

Rancang Bangun *Multiple-UPS Switching System* Berdasarkan Variasi Beban Menggunakan *Microcontroller*

Vieky K. Najooan, Janny O. Wuwung, Pinrolinvic L. Manembu
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115,

Email: najooan.v@gmail.com, jannywuwung@gmail.com, pinrolinvic@gmail.com

Abstract— *UPS systems (Uninterruptible Power Supply) generally have Primary UPS as main power source to supply the load and Secondary UPS as backup or backup power when the main UPS runs out of power. In this thesis, a distributed load distribution design is evenly distributed on the UPS system in both the main and backup UPS so that the loading on the UPS system is more efficient. Multiple-UPS Switching System is a microcontroller based electrical system device that serves to adjust the UPS system loading evenly on each installed UPS, even though the load is randomly turned on. At first, the relay is switched on to sense how much current flows to the load, then the current sensor Current Transformer takes the data and then transmits it to the microcontroller which then decides how many UPS it takes to supply the load.*

Keywords : *Current, Current Transformer, Efficient, Load, Microcontroller, Multiple-UPS Switching System, Relay, UPS (Uninterruptible Power Supply).*

Abstrak— Sistem UPS (*Uninterruptible Power Supply*) pada umumnya memiliki UPS *Primary* (utama) sebagai sumber daya utama untuk mensuplai beban dan UPS *Secondary* sebagai *backup* atau daya cadangan saat UPS utama kehabisan daya. Dalam tugas akhir ini, dikembangkan suatu desain pendistribusian beban yang merata pada sistem UPS baik UPS utama maupun cadangan sehingga pembebanan pada sistem UPS lebih efisien. *Multiple-UPS Switching System* merupakan perangkat sistem kelistrikan berbasis *microcontroller* yang berfungsi untuk mengatur pembebanan sistem UPS secara merata pada masing-masing UPS yang terpasang walaupun beban secara acak di nyalakan. Pada mulanya relay dinyalakan untuk membaca berapa arus yang mengalir ke beban, kemudian sensor arus *Current Transformer* mengambil data lalu diteruskan ke *microcontroller* yang kemudian akan memutuskan berapa UPS yang dibutuhkan untuk mensuplai beban yang ada.

Kata kunci— *Arus, Beban, Current Transformer, Efisien, Microcontroller, Multiple-UPS Switching System, Relay, UPS (Uninterruptible Power Supply).*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan ketersediaan listrik yang tersedia secara terus-menerus sekarang ini terutama pada

perkantoran, industri, pembangkit listrik, dan lain sebagainya sangat dibutuhkan. Komputer, peralatan komunikasi, serta berbagai peralatan elektronik yang mendukung pekerjaan merupakan perangkat yang sangat vital yang membutuhkan suplai listrik yang tidak boleh terputus. Karena akan mengakibatkan kerusakan baik secara *software* maupun *hardware* pada komputer, maupun kesalahan koordinasi dikarenakan peralatan komunikasi ataupun peralatan *monitoring* tidak dapat berfungsi, yang artinya akan menyebabkan kerugian yang cukup besar, baik kerugian karena tidak dapat beroperasi maupun kerugian kerusakan peralatan.

UPS (*Uninterruptible Power Supply*) adalah suatu perangkat kelistrikan yang mampu memberikan *emergency power* / daya cadangan ke beban kritis pada saat sumber utama terputus ataupun mengalami kegagalan. UPS merupakan perangkat yang digunakan secara luas pada industri maupun pembangkit listrik guna memproteksi / melindungi peralatan – peralatan yang vital tersebut dari berbagai kerusakan.

Pada pengoperasiannya, UPS terkadang mengalami kerusakan, kegagalan, error, maupun karena usia pakai yang terlampau lama dan tidak dilakukan perawatan. Di samping itu, pemberian pembebanan maksimum maupun bervariasi pada UPS juga dapat mengurangi usia pakai, sehingga diperlukan pengecekan berkala pada komponen-komponen utama pada UPS terutama baterai yang merupakan sumber daya cadangan.

Dari Permasalahan yang telah dipaparkan di atas, penulis mengangkat judul, “Rancang Bangun *Multiple-UPS Switching System* Berdasarkan Variasi Beban Menggunakan *Microcontroller*”.

A. UPS

Uninterruptible Power Supply (UPS) adalah sistem listrik yang mampu menyuplai tenaga listrik berkualitas tinggi tanpa interupsi. Pasokan listrik terhubung ke input dari UPS dan output terhubung ke beban listrik (*load*). Dalam sistem UPS ada sistem penyimpanan listrik seperti baterai yang mampu menyediakan pasokan listrik yang berkualitas tinggi .

Sebuah UPS tidak hanya memberikan proteksi terhadap semua jenis kegagalan (*failure*) pasokan listrik,

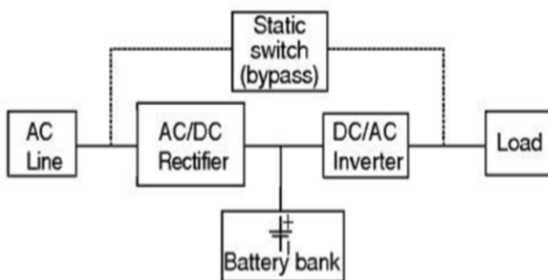
tetapi juga dapat menyaring berbagai macam gangguan yang ditemukan dalam pasokan listrik, sehingga menyediakan catu daya yang lebih baik/stabil.

