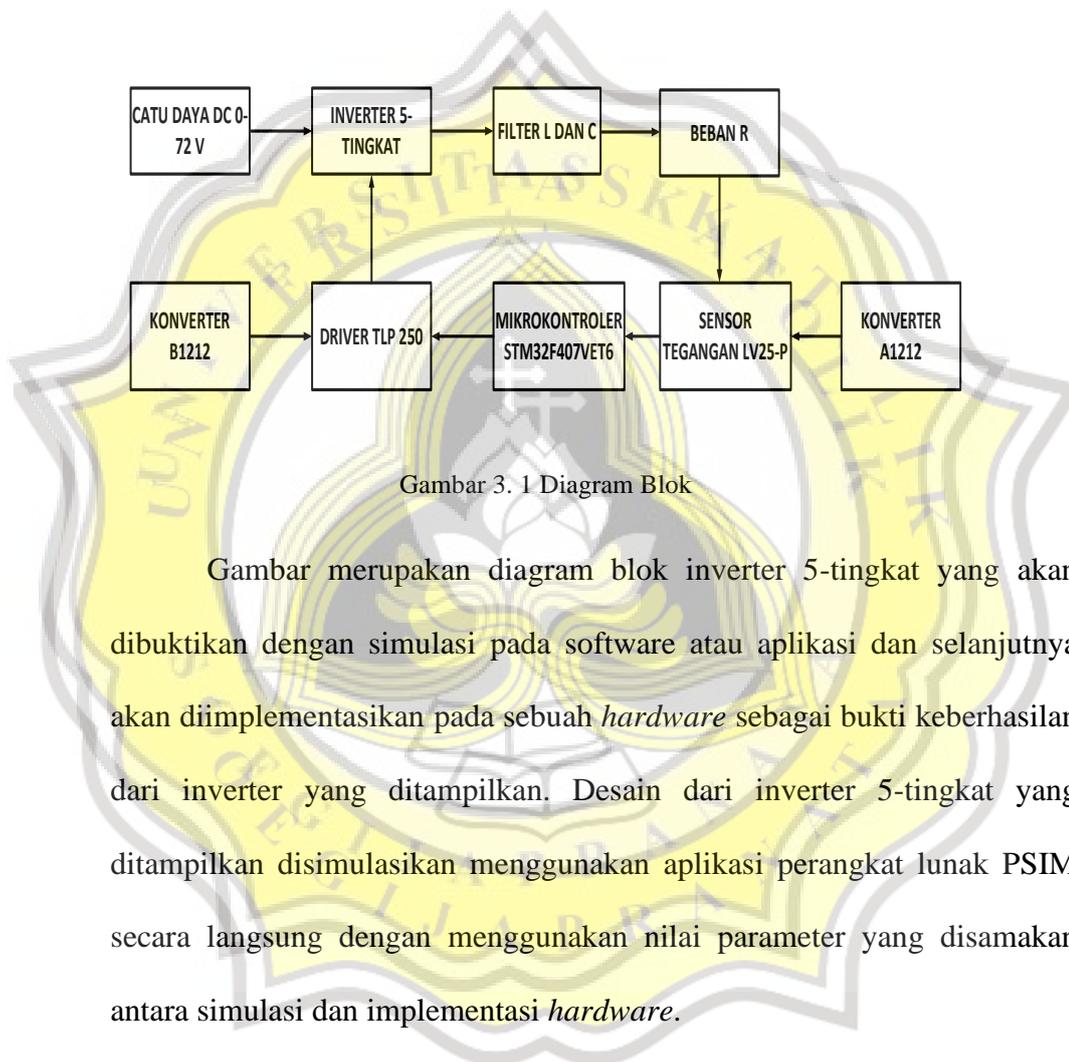


BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Pendahuluan



Gambar 3. 1 Diagram Blok

Gambar merupakan diagram blok inverter 5-tingkat yang akan dibuktikan dengan simulasi pada software atau aplikasi dan selanjutnya akan diimplementasikan pada sebuah *hardware* sebagai bukti keberhasilan dari inverter yang ditampilkan. Desain dari inverter 5-tingkat yang ditampilkan disimulasikan menggunakan aplikasi perangkat lunak PSIM secara langsung dengan menggunakan nilai parameter yang disamakan antara simulasi dan implementasi *hardware*.

