

**PRIME RESEARCH GRANT**

## **LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN**



### **PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK MOBILE NANO HYDRO**

**Oleh :**

**Ketua Pelaksana:**

Anwar Mujadin, S.T., MT. (12.01.3.1.0213)

**Anggota Pelaksana:**

Syafitri Jumianto, S.Si, M.Si (03.01.4.1.0049)

Aji Rachmat Hidayat (0103518010)

Ariel Putra Wibisono (0103518014)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**JUNI 2020**

**LEMBARAN PENGESAHAN  
PROPOSAL PRIME RESEARCH GRANT**

- 1. Judul Penelitian/Abdimas** : Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro  
**Bidang Ilmu** : Teknik Elektro (Mekatronika)
- 2. Ketua Peneliti/Pengabdian Masyarakat**  
a. Nama Lengkap dan Gelar : Anwar Mujadin ST, MT.  
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki  
c. Golongan/Pangkat/NIP : III C/Pengatur Muda/12.01.3.1.0213  
d. Jabatan Fungsional : Lektor  
e. Fakultas/Program Studi : Fakultas Sains dan Teknologi/Teknik Elektro  
f. Pusat Penelitian :
- 3. Alamat Ketua Peneliti/Pengabdian Masyarakat** :  
a. Alamat Kantor/tel/fax/email : Universitas Al Azhar Indonesia (UAI)  
Komplek Masjid Agung Al Azhar Indonesia  
Jl. Sisingamangaraja Kebayoran Baru  
Jakarta Selatan 12110.  
Telp.021-2172790532 Fax.021-7244767  
Email : amujadin@uai.ac.id  
b. Alamat rumah/tel/fax/email : Graha Cilebut Cluster B/29 RT.001/RW.011  
Kel. Cilebut Timur Kec. Sukaraja Bogor 16710  
HP. 085813273175
- 4. Jumlah anggota penelitian** : 1  
a. Nama anggota 1 : Syafitri Jumianto (03.01.4.1.0049)  
b. Nama anggota 2 :
- 5. Lokasi Penelitian/Abdimas** : Laboratorium Teknik Elektro.
- 6. Kerjasama dengan institusi lain** :  
a. Nama Institusi :  
b. Alamat :  
c. Telp/Fax/Email :
- 7. Lama Penelitian/Abdimas** : 8 (Delapan) bulan
- 8. Biaya yang diajukan** :  
a. Sumber dari Universitas : Rp. 9.000.000,-  
b. Sumber lain,sebutkan : -  
c. Jumlah : Rp. 9.000.000,-

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

( Ir. Hidayat Yorianta Sasaerila, M.Sc, Ph.D)

Jakarta, 25 Juni 2020  
Ketua Peneliti

(Anwar Mujadin, S.T, M.T. )

Menyetujui,  
Ketua LP2M Universitas Al Azhar Indonesia

(Dr. Dewi Elfidasari, M.Si)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
RINGKASAN .....	viii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Khusus Penelitian.....	2
1.4 Manfaat dan Urgensi penelitian .....	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Kincir Air .....	3
2.2 Gaya apung .....	5
2.3 Generator DC.....	6
2.4 Road Map Penelitian .....	8
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>9</b>
1.1 Langkah dan Strategi Penelitian.....	9
1.2 Mekanisme Pengumpulan data dan Karakterisasi dan Kalibrasi Prototipe	10
<b>BAB 4 HASIL PEMBAHASAN .....</b>	<b>11</b>
4.1 Blok Diagram .....	11
4.2 Rancang Bangun Perhitungan dan Pengukuran dan Analisa.....	12
4.2.1 Analisa perhitungan Ultra Capacitor Sebagai Power Bank.....	12
4.2.2 Analisa Perhitungan Dynamo sebagai Pengisi Power Bank.....	13
4.2.3 DC-DC Step Down LM2596 (Peak 3A) Adjustable Voltage Regulator Module Buck Converter .....	14
4.2.4 Hasil Pengukuran dan Analisa.....	17
4.3 Rancang Bangun Hardware.....	18
4.3.1 Rancang Bangun Rangkaian Skematik Elektronika.....	18
4.3.2 Rancang Bangun Layout Printed Circuit Board .....	18
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>20</b>
<b>RINGKASAN LAPORAN KEMAJUAN.....</b>	<b>21</b>
<b>REALISASI ANGGARAN.....</b>	<b>22</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>23</b>
<b>LOGBOOK.....</b>	<b>28</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kincir air undershot.....	4
Gambar 2.2	Simbol-simbol dasar pada sebuah bangunan apung [2].....	4
Gambar 2.3	Gambar 2.3 Rangkaian dalam generator DC.....	6
Gambar 2.4	Prinsip kerja generator DC [6].....	7
Gambar 2.5	Boost voltage regulator module converter step-up power.....	7
Gambar 2.6	Road map penelitian (energi).....	8
Gambar 4.1	Blok Diagram prototipe pembangkit listrik mobile nano-hydro	10
Gambar 4.2	Susunan seri-parallel 6 buah ultra capacitor sebagai power bank.	13
Gambar 4.3	Teknis mengatur tegangan keluaran dari modul LM2596.....	15
Gambar 4.4	Bill of material modul LM2596.....	16
Gambar 4.5	Tegangan dinamo terhadap rpm.....	17
Gambar 4.6	screen shoot rancang bangun rangkaian skematik elektronika pengendali “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.	18
Gambar 4.7	Screen shoot perancangan layout PCB. pengendali “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.....	19
Gambar L1a	Skematik “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.	23
Gambar L1b	Bill of Material “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.....	24
Gambar L2.a	Top Layer PCB.....	25
Gambar L2.b	Bottom Layer PCB.....	26
Gambar L2.c	Silk Screen Top Layer.....	27
Gambar L2.d	Silk Screen Bottom Layer.....	28

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel 2.1 konversi antara unit dengan momen inersia [2].....	5
Tabel 4.2	Tabel 4.1 Hasil pengukuran pada variasi daya beban (dummy load).....	17

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1a	Skematik “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.	23
Lampiran 1b	Bill of Material “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.....	24
Lampiran 2a	Top Layer PCB.....	25
Lampiran 2b	Bottom Layer PCB.....	26
Lampiran 2c	Silk Screen Top Layer.....	27
Lampiran 2d	Silk Screen Bottom Layer.....	28
Lampiran 2e	Logbook.....	29

## RINGKASAN

Berawal dari keprihatinan banjir yang melanda Ibukota Jakarta tak terkecuali daerah bogor, depok, bekasi dan tangerang di hari pertama tahun 2020. Banjir ini juga membuat sejumlah daerah di Jakarta, Bekasi, dan Tangerang, mengalami pemadaman listrik dengan durasi waktu yang cukup lama. Pemadaman listrik menjadi polemik tersendiri terutama bagi warga perumahan (rumah tangga) yang tidak dilengkapi dengan genset. Saat ketinggian air hampir 1 meter lebih, ditambah adanya pemadaman listrik mengakibatkan kepanikan warga terjebak dirumah sendiri dalam kondisi tak menentu. Kondisi ini mengakibatkan warga menjadi terisolir sehingga sulit untuk mendapatkan bantuan pasokan makanan, minuman dan pakaian kering baik itu dari pihak rescue (evakuasi) maupun pihak keluarga. Tak terelakan saat pemadaman listrik semua handphone (HP) tidak bisa difungsikan karena baterai HP drop dan tidak bisa di-charge.

Dari kasus diatas, melalui prime research grant 2020, akan dikembangkan sebuah prototipe pembangkit listrik mobile nano-hydro. Pembangkit listrik nano-hydro ini adalah memanfaatkan genangan banjir atau aliran air banjir untuk menggerakkan baling-baling (turbin) kemudian dikonversikan ke generator listrik yang mampu dimanfaatkan sebagai sumber penerangan maupun untuk recharge baterai HP. Prototipe dilengkapi dengan turbin yang cukup dicelup-celupkankan atau di tempatkan pada aliran air banjir yang mengalir untuk mendapatkan energi sebesar 10 Watt (5V/2A). Konfigurasi baling-baling, generator DC, stabilator tegangan, baterai dan pengendali mikrokontroler membentuk rangkaian sinergi terpadu penghasil listrik.

Prototip berbentuk *hand held mobile* yang bisa dipegang dan dipindah-pindah kemana-mana. Metode penelitian berfokus pada kestabilan keluaran tegangan generator DC walaupun terjadi variasi putaran turbin.

Prototipe bisa diproduksi massal dengan harga terjangkau baik oleh masyarakat maupun pihak *rescue* pada saat terjadi bencana banjir untuk melakukan evakuasi. Luaran dari kegiatan ini terdiri dari kekayaan intelektual (KI) paten dan jurnal penelitian bereputasi.

**Kata Kunci :** Generator Listrik Mobile Nano Hydro

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Berawal dari keprihatinan banjir yang melanda Ibukota Jakarta tak terkecuali daerah bogor, depok, bekasi dan tangerang di hari pertama tahun 2020. Banjir ini sebagai dampak dari hujan deras yang mengguyur sejak Selasa sore (31 Desember 2019) hingga Rabu siang (1 Januari 2020). Banjir ini juga membuat sejumlah daerah di Jakarta, Bekasi, dan Tangerang, mengalami pemadaman listrik dengan durasi waktu yang cukup lama. Menurut keterangan pihak PLN, ada beberapa alasan listrik dipadamkan saat banjir. Pertama, untuk keamanan dan keselamatan masyarakat. Kedua, keamanan dan keselamatan personil PLN. Ketiga, keamanan peralatan instalasi listrik masyarakat dan PLN. PLN sendiri akan memadamkan listrik dalam beberapa kondisi karena baik rumah pelanggan, gardu distribusi dan gardu induk ikut tenggelam karena banjir.

Pemadaman listrik menjadi polemik tersendiri terutama bagi warga perumahan (rumah tangga) yang tidak dilengkapi dengan genset. Saat ketinggian air hampir 1 meter lebih, ditambah adanya pemadaman listrik mengakibatkan kepanikan warga terjebak dirumah sendiri dalam kondisi tak menentu. Kondisi ini mengakibatkan warga menjadi terisolir sehingga sulit untuk mendapatkan bantuan pasokan makanan, minuman dan pakaian kering baik itu dari pihak *rescue* (evakuasi) maupun pihak keluarga. Tak terelakan saat pemadaman listrik semua handphone (HP) tidak bisa difungsikan karena baterai HP drop dan tidak bisa di-charge.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bahwa pada tanggal 4 Januari 2020 jumlah korban meninggal akibat banjir dan longsor di Jabodetabek, Banten, dan Jawa Barat bertambah menjadi 60 orang dan dua diantaranya dinyatakan hilang. Sementara, jumlah warga yang terdampak banjir dan longsor di Jabodetabek mencapai 409 ribu jiwa hingga Kamis (2 Januari 2020) pukul 22.00 WIB. Sebagian lebih dari 173 ribu jiwa ada di tempat-tempat pengungsian [1].