Sebuah UPS dapat memberikan listrik ke beban kritis (*Critical Load*) saat sedang *Alternative Supply* (pasokan alternatif), seperti halnya *stand - by generator* sedang beroperasi. UPS mungkin hanya perlu mem-backup beban kritis untuk waktu yang singkat, kurang lebih 10-30 menit tergantung jumlah beban. Namun, UPS juga dapat dirancang untuk mem-backup *critical load* jauh lebih panjang kurang lebih sampai satu jam. Dalam hal ini jika kapasitas penyimpanan tambahan secara signifikan dibutuhkan.

Fungsi utama dari UPS adalah menyediakan daya listrik secara *short-term* pada saat terjadi pemadaman/*trip*. selain fungsi utama ini ada beberapa fungsi perangkat UPS secara umum, yaitu:

- a. Memberikan waktu yang cukup untuk menghidupkan genset (*diesel generator / emergency generator*) sebagai pengganti listrik utama ketika terjadi gangguan.
- b. Memberikan waktu yang cukup untuk melakukan backup data dan mengamankan system operasi dengan melakukan *shutdown* secara benar ketika listrik utama padam. Sehingga dapat mengamankan sistem komputer dari gangguan listrik yang dapat mengganggu sistem komputer ,baik berupa kerusakan *software*, data, maupun kerusakan *hardware*.
- c. UPS secara otomatis menstabilkan tegangan ketika terjadi perubahan pada input sehingga tegangan output yang digunakan oleh sistem komputer berupa tegangan yang stabil.
- d. UPS dapat melakukan diagnosis dan *management* terhadap dirinya sendiri sehingga memudahkan pengguna untuk mengantisipasi jika akan terjadi gangguan terhadap system.

UPS memiliki dua tipe, yakni tipe *Rotary* dan tipe *Static*. *Static* UPS merupakan UPS yang paling populer dan digunakan hingga sekarang karena memiliki efisiensi yang tinggi, reabilitas tinggi, serta THD (*Total Harmonic Distortion*) yang rendah dibanding UPS tipe *Rotary*. Adapun UPS *Static* terdiri atas tiga jenis, antara lain *On-line* UPS, *Off-line* UPS, dan *Line-interactive* UPS.



Gambar 1. Blok Diagram *On-Line* UPS

1) *On-line* UPS

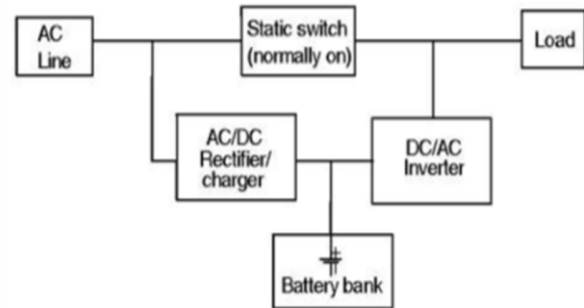
On-line UPS terdiri atas *rectifier/ charger*, *battery bank*, *inverter*, dan *static switch (bypass)*. Biasanya *On-line* UPS disebut *double-conversion* UPS karena *rectifier/ charger* secara kontinu atau terus-menerus mensuplai *battery bank* lalu masuk ke *inverter* dan mensuplai beban (lihat gambar 1). Daya yang dibutuhkan oleh beban adalah sama dengan daya yang dibutuhkan untuk mencatu *battery bank*. Sedangkan *static switch* menyediakan *redundancy* (jalur alternatif) dari sumber dalam hal ini jika terjadi *malfungsi* atau *overload*.

2) *Off-line* UPS

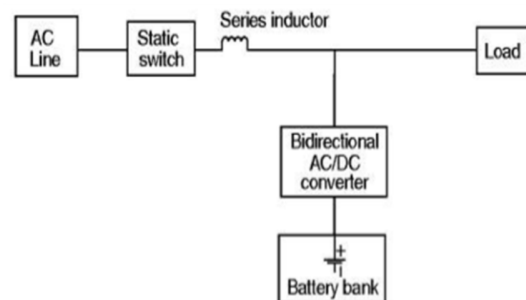
Off-line UPS biasa disebut *stanby* UPS atau *Line-preferred* UPS. Seperti ditunjukkan pada gambar 2, UPS ini terdiri atas *AC/DC converter*, *battery bank*, *DC/AC inverter*, dan sebuah *static switch*. Juga digunakan *filter* pada sisi *output* atau *inverter* untuk memperbaiki tegangan *output*. Selama mode normal, *static switch* bekerja saat sumber aktif. Oleh karena itu, beban disuplai dengan daya yang langsung berasal dari sumber tanpa *power conditioning*.

3) *Line-interactive* UPS

Seperti ditunjukkan pada gambar 3, sistem *Line-interactive* UPS terdiri atas *static switch*, induktor seri, *bidirectional AC/DC converter*, dan *battery bank*.