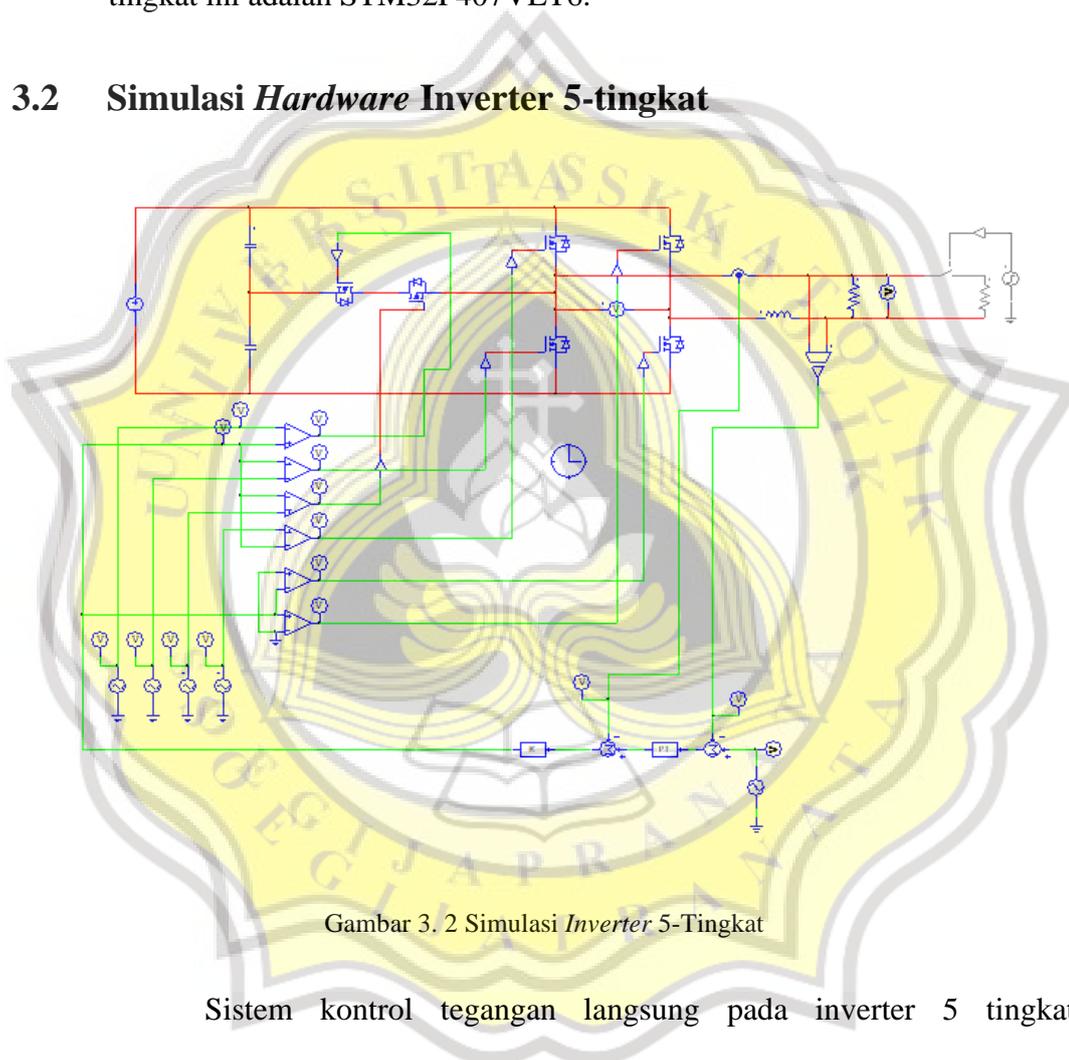
Tabel 3. 1 Parameter Simulasi dan Implementasi Hardware

<i>Device</i>	<i>Units</i>
DC input E	14-24 VDC
<i>Filter inductive</i>	2 mH
Load resistor	200 Watt
PI gain	1
Capacitor C1, C2, C3	47000 uF
Reference waveform Amplitude	3.3 V

Tabel 3. 1. Merupakan nilai parameter yang disajikan sebagai acuan untuk simulasi dan implementasi. Gambar 3. 1 menyajikan diagram blok sistem kerja pada implementasi *hardware*. Berdasarkan implementasi *hardware*, inverter berfungsi untuk merubah tegangan DC menjadi AC, dimana nantinya sinyal aktual yang dihasilkan oleh inverter harus mengikuti sinyal referensi dengan stabil dan konstan pada kecepatan input power supply. TLP250 sebanyak 6 buah digunakan sebagai *driver* MOSFET, setiap TLP250 mengendalikan satu MOSFET. TLP250 akan disuplai daya oleh konverter B1212, dikarenakan TLP250 membutuhkan suplai daya yang terisolasi dengan TLP250 yang lain. Keluaran konverter dihubungkan dengan sensor tegangan LV25P yang dirangkai paralel berfungsi membaca gelombang tegangan aktual yang dihasilkan inverter, serta diberi *filter* L dan *filter* C yang berfungsi sebagai penyaring riak agar gelombang tegangan yang dihasilkan minim riak. Implementasi *hardware* ini hanya dilengkapi