Dari kasus diatas, melalui prime research grant 2020, akan dikembangkan sebuah prototipe pembangkit listrik *mobile* nano-hydro. Pembangkit listrik nano-hydro ini adalah memanfaatkan genangan banjir atau aliran air banjir untuk menggerakkan baling-baling



kemudian dikonversikan ke generator listrik yang mampu dimanfaatkan sebagai sumber penerangan maupun untuk *recharge* baterai HP. Prototipe dilengkapi dengan baling-baling yang cukup dicelup-celupkankan atau di tempatkan pada aliran air banjir yang mengalir untuk mendapatkan energi sebesar 10 Watt (5V/2A). Konfigurasi baling-baling, generator, stabilator tegangan, baterai dan pengendali mikrokontroler membentuk rangkaian sinergi terpadu penghasil listrik. Daya dari generator akan disimpan dahulu dalam baterai. Energi baterai tersimpan tersebut akan dimanfaatkan sebagai *power bank* untuk mengaktifkan lampu penerangan maupun *charging* HP.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Saat ini teknis konservasi energi maupun energi terbarukan difokuskan pada skala besar dengan peralatan pendukung yang cukup mahal. Padahal, konservasi energi walaupun skala nano mampu menyelamatkan hidup manusia pada saat emergency. Perlu pembangkit energi alternatif sebagai media untuk menghidupkan peralatan komunikasi untuk meminta bantuan evakuasi disaat terjadi bencana.

## **1.3. Tujuan khusus Penelitian**

Tujuan penelitian adalah membuat prototip pembangkit listrik mobile nano-hydro sebagai divais penghasil listrik untuk menghidupkan lampu penerangan maupun *charging* HP pada saat emergency. Prototip berbentuk *hand held mobile* yang bisa dipegang dan dipindah-pindah kemana-mana. Prototipe bisa diproduksi massal dengan harga terjangkau baik oleh masyarakat maupun pihak *rescue* pada saat terjadi bencana.

## **1.4. Manfaat dan urgensi penelitian**

Manfaat hasil penelitian adalah prototip generator listrik tanpa bahan bakar skala kecil yang mampu dimplementasikan pada aliran air mengalir atau diam. Prototip mampu diterapkan secara luas untuk *traveler*, pramuka, militer bahkan untuk kebutuhan listrik daerah pedalaman wilayah Indonesia yang belum tersinggung pasokan listrik. Sehingga urgensi penelitian ini menjadi tolok ukur pihak pemerintah akan kelangsungan energi terbarukan yang kontinyu.

## BAB II TINJAUN PUSTAKA

### 2.1 Kincir Air

Kincir air merupakan jenis turbin yang paling banyak diaplikasikan dalam pembuatannya karena konstruksinya yang mudah dan memiliki efisiensi yang baik. Kincir air ini bekerja dengan cara memanfaatkan tinggi air jatuh  $H$  (*Head*) dan kapasitas air ( $Q$ ). Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain energi tempat (*Head*) adalah pengaruh berat air yang mengalir masuk ke sudu-sudunya. Air yang mengalir ke dalam dan ke luar dari kincir air tidak memiliki tekanan lebih hanya tekanan atmosfer saja.

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik yang berupa putaran pada poros kincir [2][3]. Ada beberapa tipe kincir air yaitu : Kincir air *overshot* kincir air *undershot* dan kincir air *breastshot*.

Debit air pada suatu penampang aliran secara sederhana adalah perkalian antara luas penampang basah dengan kecepatan aliran rata-rata pada penampang tersebut. Seperti terlihat pada persamaan di bawah ini :

$$Q = A.V \quad (2.1)$$

Dimana:

$Q$  = debit air ( $m^3/dt$ )

$A$  = luas penampang saluran ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan aliran rata-rata ( $m/dt$ )

Untuk dapat mengetahui daya potensial air dari suatu sumber adalah penting untuk mengetahui kapasitas aliran ( $m^3/det$ ) dan *head* (m) yang tersedia. Daya ini akan dirubah oleh turbin air menjadi daya mekanik. Daya teoritis yang tersedia adalah [2][3]:

$$P_a = \gamma .Q.H_E \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_a$  = Daya teoritis yang tersedia (Watt)

$\gamma$  = Berat jenis air ( $9.800 \text{ N/m}^3$ )

$Q$  = Kapasitas aliran air ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$H_E$  = *Head* atau tinggi air jatuh Efektif (m)

Untuk setiap benda berputar persamaan untuk menghitung daya yang dihasilkan yaitu [2][3]:

$$\begin{aligned} P_{out} &= T \times \omega \\ &= T \times (2\pi n / 60) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dimana :

$P_{out}$  = Daya yang dihasilkan (Watt)

$T$  = Torsi (Nm)

$\omega$  = Kecepatan sudut (rad/det)

$n$  = Putaran (rpm)

Efisiensi turbin/kincir dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$\eta_{turbin} = P_{out} / P_a \quad (2.4)$$

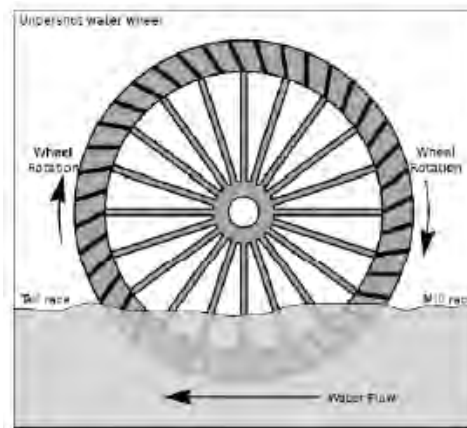
Dimana:

$\eta_{turbin}$  = Efisiensi turbin/kincir (%)

$P_{out}$  = Daya poros yang dihasilkan turbin/kincir (Watt)

$P_a$  = Daya teoritis yang tersedia (Watt)

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Pada Gambar 2.1. Diperlihatkan kincir air undershot

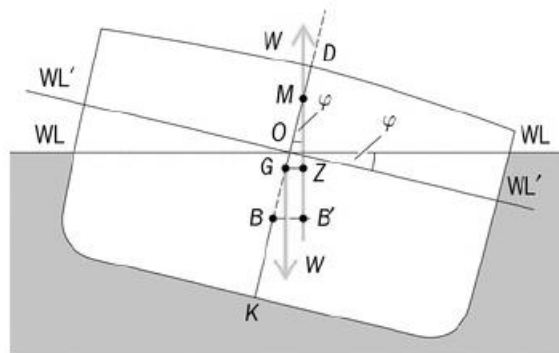


**Gambar 2.1.** Kincir air undershot

Kincir air undershot, cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Keuntungan konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, mudah untuk dipindahkan. Kerugian efisiensi kecil, daya yang dihasilkan relatif kecil.

## 2.2 Gaya Apung

Jika sebuah benda diam terendam seluruhnya di dalam sebuah fluida atau mengapung sedemikian sehingga hanya sebagian saja yang terendam, gaya fluida resultan yang bekerja pada benda itu disebut “*gaya apung (buoyant force)*”. Sebuah gaya *netto* ke arah atas terjadi karena tekanan meningkat dengan kedalaman dan gaya-gaya tekan yang bekerja dari bawah lebih besar daripada gaya-gaya yang bekerja dari atas. Titik yang dilalui gaya apung yang bekerja disebut pusat apung (*center of buoyancy*). Pada Gambar 2. diplihatkan simbol-simbol dasar pada sebuah bangunan apung [4][5].

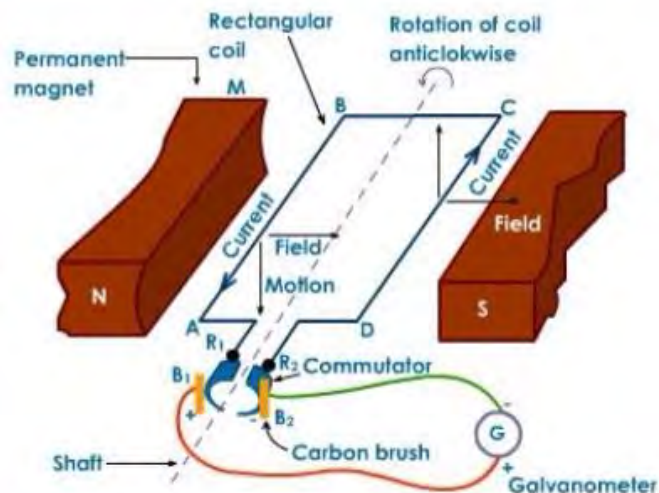


**Gambar 2.2.** Simbol-simbol dasar pada sebuah bangunan apung [2].

## 2.3 Generator DC

Generator DC memiliki komponen yang sama persis dengan motor listrik DC. Rotor generator dikemas dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah menjadi dua, komponen ini sering disebut dengan sebutan cincin belah. Cincin belah termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Sedangkan stator generator tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik yang dibangkitkan pada kawat angker ke rangkaian di luar generator.

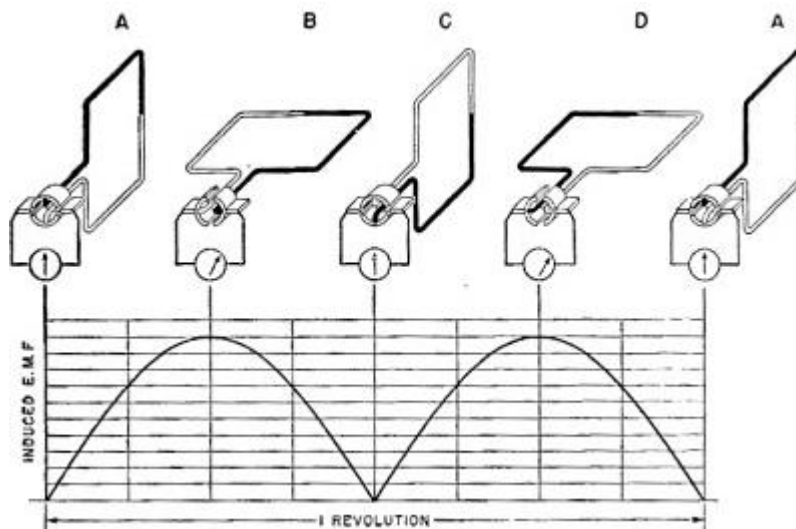
Pada Gambar 2.3 diperlihatkan rangkaian dalam generator DC



**Gambar 2.3** Rangkaian dalam generator DC

Kawat angker ABCD dapat berputar dengan sumbu a-b, dan berada di tengah-tengah medan magnet N-S. Kawat angker sedang dalam kondisi diputar oleh sumber dari luar, dengan arah yang searah putaran jarum jam sesuai pada gambar. Putaran ini memberikan gaya torsi dengan arah yang selalu tegak lurus dengan kawat angker. Kawat A-B mengalami gaya torsi yang mengarah ke bawah (sesuai arah putaran angker). Dengan menggunakan kaidah tangan kanan Fleming, kita akan dengan mudah menentukan arah arus listrik yang terbangkitkan adalah dari titik A ke B. Demikian pula dengan kawat C-D, melalui cara yang sama akan dengan mudah kita tentukan arah arus listrik yang terbangkitkan adalah dari C ke D.

