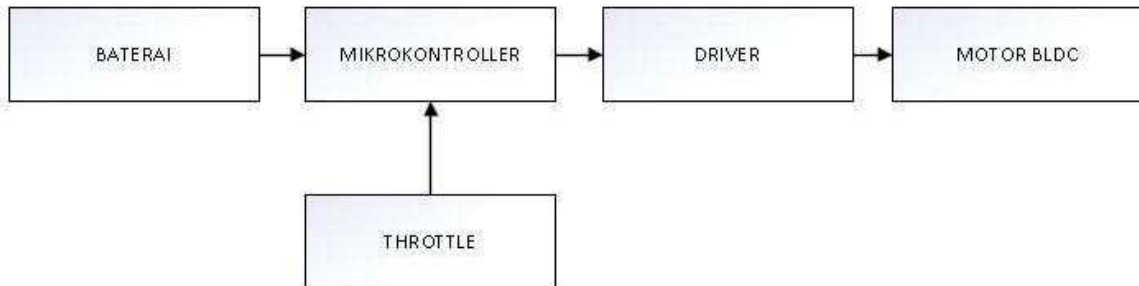


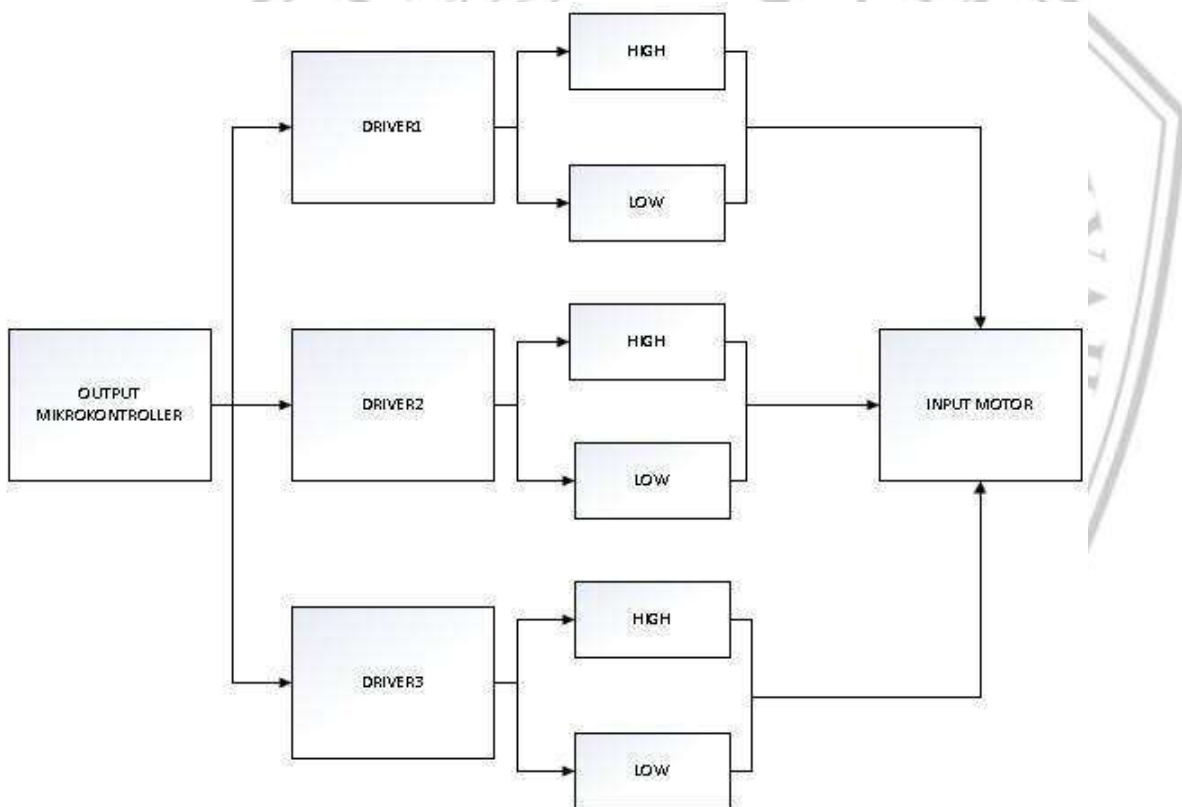
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

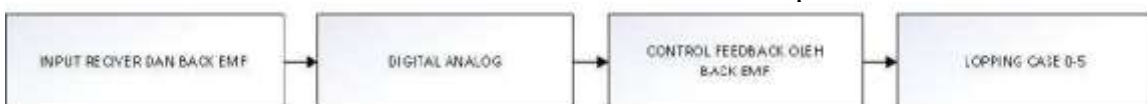
3.1 Penjabaran Level Sistem



Gambar 3.1 level 0



Gambar 3.2 level 1 point 1



Gambar 3.3 Level 1 point 2

3.2 Pendahuluan Metode

3.2.1 Pendahuluan Metode

Sistem ESC sensorless BLDC (Brushless DC Motor) adalah salah satu sistem yang digunakan untuk mengendalikan motor BLDC tanpa menggunakan sensor. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Motor BLDC
- Driver motor
- Sensorless controller