Gambar 2. Blok Diagram *Off-Line* UPS



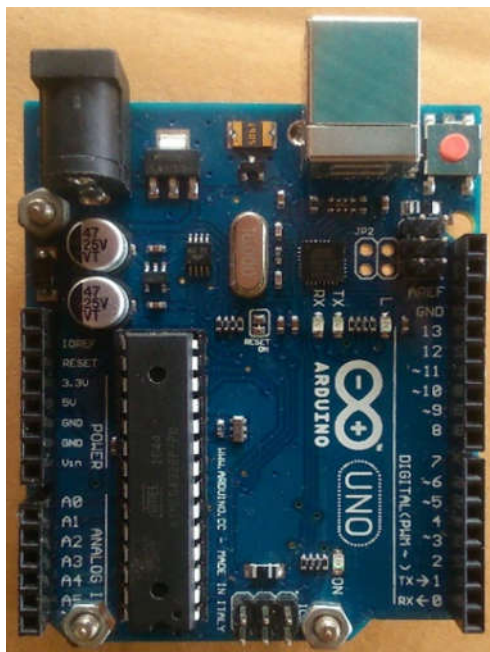
Gambar 3. Blok Diagram *Line-Interactive* UPS

Line-interactive UPS dapat beroperasi sebagai *on-line* UPS, maupun *off-line* UPS. Untuk *off-line line-interactive* UPS, induktor seri tidak dibutuhkan. Namun, kebanyakan beroperasi pada *on-line* UPS dalam hal ini untuk meningkatkan faktor daya beban atau meregulasi/mengatur tegangan *output* pada beban.

B. Microcontroller

Microcontroller yang akan digunakan adalah *Arduino Uno* (Lihat gambar 4). *Arduino Uno* merupakan suatu *board microcontroller* yang didasarkan pada ATmega328. secara fisik, *Arduino Uno* memiliki 14 pin dengan *input* maupun *output*nya berupa sinyal digital dimana 6 diantaranya digunakan sebagai *output* dari sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Selain sinyal digital, *Arduino Uno* juga memiliki 6 pin *input* analog, sebuah *ceramic resonator* 16MHz, sebuah *USB port, jack* untuk *input* daya, sebuah ICSP (*In-Circuit Serial Programing*) *head*, dan sebuah tombol reset. Semua yang dibutuhkan untuk menunjang kinerja dari suatu pengontrolan tersedia dalam *Arduino Uno*, secara sederhana hanya perlu menghubungkan ke komputer dengan kabel *USB* atau memberi suplai tegangan DC dengan *AC-DC adapter*, atau dapat juga menggunakan baterai untuk menyalakannya.

Sedangkan untuk memprogram *Arduino Uno*, dapat menggunakan software *Arduino IDE*. ATmega328 yang terdapat pada *Arduino Uno*, dengan suatu *bootloader* yang memperbolehkan untuk *men-upload* kode baru secara langsung tanpa perangkat pemrograman eksternal.



Gambar 4. Microcontroller Arduino Uno

C. Sensor Arus CT

Current Transformer (CT) adalah peralatan listrik yang digunakan secara luas sebagai instrumen pengukuran maupun proteksi pada sistem tenaga listrik. Pada dasarnya *CT* merupakan transformator yang memanfaatkan medan magnet konduktor yang menginduksi belitan sekunder kemudian mengeluarkan *output* berupa arus yang lebih kecil dari arus sebenarnya sehingga dapat diukur menggunakan alat-alat ukur listrik.

Pada perkembangannya, *CT* memiliki desain yang lebih kecil dan *suitable* untuk mempermudah berbagai pekerjaan pengukuran serta dapat dengan mudah di aplikasikan dengan *microcontroller*. Contohnya adalah *YHDC SCT-013-030* pada gambar 5 yang akan digunakan pada perancangan ini. *YHDC* merupakan sensor arus tipe *split core*, yang pada penggunaannya secara mudah langsung di *clip* pada jalur *line* atau netral. Arus yang melewati belitan sekunder adalah sebanding dengan arus yang mengalir pada belitan primer, berikut persamaannya :

$$I_{secondary} = CT_{turnRatio} \times I_{primary}$$

$$CT_{TurnRatio} = \frac{N_{primary}}{N_{secondary}}$$

D. LCD 1602

LCD atau singkatan dari (*Liquid Crystal Display*) merupakan perangkat elektronik dengan tipe *Char* atau karakter. *LCD Char* adalah *LCD* yang memiliki spesifikasi khusus yaitu hanya bisa menampilkan sedikit karakter bahkan hanya karakter standar saja. *LCD 1602* berarti *LCD* dengan panjang 16 karakter, dan lebar 2 baris. Di dunia, *LCD* memiliki beberapa jenis spesifikasi berdasarkan panjang dan lebarnya karakter yang dapat di tampilkan. Antara lain, *LCD 8x2*, *16x4*, dan lain sebagainya tergantung kebutuhan berapa banyak tampilan karakter yang diinginkan.