Pada saat arah torsi yang terjadi pada kawat A-B adalah mendatar ke arah kiri, sedangkan untuk kawat C-D arah torsi adalah mendatar ke kanan. Karena vektor torsi ini sejajar dengan garis gaya magnet dan tidak terjadi pemotongan garis gaya magnet, maka pada posisi ini tidak akan timbul gaya gerak listrik. Bila kawat angker kembali berposisi horisontal, pada kondisi ini kembali dengan mudah kita dapat menentukan arah arus listrik yang terbangkitkan. Untuk kawat A-B arus listrik akan mengarah dari B ke A, sedangkan pada kawat C-D arus listrik akan mengarah dari D-C. Pada Gambar 2.4. Diperlihatkan prinsip kerja generator DC [6].

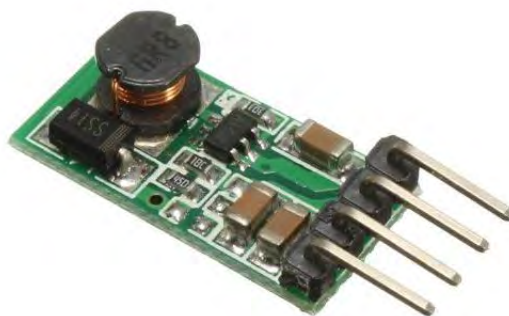


**Gambar 2.4.** Prinsip kerja generator DC [6].

## 2.4 Module Step up Voltage Regulator

Kecepatan aliran air yang melewati baling-baling turbin dipastikan tidak sama tergantung debit air banjir yang melewati. Variasi kecepatan air menyebabkan baling-baling berputar secara variasi, yang mengakibatkan putaran generator DC pun menjadi bervariasi.

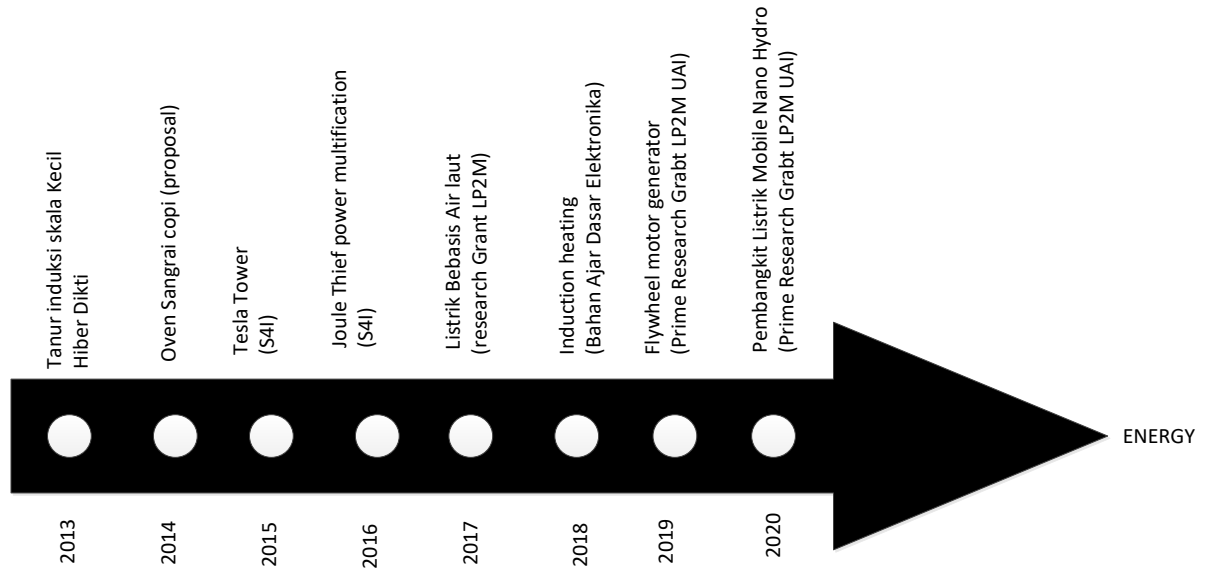
Module *step up voltage regulator* diperlukan agar keluran untuk men-charge baterai tetap konstan sebesar 12V walaupun tegangan generator DC bervariasi. Namun tegangan masukan ke regulator ini diusahakan minimal sebesar 3V sesuai spesifikasi pabrikan. Dipasaran online module ini dinamakan DC 3.3V 3.7V 5V 6V to 12V boost voltage regulator module converter step-up power. Pada Gambar 2.5 diperlihatkan boost voltage regulator module converter step-up power [7].



**Gambar 2.5.** boost voltage regulator module converter step-up power

## 2.5 Road Map

Pada Gambar 2.6 diperlihatkan peta jalan penelitian yang diajukan, yaitu dengan topik besar energi sesuai dengan Renstra Program Studi Teknik Elektro.



**Gambar 2.5** Road map penelitian (energi)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Dalam metodologi penelitian ini akan dibahas mengenai langkah dan strategi menyelesaikan penelitian, yang dibagi dalam beberapa kriteria diantaranya mengenai: pencarian referensi, waktu dan tempat penelitian, mekanisme pengumpulan data karakterisasi, dan yang terakhir ditutup dengan pengujian performa hasil rancang bangun (prototip) seperti dijelaskan berikut:

#### **III.1 Langkah dan strategi penelitian**

Langkah dan strategi penelitian antara lain:

a. Pencarian Referensi

Pencarian referensi diawali dengan studi literatur mengenai fitur produk berikut harga pasar competitor saat ini. Pencarian referensi diakhiri dengan mengumpulkan data yang berhubungan dengan rancang bangun sistem pendukung hardware beserta sistem pendukung mekanikal.

b. Waktu dan tempat penelitian.

Waktu penelitian dilakukan pada jam kerja, diluar aktivitas praktikum mahasiswa selama 8 bulan. Semua kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Elektro Program Studi Teknik Elektro.

c. Model turbin generator yang disempurnakan.

#### **III.2 Mekanisme pengumpulan data dan karakterisasi dan Kalibrasi Prototipe**

Pengumpulan data akan dilakukan sepenuhnya melalui hasil eksperimen. Pengambilan data hasil karakterisasi prototipe pembangkit listrik mobile nano-hydro ini antara lain:

- a. Karakterisasi propeler (baling-baling). Ukuran jari-jari dan jumlah sudu terhadap putaran (RPM).Kecepatan air terhadap putaran generator DC.
- b. Karakterisasi putaran minimum (rpm) terhadap output tegangan generator DC agar tetap menghasilkan energi listrik.
- c. Karakterisasi motor DC sebagai generator. Kecepatan sudut angguler rotor terhadap tegangan output keluaran.
- d. Karakterisasi *step up* voltage regulator, optimasi tegangan minimal terhadap tegangan keluaran charging baterai.



- e. Karakterisasi baterai, efisiensi charging dan recharging.
- f. Menghitung coefficient performance sistem daya masukan dan keluaran.

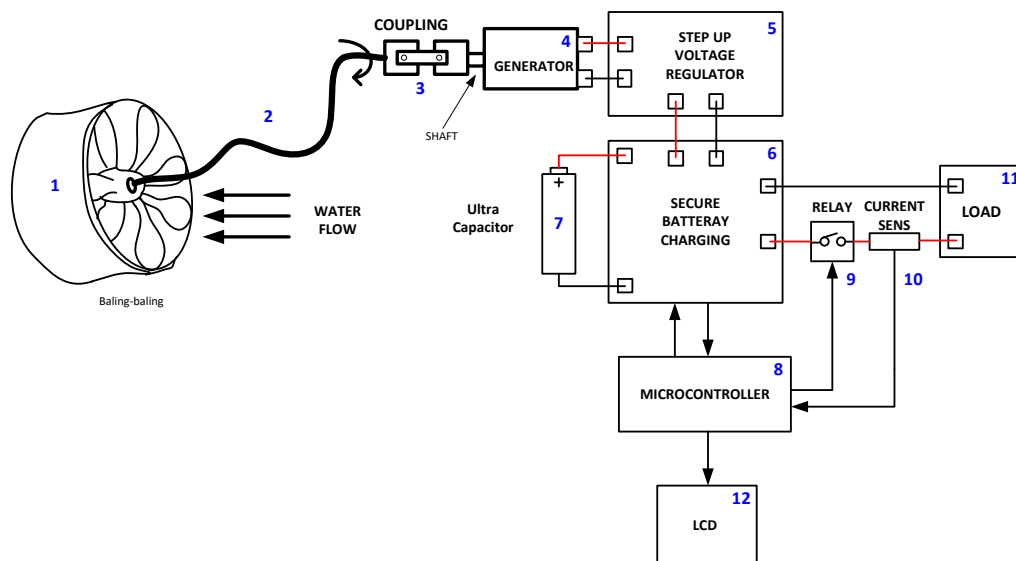
## BAB 4

### HASIL dan PEMBAHASAN

Rancang bangun “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro” dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

#### 4.1 Blok diagram

Konsep pertama kali rancang bangun sebuah prototipe adalah menuangkan ide kedalam bentuk diagram blok. Dari diagram blok dapat ditentukan berbagai macam parameter seperti: prinsip kerja rangkaian, komponen penunjang, spesifikasi teknis, fitur, estimasi biaya dan lain sebagainya. Adapun diagram blok dari “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro” diperlihatkan pada Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1** Blok Diagram prototipe pembangkit listrik mobile nano-hydro

Prinsip kerja sesuai dengan penomoran dijelaskan sebagai berikut:

1. Aliran air akan menghantam sudu baling-baling, sehingga baling-baling berputar. Kipas baling-baling juga dapat berputar bila dicelup-celupkankan dalam air tenang.
2. Putaran baling-baling diperluas menggunakan kabel putar (kabel baja speedometer).