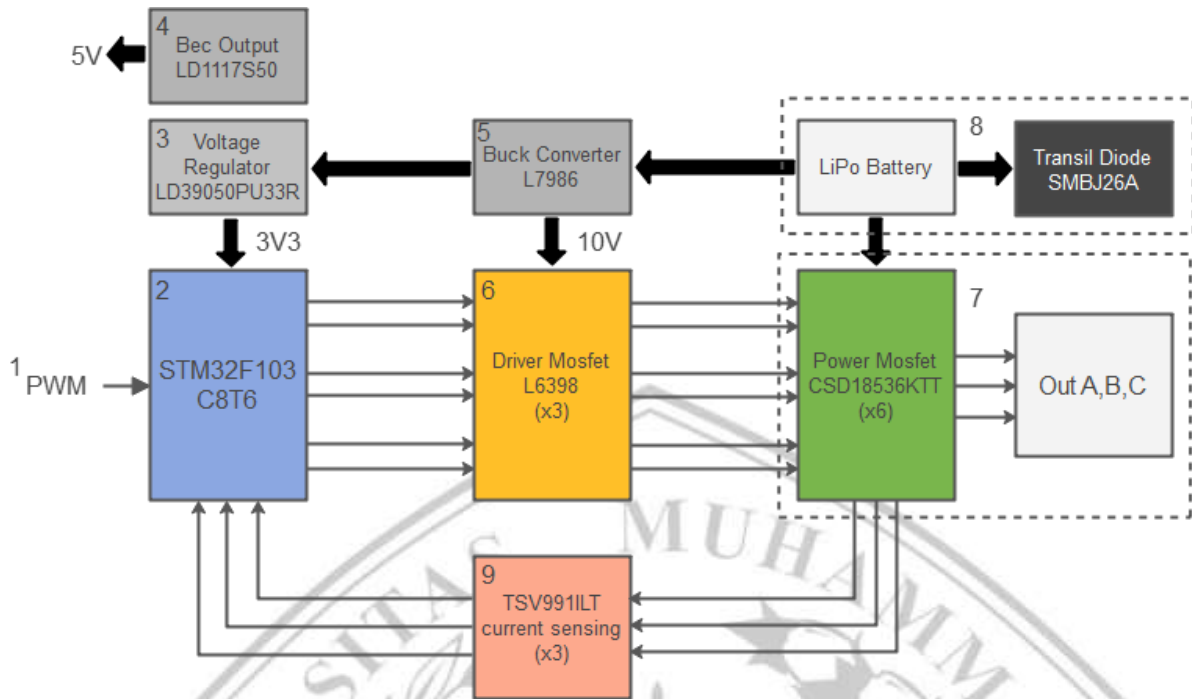
Sensorless controller adalah komponen yang bertanggung jawab untuk mengendalikan motor BLDC tanpa menggunakan sensor. Sensorless controller bekerja dengan mendeteksi posisi rotor motor menggunakan metode tertentu. Metode yang digunakan pada ESC sensorless BLDC ini berupa metode back-EMF. Metode backEMF dipilih sebagai metode utama karena beberapa alasan, yaitu:

- Metode ini sederhana dan mudah untuk diimplementasikan.
- Metode ini hemat biaya.
- Metode ini memiliki akurasi yang cukup tinggi.

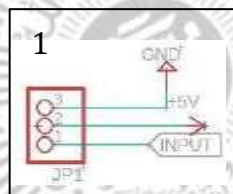
Metode back-EMF telah dibuktikan secara ilmiah dalam beberapa penelitian terdahulu. Salah satu penelitian yang membuktikan akurasi metode back-EMF adalah penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2020). Penelitian ini menunjukkan bahwa metode back-EMF memiliki akurasi sebesar 99%.

3.3. Desain Sistem

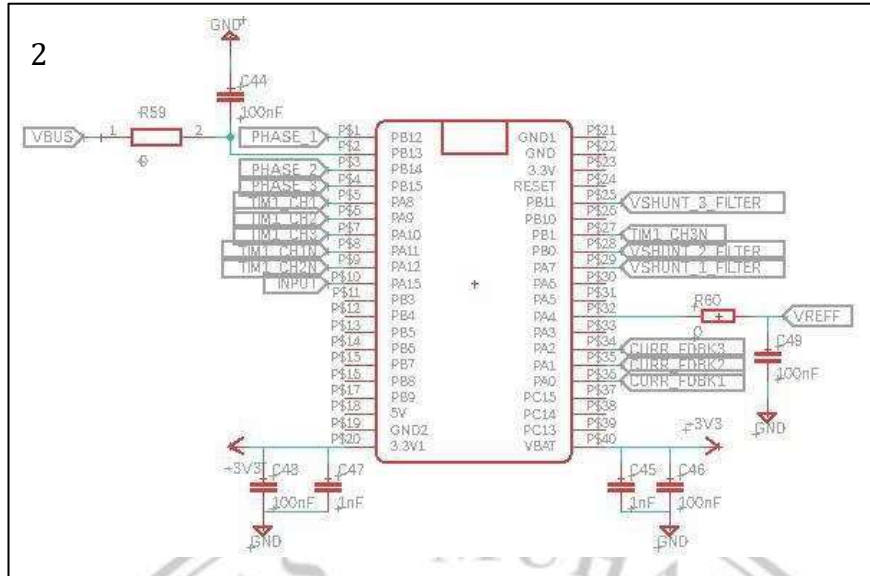
Menggambarkan proses kerja secara keseluruhan. Di dalam sub-bab ini juga terdapat diagram alir dari proses sistem yang diusulkan. Proses diagram alir harus dilengkapi dengan keterangan fungsi dari masing-masing elemen. Gambar 2 merupakan contoh dari proses kerja suatu usulan secara keseluruhan dan Gambar 3 adalah diagram alir proses sistem