Gambar 5. Sensor Arus YHDC SCT-013-030

LCD 1602 (lihat gambar 6) digunakan sebagai *display* atau tampilan *monitoring* dalam suatu sistem elektronik. Misalnya menampilkan data angka, ataupun kata-kata yang diambil dari sensor yang kemudian diolah oleh kontroler menjadi data digital kemudian ditampilkan pada LCD.

LCD 1602 biasanya digunakan bersamaan dengan microcontroller berupa DI-SMART AVR, *Arduino* (semua jenis keluarga *Arduino*), *Raspberry PI*, maupun kontroler yang dirancang sendiri. Dalam penggunaannya, LCD 1602 menggunakan banyak *input* pin pada *microcontroller*, sebanyak 16 pin. Yakni Vss, Vdd, V0, Rs, Rw, E, D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, A, K.

E. IIC / I2C

IIC / I2C atau *Inter Integrated Circuit* merupakan suatu modul yang memiliki standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Bentuk fisik modul I2C dapat dilihat pada gambar 7.

I2C pada umumnya digunakan untuk menjembatani antara *microcontroller* dan LCD untuk mengurangi penggunaan I/O pin pada *microcontroller*. Dengan demikian, dari 16 pin yang dibutuhkan hanya 4 pin saja yang digunakan pada *microcontroller*, yaitu 5V, GND, SCL, dan SDA.



Gambar 6. Liquid Crystal Display 1602



Gambar 7. Inter-Integrated Circuit

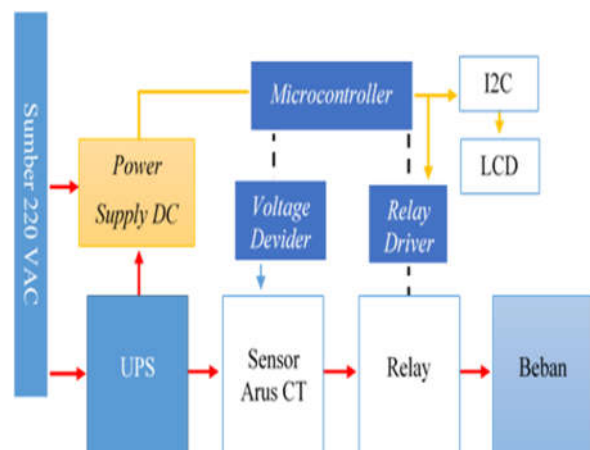
F. Relay DPDT (Dual-Pole Double Throw)

Relay merupakan komponen kelistrikan yang digunakan secara luas untuk menyalurkan arus dan tegangan yang lebih besar dengan menggunakan arus dan tegangan yang relatif kecil dari pada yang disalurkan (tergantung spesifikasi yang tertera). Pada prinsipnya, relay memiliki tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi berupa solenoid. Ketika lilitan dialiri arus listrik, maka tuas akan tertarik ke batang solenoid yang disebabkan oleh gaya elektromagnetik yang terjadi terhadap solenoid. Namun pada saat arus tidak ada, maka gaya magnetik pada solenoid hilang. Hal tersebut menyebabkan tuas akan kembali ke posisi semula karena ditarik oleh pegas yang ada pada tuas tersebut.

Relay terdiri dari *coil* dan *contact*. *Coil* merupakan gulungan atau lilitan kawat yang dililitkan pada batang solenoid yang dapat membangkitkan gaya elektromagnetik. Sedangkan *Contact* adalah bagian yang menyalurkan arus listrik. Adapun *Contact* terdiri atas dua bagian, yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Closed*). NO merupakan kondisi dimana kawat lilitan belum dialiri arus listrik (kondisi awal), sedangkan NC adalah kondisi dimana kawat lilitan mendapat arus listrik atau sering disebut *energized* sehingga menarik *armature* kemudian berpindah jalur.

II. RANCANG BANGUN MULTIPLE-UPS SWITCHING SYSTEM BERDASARKAN VARIASI BEBAN MENGGUNAKAN MICROCONTROLLER

Pada bagian ini akan dijelaskan langkah-langkah perancangan dari alat yang akan dibuat. Sesuai dengan blok diagram perancangan pada gambar 8, maka langkah-langkah yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Blok Diagram Perancangan

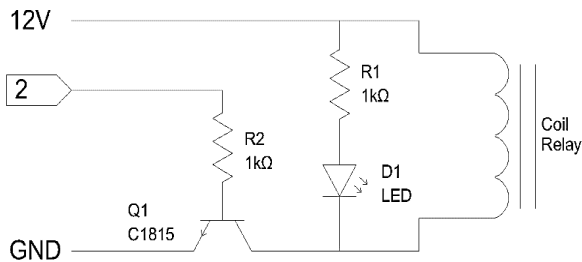
A. Rangkaian Power Supply

Arus DC (*Direct Current*) merupakan kebutuhan utama perangkat elektronika dalam menghidupkan perangkat tersebut. Adapun rangkaian power supply ini dibuat untuk menghidupkan *microcontroller*, Relay, I2C, serta LCD.