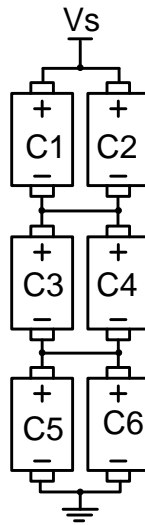
3. Antara kabel putar dan *shaft* generator dihubungkan dengan coupling logam. Bila turbin berputar maka shaft motor akan ikut berputar.
4. Sebuah generator pembangkit listrik dengan output tegangan antara 3-5 VAC.
5. Keluaran tegangan dari generator akan dinaikan kemudian disearahkan (regulasi) menjadi sekitar 9 VDC plat. Tegangan dipertahankan 9 VDC walaupun putaran baling-baling bervariasi (tegangan keluaran generator bervariasi).
6. Keluaran tegangan dari voltage regulator (5) digunakan untuk mencharge baterai dengan *security system*. Security system dilengkapi dengan *over heat batteray protector* dan *current limiter*.
7. Ultra capacitor 2.7 VDC/450V (6 buah dipasang seri-parallel) sebagai penyimpan energi listrik dari generator.
8. Mikrokontroler sebagai pengendali charge-recharge baterai.
9. Relay sebagai pemutus-hubung arus ke beban
10. Sebuah *current sensing*, bila terjadi *short circuit* atau *over current*, relay (9) akan diputus.
11. Sebuah beban, baik itu lampu penerangan ataupun HP (Charging).
12. Sebuah mini LCD sebagai indikator dan monitor dari kinerja sistem pembangkit listrik mobile nano-hydro.

## **4.2 Rancang Bangun Perhitungan dan Pengukuran dan Analisa.**

Analisa perhitungan difokuskan pada kinerja ultra capsitor sebagai power bank, perhitungan daya dynamo sebagai pengisi power bank, dan DC-DC step own LM2596 (Peak 3A) adjustable voltage regulator module buck converter

### **4.2.1 Analisa perhitungan Ultra Capacitor Sebagai Power Bank.**

Power bank disusun dari 6 buah ultracapacitor 100F dengan 2.7V/450V, disusun seri-parallel untuk meningkatkan nilai tegangan dan kapasitansi dari kapasitor. Pada Gambar 4.2 diperlihatkan susunan seri-parallel 6 buah ultra capacitor sebagai *power bank*.



**Gambar 4.2** Susunan seri-paralel  
6 buah ultra capacitor sebagai *power bank*.

Nilai total kapasitansi dari power bank adalah dirumuskan sebagai:

$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= (C1+C2)//(C3+C4)//(C5+C6) \\ &= (100+100)//(100+100)//(100+100) \text{ F} \\ &= 200/3 \text{ F} = 66,67 \text{ F} \end{aligned}$$

Total tegangan pada capacitor bank dirumuskan sebagai:

$$V_s = V_c = 2,7 \cdot 3 = 8,1 \text{ Volt.}$$

Daya yang tersimpan dalam capacitor dirumuskan sebagai :

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{1}{2} \cdot C_{\text{total}} \cdot V_c^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 66,67 \cdot (8,1)^2 \\ &= 2187,11 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya pada kapasitor digunakan untuk mencatu beban lampu LED maupun sebagai power bank untuk men-charge Handphone.

#### 4.2.2 Analisa Perhitungan Dynamo sebagai Pengisi Power Bank.

Dynamo DC memiliki ukuran efektif kerja pada tegangan 24V/16A dengan putaran per menit rpm 2750. Daya motor listrik diformulasikan sebagai:

$$P_{\text{dynamo}} = V \cdot I = 24 \cdot 16 = 384 \text{ Watt}$$

Dimana V = tegangan kerja motor (Volt) dan I = arus keluaran dynamo (Ampere)

tahanan dalam motor dapat diformulasikan sebagai:

$$R_{\text{motor}} = V/I = 24V/16A = 1.5 \text{ Ohm.}$$

Dimana  $V$  = tegangan jepit diantara kutub motor (Volt)

$I$  = arus yang keluar dari dynamo (Ampere)

Tahanan dalam motor adalah tetap. Sehingga daya yang disalurkan dynamo yang dipasang pada tegangan power bank  $V_C$  diformulasikan sebagai:

$$\begin{aligned} P_{\text{dynamo}} &= V_C^2 / R_{\text{dynamo}} \\ &= (8,1)^2 / 1.5 = 43.74 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

Kecepatan putaran dynamo berbanding lurus dengan besaran tegangan keluaran dynamo sehingga menjadi:

$$\text{Putaran}_{\text{motor}} = (8,1/24) \cdot 2750 = 928 \text{ rpm}$$

Artinya pada putaran maximum 928 rpm dynamo menghasilkan tegangan 8,1V. Tegangan keluaran dari dynamo adalah fluktuasi, tergantung pada kecepatan putaran sudut angular baling-baling (tergantung kecepatan aliran air).

Agar diupayakan tegangan keluaran dari dynamo tidak kurang dari 5V, sehingga putaran minimal dynamo adalah:

$$\text{Putaran}_{\text{motor}} = (5/24) \cdot 2750 = 573 \text{ rpm}$$

Putaran dynamo dibawah 573 rpm, maka sistem akan shutdown. Karena voltage regulator tidak ammpu mempertahankan tegangan keluaran efektif ke beban sebesar 5V.

### **4.2.3 DC-DC Step Down LM2596 (Peak 3A) Adjustable Voltage Regulator Module Buck Converter.**

Regulator LM2596 adalah rangkaian terpadu monolitik yang ideal untuk desain regulator *step-down switching* (buck converter) yang mudah dan aman. Modul ini mampu mencatu beban hingga 3A dengan metode pengaturan tegangan.

Module LM2596 adalah sebuah konverter catu daya dengan sistem *switch mode*, Module ini memiliki efisiensinya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pengatur linier tiga terminal umumnya. LM2596 beroperasi pada frekuensi switching 150 kHz sehingga memungkinkan komponen filter berukuran lebih kecil.

**Spesifikasi teknis dari LM2596 adalah sebagai berikut:**

- Properti Modul: regulator switching step-down (BUCK) yang tidak terisolasi
- **Tegangan input:** DC 3.0 - 35V
- **Tegangan Output:** Adjustable 1,5 - 35V DC (Input harus 1,5V lebih besar dari output)
- **Output Saat Ini:** Dinilai 2A, maks. 3A (Diperlukan Heat Sink tambahan)
- Efisiensi konversi: Hingga 92% (Tegangan output lebih tinggi, semakin tinggi efisiensinya)
- Tegangan dropdown minimum: 1.5V
- Pengaturan tegangan: 0,5%
- Kecepatan respons dinamis: 5% 200uS
- Frekuensi switching: 150KHz
- Perlindungan sirkuit: SS36
- Suhu pengoperasian: Tingkat industri (-40 hingga +85 ° C ) (daya output 10W atau kurang)
- Regulasi beban: 0,5%
- Ukuran: 50mm x 23 mm x 14mm

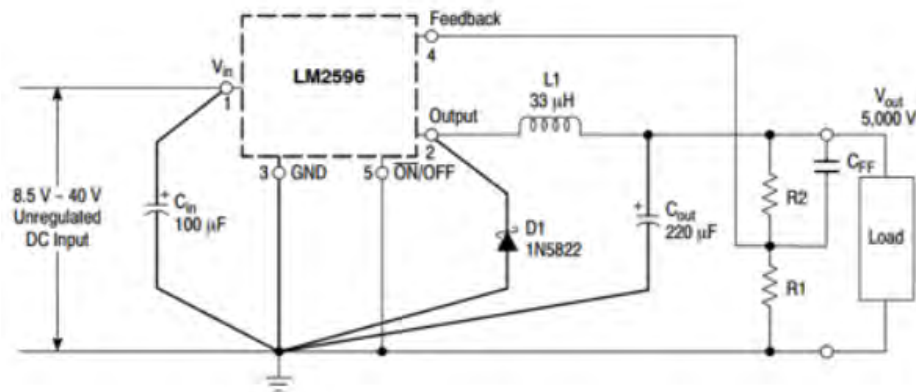
Pada Gambar 4.3 diperlihatkan teknis mengatur tegangan keluaran dari modul LM2596 :



**Gambar 4.3** Teknis mengatur tegangan keluaran dari modul LM2596

Pastikan bahwa input daya tidak lebih besar dari tegangan input sesuai spesifikasi pabrikan. Putar secara perlahan potensiometer untuk penyesuaian tegangan yang diharapkan.

Pada Gambar 4.4 diperlihatkan bill of material modul LM2596



**Gambar 4.4** Bill of material modul LM2596

Tegangan output dari LM2596-ADJ dapat dikontrol dengan menggunakan pin umpan balik. Pin umpan balik mendapatkan tegangan umpan balik dari rangkaian pembagi tegangan yang dibentuk dengan Resistor R1 dan R2. Nilai R1 dan R2 ini menentukan tegangan output IC. Rumus untuk menghitung R1 dan R2 diberikan di formulasikan sebagai :

$$V_{out} = V_{ref} (1.0 + R2 / R1)$$

nilai Vref adalah 1.23V, dan R2 adalah 5K $\Omega$  fixed, maka nilai R1 harus terpasang agar tegangan keluaran Vout 5V adalah:

$$\begin{aligned} R1 &= R2 / ((V_{out} / V_{ref}) - 1) \\ &= 5K / ((5 - 1.23) - 1) \\ &= 1,8K \Omega \end{aligned}$$

Karena R1 dipasang sebagai potensiometer dengan nilai 5K $\Omega$  maka output tegangan dari modul regulator LM2596 adalah :

$$V_{out} (\text{min}) = 1.23 \text{ V dan } V_{out} (\text{mak}) = 8.1 \text{ V (sama dengan } V_n)$$