dengan sensor tegangan yang bertujuan mengisolasi antara mikrokontroler dan titik pengukuran pada konverter, sehingga mikrokontroler lebih aman dari overshoot tegangan yang dihasilkan konverter nantinya. Mikrokontroler yang digunakan sebagai kendali pada sistem inverter 5 tingkat ini adalah STM32F407VET6.

3.2 Simulasi *Hardware* Inverter 5-tingkat



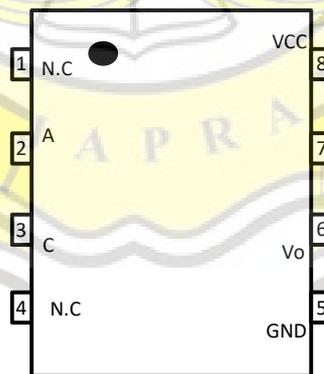
Gambar 3. 2 Simulasi *Inverter* 5-Tingkat

Sistem kontrol tegangan langsung pada inverter 5 tingkat disimulasikan dengan bantuan perangkat lunak PSIM. Untuk mengurangi kesalahan dan kerusakan komponen, serta untuk dapat menilai apakah sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya, dilakukan simulasi sebelum pemasangan perangkat keras. Simulasi dibuat menggunakan sistem kerja analog seperti pada Gambar 3. 2 diatas.

Perancangan dapat diimplementasikan dalam bentuk hardware setelah simulasi dijalankan dan telah menghasilkan keluaran sesuai dengan spesifikasi, atau sistem kendali dapat diubah menjadi digital untuk memudahkan implementasi.

3.3 Driver TLP250

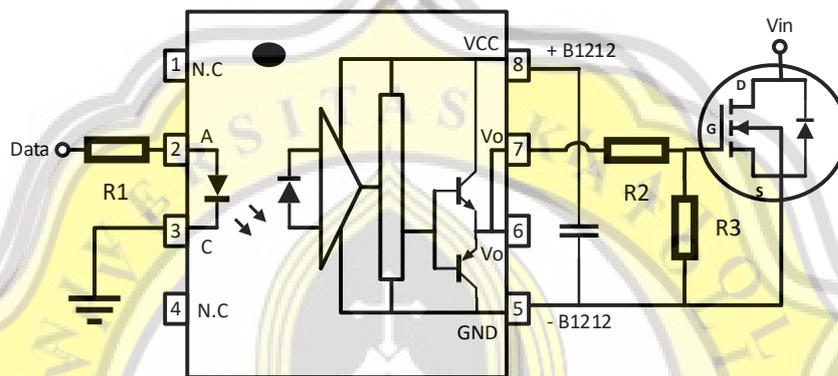
MOSFET diatur oleh chip driver yang disebut TLP250. Karena TLP250 adalah optocoupler, ia dapat beroperasi pada kecepatan yang sangat tinggi, bahkan pada kecepatan yang sama dengan kecepatan cahaya. Secara konvensional TLP250 memiliki 8 pin terminal yang terbagi menjadi dua sisi: sisi kiri dan sisi kanan sebelah kanan juga. Hanya ada 2 pin di sisi kiri dan 4 pin terminal. 4 pin terminal terletak di sisi kanan terminal yang dapat digunakan. dan semuanya dapat digunakan. Pada halaman berikut adalah terminal pada Gambar 3.3. komponen TLP250.



Gambar 3. 3 Skema TLP250

Tidak semua pin terminal pada TLP250 dapat digunakan seperti pin 1 dan pin 4 NC berarti *not connect*, selain kedua pin tersebut bisa

digunakan semua, pin 2 digunakan sebagai jalur masuk data dari mikrokontroler, pin 3 digunakan sebagai ground dari mikrokontroler, pin 8 sebagai vcc inputan masukan 12 volt, serta pin 6 dan 7 sudah terhubung di dalamnya untuk keluaran tegangan DC yang dikirim menuju *gate* pada MOSFET.



