

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian yang dilakukan oleh Trisna Oktavioni dkk. Tahun 2021 dengan judul “**Rancang Bangun *Driver Inveter Menggunakan Transistor BJT dengan Kontrol EGS002***” pada penelitian ini merancang sebuah *inveter 1 fasa* dengan menggunakan *Driver Transistor BJT*, transistor memiliki bentuk fisik yang besar dengan logam pengalir panas untuk keping pendingin, menghasilkan *output AC 220 V*, bahwa *Driver* dapat membantu kinerja sebuah *inveter* untuk *switching* tegangan, transistor tipe BJT memiliki keterbatasan arus dengan spesifikasi arus sebesar 15 A, sedangkan arus saat *starting* bisa tiga kali arus nominal[17]. Relevansi penelitian ini *inveter* membutuhkan sebuah *Driver* yang memiliki kemampuan arus lebih tinggi, agar daya tidak banyak dibuang saat *switching* tegangan .

Penelitian yang dilakukan oleh Rizal Sabillah dkk. Tahun 2021 dengan judul “**Modul *Inveter Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) Unipolar Satu Fasa***” pada penelitian ini merancang *inveter sinusoidal* murni yang tegangan *ouputnya* lebih besar dari tegangan *input*. Rangkaian H *bridge MOSFET* dengan kanal yang sama konsumsi amplitudo pada sisi atas dan sisi bawah akan berbeda, dibutuhkan penggerak untuk konfigurasi kanal pada *MOSFET*. IC IR 2110 berfungsi sebagai mengatur *High* atau *Low* yang akan diterima oleh *MOSFET*. HIN dan LIN merupakan *input* logika. IC IR 2110 mempunyai keunggulan *double Voltage* [17][18]. Relevansi penelitian ini *Driver MOSFET* dan IC IR 2110 memiliki tundaan waktu hantar sisi naik pulsa atau *dead time* diperlukan untuk menghindari terjadi hubung singkat saklar segaris (*shootthrough*), sehingga proses *switching* tegangan dilakukan dengan baik, karena *MOSFET* dan IC IR 2110 memiliki kemampuan yang lebih baik dari transistor BJT dari landasan tersebut yang mendasari pemilihan *MOSFET* dan IC IR 2110.

Penelitian yang dilakukan oleh Satria Dinasti dkk. Tahun 2022 dengan judul “**Pembangkit Sinyal SPWM Berbasis Arduino Uno**” pada penelitian ini membuat *Inverter full bridge 1 fasa MOSFET*, IRF 9540 dan IRF 540. *Output*

SPWM didapatkan dari frekuensi Arduino uno yang diatur menjadi 10 KHz, didapatkan tegangan *output* rata rata 107 V<sub>AC</sub> tanpa beban, dan tegangan *output* menjadi 81 V<sub>AC</sub> ketika ada beban [19]. Relevansi dari penelitian ini mengatur *duty cycle* dari kotak (*square wave*) untuk menghasilkan *sinus* yang maksimal harus mengatur setiap gelombang *sinus* yang berasal dari gelombang PWM hingga menghasilkan minimal frekuensi sebesar 10 KHz, sehingga metode SPWM bagus untuk mengontrol komponen saklar pada *Inverter*. Sinyal SPWM masuk rangkaian daya untuk menggerakkan MOSFET, sinyal spwm ini memiliki 2 tipe yaitu tipe PNP diberikan sinyal *Low*, dan tipe NPN diberikan sinyal *High*.

Penelitian yang dilakukan oleh Agysta Rama Prasetya dkk. Tahun 2018 dengan judul “**Perancangan *Inverter* Berbasis Mikrokontroler DSPIC 30F4011 dengan Feedback Arus Menggunakan Metode Kontrol *ProPortional Resonant***” pada penelitian ini membuat sebuah *Inverter* dengan menggunakan *MOSFET Driver* TLP250, mikrokontroler DSPIC 30F4011, Sensor arus ACS712-05B. DSPIC 30F4011 dapat digunakan dengan baik untuk menghasilkan gelombang pemicuan SPWM *unipolar* pada *Inverter* satu *fasa* SPWM, modul PWM pada DsPIC 30F4011 dapat membangkitkan sinyal kontrol mode *komplemente*, ada *dead time* sebesar 1 uS antara pin PWMxl dan PWMxl dengan frekuensi PWM 20 KHz [20]. Relevansi dari penelitian ini DSPIC 30F4011 memiliki keluaran 6 *output* PWM dan pembangkitan sinyalnya melalui *programing* yang nantinya digunakan untuk program SPWM untuk mengatur komponen MOSFET, DSPIC 30F4011 memiliki kemampuan sebuah *Digital Signal Processing* dan mampu memproses data lebih cepat karena lebar data 16 *bit*.