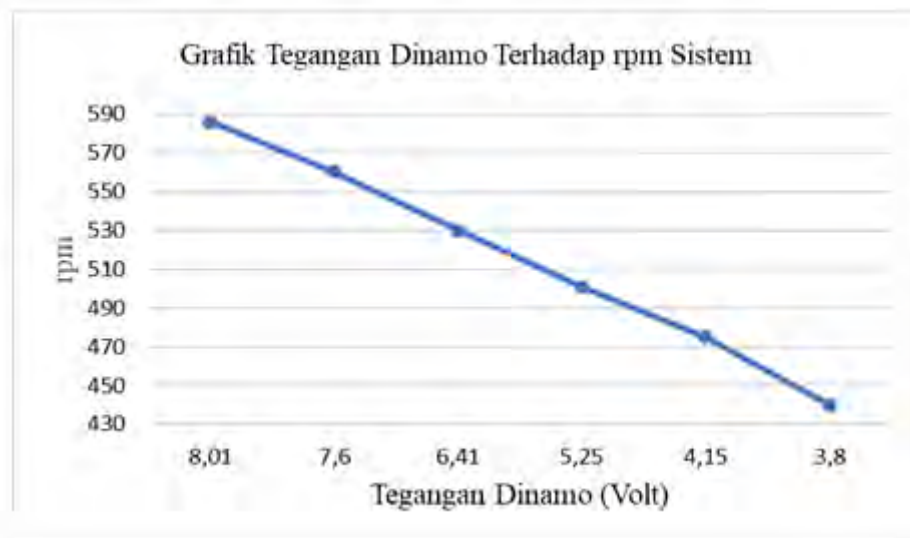
#### 4.2.4 Hasil Pengukuran dan Analisa

Hasil pengukuran pada variasi daya beban (*dummy load*) menggunakan lampu LED 5V diperlihatkan pada Tabel 4.1 berikut :

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran pada variasi daya beban (*dummy load*)

Beban (Watt)	Tegangan Keluaran Dinamo (Volt)	Tegangan LM2596 (Volt)	Putaran (rpm)	Kondisi Sistem
0	8,01	5.0	586	running
10	7,6	5.0	560	running
20	6,41	5.0	530	running
30	5,25	5.0	501	running
40	4,15	1.23	475	shut down
50	3,8	1.23	440	shut down

Pada Gambar 4.5 diperlihatkan tegangan dinamo terhadap rpm



**Gambar 4.5** Tegangan dinamo terhadap rpm

Saat kecepatan sudut dinamo menurun, maka tegangan masukan kedalam module LM2596 juga menurun. Penurunan tegangan masukan akan tetap dipertahankan sebesar 5V asalkan tegangan masukan tidak kurang dari 5V. Penurunan tegangan pada keluaran modul LM2596 dibuat konstan 5V, namun kuat arus akan fluktuasi sehingga daya listrik yang ditampung oleh power bank (ultra kapasitor) juga ikut fluktuatif.

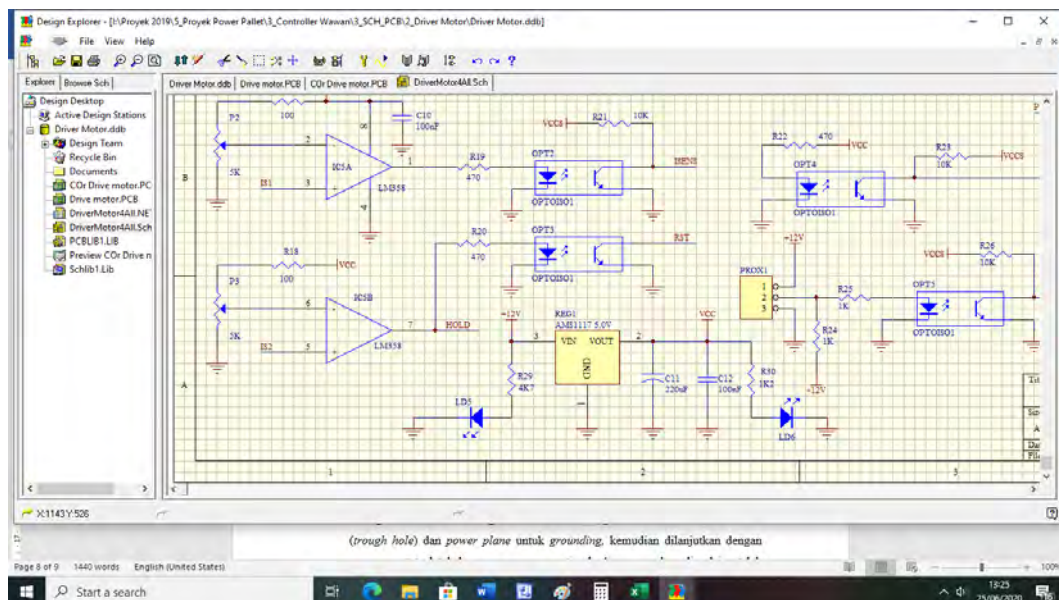
Pada Tabel 1 terlihat bahwa sistem bekerja pada operasi 586-501 rpm, namun pada 475-440 rpm sistem akan mati (*shutdown*).



### 4.3 Rancang Bangun Hardware

#### 4.3.1 Rancang Bangun Rangkaian Skematik Elektronika

Rangkaian elektronika referensi yang telah lulus uji kebenarannya diatas project board, selanjutnya dipindahkan kedalam rancang bangun software aplikasi CAD. Software CAD dalam *desain printed circuit board* (PCB) pada penelitian ini menggunakan software CAD elektronika Protel 99SE. Pada Gambar 4.6 diperlihatkan screen shoot untuk rancang bangun rangkaian skematik elektronika pengendali “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”. Rancang bangun rangkaian skematik elektronika diperlihatkan pada lampiran [Gambar L.1].



**Gambar 4.6** screen shoot rancang bangun rangkaian skematik elektronika pengendali “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.

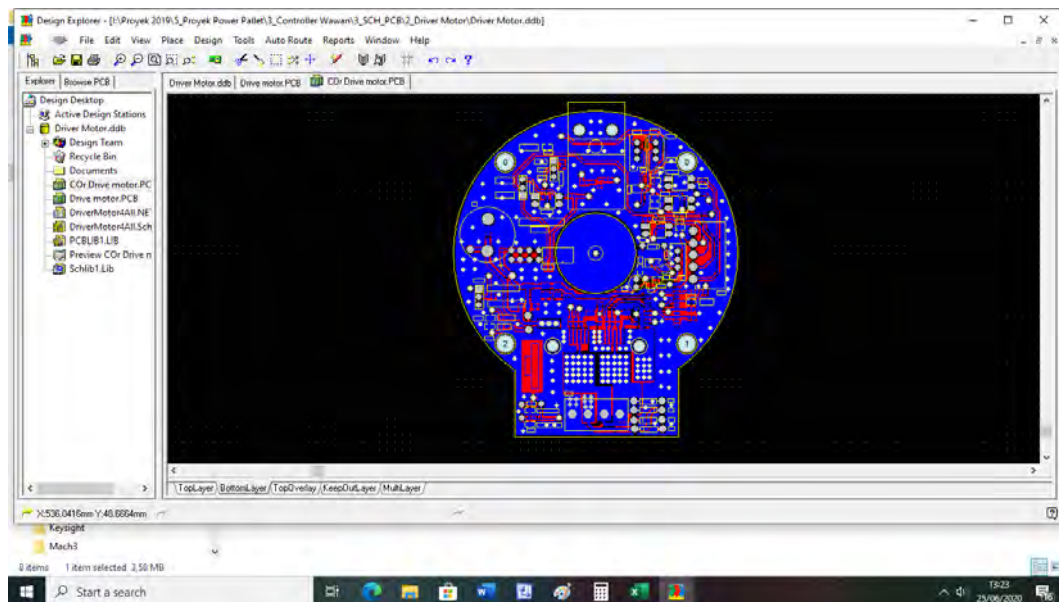
#### 4.3.2 Rancang Bangun *Layout Printed Circuit Board*

Masih menggunakan software Protel 99SE rancang bangun rangkaian elektronika yang telah selesai kemudian di *compile* menghasilkan file *bill of material* (BOM) yang berisikan keterangan *part type*, *designator*, *footprint* dan total komponen yang digunakan. BOM hasil rancang bangun layout PCB diperlihatkan pada lampiran [Tabel L1]. *Compiler* juga menghasilkan file berektensi \*.net yang akan di *downloading* ke PCB untuk menghasilkan *layout PCB*.

Sebelum melakukan *autoroute* pengguna terlebih dahulu perlu mengisi

setting aturan terutama mengenai lebar *track PCB*, jarak *track* ke *track*, ukuran *via* (*trough hole*) dan *power plane* untuk *grounding*, kemudian dilanjutkan dengan menyusun tata letak komponen secara optimal. *Autoroute* akan dimulai setelah *me-download* file berekstensi \*.net yang dituju. Pada Gambar 4.7 diperlihatkan *screen shoot* rancang bangun layout *PCB*.

Rancang bangun *layout PCB* dalam penelitian ini dibagi dalam empat separasi cetakan yaitu cetakan jalur *PCB* bagian atas seperti yang diperlihatkan pada lampiran [Gambar L.2], cetakan jalur *PCB* bagian bawah [Gambar L3], cetakan *silkscreen legend PCB* [Gambar L.4], cetakan *silkscreen legend PCB* jalur bawah [Gambar L.5].



**Gambar 4.7** *Screen shoot* perancangan *layout PCB*. pengendali “Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro”.

Komponen elektronika dipasang (*disolder*) pada *PCB* dimulai dari komponen yang berukuran kecil kemudian dilanjutkan dengan komponen yang berukuran besar. Penyolderan dilakukan di atas meja anti statis, saat penyolderan tangan peneliti harus menggunakan *wrist strap* anti statis. Setelah komponen terpasang, *board PCB* dicuci dengan cairan isopropyl alcohol untuk menghilangkan sisa pasta solder.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] CNN indonesia. Korban banjir tahun baru 2020.  
<https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200105121611-20-462523/total-korban-meninggal-akibat-banjir-jadi-60-orang-2-hilang>. [diakses 30 Jan 2020].
- [2] Jones victor tuapetel. 2018. Perancangan kincir terapung pada sungai untuk pembangkit listrik. Seminar Nasional Pakar ke 1 Tahun 2018. ISSN (P) : 2615 – 2584.
- [3] Desmiwarman & Valdi Rizki Yandri, 2015, Pemilihan Tipe Generator Yang Cocok Untuk Pltmh Desa Guo Kecamatan Kuranji Kota Padang, Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol 4 no.1
- [4] Indyah Nurdyastuti, Analisis Potensi Sumber Daya Energi, Perencanaan Energi Provinsi Gorontalo 2000 – 2015
- [5] Mariawan, N., 2017, Pengaruh Variasi Sudut Sudu Lurus terhadap Performansi Kincir Air Piko Hidro, Tugas Akhir, Teknik Mesin Universitas Udayana.
- [6] Suryawan, A. A. A., Suarda, M., Suweden, M., 2016, Desain Kincir Air Sudu Lengkung Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro, Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing, Universitas Udayana.
- [7] Tokopedia. Module DC to DC converter.  
<https://www.tokopedia.com/cirebonelektro/xl6009-adjustable-dc-dc-module-step-up-boost-converter>. [di akses 30 Jan 2020]

## RINGKASAN LAPORAN KEMAJUAN

Nama Peneliti : Anwar Mujadin S.T., M.T.