Gambar 3. 4 Rangkaian TLP250 Sebagai Driver MOSFET

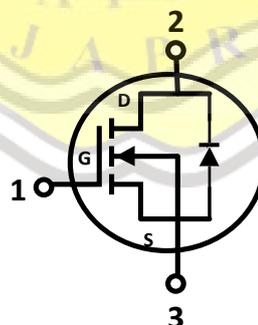
Berdasarkan gambar 3. 4. diatas, terdapat komponen BUFFER digunakan sebagai pengubah data yang diberikan oleh mikrokontroler berupa tegangan DC 3,3 Volt diubah menjadi tegangan DC 5 Volt. Diperlukan tegangan catu daya DC 5 Volt agar BUFFER tipe 74HC541N dapat berfungsi, mikrokontroler memasok tegangan ini. Karena TLP250 dapat beroperasi dengan data berupa arus sebesar 5 mA, maka data keluaran tegangan diubah terlebih dahulu menjadi 5 Volt sebelum dikirim ke kutub katoda. Pin 0 Volt atau GND mikrokontroler digabungkan dengan semua kutub katoda TLP250. TLP250 memerlukan suplai sumber daya terisolasi yaitu dengan konverter B1212S digunakan untuk memberi suplai daya pada inputan dan GND dari setiap TLP250. Terminal GND terhubung ke terminal

sumber MOSFET, dan data keluaran TLP250 dikirim ke terminal gerbang MOSFET. Tegangan keluaran dijaga pada 12 Volt DC oleh dioda zener, mencegah mengambang apapun yang akan membuat rangkaian tidak beroperasi. Pengimplementasian penelitian ini menggunakan enam buah TLP250 mengontrol enam saklar daya MOSFET. Kofigurasi PIN TLP250 dapat dilihat pada gambar 3. 5



Gambar 3. 5 Konfigurasi PIN TLP250

3.4 Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (MOSFET)

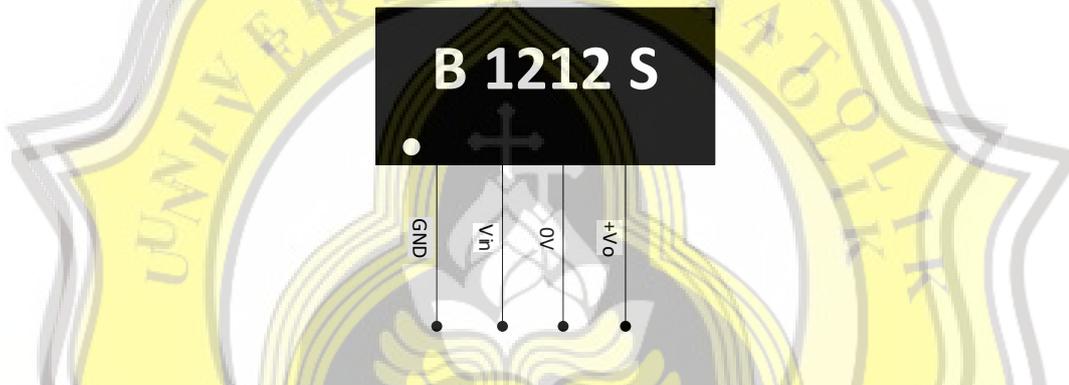


Gambar 3. 6 Skema MOSFET

MOSFET, juga dikenal sebagai metal oxide semiconductor field effect transistor (disingkat MOSFET), adalah transistor yang lebih kuat yang terbuat dari bahan semikonduktor. MOSFET biasanya memiliki tiga pin terminal, di mana pin 1 adalah terminal gerbang atau gerbang yang digunakan untuk memutuskan dan mengalirkan daya dari terminal pembuangan ke terminal sumber, yang dikendalikan oleh driver MOSFET, khususnya TLP250. Pin 3 adalah terminal sumber, yang digunakan sebagai terminal input dengan nilai 0volt atau ground. Pin 2 adalah terminal pembuangan, yang digunakan sebagai terminal tegangan input positif atau yang biasa disebut dengan VCC. Ada terminal pin ketiga pada komponen MOSFET. Dalam penelitian, MOSFET dapat berfungsi sebagai saklar daya. Prosedur switching yang dimaksud adalah proses yang hanya memiliki dua status — ON dan OFF — seperti halnya saklar. MOSFET dihidupkan dari terminal output dikirim ke terminal sumber ketika TLP250 mengirimkan data berupa tegangan ke terminal gerbang. MOSFET dalam posisi OFF dan daya dipertahankan di terminal pembuangan ketika terminal gerbang tidak menerima data dari TLP250 dalam bentuk tegangan. Enam MOSFET dari tipe IRFP460 akan digunakan dalam kontrol tegangan 5 tingkat langsung karena MOSFET sangat efektif dalam mengelola daya pada inverter. Rangkaian MOSFET dapat dilihat pada 3. 6.