**Tabel 2. 1 Rangkuman Keterkaitan Dan Pembeda dengan Penelitian Terdahulu**

Penulis	Metode	Keterangan
Triana Oktavioni, Mohammad Luqman, Siswoko	EGS002, <i>Bipolar Junction Transistor (BJT), Inverter</i>	<i>Driver</i> MOSFET dan IR 2110, sebagai saklar <i>switching</i> untuk <i>Inverter</i> , mikrokontroler DSPIC 30F4011
Rizal Sabillah, Fathoni, Agus Pracoyo	<i>Inverter</i> SPWM <i>Unipolar</i> , Rangkaian H <i>bridge, Driver MOSFET</i>	Mikrokontroler DSPIC 30F4011 sebagai pengontrol SPWM
Agysta Rama Prasetya, Iwan Setiawan, dan Mochammad Facta	DSPIC 30F4011, IR 460, <i>Driver MOSFET</i> , Metode Kontrol <i>ProPortional Resonant</i>	Metode SPWM sebagai mengontrol sistem saklar <i>switching</i> komponen <i>Inverter</i>
Satria Dinasti, Mohammad Luqman, Agus Pracoyo	Metode SPWM, <i>Inverter Full Bridge</i> , Arduino Uno, <i>Driver MOSFET</i> , IRF 540	Mikrokontroler DSPIC 30F4011 sebagai pengontrol SPWM

## 2.2 DASAR TEORI

Pada bagian dasar teori ini dijelaskan tentang teori – teori pendukung yang akan digunakan dalam mendasari penelitian ini diantaranya.

### 2.2.1 *Inverter*

*Inverter* merupakan pengubah tegangan DC (*Direct Current*) ke AC (*Alternating Current*), *inverter* diperlukan untuk menyediakan sumber listrik AC untuk menyuplai perangkat listrik berupa lampu, pompa air, televisi dan peralatan listrik lainnya dengan menggunakan sumber daya listrik dari ACCU [21]. Besar frekuensi pada *inverter* harus sama dengan frekuensi listrik PLN yang sebesar 50 Hz.

Berikut adalah rumus menghitung frekuensi pada persamaan 2.1 [22] :

Rumus Frekuensi :

$$F = \frac{1}{T} \text{ (Hz)} \dots\dots\dots(2.1)$$

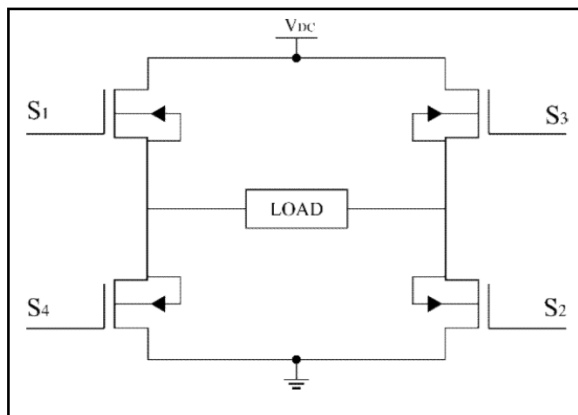
Keterangan :

F = Frekuensi (Hz)

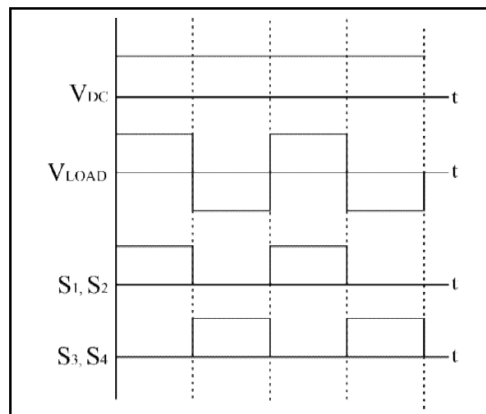
T= Periode (s)