Judul : Prototipe Pembangkit Listrik Mobile Nano Hydro

No	Kegiatan	Waktu		Hasil (%)	Kendala, Rencana Perubahan (jika ada)	Keterangan
		Rencana	Pelaksanaan			
<b>1</b>	<b>Pembuatan Kontroler, Regulator dan Power Bank</b>					
1.1	Pencarian referensi generator listrik nano Hidro	Maret M3-M4	Maret M3-M4	100	Tidak ada	selesai
1.2	Pembelian komponen Elektronika	Maret M5	Maret M5	100	Tidak ada	selesai
1.3	Uji coba diatas protoboard	April M1-M2	April M1-M2	100	Tidak ada	selesai
1.4	Layout circuit dan Printed Circuit Board (PCB)	April M3-M5	April M3-M5	100	Tidak ada	selesai
1.5	Outsourcing PCB	Mei M1-M2	Mei M1-M2	0	Tidak ada	Tunggu Tahap-II
1.6	Perakitan (solder, wiring, casing) secara modular	Mei M3-M5	Mei M4-M5	100	Tidak ada	Selesai
1.7	Test dan kalibrasi Secara modular	Juni M1-M2	Juni M1-M2	50	Tidak ada	Tunggu mekanik
<b>2</b>	<b>Mekanikal</b>					
2.1	Karakterisasi komponen dynamo DC	Juni M3-M4	Juni M4-M5	100	Tidak ada	Selesai
2.2	Disain baling-baling dengan CAD solid work	Juli M1-M2	Juli M1-M2	0	Tidak ada	Belum waktu
2.3	Cetak 3D printer baling-baling	Juli M3-M4	Juli M3-M4	0	Tidak ada	Belum waktu
<b>3</b>	<b>Monitoring, Publikasi, Laporan Akhir</b>					
3.1	Karakterisasi dan kalibrasi sistem keseluruhan	Agustus M1-M5	Agustus M1-M5	50	Tidak ada	On going
3.2	Draft Jurnal dan Publikasi	Sept M1-M5	Sept M1-M5	0	Tidak ada	Belum waktu
3.3	Pembuatan Poster	Oktober M1-M2	Oktober M1-M2	0	Tidak ada	Belum waktu
3.4	Laporan akhir Kegiatan	Oktober M3-M5	Oktober M3-M5	0	Tidak ada	Belum waktu

## REALISASI ANGGARAN

Skema : Prime Research Grant

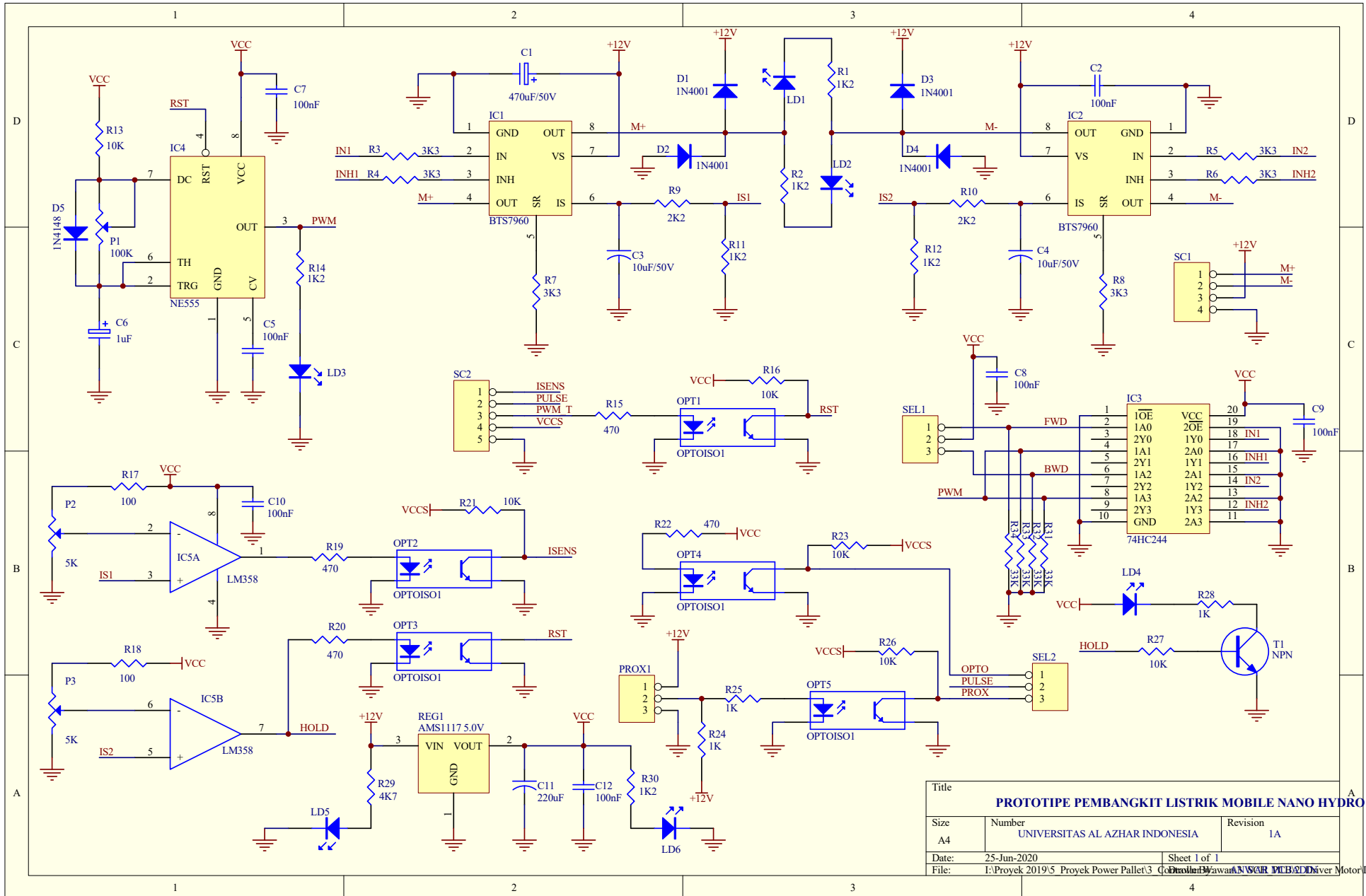
Ketua Pelaksana : Anwar Mujadin, S.T, M.T

Judul : PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK MOBILE NANO HYDRO

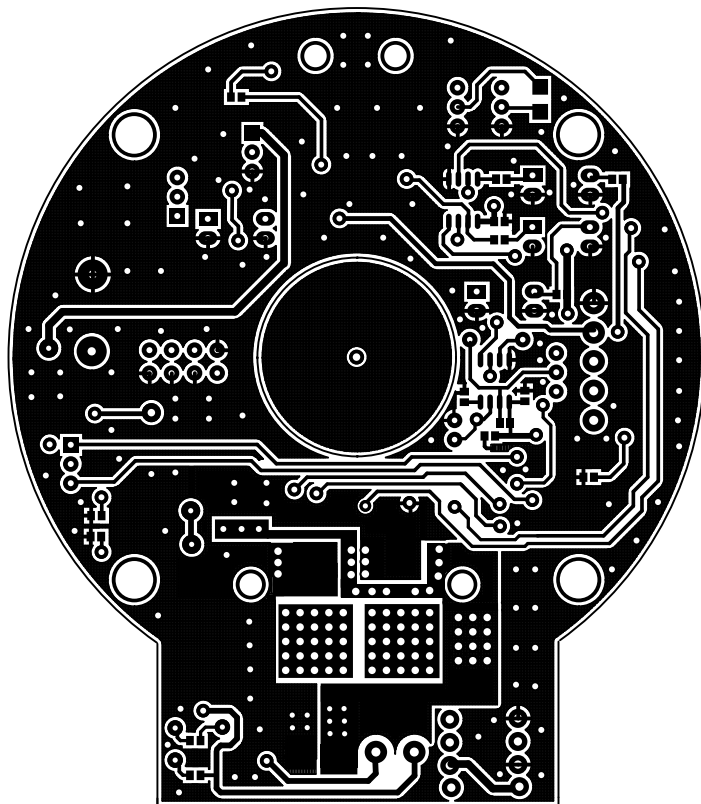
<b>1.ONGKOS dan HONOR</b>					
No	Item Honor Kegiatan	Tahun 2020			
		Volume	Satuan	Honor (Rp)	Total (Rp)
1	Ongkos disain Propeller CAD	1	OH	0	0
2	Honor tenaga dokumentasi (video/Foto)	2	OH	0	0
3	Honor Test dan Kalibrasi	4	OH	0	0
4	Honor Tenaga lapangan	2	OJ	0	0
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>2.BELANJA BAHAN</b>					
No	Item Honor Kegiatan	Tahun 2020			
		Volume	Satuan	Harga(Rp)	Total (Rp)
1	Pembelian dynamo	1	unit	370.150	370.150
2	Cetak 3D printer propeler	1	set	0	0
3	Pembelian Coupling dan ekstensi putar	1	set	650.145	650.145
4	Pembelian komponen pasif aktif	1	paket	2.600.350	2.600.350
5	Cetak PCB	1	paket	0	0
6	Pengadaan ultra capasitor (power bank)	6	pcs	750.450	750.450
7	Pengadaan Terminal + Wiring	1	set	275.350	275.350
8	Pengadaan peralatan solder	1	set	321.230	321.230
9	Pengadaan Enclosure	1	unit	0	0
<b>Total</b>					<b>4.967.675</b>
<b>3.BELANJA BARANG NON OPERASIONAL</b>					
No	Item Honor Kegiatan	Tahun 2020			
		Volume	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Quota Internet	1	paket	100.000	100.000
2	ATK	1	paket	0	0
3	Fotocopy + jilid Laporan	1	paket	0	0
4	Pembuatan Poster	1	paket	0	0
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>4.BELANJA PERJALANAN</b>					
No	Item Honor Kegiatan	Tahun ke 1			
		Volume	Satuan	Harga(Rp)	Total (Rp)
1	Perjalann dalam kota (pengadaan komponen)	5	OH	0	0
2	Uji coba lapangan (laut dan sungai)	2	OH	0	0
<b>Total</b>					<b>0</b>
<b>TOTAL KESELURUHAN</b>					<b>4.967.675</b>
<b>Terbilang " empat juta sembilan ratus enam puluh tujuh ribu enam ratus tujuh puluh lima "</b>					