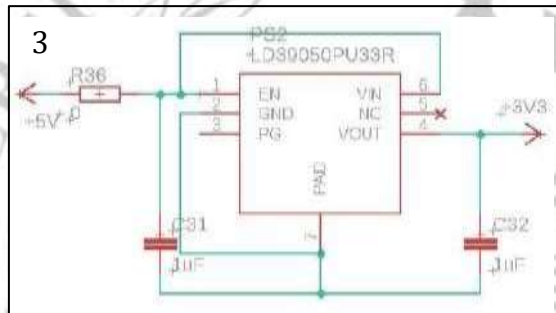
Gambar 3.4 Diagram power dan kontrol
Berikut merupakan skematik dari rangkaian sistem yang ditunjukkan pada diagram power dan kontrol.



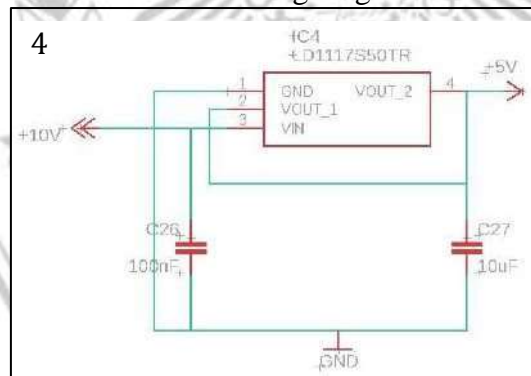
Gambar 3.5 Skematik input PWM



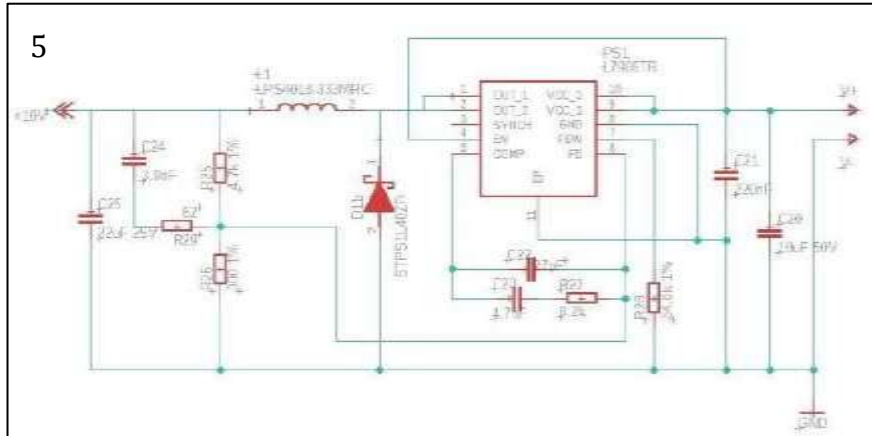
Gambar 3.6 Skematik mikrokontroler STM32F103C8T6



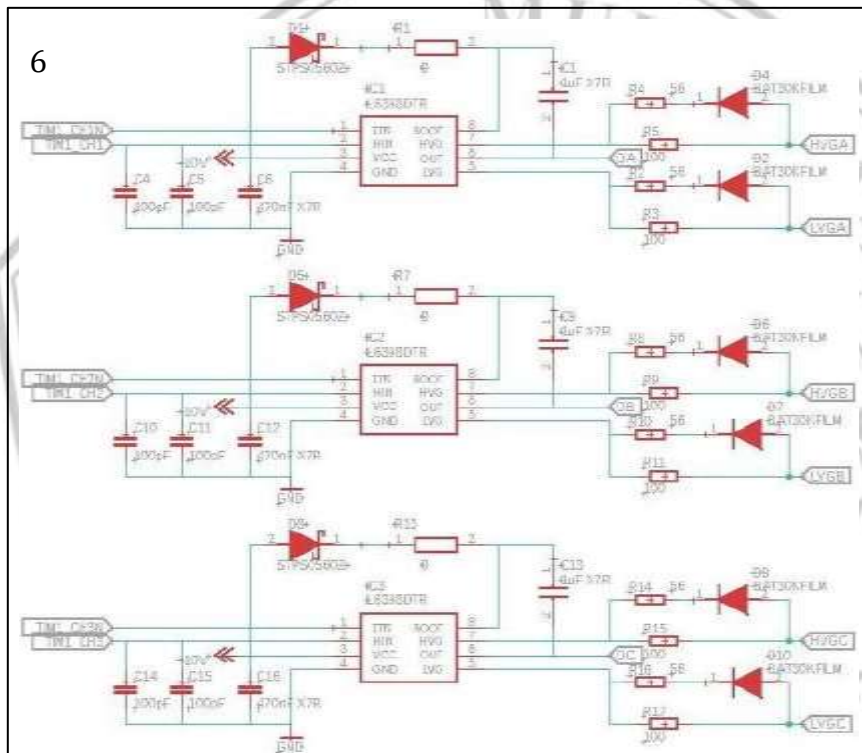
Gambar 3.7 Skematik voltage regulator LD39050PU33R