3.5 Rangkaian B1212S

Rangkaian B1212S ini menghasilkan output tegangan DC +12V dan 0V dan berfungsi sebagai konverter tegangan terisolasi. Karena tegangan keluaran konverter belum terkontrol, maka masih diperlukan rangkaian pendukung. Rangkaian pendukung konverter B1212S adalah pengatur tegangan yang dapat diterapkan pada bagian input atau output. Gambar 3. 7 menggambarkan bentuk perangkat keras komponen B1212S.



Gambar 3. 7 Komponen B1212S

Rangkaian converter B1212S ini berfungsi sebagai sumber tegangan DC untuk rangkaian TLP250 dalam implementasi hardwarenya. Karena rangkaian ini menghasilkan sumber tegangan DC yang terisolasi, PIN positif dari output konverter dapat dihubungkan ke PIN negatif, dan sebaliknya, untuk menyediakan sumber tegangan positif dan negatif dengan pin ground yang terpasang ke sumber konverter dan koneksi pin output.

3.6 Rangkaian A1212S

Sensor tegangan memerlukan konverter tegangan yang terisolasi, digunakan rangkaian A1212S. PIN keluaran yang dibuat oleh rangkaian A1212S, dapat juga menghasilkan tegangan 0 selain tegangan -12V dan tegangan +12V, berbeda dengan rangkaian B1212S. Untuk sensor tegangan yang biasanya memerlukan tiga jenis tegangan—positif, negatif, dan nol—rangkain A1212S berfungsi sebagai suplai sumber tegangan DC. Gambar 3. 8 menampilkan bentuk komponen A1212S.

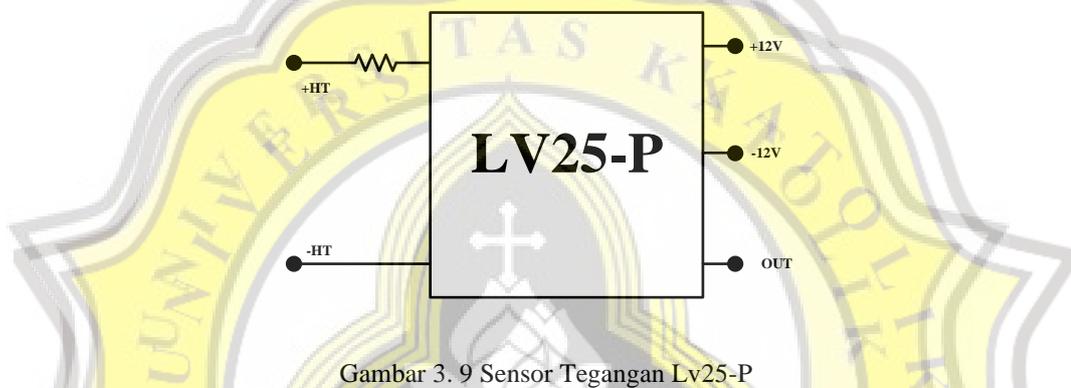


Gambar 3. 8 Komponen A1212S

3.7 Sensor Tegangan Rangkaian LV25-P

Sensor tegangan yang digunakan adalah LV25P merupakan komponen elektronik yang memiliki fungsi sebagai sensor tegangan pembaca sinyal aktual tegangan keluaran dari implementasi rangkaian loop Inverter 5-tingkat. Mikrokontroler dapat mengukur sinyal nyata dari konverter dengan aman dan pada tegangan tinggi menggunakan sensor ini. Pada rangkaian LV25-P, besaran beban R dapat digunakan untuk mengubah besaran pengukuran tegangan. Hanya 10mA arus yang dapat masuk menuju sensor

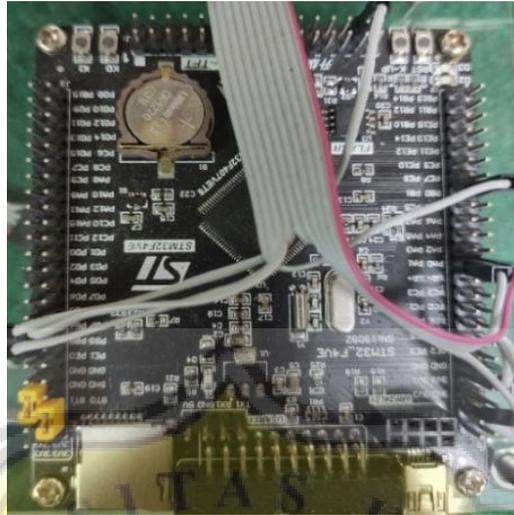
tegangan. Rangkaian yang sering digunakan untuk mendukung kinerja sensor tegangan LV25P adalah rangkaian penguat yang dirangkai pada keluaran sensor tegangan. Hal ini dikarenakan besarnya penggunaan beban R sangat berperan karena keluaran dari sensor tegangan dapat disesuaikan dengan pembacaan ADC pada mikrokontroler. Gambar 3. 9 mengilustrasikan bagaimana sensor tegangan LV25P ditampilkan.