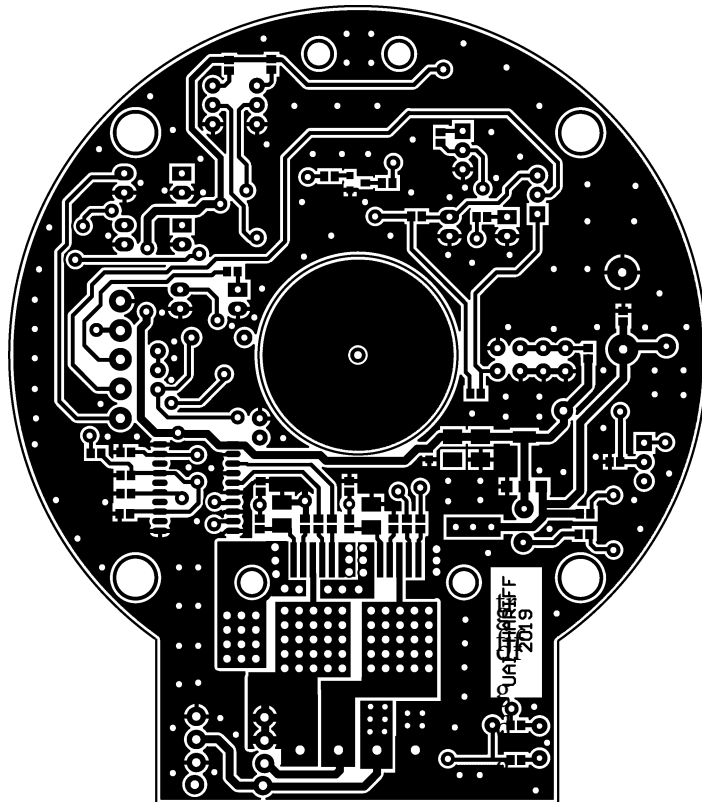
## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

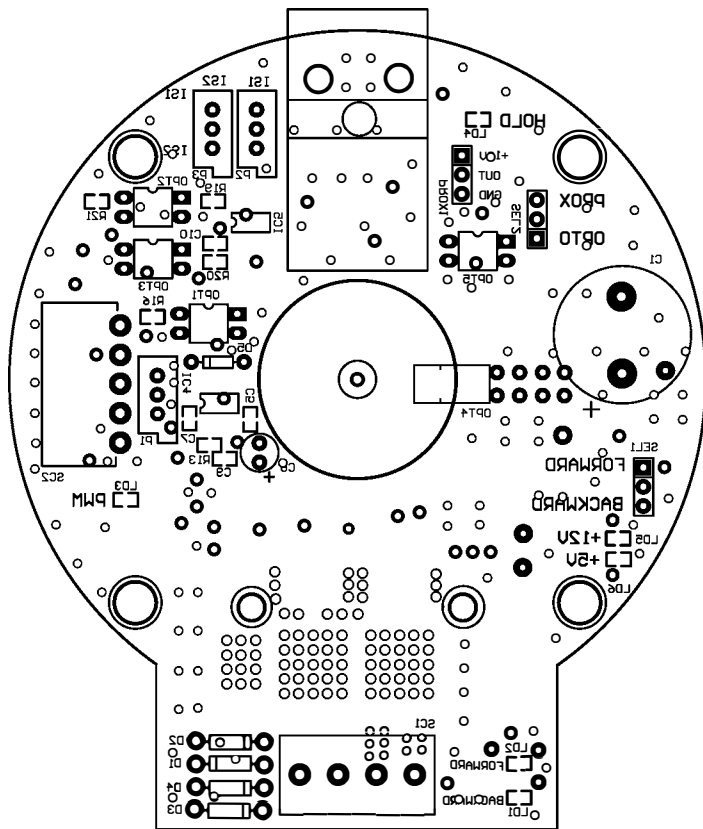


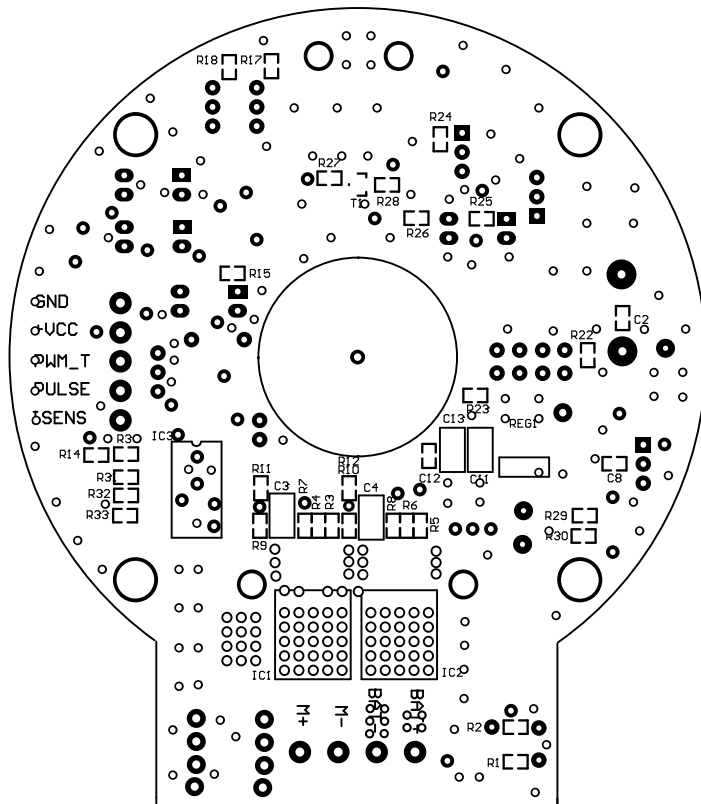
Title		
<b>PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK MOBILE NANO HYDRO</b>		
Size	Number	Revision
A4	UNIVERSITAS AL AZHAR INDONESIA	1A
Date:	25-Jun-2020	
File:	I:\Proyek 2019\5 Proyek Power Pallet3 (Dipinjam dari NAWAR PCB) Driver Motor Driver Motor.d	









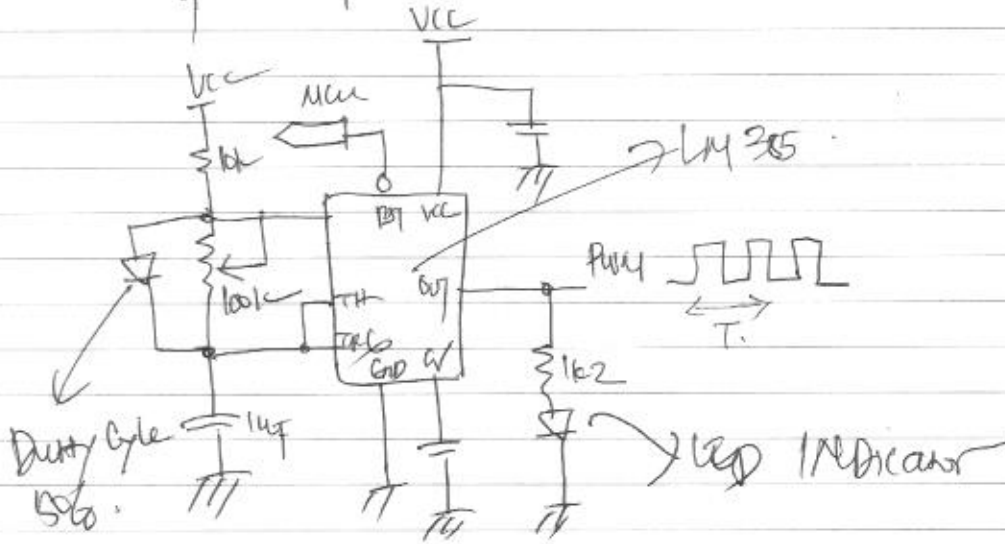


Tanggal : 15 Maret 2020

Devisi : Hardware

Diskripsi :