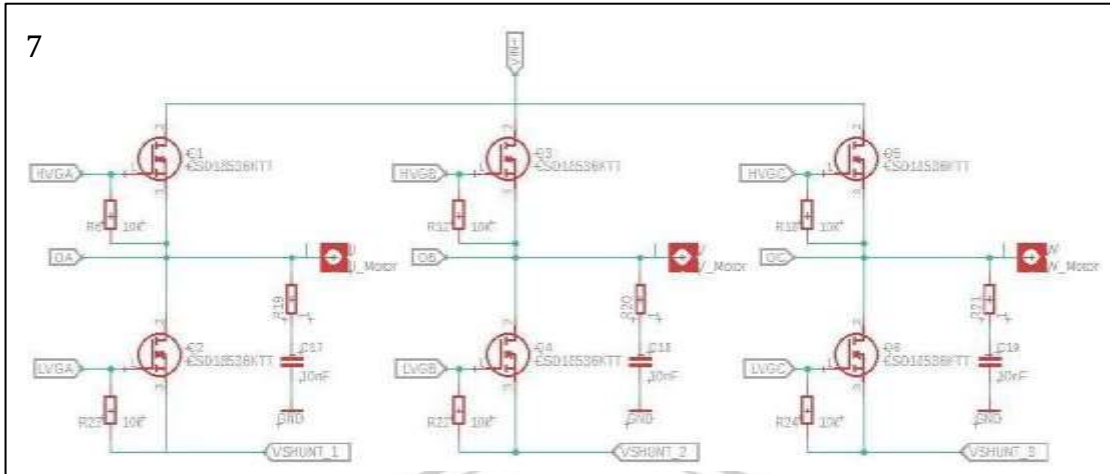
Gambar 3.8 Skematik buck converter LD1117S50TR Bec output



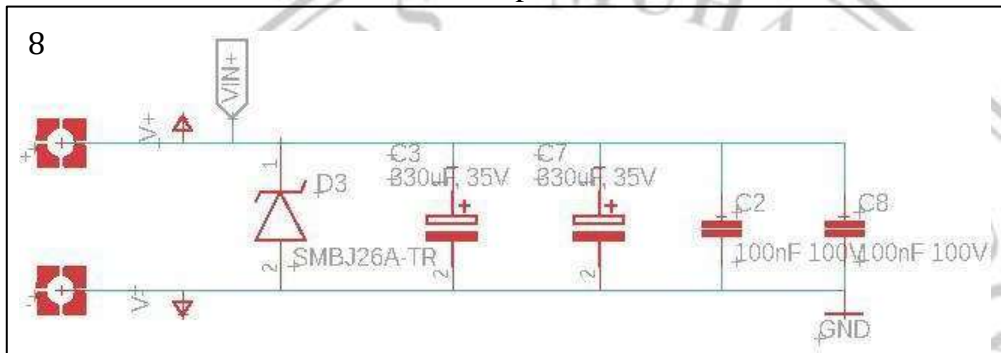
Gambar 3.9 Skematik buck converter L7986