**2.2.2 Rangkaian MOSFET H bridge**

Rangkaian MOSFET H bridge terdiri dari empat saklar, MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), rangkaian ini menyerupai huruf H yang ditunjukkan pada gambar 2.1, dengan kontrol waktu tertentu kerja saklar akan menyala bergantian [23],



**Gambar 2. 1 Rangkaian Dc-Ac H-Bridge**



**Gambar 2. 2 Gelombang Tegangan Pada Rangkaian H Bridge**

Seperti pada penjelasan sebelumnya gambar 2.1, Rangkaian H *Bridge* MOSFET mengatur sakelar yang aktif dengan periode waktu tertentu. Ketika S1 dan S2 diaktifkan nilai tegangan pada beban bernilai positif, dan ketika S3, S4 diaktifkan nilai tegangan pada beban bernilai negatif. Pergantian 4 saklar ini menyebabkan *inverter* dapat menghasilkan tegangan AC dari sumber tegangan DC [23]. Berikut adalah rumus menghitung frekuensi pada persamaan 2.2

Rumus *effisiensi inverter*

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$\eta$  = *Effisiensi* (%)

$P_{out}$  = *Daya Output* (Watt)

$P_{in}$  = *Daya input* (Watt)

### 2.2.3 MOSFET

MOSFET sebagai saklar dalam komponen *inverter* melibatkan prinsip kerja dasar MOSFET. Terdapat tiga terminal utama pada MOSFET, yaitu *gate* (G), *source* (S), dan *drain* (D). Pada MOSFET, *gate* terpisah secara galvanik dari kanal konduktor (*source-drain*) oleh lapisan oksida. Lapisan oksida ini memungkinkan MOSFET untuk mengendalikan arus antara *source* dan *drain* dengan memodulasi medan listrik pada kanal konduktor [24].

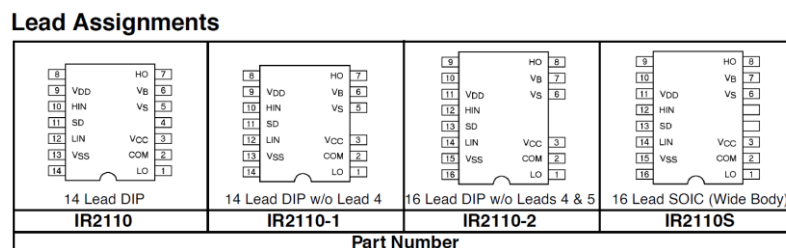


**Gambar 2. 3** Komponen MOSFET[25].

Pengendalian MOSFET dalam *inverter* dilakukan dengan memberikan tegangan yang sesuai pada terminal *gate*. Tegangan ini dapat dihasilkan melalui rangkaian kontrol yang mengontrol MOSFET sesuai dengan kebutuhan *inverter*. Dengan mengontrol MOSFET secara tepat, *inverter* dapat menghasilkan sinyal *output* yang dapat diubah menjadi tegangan AC yang diinginkan. MOSFET digunakan sebagai saklar elektronik dalam komponen *inverter* untuk mengontrol aliran arus listrik dengan cepat. Dalam aplikasi ini, MOSFET beralih antara mode *cut-off* dan mode *saturasi* dengan mengendalikan tegangan pada terminal *gate*-nya. Hal ini memungkinkan MOSFET untuk menghasilkan sinyal *output* yang sesuai dengan kebutuhan *inverter* dan mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC yang diinginkan [24].

#### 2.2.4 IC IR 2110

IC IR2110 merupakan *driver* MOSFET yang digunakan dalam komponen *inverter* untuk mengendalikan MOSFET secara efisien. IC ini menyediakan sinyal kontrol yang kuat dan cepat, serta melindungi MOSFET dari kondisi kesalahan yang mungkin terjadi. Dengan menggunakan IC IR2110, *inverter* dapat menghasilkan sinyal PWM yang akurat untuk mengendalikan MOSFET dan menghasilkan tegangan AC yang diinginkan. IC IR2110 dapat menerima sinyal kontrol berupa sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang biasanya dihasilkan oleh kontrol mikroprosesor atau sinyal kontrol analog. Sinyal PWM digunakan untuk mengatur lebar pulsa yang mengendalikan waktu penyalaan dan pemadaman MOSFET secara proporsional, menghasilkan tegangan *output* yang sesuai pada *inverter* [23].