Gambar 3. 9 Sensor Tegangan Lv25-P

3.8 Mikrokontroler STM32F407VET6

Dalam sistem elektronika daya, perangkat keras yang dapat menjalankan program dengan fungsi tertentu secara digital adalah mikrokontroler. inti yang dapat digunakan untuk memproses instruksi dari perangkat lunak yang berjalan pada mikrokontroler. Biasanya, mikrokontroler dapat menggunakan memori, sistem I/O, memori, dan satu atau lebih inti CPU (Central Processing Unit).



Gambar 3. 10 Mikrokontroler STM32F407VET6

STM32F407VET6 adalah produk dari STMicroelectronics merupakan mikrokontroler 32-bit dengan kinerja tinggi. Memiliki memori tertanam berkecepatan tinggi, mikrokontroler ini dipilih sebagai sistem kontrol dalam produksi perangkat keras ini karena memproses program dengan cepat dan memiliki kecepatan membaca ADC yang akurat dan cepat. Gambar 3. 10 adalah gambar STM32407VET6

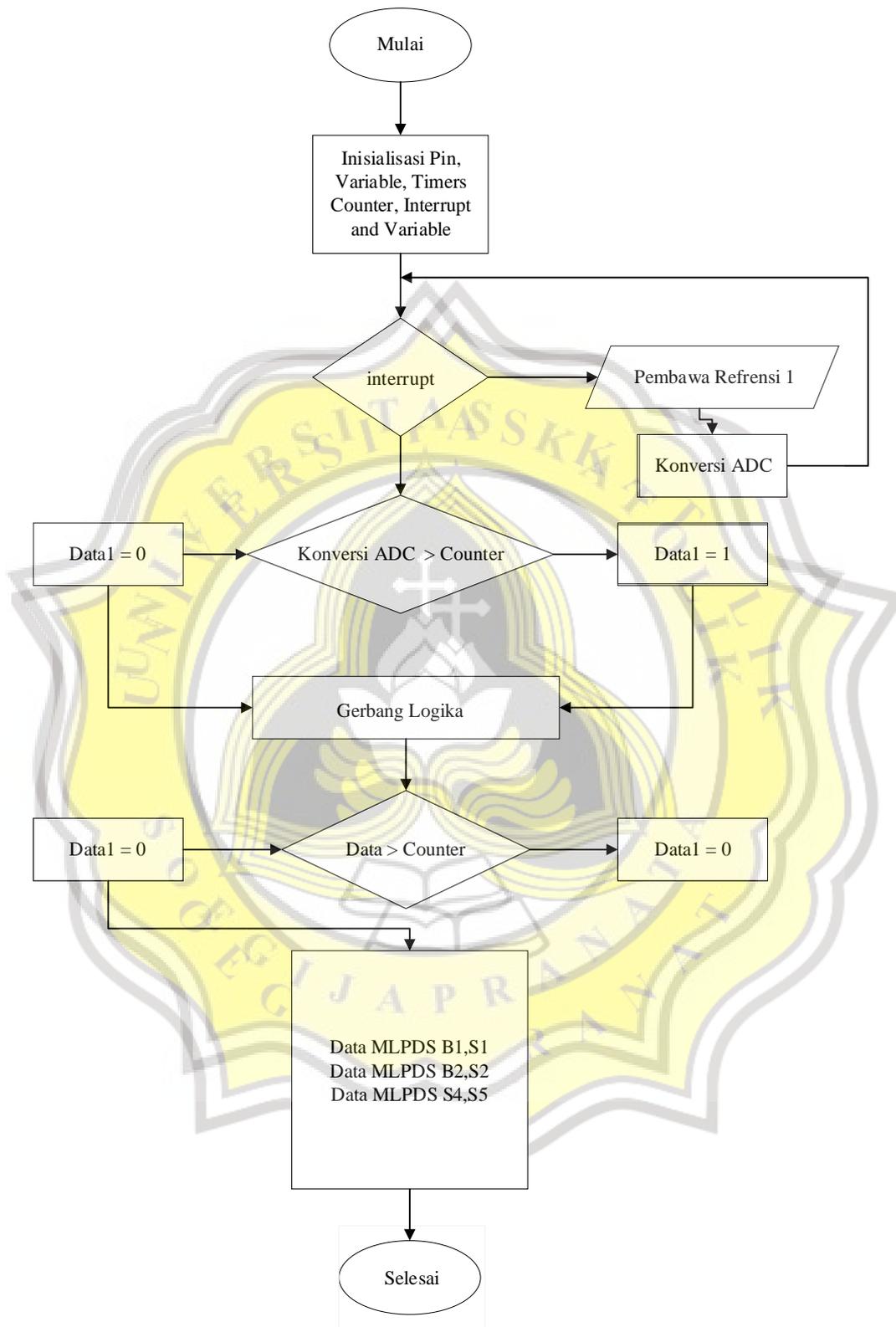
Seluruh fitur yang dimiliki oleh STM32407VET6 akan dijabarkan secara lengkap sebagai berikut:

1. Memakai prosesor Arm[®] 32-bit Cortex[®]-M4 CPU dengan fitur FPU.
2. Frekuensi dapat mencapai 168 Mega Hz.
3. Input Vcc dari 1.8 sampai 3.6 Volt DC
4. Memori mencapai 512 bytes.

5. Support akan Compact Flash, SRAM, PSRAM, NOR, dan NAND dengan kontroler statis memori yang fleksibel.
6. Dapat terhubung LCD parallel
7. Pada supply dan Input Output mengeluarkan 1.8 Volt sampai 3.6 Volt, terdapat fitur POR, PDR, PVD, dan BOR.
8. Mempunyai jenis 3x12-bit, 2.4 MSPS Konverter A/D yang mencapai 24 channel, dan 7.2 MSPS pada mode tiga sisipan.
9. 2x12-bit konverter D/A.
10. Terdapat fitur DMA sebanyak 16 buah dengan fitur FIFO dan burst.
11. Mempunyai 17 buah *timer* dengan 12 buah *timer* 16-bit dan 2 *timer* 32-bit dengan kecepatan 168 MHz.terdapat 4 IC/OC/PWM atau *pulse counter* dan *quadrature (incremental) encoder* input.
12. Terdapat 140 Input Output dengan fitur Interrupt dengan 136 fast I/O mencapai 84 MHz, dan 138 5V-tolerant I/O.
13. Terdapat 15 koneksi antarmuka yang disajikan mulai dari I2C, USARTS, SPIS, dan CAN.

3.9 Alur Pemrograman

Gambar 3. 11 mendeskripsikan alur pemrograman dari kontrol tegangan sederhana pada inverter 5-tingkat ke dalam suatu flowchart dari Suatu sistem kendali digital kedalam suatu program yang direncanakan dan akan dibuat dalam bentuk simulasi dan implementasi hardware akan diproses menggunakan mikrokontroler.



Gambar 3. 11 *Flowchart* Program

Gambar 3. 11 menggunakan pencacah timer untuk menjalankan fungsi interupsi dan pembangkit sinyal pembawa. Konsep pembangkit sinyal pembawa menggunakan metode up counter dan down counter. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 6, menggunakan dua sinyal pembawa bertingkat hanya dengan menggunakan satu pencacah waktu dapat menghasilkan dua pembawa bertingkat. Mikrokontroler STM32F407 menggunakan dua pin ADC sebagai referensi pembacaan sinyal untuk perbandingan. Konversi nilai ADC digunakan sebagai sinyal referensi yang akan dibandingkan dengan sinyal pembawa menggunakan pencacah timer.

Algoritma ini menggunakan 15 pin yang akan digunakan untuk mensaklarkan setiap switch sesuai dengan diagram alir pemrograman, yang akan menghasilkan sinyal keluaran inverter 5-tingkat. Program pada tahap awal mikrokontroler adalah deklarasi semua variabel sesuai dengan jenis data yang digunakan. Pengambilan data ADC dilakukan setiap 0.2ms, disimpan dalam variabel tipe data int. Bagian setup program memulai ADC, port, timer, dan *interrupt*. *Interrupt* akan aktif saat timer *overflow*, dan saat timer *overflow* akan membaca referensi berupa ADC. Nilai ADC dibandingkan dengan nilai penghitung di bagian perulangan program menggunakan perintah *if-else*.

```
#include <STM32F4ADC.h>
STM32ADC inADC(ADC1);
```