Rangkaian *power supply* (lihat gambar 9) ini memiliki input 220VAC, yang outputnya 12 VDC yang konstan. Pada prinsipnya, input 220VAC masuk ke Transformator *Step-Down*, arus kemudian mengalir pada belitan primer lalu menginduksi belitan sekunder sehingga output transformator 12VAC. Transformator yang digunakan memiliki output 1 Ampere. Lalu disearahkan secara *full-wave* di dioda-*bridge* menjadi 12VDC. Keluaran dari transformer dan diode-*bridge* masih memiliki riak-riak kecil, oleh karena itu diperlukan *filter* berupa kapasitor elco dengan nilai 220µF. Selain itu, digunakan juga IC *Regulator* LM7812 untuk mereregulasi atau menstabilkan keluaran dari power supply ini. LED yang dipasang pada rangkaian merupakan indikator yang menunjukkan bahwa rangkaian berjalan dengan semestinya.

B. Rangkaian Relay Driver

Relay Driver memiliki fungsi utama sebagai *coupler* antara relay dan *microcontroller* karena *output* dari



Gambar 10. Rangkaian Dasar Relay Driver

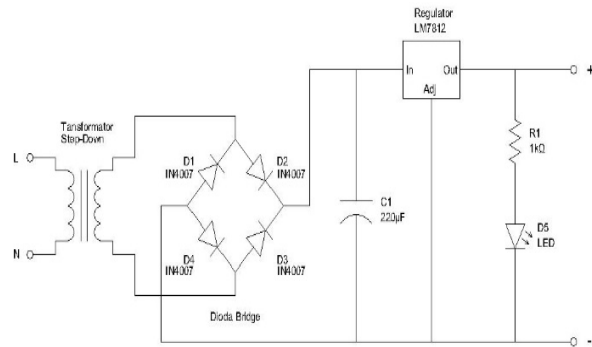
microcontroller hanya bertegangan 5V, tidak mampu mencatu coil pada relay yang membutuhkan tegangan 12V. Selain itu, Relay Driver digunakan karena jika sewaktu-waktu terjadi kelebihan arus atau gangguan pada relay, gangguan tersebut tidak secara langsung mengenai *microcontroller*. Gambar 10 merupakan rangkaian dasar dari relay driver.

Prinsip kerja dari Relay Driver adalah ketika *base* dari transistor C1815 diberi sinyal positif, transistor mengalami *saturation*. *Saturation* adalah kondisi dimana arus dapat melewati *collector* menuju ke *emitter*. Sedangkan pada saat tidak menerima sinyal positif, transistor akan berada pada fase *cut-off* dan tidak menghantar arus listrik.

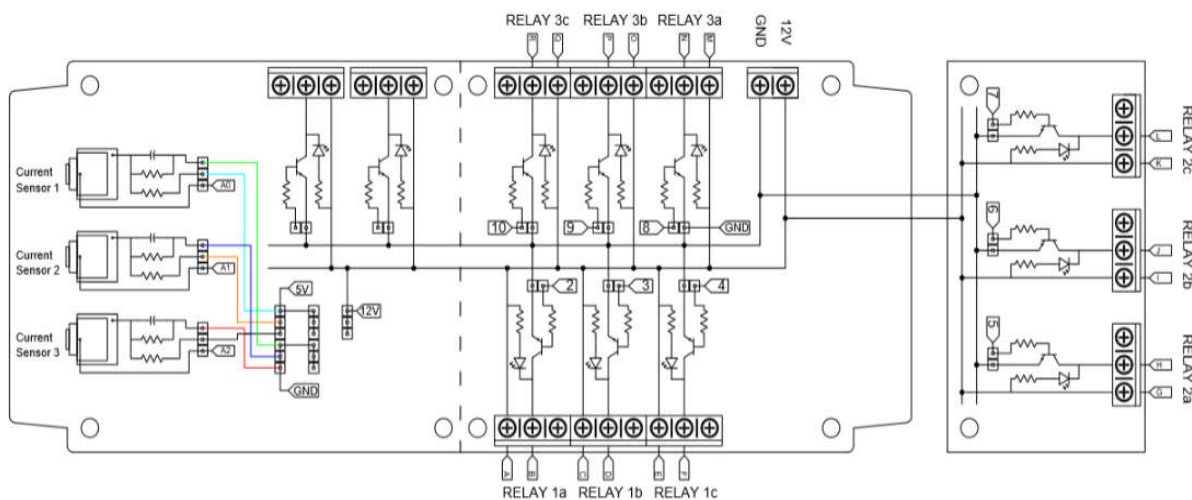
Gambar 11 adalah wiring diagram Relay Driver yang telah dipasang pada papan PCB kemudian dihubungkan dengan *microcontroller*.

C. Rangkaian Current Sensor

Rangkaian *Current Sensor* merupakan bagian yang berfungsi untuk membaca arus AC pada suatu jaringan listrik. Rangkaian *Current Sensor* ini memiliki dua bagian utama, yaitu *Current Transformer* dan *Voltage Divider*.



Gambar 9. Rangkaian Dasar Relay Driver



Gambar 11. Rangkaian Relay Driver Dihubungkan Dengan Microcontroller

Current Transformer adalah bagian sensor yang berfungsi untuk mengambil data analog dari suatu konduktor, lalu diteruskan ke *Voltage Divider*. Sedangkan *Voltage Divider* adalah bagian yang berfungsi sebagai pembagi tegangan sebelum masuk ke *microcontroller* (lihat gambar 12).