Pulse PWM Generator



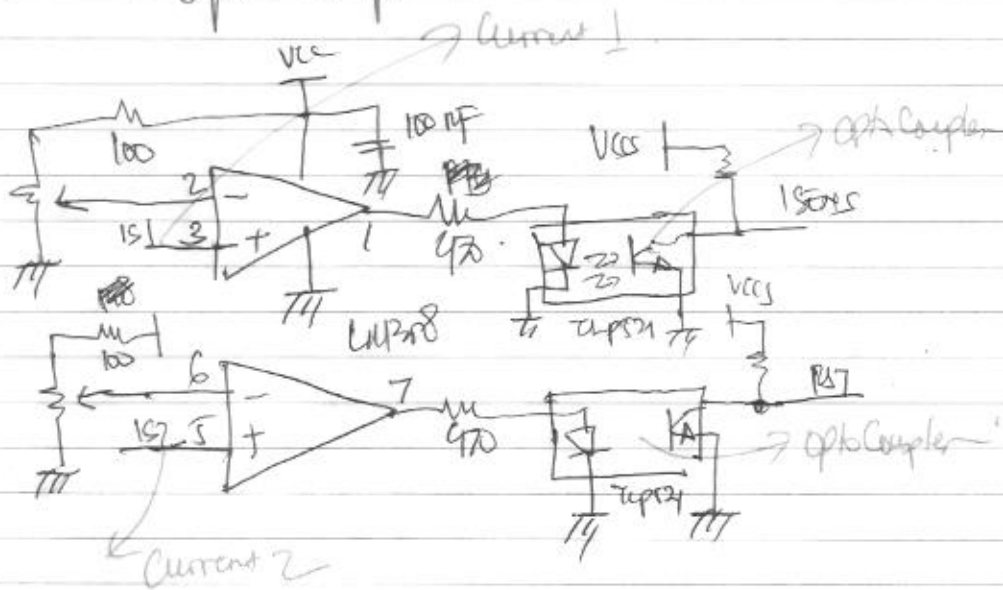
Dijadikan sebagai penghemat Energi

Kendala : Tidak Ada

Pemecahan : X

Progress : 80%

Tanggal : 20 Maret 2020  
 Devisi : Hardware  
 Diskripsi : Opto Comporator



Sebagai Current Detector

Kendala : Tidak ada

Pemecahan : X

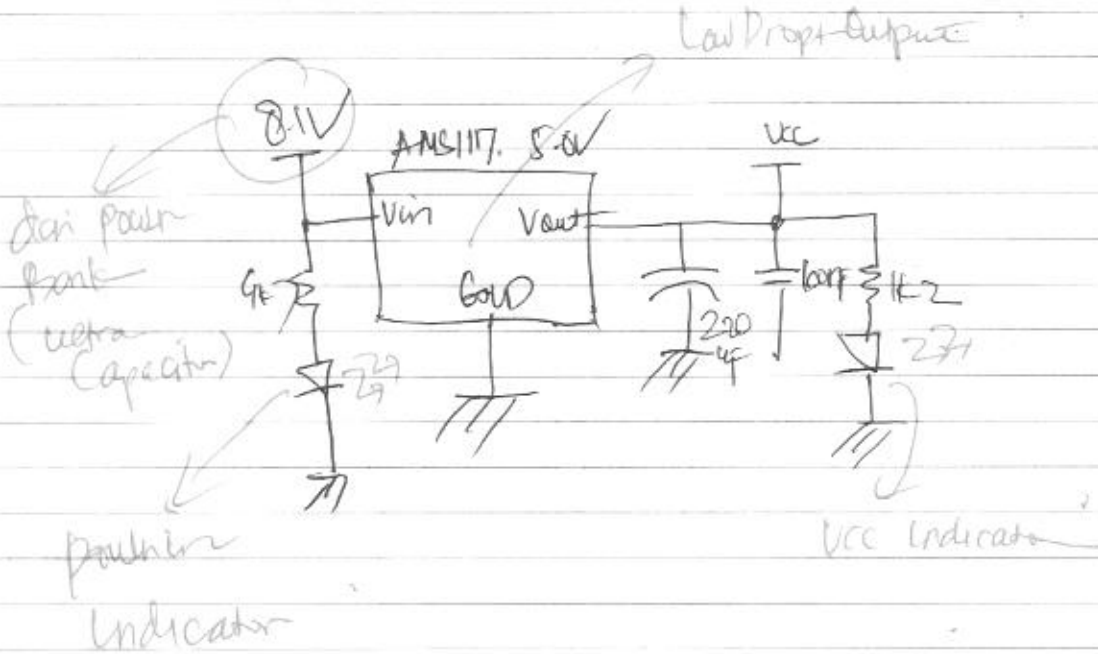
Progress : 100%

Tanggal : 25 Maret 2020

Devisi : Hardware

Diskripsi :

# Power Regulator



Kendala : Tidak ada

Pemecahan : X

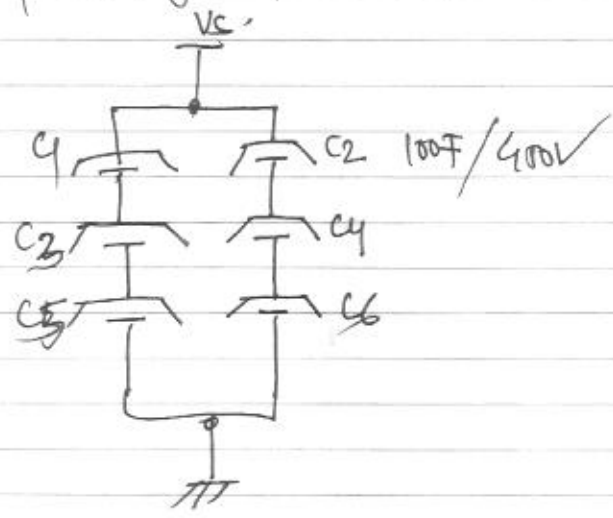
Progress : 15%



Tanggal : 5 Mei 2020

Devisi : Hardware

Diskripsi : Perhitungan Power Bank



$$\begin{aligned}
 C_{Total} &= (C_1 + C_2) // (C_3 + C_4) // (C_5 + C_6) \\
 &= (100 + 100) // (100 + 100) // (100 + 100) \text{ F} \\
 &= 200 / 3 \text{ F} = 66,67 \text{ F}
 \end{aligned}$$

Voltage Max  $400V + 400V + 400V = 1350V$

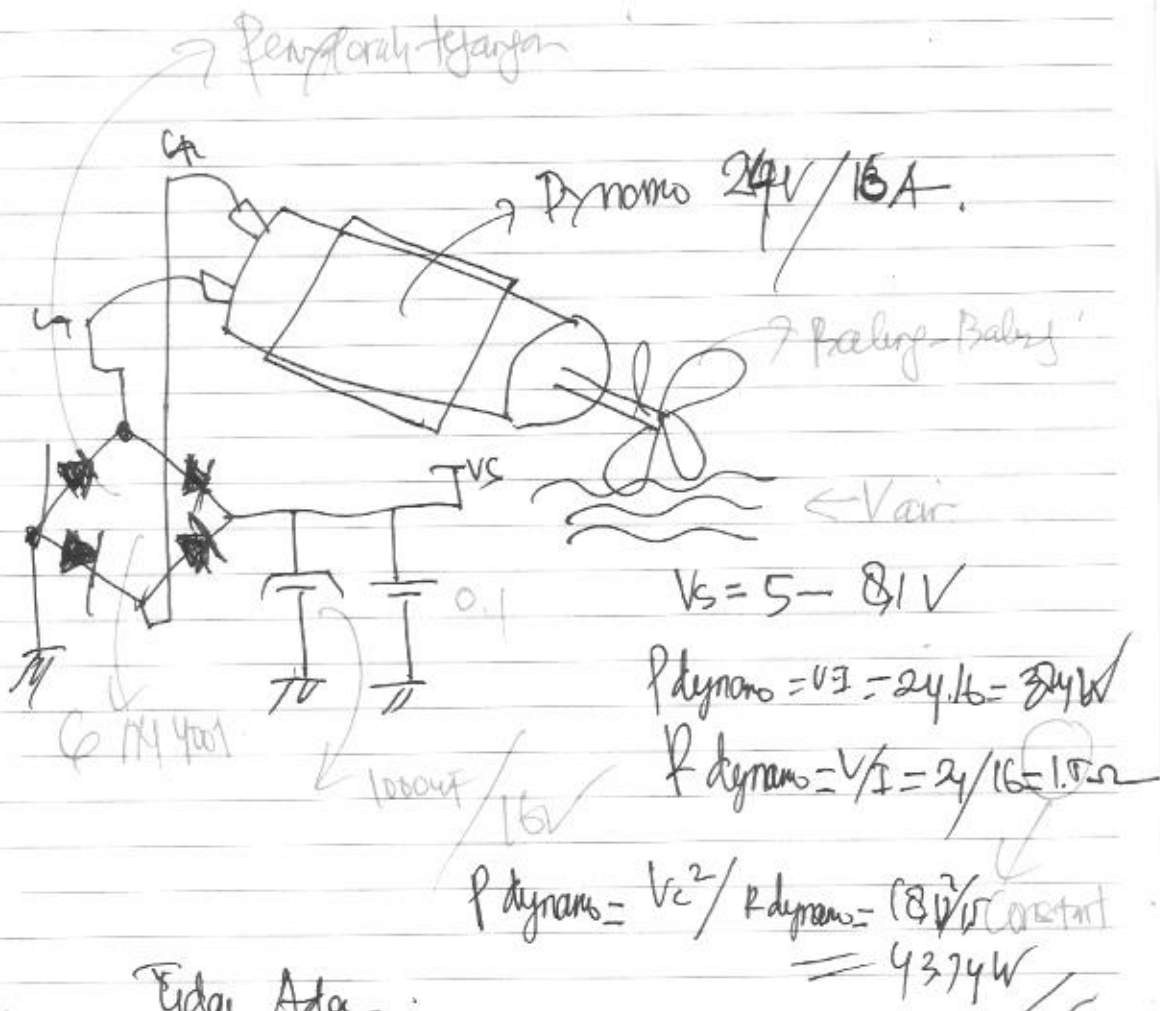
Kendala : Tidak Ada

Pemecahan : X

Progress : 40%



Tanggal : 10 Mei 2020  
 Devisi : Hardware  
 Diskripsi : Analisa dan Karakterisasi Dynamo



Kendala : Tidak Ada

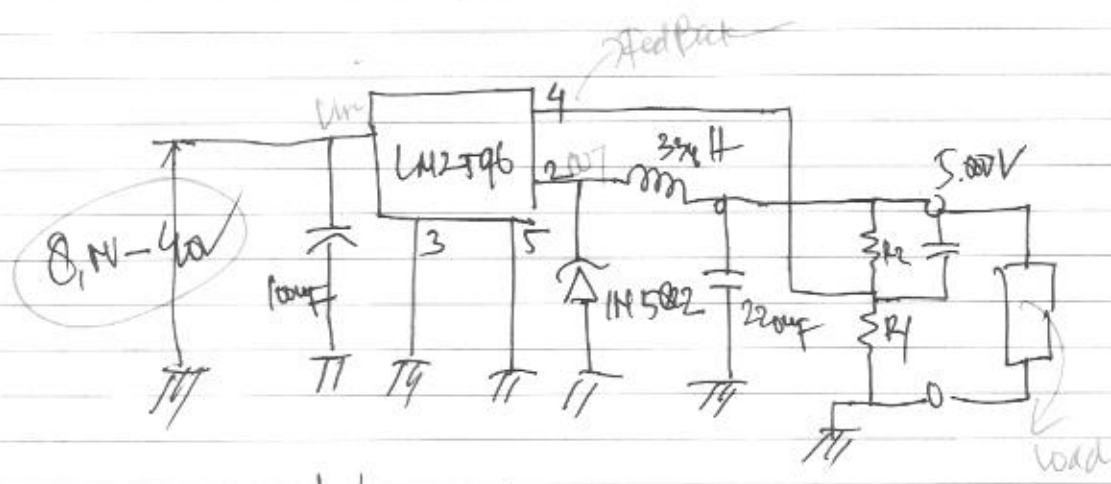
Pemecahan : X

Progress : 45%

Tanggal : 15 Mei 2021

Devisi : Hardware

Diskripsi : Voltage Regulator LM2596 Constant V



$$V_{out} = V_{ref} (1.0 + R_2/R_1) \quad \text{Jika } R_2 = 5k\Omega$$

$$V_{ref} = 1.23V$$

$$\text{Maka } R_1 = R_2 / ((V_{out}/V_{ref}) - 1)$$

$$= 5k / ((5 - 1.23) - 1)$$

$$= 1,8k\Omega$$

harus positif  
5kΩ

Kendala : agar bisa di adjust dari 1.23V - 5V

Pemecahan :

Progress : 50%

Tanggal : 20 Mei 2020

Devisi : Hardware

Diskripsi : Test dan kalibrasi dynam.

Beban	Tegangan keluar Dynam	Tegangan LM2596 (V)	Kondisi Papan TPM	Pada Papan (TPM)
0	8,01	586	Runing	586
10	7,6	560	"	560
20	6,41	530	"	530
30	5,25	50	"	50
40	4,15	475	Shut down	475
50	3,8	440	Shut Down	440

Kendala :

Pemecahan :

Progress :