Gambar 3.10 Skematik driver mosfet L6398DTR

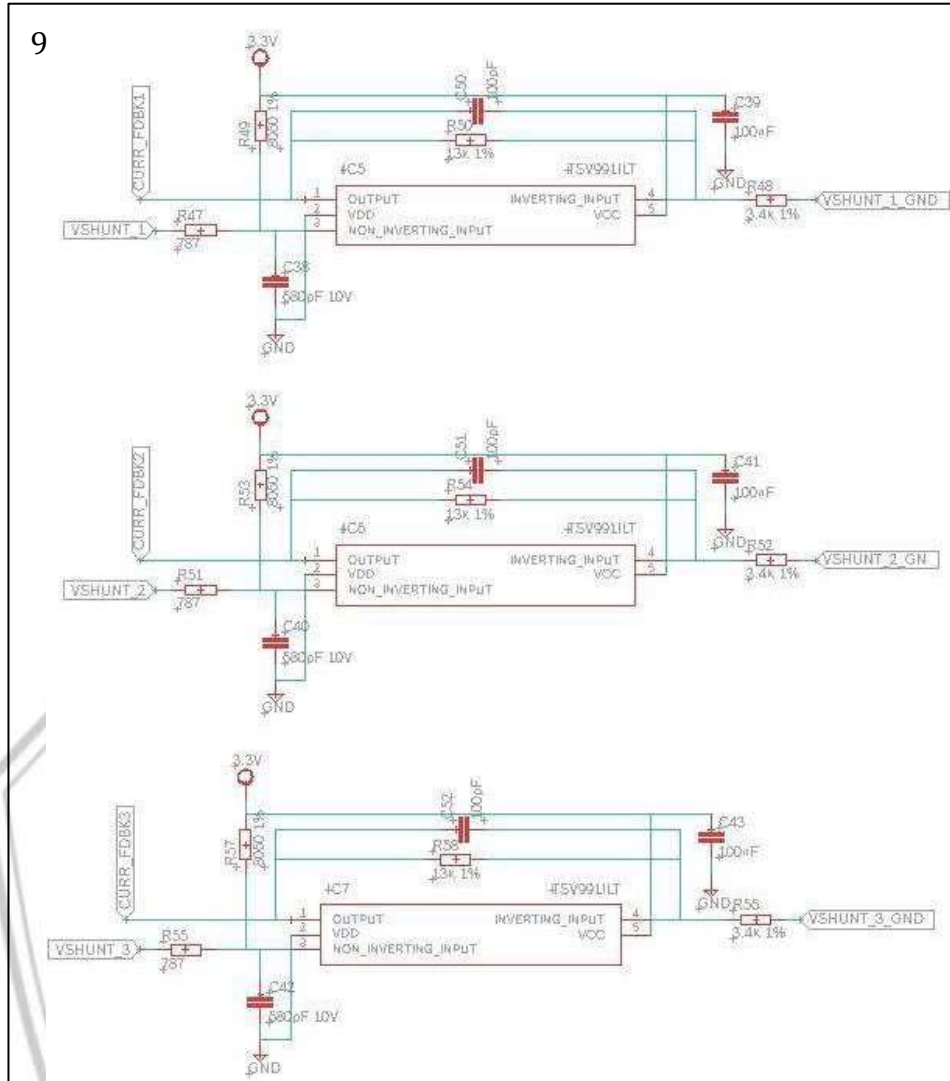


Gambar 3.11 Skematik power mosfet CSD18536KTT

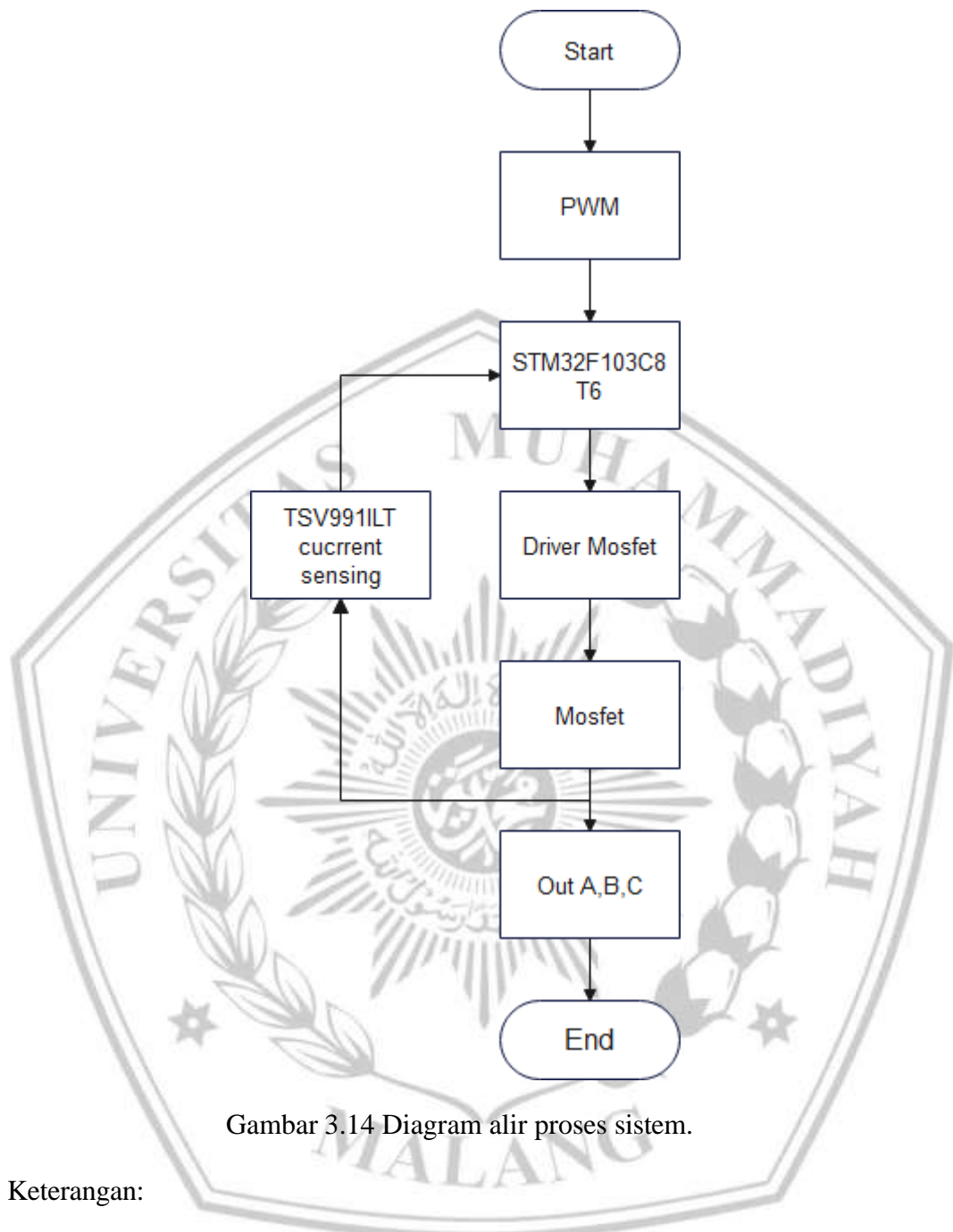


Gambar 3.12 Skematik power input dan dioda transil

9



Gambar 3.13 Skematik current sensing op-amp TSV991ILT



Gambar 3.14 Diagram alir proses sistem.