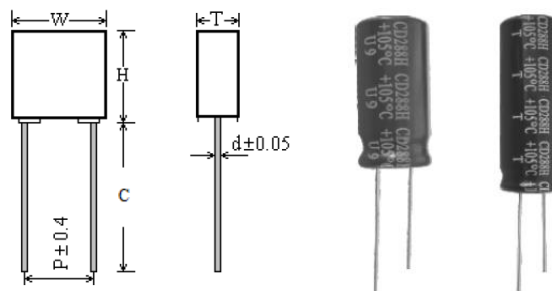
B-28 CONTROL INTEGRATED CIRCUIT DESIGNERS' MANUAL

**Gambar 2. 4** *Driver* IC IR 2110 [26].

IC IR 2110. Pin  $V_{DD}$  dan  $V_{CC}$  berfungsi sebagai *input* tegangan yang diterima IC IR 2110. Pin COM, pin SD, pin  $V_{SS}$  berfungsi sebagai pin ground untuk IC IR 2110. Pin VB dan VS berfungsi sebagai pin *elco* atau *filter* untuk MOSFET. Pin Ho berfungsi untuk memberi sinyal *High* pada *Gate* MOSFET sedangkan pin Lo berfungsi untuk memberi sinyal *Low* pada *Gate* MOSFET. Pin  $H_{IN}$  berfungsi sebagai penerima sinyal *High* dari PWM mikrokontroler sedangkan Pin  $L_{IN}$  berfungsi sebagai penerima sinyal *Low* pada PWM mikrokontroler [26].

### 2.2.5 Kapasitor

Kapasitor memiliki bahan semikonduktor, kapasitor berkerja mengisi dan menyimpan arus sementara dan kapasitor sering digunakan untuk rangkaian filter [24].

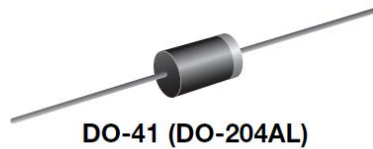


**Gambar 2. 5 Gambar Kapasitor *Non Polar* [27] Dan Bipolar [28].**

Kapasitor memiliki jenis bipolar dan *nonpolar* yaitu bipolar memiliki kutub positif dan negatif pada setiap kaki, sedangkan pada kapasitor *non polar* tidak memiliki kutub pada kaki kapasitor [24].

### 2.2.6 Dioda

Dioda dapat digunakan sebagai perlindungan terhadap arus bolak-balik (AC). Dioda ditempatkan dalam arus DC untuk menghambat aliran arus AC yang tidak diinginkan, melindungi komponen *inverter* yang menggunakan arus dan tegangan DC dan mencegah kerusakan akibat arus yang salah [24].



**Gambar 2. 6** Gambar Dioda [29].

Gambar dioda memiliki kaki *anoda* merupakan kaki positif dan kaki *kathoda* merupakan kaki negatif, untuk pembacaan kaki dioda yaitu ada penanda lingkaran putih merupakan kaki *kathoda* [24].

### 2.2.7 Resistor

Semua perangkat elektronik membutuhkan arus listrik dengan kapasitas tertentu. Oleh karena itu, alat tersebut dapat dihubungkan ke sumber listrik utama dengan tegangan yang cukup besar. Dengan cara ini, jumlah arus listrik yang mengalir pada rangkaian akan lebih besar. Resistor berfungsi untuk membatasi arus yang mengalir pada rangkaian. Nilai dapat ditetapkan sesuai kebutuhan untuk memperkirakan jumlah arus yang mengalir di dalamnya [30].



**Gambar 2. 7** Resistor [30].

Resistor adalah sebuah komponen elektronika yang terdiri dari dua pin yang memungkinkan pengaturan tegangan dan arus listrik, satuan resistor adalah *ohm* ( $\Omega$ )[30].