Pada dasarnya sinyal yang di input pada *microcontroller* berupa data analog yang kemudian dikonversi menjadi data digital. Akan tetapi, batas input hanya 5V saja dan sebuah *microcontroller* tidak dapat membaca nilai minus, sedangkan output dari *current transformer* berupa sinyal arus bolak-balik. Oleh karena itu, digunakan rangkaian pembagi tegangan agar sinyal output *current transformer* dapat terbaca. Berikut persamaan untuk mengetahui nilai maksimum arus primer dan sekunder :

$$I_{Peak Primer} = I_{RMS} \times \sqrt{2}$$

$$I_{Peak Primer} = 30 \times \sqrt{2}$$

$$I_{Peak Primer} = 42,42 A$$

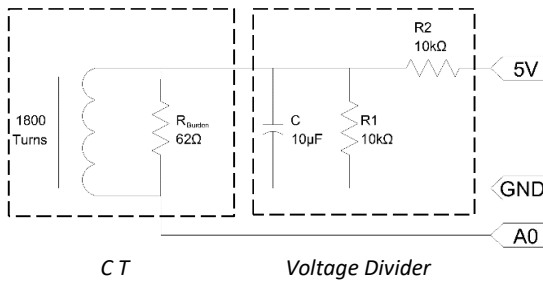
Sensor Arus YHDC SCT-013-030 memiliki lilitan sekunder sebanyak 1800 lilit, sehingga :

$$I_{Peak Sekunder} = \frac{I_{Peak Primer}}{n}$$

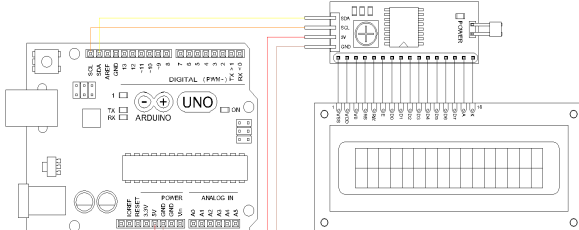
$$I_{Peak Sekunder} = \frac{42,42}{1800}$$

$$I_{Peak Sekunder} = 0,0235 A \approx 23,5 mA$$

Gambar 13 adalah *Current Transformer* dan rangkaian *Voltage Divider* yang telah dihubungkan dan dipasang pada papan PCB, serta dihubungkan dengan *microcontroller*. *Current Transformer* yang dipasang sebanyak 3 buah sesuai dengan jumlah UPS yang akan digunakan. Kemudian dihubungkan dengan *microcontroller Arduino Uno* pada pin analog A0, A1, dan A2.



Gambar 12. Rangkaian dasar CT dan *Voltage Divider*



Gambar 14. LCD, I2C, dan *microcontroller* yang telah dihubungkan menjadi rangkaian *monitoring*

D. Rangkaian Monitoring

Rangkaian *Monitoring* merupakan rangkaian yang memiliki fungsi utama sebagai *display* untuk menampilkan informasi atau data yang berasal dari *microcontroller*. Data yang akan di tampilkan berupa besaran arus yang diukur melalui sensor arus *Current Transformer* YHDC. Gambar 14 adalah gambar rangkaiannya.

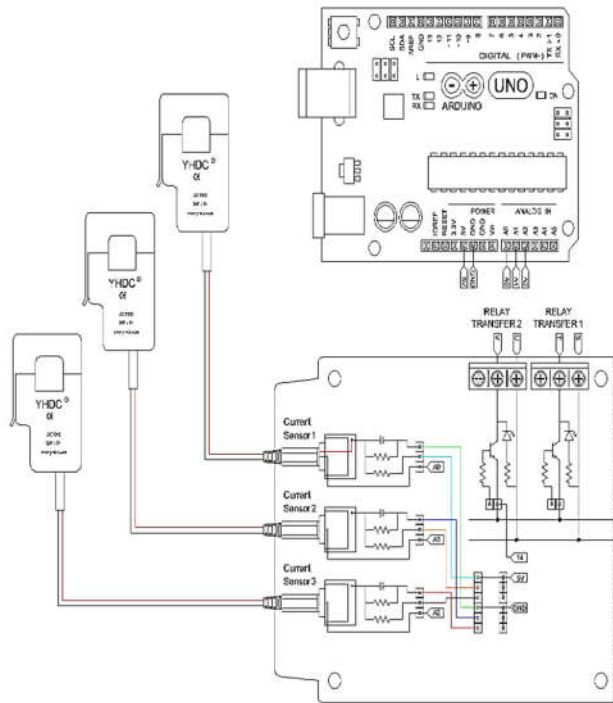
III. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. *Pengujian Power Supply*

Pada rangkaian *power supply* yang telah dijelaskan sebelumnya, memiliki output 12VDC konstan dari IC *regulator* LM7812. Berikut adalah hasil pengukuran dari output *power supply* ditunjukkan dalam tabel I.