Keterangan:

1. LiPo battery : Sebagai suplai tegangan kepada sistem
2. Transil Dioda SMBJ26A : dioda TVs digunakan untuk melindungi sirkuit yang sensitif dari lonjakan tegangan dan transien
3. Buck Converter L7986 : digunakan untuk menurunkan tegangan dari input baterai menjadi 10V untuk menyuplai vcc driver mosfet
4. Voltage Regulator LD39050PU33R : digunakan untuk menurunkan tegangan menjadi 3,3 V yang digunakan untuk menyuplai mikrokontroler
5. Bec Output LD1117S50 : sebagai penurun tegangan menjadi 5V yang

- digunakan untuk menyediakan daya untuk perangkat lain di luar ESC (receiver)
6. PWM : digunakan sebagai sinyal input yang mengatur kecepatan motor
 7. STM32F103C8T6 : digunakan untuk mengendalikan suatu sistem dan mengolah input dan menghasilkan output yang mengontrol sistem
 8. Driver Mosfet L6398 : digunakan untuk mengontrol tegangan gate mosfet
 9. Power Mosfet CSD18536 : untuk melakukan proses switching yang mengatur kecepatan motor
 10. Out A,B,C : sebagai penyedia output ke beban yaitu motor BLDC sensorless
 11. TSV99ILT op-amp current sensing : digunakan untuk melakukan sensing terhadap output yang selanjutnya digunakan untuk feedback ke mikrokontroler

Proses dimulai dengan inisiasi dataset. Dataset yang digunakan pada pembuatan alat ini berupa gambar konjungtiva mata beserta gambar mata secara keseluruhan dimana gambar tersebut akan dibedakan menjadi dua kelas berdasarkan data hemoglobin yang tercantum. Pembagian kelas ini akan menjadi label input dimana terdapat label anemia dan juga label normal. Dalam hal ini, gambar konjungtiva mata dan gambar mata berfungsi sebagai data input, sementara label anemia dan normal berfungsi sebagai label output yang akan ditampilkan sebagai prediksi. Gambar mata dan konjungtiva digunakan sebagai input untuk

3.4. Desain Hardware

Berikut merupakan penjelasan mengenai perangkat dan komponen yang akan digunakan dalam Electronic Speed Controller (ESC) sensorless BLDC motor untuk sistem pesawat tanpa awak (UAV) dan spesifikasi dari masing-masing komponen.

a. Driver Gate Mosfet L6398DTR

Driver gate MOSFET adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol tegangan gerbang MOSFET. Untuk dapat bekerja, MOSFET membutuhkan tegangan gerbang tertentu. Driver gate MOSFET berfungsi untuk memberikan tegangan gerbang yang diperlukan untuk MOSFET. Tabel di bawah merupakan spesifikasi Driver Gate Mosfet L6398DTR sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Driver Gate Mosfet L6398DTR

Symbol	Parameter	Value		Unit
		Min.	Max.	
V_{CC}	Supply voltage	-0.3	21	V
V_{OUT}	Output voltage	$V_{BOOT} - 21$	$V_{BOOT} + 0.3$	V
V_{BOOT}	Bootstrap voltage	-0.3	620	V
V_{HVG}	High-side gate output voltage	$V_{OUT} - 0.3$	$V_{BOOT} + 0.3$	V
V_{LVG}	Low-side gate output voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	V
V_i	Logic input voltage	-0.3	15	V
dV_{OUT}/dt	Allowed output slew rate		50	V/ns
P_{tot}	Total power dissipation ($T_A = 25^\circ C$)		800	mW
T_J	Junction temperature		150	$^\circ C$
T_{stg}	Storage temperature	-50	150	$^\circ C$
ESD	Human body model	2		kV

Pemilihan menggunakan L6398DTR dikarenakan memiliki beberapa fitur yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk:

- Tegangan suplai 10V hingga 20V
- Tegangan gerbang hingga 600V
- Arus gerbang hingga 290mA sink dan 430 mA source
- Kecepatan switching hingga 800 kHz

b. Mosfet CSD18536KTT

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) adalah jenis transistor yang dapat digunakan sebagai saklar atau penguat. Mosfet digunakan untuk aplikasi switching dengan memiliki kecepatan tinggi. Tabel di bawah merupakan spesifikasi dari mosfet CSD18536KTT.