### 2.2.8 DSPIC 30F4011

DSPIC 30F4011 atau DSPIC 30F4012 merupakan sebuah *family* dari DSPIC 30F. DSPIC ini merupakan perangkat yang berisi tentang DSP (Digital *Signal Processor*), perangkat ini memiliki ekstensif fungsionalitas dalam kinerja yang tinggi untuk mengontrol dalam mengimplementasikan algoritma *control* dengan arsitektur mikrokontroler (MCU) sebesar 16 bit [31].

dsPIC30F Motor Control and Power Conversion Family

Device	Pins	Program Mem. Bytes/Instructions	SRAM Bytes	EEPROM Bytes	Timer 16-bit	Input Cap	Output Comp/Std PWM	Motor Control PWM	10-bit A/D 1 Msps	Quad Enc	UART	SPI	I <sup>2</sup> C™	CAN
dsPIC30F4012	28	48K/16K	2048	1024	5	4	2	6 ch	6 ch	Yes	1	1	1	1
dsPIC30F4011	40/44	48K/16K	2048	1024	5	4	4	6 ch	9 ch	Yes	2	1	1	1

Gambar 2. 8 *family* DSPIC 30F [31].

Informasi tentang DSPIC 30F *family*, informasi ini tentang perangkat DSPIC 30F4012 dan DSPIC 30F4011. Terdapat tabel pembandingan antara lain pin yang digunakan, *insturctions*, *bytes* SRAM, EEPROM bytes, *Timer* 16 bit, *input cap*, *output comp/standard* PWM, *motor control* PWM, 16 bit A/D, *quad enc*, serta komunikasi yang digunakan. Mikrokontroler dsPIC 30F4011 memiliki berbagai *register* untuk membangkitkan sinyal PWM diantaranya *register Peripheral Trigger Pulse Extension Register* (PTPER) merupakan *register* yang berisi *Timer* yang digunakan dalam pembangkit PWM. Didalam *Peripheral Trigger Master Register* (PTMR) terdapat bit *Peripheral Trigger Direction Control Register* (PTDIR) yang digunakan untuk menentukan arah *counting up* atau *counting down* *Timer*. PTPER adalah *register* 15- bit yang digunakan untuk menset *counting periode* pada PWM *time base*. *Register Dead time* merupakan *register* yang berfungsi untuk mengatur waktu jeda antara sinyal PWM pada kedua buah pin agar tidak menyala secara bersamaan. *Register OverVoltage Detect Control Register* (OVDCON) berfungsi sebagai on dan off sinyal PWM secara bergantian PDCx Merupakan *channel* PWM *High* dan PWM *Low* [31].

Berikut merupakan rumus mencari nilai *register* PTPER :

Rumus menentukan PTPER [31]:

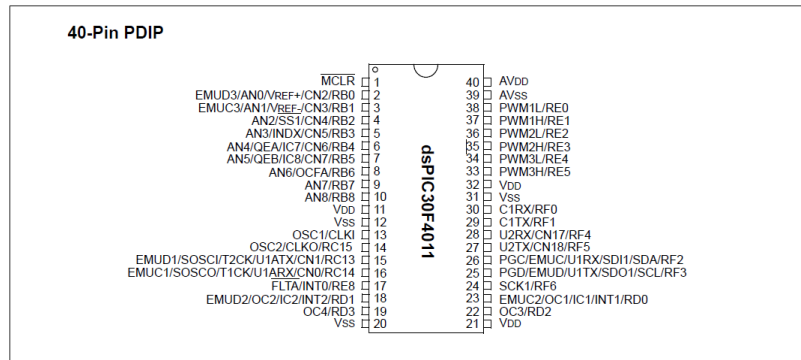
$$PTPER = \frac{\left(\frac{FCY}{FPWM}\right)}{2} - 1 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

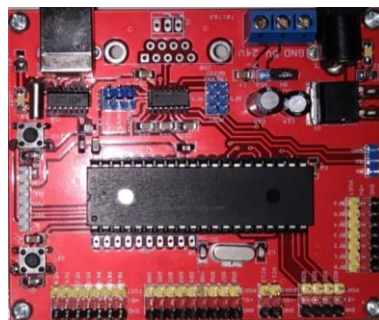
FOSC = frekuensi osilator

$$FCY = \frac{FOSC}{4}$$

FPWM = Frekuensi PWM



Gambar 2. 9 Pin Diagram Dspic 30f4011 [31].