Tabel I. Pengukuran *input* dan output IC *Regulator* LM7812 pada keadaan *no-load* /tidak berbeban dan berbeban

No.	Keadaan	Tegangan Input (V _{ac})	Tegangan Output (V _{dc})
1.	Tidak Berbeban	212	12
2.	Berbeban	211,3	9.93



Gambar 13. Rangkaian CT dan *Voltage Divider* dihubungkan dengan *microcontroller*

B. Pengujian Relay Driver

Pengujian *Relay Driver* ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pengontrolan relay sudah bekerja dengan baik atau belum. Untuk mengujinya dapat menggunakan *coding* sederhana. Gambar 15 adalah tampilan *coding* di platform *Arduino IDE*, dan Gambar 16 adalah hasil pengujian *Relay Driver*.

C. Pengujian Current Sensor

Pengujian *Current Sensor* ini dilakukan dengan beberapa keadaan, yaitu dengan tidak berbeban atau *no-load*, dan dengan menggunakan beban. Kemudian akan diambil juga data arus dari tang ampere (lihat tabel IV), yang lalu akan dibandingkan dengan sensor yang telah dirancang. Data arus yang di ukur menggunakan sensor arus ditampilkan secara serial dalam platform *Arduino IDE*. Tabel II Pengujian *Current Sensor* tidak berbeban dan tabel III keadaan berbeban

Tabel II. Data pengujian *Current Sensor* pada keadaan tidak berbeban

No.	Sensor Arus	Arus (A)
1.	Sensor 1	0,09
2.	Sensor 2	0,09
3.	Sensor 3	0,09

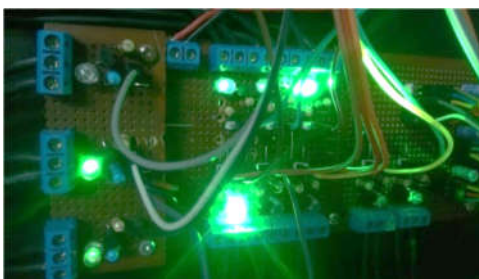
```

int relay1a = 2; //deklarasi pin 2 sebagai representasi relay 1a
int relay2a = 5; //deklarasi pin 5 sebagai representasi relay 2a
int relay3a = 8; //deklarasi pin 8 sebagai representasi relay 3a

void setup() {
  pinMode(relay1a, OUTPUT); //pin 2 ditetapkan sebagai output
  pinMode(relay2a, OUTPUT); //pin 5 ditetapkan sebagai output
  pinMode(relay3a, OUTPUT); //pin 8 ditetapkan sebagai output
}

void loop() {
  digitalWrite(relay1a, HIGH); //relay 1a, ON
  digitalWrite(relay2a, HIGH); //relay 2a, ON
  digitalWrite(relay3a, HIGH); //relay 3a, ON
}
    
```

Gambar 15. *Coding* untuk menyalakan relay1a, relay 2a, dan relay 3a



Gambar 16. Rangkaian CT dan *Voltage Divider* dihubungkan dengan *microcontroller*

D. Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini nantinya akan dilihat bagaimana sistem pengontrolan akan mengatur kebutuhan daya beban yang bervariasi, serta berapa UPS yang akan digunakan. Berdasarkan rangkaian pada bab sebelumnya, untuk menjalankan sistem sesuai dengan keadaan beban, berikut adalah tabel V yang dijadikan parameter untuk memilih *relay* mana yang akan beroperasi.

Tabel III. Data pengujian *Current Sensor* pada keadaan berbeban

No.	Sensor Arus	Arus (A)			
		100 W	200 W	300 W	400 W
1.	Sensor 1	0,46	0,85	1,6	1,68
2.	Sensor 2	0,45	0,85	1,6	1,7
3.	Sensor 3	0,45	0,85	1,6	1,7

Tabel IV. Data pengukuran arus menggunakan tang ampere

No.	Sensor Arus	Arus (A)			
		100 W	200 W	300 W	400 W
1.	Sensor 1	0,35	0,74	1,2	1,54
2.	Sensor 2	0,35	0,75	1,2	1,58
3.	Sensor 3	0,37	0,79	1,21	1,63

Tabel V. Parameter relay switching untuk sistem kontrol otomatis

No	Arus (A)	Relay		
		Beban 1	Beban 2	Beban 3
1	0,4	Relay 1a	Relay 1b	Relay 1c
2	0,8	Relay 1a	Relay 1b	Relay 1c
3	1,2	Relay 1a	Relay 1b	Relay 1c
4	1,6	Relay 1a	Relay 1b	Relay 1c
5	2	Relay 1a	Relay 2a	Relay 2b
6	2,4	Relay 1a	Relay 2a	Relay 2b
7	2,8	Relay 1a	Relay 2a	Relay 2b
8	3,2	Relay 1a	Relay 2a	Relay 2b
9	3,6	Relay 1a	Relay 2a	Relay 3a
10	4	Relay 1a	Relay 2a	Relay 3a
11	4,4	Relay 1a	Relay 2a	Relay 3a
12	4,8	Relay 1a	Relay 2a	Relay 3a