Pemanggil header library
& Inisialisasi ADC
mikrokontroler

```
#define B1 PD0
#define B2 PD1
#define S1 PD5
#define S3 PD4
#define S2 PD7
#define S4 PD6
```

Deklarasi header

```
const int setOverflow = 4000;
const int DT = 50;
int count,data,data2;
uint8_t analog_pins[] = {PA0, PA1, PA2};
int vsin,act,vact,arus,iact,err,err_v,iref;
double itg, lastitg, pi, mod, Bmod, P, I;
double vref, itg_v, lastitg_v, pi_v, P_v, I_v;
```

Deklarasi variable

```
//control
float kp_v = 0,001 ;
float ki_v = 0,1;
void PINMODE() {
pinMode(B1, OUTPUT); pinMode(B2, OUTPUT);
pinMode(S1, OUTPUT); pinMode(S3, OUTPUT);
pinMode(S2, OUTPUT); pinMode(S4, OUTPUT);}
}
```

Deklarasi
konstanta
control dan
pin mode

```

void RINMODE() {
  pinMode(B1, OUTPUT);
  pinMode(B2, OUTPUT);
  for(int x=0; x<sizeof(analog_pins);
  x++)
  pinMode(analog_pins[x],
  INPUT_ANALOG);
  pinMode(S4, OUTPUT);
  Timer2.init();
}

```

Inisialisasi Timer
Adc

```

Timer2.pause();

Timer2.setMasterMode(TIMER_MASTER_
MODE_UPDATE);

Timer2.setPeriod(20);

Timer2.setMode(TIMER_CH2,
TIMER_OUTPUT_COMPARE);

Timer2.setCompare(TIMER_CH2, 1);

Timer2.attachInterrupt(TIMER_CH2,INT1);

Timer2.refresh();

```

```

Timer3.init();

Timer3.pause(); // stop timer

Timer3.setMasterMode(TIMER_MASTER_
MODE_UPDATE);

Timer3.setPrescaleFactor(3); //5.2Khz
Timer3.setOverflow(setOverflow);

Timer3.setCount(0);

Timer3.setMode(TIMER_CH1,
TIMER_PWM);

Timer3.refresh();

Timer2.resume();

Timer3.resume();

```

Inialisasi
sebagai
interrupt

```

inADC.setSamplingTime(ADC_SMPR_3);
inADC.enableDMA();}

void loop() {
if (Timer3.getCount() >= 2000)
count = setOverflow-Timer3.getCount();
else
count = Timer3.getCount();
car1 = map(count, 0, 2000, 0, 2000);
car2 = map(count, 0, 2000, 2000, 4000);
car3 = map(count, 0, 2000, -2000, 0);
car4 = map(count, 0, 2000, -2000, -4000);
R();

```

Pembentuk
gelombang carrier
segitiga

```

void INT1(void){

  vsin = map(analogRead(PA2), 0, 4095, -
4000, 4000);

  vref = map(vsin, -4000, 4000, 4000, -
4000);

  act = map(analogRead(PA0), 0, 4095, -
4000, 4000);

  vact = map(act, -4000, 4000, 4000, -4000);

  arus = map(analogRead(PA1), 0, 4095, -
4000, 4000);

  iact = map(arus, -4000, 4000, 4000, -4000);

```

Interrupt & pembaca
ADC

```

void R(){
err_v = vref - vact;
P_v = kp_v * err_v;
itg_v = lastitg_v + err_v * 0.00001;
I_v = ki_v * itg_v;
pi_v = P_v + I_v;
if (pi_v > -4000 && pi_v < 4000) // current
anti windup {

```

Program kendali
tegangan & anti
windup

```
//Bidirect 1
if (pi >= car1){
  digitalWrite(B1, 1); }
else {
  digitalWrite(B1, 0); }

//Saklar 1
if (pi >= car2){
  digitalWrite(S1, 1); }
else{
  digitalWrite(S1, 0); }

//Bidirect 2
if (pi >= car3){
  digitalWrite(B2, 0); }
else{
  digitalWrite(B2, 1); }

//Saklar 2
if (pi >= car4){
  digitalWrite(S2, 0); }
else{
  digitalWrite(S2, 1);
}
}
```

Program
pensaklaran

```
///ZC///  
  
if (pi >= DT) //zero  
crossing  
{  
digitalWrite(S3, 0);  
digitalWrite(S4, 1);  
}  
else  
digitalWrite(S4, 0);  
  
if (pi <= DT) //zero  
crossing  
{  
digitalWrite(S3, 1);  
digitalWrite(S4, 0);  
}  
else  
digitalWrite(S3, 0);  
}
```

Program
pensaklaran *zero*
crossing