakses dan menampilkan isi dari direktori folder saat menggunakan MATLAB

- **Editor**

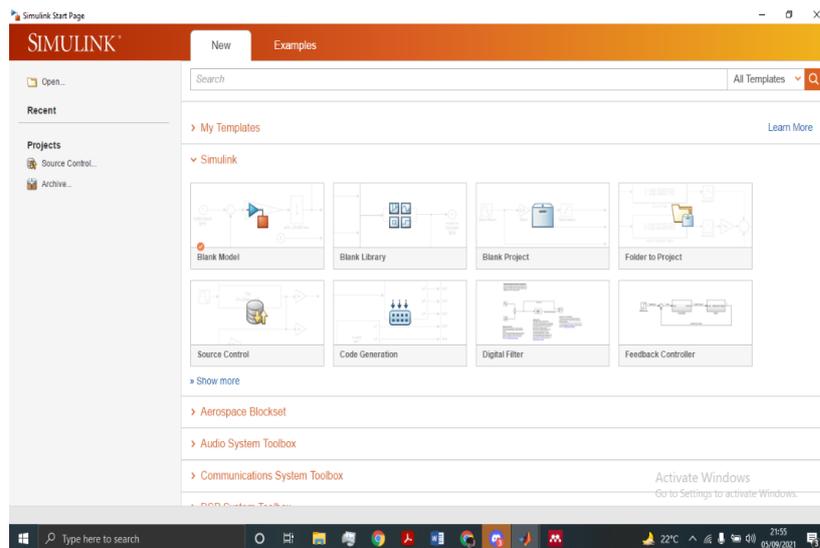
Editor ini berfungsi untuk membuat M-file yang akan digunakan untuk membuat program yang dijalankan oleh MATLAB

- **Command Window**

Command Window ini berfungsi untuk menjalankan barisan-barisan program/coding yang ditulis secara langsung di bagian ini melalui editor.

## 2.9.2 Simulink

Simulink pada MATLAB adalah salah fitur dari MATLAB untuk menyimulasi suatu desain atau model yang bersifat dinamis ataupun tertanam, simulasi ditujukan untuk mengukur kinerja dari suatu desain atau model sistem yang telah dirancang yang sesuai dengan hasil yang diinginkan (Parinduri, 2018)



**Gambar 2. 15 Tampilan Awal Simulink**

## 2.10 State Of The Art

Penelitian tentang *Multilevel Inverter* telah banyak dilakukan dengan variabel dan metode yang berbeda-beda dan menghasilkan banyak jurnal-jurnal sehingga dapat dijadikan sebagai referensi. Maka dari itu penulis membuat perbandingan dari beberapa jurnal tentang penelitian terkait seperti tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Jurnal Terkait Penelitian

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1	Simulasi Filter Aktif Cascaded <i>Multilevel Inverter</i> Untuk Meminimalisir Harmonisa Pada Motor Induksi 3 Fasa	Cut Mouliza Meutia Vasya, Rakhmad Syafutra Lubis, Mansur Gupy	Universitas Syiah Kuala, 2019	Pada jurnal ini penulis membuat MLI dengan 5 level menggunakan MATLAB 2015b yang dibuat berdasarkan teori daya sesaat serta percobaannya dilakukan pada motor induksi 3 fasa
2	Comparative Study of a Three Phase Cascaded <i>H-Bridge Multilevel Inverter</i> for Harmonic Reduction	Rosli Omar, Mohammed Rasheed, Marizan Sulaiman	Universiti Teknikal Malaysia Melaka, 2015	Pada jurnal ini penulis menganalisis dan membandingkan metode SPWM dengan metode SVPWM dengan membuat MLI topologi CHB 3 fasa 5 level pada aplikasi MATLAB/Simulink.
3	Komparasi <i>Multilevel Inverter</i> Satu Fasa	Irma Husaini, Asnil, Habibullah, Krismadinata	Universitas Negeri Padang, 2019	Pada jurnal ini penulis menganalisis performa dari MLI 1 fasa topologi CHB dengan cara membandingkan MLI tersebut dengan 3 level, 5 level, dan 7 level

				menggunakan aplikasi MATLAB/Simulink.
4	Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan <i>Multilevel Inverter</i> Dengan Mengatur Frekuensi	Noer Soedjarwanto, Osea Zebua, M. Hardy Lazuardy	Universitas Lampung, 2019	Pada jurnal ini penulis meneliti tentang sistem pengaturan kecepatan motor induksi dengan menggunakan MLI topologi diode clamped
5	Simulasi <i>Multilevel Inverter Flying Capacitor</i> Dengan Kendali <i>Hysteresis</i>	Hana Adienia	Universitas Siliwangi, 2020	Pada jurnal ini penulis menganalisis perbandingan nilai THD pada simulasi MLI 1 fasa 3 tingkat dengan 5 tingkat topologi Flying Capacitor dengan kendali <i>Hysteresis</i>

Dari pembahasan penelitian-penelitian sebelumnya pada tabel di atas mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, maka dari jurnal hasil penelitian-penelitian di atas dijadikan sebagai referensi apa saja yang digunakan dan membandingkan sehingga dapat diketahui apa kelebihan dan kekurangannya. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat lebih baik dari penelitian-penelitian sebelumnya. Maka dari itu penulis membuat penelitian yang berjudul “SIMULASI *MULTILEVEL INVERTER TOPOLOGI H-BRIDGE 9 TINGKAT DENGAN KENDALI HYSTERESIS*”. Disini penulis membuat *Multilevel Inverter 9 tingkat*.

Untuk topologinya penulis menggunakan topologi jenis *Cascaded H-Bridge* karena topologi ini memiliki keuntungan dibandingkan topologi *diode clamped* dan *flying capacitor* karena komponen yang digunakan lebih sedikit untuk menghasilkan tegangan dengan tingkatan yang sama. Untuk pengendaliannya sendiri menggunakan kendalii *Hysteresis*, karena topologi jenis *Cascaded H-Bridge* memerlukan sumber DC yang seimbang. Kendali *Hysteresis* ini juga diperlukan untuk mengendalikan gelombang output dari *Multilevel Inverter* agar dapat menghasilkan yang mendekati sinusoidal.