Tabel VI. Data hasil pengujian sistem, percobaan supply UPS dengan variasi beban

Beban (W)			Sensor Arus (A)			Amperemeter (A)			UPS		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
100	100	100	1,29	0,09	0,09	1,18	0	0	✓	-	-
100	200	100	1,7	0,09	0,09	1,57	0	0	✓	-	-
200	200	100	0,86	1,29	0,09	0,73	1,14	0	✓	✓	-
200	200	200	0,86	1,72	0,09	0,71	1,57	0	✓	✓	-
300	200	200	1,27	1,72	0,09	1,12	1,56	0	✓	✓	-
300	300	200	1,27	2,13	0,09	1,12	1,57	0	✓	✓	-
300	300	300	1,27	2,57	0,09	1,1	2,42	0	✓	✓	-
400	300	300	1,68	1,29	1,27	1,54	1,13	1,17	✓	✓	✓
400	400	300	1,69	1,72	1,28	1,51	1,57	1,19	✓	✓	✓
400	400	400	1,69	1,71	1,7	1,61	1,58	1,55	✓	✓	✓

Berdasarkan tabel V di atas, untuk *range* arus 0 hingga 1,6A di setting hanya 1 UPS saja yang aktif. Untuk dapat mensuplai beban 2 dan beban 3, digunakan relay 1b dan relay 1c. Kemudian untuk *range* 1,6A hingga 3,2A di setting 2 UPS yang aktif, namun untuk beban 1 disuplai oleh UPS 1, dan beban 2 dan 3 disuplai oleh UPS 2. Artinya jika ada beban yang tadinya disuplai oleh UPS 1, disuplai oleh UPS 2. Lalu untuk *range* 3,2A hingga 4,8A di setting 3 UPS yang aktif sehingga setiap beban dibagi menurut setiap UPS.

Pada saat beban 1, beban 2, dan beban 3 masing-masing menyala beban 100W, arus yang terukur pada sensor arus 1 adalah 1,29, pada sensor arus 2 adalah 0,09, pada sensor arus 3 adalah 0,09 yang pada tabel sebelumnya tabel V parameternya jika arus dari 0 hingga 1,6 hanya 1 UPS saja yang digunakan. Dari hasil pengamatan pada tabel VI, UPS yang digunakan adalah UPS 1. Begitu juga seterusnya dengan hasil pengamatan lain yang telah di ambil sehingga walaupun beban secara acak dinyalakan, selama sesuai dengan parameter dari tabel V, maka sistem otomatis akan terus bekerja.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- 1) Nilai sensor arus yang ditampilkan belum terlalu tepat dan cenderung berubah-ubah atau tidak stabil jika dibandingkan dengan sensor arus eksternal dalam hal ini tang ampere. Untuk sensor arus 1, pada saat diberi beban 100W, nilainya berubah-ubah dari 0,42A hingga 0,5A. Sedangkan untuk sensor arus 2, pada saat pembebanan 100W, nilainya berubah-ubah dari 0,34A hingga 0,42. Begitu juga dengan sensor

arus 3, yang pada saat diberi beban 100W, nilainya berubah-ubah dari 0,32A hingga 0,4A. Artinya setiap sensor memiliki error pembacaan $\pm 0,08A$. Hal ini dikarenakan terdapat harmonisa baik dari sensor maupun dari peralatan disekitarnya. Selain itu, karena kapasitor elco yang ada pada rangkaian voltage divider kecil sehingga tidak dapat menyaring riak dari nilai masukan yang berasal dari sensor arus. Namun hal tersebut dapat diabaikan karena error yang terdapat hanya kecil dan *Multiple-UPS Switching System* sudah bekerja seperti yang telah diharapkan.

- 2) Mengendalikan beberapa UPS secara otomatis serta efisien dapat dilakukan menggunakan microcontroller.

B. Saran

- 1) Untuk sistem yang lebih besar tentunya memiliki beban juga yang besar. Oleh karena itu penggantian relay dengan spesifikasi arus lebih besar diperlukan atau diganti dengan SSR (*Solid State Relay*) dalam hal ini jika diperlukan
- 2) Dalam perancangan *Multiple-UPS Switching System*, masih dibutuhkan atau dapat ditambahkan suatu *software interface* dengan modul *wireless* agar mendapatkan sistem *monitoring* jarak jauh.

V. KUTIPAN

- [1] A. Emadi, *Uninterruptible Power Supplies and Active Filters*. Florida : CRC Press LLC, 2005.
- [2] *Arduino, Genuino, Arduino Uno/Genuino Uno*, diakses tanggal 29 oktober 2017. [online] Tersedia di: <https://www.arduino.cc/en/Main/GenuinoBrand>.
- [3] D. C. Griffith, *Uninterruptible Power Supplies : Power Conditioner for Critical Equipment*. New York : Marcel Dekker, inc., 1989.
- [4] N. Mohan, *Power Electronics : a first course*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. 2012.



Vieky Kristal Najooan lahir 10 Desember 1993, pada tahun 2012 memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2015. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PLTU 2 SULUT 2x25 MW dari tanggal 24 Januari 2015 dan selsai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado 2017, minat penelitiannya adalah tentang Rancang Bangun *Multiple-UPS Switching System* Berdasarkan Variasi Beban Menggunakan Microcontroller.