Gambar 2. 10 Minimum System Board DSPIC 30F4011

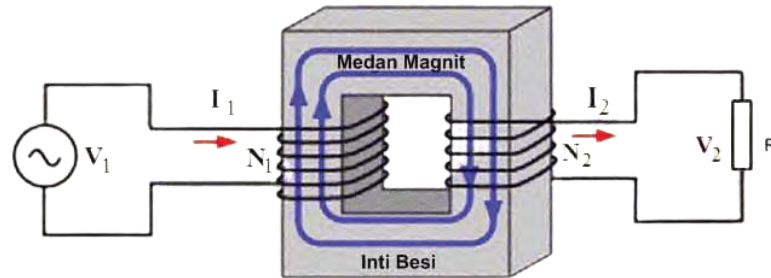
Gambar 2. 10 berisikan informasi *pinout* yang digunakan dalam DSPIC 30F4011, pin RE berisikan tentang PWM *channel*, pin RF berisikan tentang komunikasi serial, pin RB berisikan tentang ADC [31].

### 2.2.6.1 Port RE

Port ini berfungsi untuk menghasilkan keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM) yang tersinkronisasi, Port ini mendukung aplikasi untuk modul PWM, pin ini tersinkronisasi dengan 3 PDC Channel dsPIC 30F4011 dan setiap channel memiliki 2 pin yaitu 1 pin *High* dan 1 pin *Low*, total port RE memiliki 6 pin PWM [31].

### 2.2.9 Transformator Step up

Sesuai dengan prinsip induksi *electromagnet*, transformator adalah alat listrik yang memiliki kemampuan untuk mengirimkan dan mengubah energi listrik dengan frekuensi yang sama dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui gandingan magnet [32].



Gambar 2. 11 Trafo Step up [30]

Prinsip kerja transformator. Ada inti besi di kumparan sekunder saat kumparan primer terhubung ke sumber tegangan bolak-balik. Medan magnet yang berubah yang dihasilkan oleh perubahan arus listrik pada kumparan primer diperkuat oleh inti besi, yang membawa inti besi ke kumparan sekunder, di mana induksi ggl terjadi. Efek ini disebut induktansi timbal-balik [32].

Berikut adalah rumus menghitung daya pada persamaan (2.3 sampai 2.6).

Rumus hubungan tegangan dan lilitan :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.4)$$

Rumus hubungan lilitan dan kuat arus [32]:

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

Rumus hubungan kuat arus dan tegangan [32]:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.6)$$

Rumus efisiensi Trafo *step up* [32]:

$$\eta = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

1. VP = Tegangan *Primer* (Volt)
2. VS = Tegangan *Sekunder* (Volt)
3. IP = Arus *Primer* (A)
4. IS = Arus *Sekunder* (A)
5. NP = Jumlah Lilitan *Primer*
6. NS = Jumlah Lilitan *Sekunder*
7.  $\eta$  = Efisiensi Transformator (%)

### 2.2.10 ACCU/ Baterai

Baterai atau *accu* dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik, energi yang dihasilkan merupakan listrik DC. Kapasitas dari *accu* yang digunakan tergantung dengan besar kecilnya beban yang digunakan, beban juga mempengaruhi lama penyimpanan energi listrik dari *accu*, satuan yang sering digunakan oleh *accu* adalah Ah (Ampere *hour*) merupakan kapasitas arus listrik maksimal yang dapat dihasilkan oleh *accu* dalam durasi 1 jam [33].



Gambar 2. 12 ACCU atau Baterai [33].

Ketika *accu* memiliki tegangan 12 Volt 40 Ah artinya *accu* mampu mengeluarkan arus listrik sebesar 40 Ampere dalam waktu satu jam sebelum akhirnya kosong atau habis untuk melakukan perhitungan mencari Watt menggunakan rumus [33].

Berikut adalah rumus menghitung daya pada persamaan :

Rumus Daya :

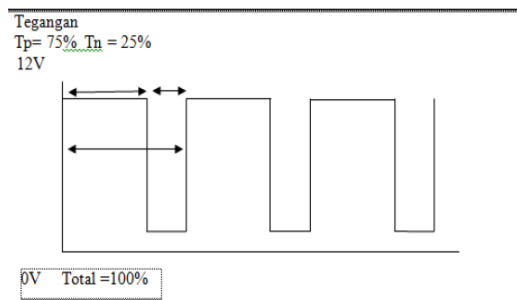
$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

1. P adalah daya listrik (Watt)
2. V adalah besaran tegangan listrik pada *accu* (Volt)
3. I adalah satuan kuat arus listrik yang dapat dikeluarkan *accu* (Ampere).