	$T_A = 25^\circ C$	TYPICAL VALUE	UNIT
VDS	Drain-to-Source Voltage	60	V
Qg	Gate Charge Total (10 V)	108	nC

Qgd	Gate Charge Gateto-Drain	14	nC
RDS(on)	Drain-to-Source OnResistance	VGS = 4.5 V	1,7 mΩ
		VGS = 10 V	1,3 mΩ
VGS(th)	Threshold Voltage	1,8	V
ID	Continuous Drain Current (Package limited)	200	A
	Continuous Drain Current (Silicon limited), TC = 25°C	349	A
	Continuous Drain Current (Silicon limited), TC = 100°C	247	A
PD	Power Dissipation	375	W

Dipilih mosfet CSD18536KTT karena dengan mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain :

- Tegangan drain-source yang mencapai 60V
- RDC(on) yang kecil sebesar 1,7mOhms
- Arus drain mencapai 200A
- Power disipasi yang tinggi sebesar 375W
- Harga yang sebanding dengan kualitas

c. Mikrokontroler STM32F103C8 Blue Pill

STM32F103C8 Blue Pill adalah board pengembangan yang populer berbasis STM32F103 Mikrokontroler. Terkenal dengan harganya yang terjangkau, kemudahan penggunaan, adaptif, dan telah banyak digunakan. berikut adalah tabel spesifikasi dari STM32F103C8 Blue Pill.

Microcontroller	
Part	STM32F103C8T6
Manufacturer	ST-Microelectronics
Core	Arm Cortex-M3
Max. Clock Speed	72MHz
Package	LQFP 48 pins
Internal memories	
FLASH	64KiB
SRAM	20KiB
Oscillators	
HSI	8MHz
LSI	40kHz
HSE	8MHz
LSE	32.768kHz
Power	
Sources	Any +3.3V pin (+3.3V)
	Any +5V pin (+5V)
	USB connector (+5V)
VDDA pin	No
VSSA pin	No
VREF- pin	No
VREF+ pin	No
Backup battery	No
Regulator	
Manufacturer	Shanghai TX Electronics Sci-Tech Co., Ltd

Part	TX6211B (DE=A1D)
Package	SOT23-5 5 pins
Input	+3.6V to +5.5V
Output	+3.3V @ 300mA
Datasheet	TX6211B.pdf
PCB	
Color	Blue
Size (w x l)	23mm x 53mm
Mounting	Breadboard

Pemilihan STM32F103C8 Blue Pill sebagai mikrokonroller dari ESC Sensorless BLDC didasarkan pertimbangan beberapa faktor yaitu :

1. Karena memiliki kecepatan clock lebih cepat dari arduino sesuai dengan yang diperlukan untuk menjalankan komutasi
2. Memiliki Harga yang relatif murah dengan kualitas yang terjaga
3. penggunaan yang mudah dan cocok untuk pembelajaran

d. Voltage Regulator L7986TR

L7986TR adalah regulator buck step-down yang artinya ia dapat menurunkan tegangan input menjadi nilai yang lebih rendah dan stabil pada output. Selain itu juga dapat dalam mengatur daya untuk motor brushless DC (BLDC). Berikut adalah tabel spesifikasi dari Voltage Regulator L7986TR.

Symbol	Parameter	Test condition	Values			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
V_{CC}	Operating input voltage range	(1)	4.5		38	V
V_{CCON}	Turn-on V_{CC} threshold	(1)			4.5	
V_{CCHYS}	V_{CC} UVLO hysteresis	(1)	0.1		0.4	
$R_{DS(on)}$	MOSFET on resistance	(1)		200		m Ω
					400	
I_{LIM}	Maximum limiting current		3.7	4.2	4.7	A

Berikut merupakan beberapa alasan penggunaan L7986TR jadi pilihan didasarkan pertimbangan beberapa faktor yaitu :

1. Memiliki arus output besar yang dapat mampu menghantarkan arus kontinyu hingga 3A.
2. Tegangan output dapat diatur dengan tegangan output L7986TR dari 0,6V sampai dengan tegangan input (VIN).
3. Memiliki rentang input 4.5 V hingga 38 V.

eVoltage Regulator LD1117S50TR

Regulator tegangan LD1117S50TR adalah komponen buck converter yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan input dengan nilai tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Regulator ini memiliki tegangan output tetap sebesar 5V dan mampu menghantarkan arus 800mA. Berikut adalah spesifikasi singkat dari LD1117S50TR.

Symbol	Parameter	Test	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output voltage	$V_{in} = 7\text{ V}, I_O = 10\text{ mA}, T_J = 25^\circ\text{C}$	4.95	5	5.05	V
V_O	Output voltage	$I_O = 0\text{ to }800\text{ mA}, V_{in} = 6.5\text{ to }15\text{ V}$	4.9		5.1	V
ΔV_O	Line regulation	$V_{in} = 6.5\text{ to }15\text{ V}, I_O = 0\text{ mA}$		1	10	mV
ΔV_O	Load regulation	$V_{in} = 6.5\text{ V}, I_O = 0\text{ to }800\text{ mA}$		1	15	mV
ΔV_O	Temperature stability			0.5		%
ΔV_O	Long term stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
V_{in}	Operating input voltage	$I_O = 100\text{ mA}$			15	V
I_d	Quiescent current	$V_{in} \leq 15\text{ V}$		5	10	mA
I_O	Output current	$V_{in} = 10\text{ V}, T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output noise voltage	$B = 10\text{Hz to }10\text{KHz}, T_J = 25^\circ\text{C}$		100		μV
SVR	Supply voltage rejection	$I_O = 40\text{ mA}, f = 120\text{Hz}, T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 8\text{ V}, V_{ripple} = 1\text{ V}_{PP}$	60	75		dB
V_d	Dropout voltage	$I_O = 100\text{ mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\text{ mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\text{ mA}$		1.10	1.2	
	Thermal regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}, 30\text{ms Pulse}$		0.01	0.1	%/W

Berikut merupakan beberapa alasan penggunaan LD1117S50TR didasarkan pertimbangan beberapa faktor yaitu :

1. Memiliki rentang tegangan input dari 4.5V hingga 15V
2. Tegangan output yang tetap sebesar 5V
3. Arus output yang terbilang tinggi mencapai 800mA

f. Voltage Regulator LD39050PU33R

Voltage Regulator LD39050PU33R merupakan low-dropout(LDO) linear voltage regulator yang dibuat oleh STMicroelectronics. Memiliki kemampuan untuk menyediakan tegangan yang stabil dan konversi power yang efisien pada berbagai aplikasi elektronik. Voltage Regulator ini memiliki keunggulan dibanding LD1117S50TR yaitu dapat di adjust, kapasitas arus lebih tinggi, dan adaptif terhadap kebutuhan desainer. berikut adalah spesifikasi singat dari Voltage Regulator LD39050PU33R.

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{IN}	Operating input voltage		1.5		5.5	V
V_{ADJ}	V_{ADJ} accuracy	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	784	800	816	mV
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$	776	800	824	
I_{ADJ}	Adjust pin current				1	μA
ΔV_{OUT}	Static line regulation	$V_{OUT} + 1 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5 \text{ V}$, $I_{OUT} = 1 \text{ mA}$		0.01		%/V
ΔV_{OUT}	Transient line regulation (1)	$\Delta V_{IN} = 500 \text{ mV}$, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$, $t_R = 5 \mu\text{s}$		10		mVpp
		$\Delta V_{IN} = 500 \text{ mV}$, $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$, $t_F = 5 \mu\text{s}$		10		
ΔV_{OUT}	Static load regulation	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ to 500 mA		0.002		%/mA
ΔV_{OUT}	Transient load regulation (1)	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ to 500 mA , $t_R = 5 \mu\text{s}$		40		mVpp
		$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$ to 500 mA , $t_F = 5 \mu\text{s}$		40		
V_{DROP}	Dropout voltage (2)	$I_O = 500 \text{ mA}$, V_{OUT} fixed to 1.5 V $40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$		200	400	mV
e_N	Output noise voltage	10Hz to 100kHz, $I_{OUT} = 100 \text{ mA}$, $V_{OUT} = 0.8 \text{ V}$		30		μV_{RMS}
SVR	Supply voltage rejection $V_{OUT} = 0.8 \text{ V}$	$V_{IN} = 1.8 \text{ V} \pm V_{RIPPLE}$ $V_{RIPPLE} = 0.25 \text{ V}$, freq. = 1 kHz $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$		65		dB
		$V_{IN} = 1.8 \text{ V} \pm V_{RIPPLE}$ $V_{RIPPLE} = 0.25 \text{ V}$, freq. = 10 kHz $I_{OUT} = 100 \text{ mA}$		62		
I_Q	Quiescent current	$I_{OUT} = 0 \text{ mA}$		20		μA
		$I_{OUT} = 0 \text{ mA}$, $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$			50	
		$I_{OUT} = 0$ to 500 mA		100		
		$I_{OUT} = 0$ to 500 mA , $-40^\circ\text{C} < T_J < 125^\circ\text{C}$			200	
		V_{IN} input current in off mode: $V_{EN} = \text{GND}^{(3)}$		0.001	1	
PG	Power Good output threshold	Rising edge		$0.92 \cdot V_{OUT}$		V
		Falling edge		$0.8 \cdot V_{OUT}$		
	Power Good output voltage low	$I_{sink} = 6 \text{ mA}$ open drain output			0.4	V
I_{SC}	Short-circuit current	$R_L = 0$	600	800		mA

Berikut merupakan beberapa alasan penggunaan LD39050PU33R didasarkan pertimbangan beberapa faktor yaitu :

1. keluaran tegangan dapat di adjust
2. Menghantarkan arus lebih dari 3A
3. memiliki dropout voltage yang rendah sehingga meningkatkan efisiensi pada tegangan input output tingkat rendah

3.5 DESAIN SOFTWARE

Untuk merancang perintah yang di unggah ke mikrokontroler, akan digunakan aplikasi STM32CubeIDE, aplikasi tersebut menggunakan bahasa C dan C++ sebagai kode programnya. Source code yang dibuat mencakup beberapa bagian, yaitu:

1. Membaca Input dari receiver
2. Mengubah sinyal input analog menjadi digital
3. membuat sistem six step commutation
4. Mengatur pin high agar menerima sinyal pulsa yang telah diatur duty cyclenya
5. Mengontrol kecepatan motor agar sesuai dengan refrensi menggunakan metode back-EMF dengan menganalisis bentuk gelombang menggunakan proses zero crossing.

Figure 7. Flowchart program mikrokontroler sistem