### 2.2.11 Pulse With Modulation (PWM)

PWM merupakan Teknik modulasi yang merubah lebar pulsa sinyal dengan nilai frekuensi dan *amplitudo* yang tetap. Sinyal tinggi PWM disebut juga dengan istilah (*on time*) dan sinyal rendah PWM disebut juga dengan istilah (*off time*). *Duty cycle* atau siklus kerja dari PWM [34].



**Gambar 2. 13 Periode PWM [34].**

Pada gambar 2.11 menjelaskan pada saat *duty cycle* 75% maka kondisi *duty cycle* yaitu 75% *time* positif dan 25% *time* negatif, untuk amplitudo dari 0V sebagai amplitudo rendah dan amplitudo 12V sebagai amplitudo tinggi, resolusi yang digunakan 8 bit maka nilai *duty cycle* yang dipresentasikan dengan angka 0 sampai dengan 255 [34].

Berikut merupakan rumus mencari modulasi lebar pulsa dan rumus mencari *duty cycle* :

Rumus mencari modulasi lebar pulsa :

$$T_{total} = \text{time on} + \text{time off} \dots\dots\dots(2.9)$$

Rumus mencari *duty cycle* :

$$Duty\ Cycle = \frac{\text{time on}}{T_{total}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Rumus mencari tegangan *output* menggunakan *duty cycle* :

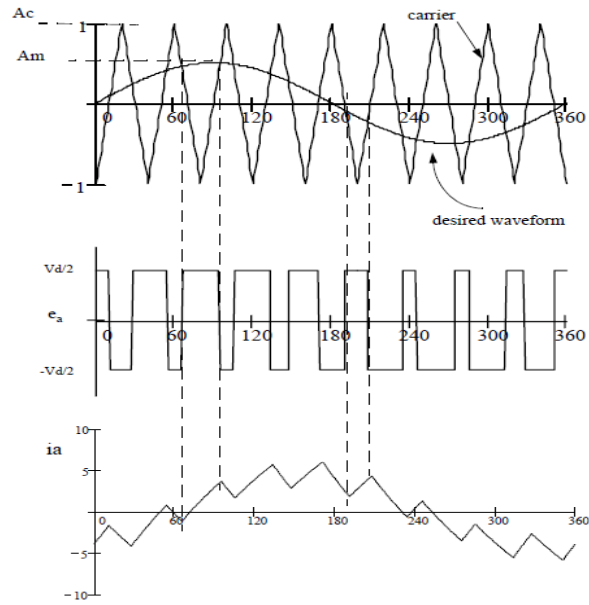
$$V_{out} = Duty\ cycle \times V_{in} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

1.  $T_{total}$  = Waktu Satu Siklus Yang Terdiri Dari Waktu Positif Dan Waktu Negatif.
2. Time On = Waktu Positif.
3. Time Off = Waktu Negatif.
4. *Duty cycle* = Siklus Kerja Lebar *Pulse* Gelombang.
5.  $V_{out}$  = Tegangan *Output*.
6.  $V_{in}$  = Tegangan *Input*.

### 2.2.12 *Sinusoidal Pulse With Modulation (SPWM)*

SPWM merupakan Teknik modulasi yang paling umum untuk mengontrol saklar semikonduktor untuk *Inverter*. Teknik modulasi SPWM ini paling populer dan sering digunakan karena mudah digunakan dan sederhana. Penjelasan pada tiap kaki *Inverter* ini diperoleh dengan membandingkan gelombang referensi berupa gelombang *sinusoidal*, SPWM ini dilakukan dengan cara membandingkan antara sinyal *sinusoidal* dengan sinyal segitiga [35].



**Gambar 2. 14 Prinsip SPWM [35].**

SPWM untuk mendapatkan gelombang yang diinginkan didapatkan dari lebar *pulse* modulasi [35], modulasi menghasilkan bentuk *pulse* dengan lebar yang berbeda mengikuti gelombang segitiga referensi, maka bentuk gelombang akan menyerupai kurva *sinus* dan semakin halus *pulse* yang digunakan maka semakin bagus pulsa *sinusnya*.