

Rancang Bangun UPS Untuk Beban (900VA) Berbasis Mikrokontroler

Joke Pratilastiarso ¹, Endro Wahjono ², Lexi Yustisia ³

¹ Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

³ Mahasiswa D4 Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email: pushmeonk@gmail.com

ABSTRAK

Banyak pemadaman listrik dilakukan di daerah – daerah secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Kebutuhan energi listrik untuk mensupply peralatan elektronik semakin meningkat. Namun energi listrik yang disalurkan oleh PLN kepada konsumen tidak selamanya berjalan dengan baik, sewaktu – waktu bisa padam. Maka perlu diupayakan sumber energi listrik alternatif. Dalam proyek akhir ini Uninterruptible Power Supply (UPS) yang berbasis mikrokontroler dimanfaatkan sebagai catu daya peralatan elektronik supaya dapat bekerja dalam kondisi sumber energi listrik dari PLN padam. Dalam UPS digunakan peralatan penyearah yang berupa bridge rectifier bertujuan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC. Kemudian keluaran dari rectifier digunakan sebagai masukan dari buck converter yang bertujuan menurunkan tegangan yang semula 220Vdc menjadi $\pm 55Vdc$ untuk mencharger accu 48Vdc. Kemudian terdapat rangkaian boost converter untuk menaikkan tegangan dari keluaran accu menjadi 110Vdc, dan terdapat inverter yang digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, yang kemudian dari output inverter terhubung trafo step up yang berfungsi untuk menaikkan tegangan menjadi tegangan rumah tangga sebesar 220Vac. Dengan daya maksimum 900VA UPS ini dapat mensupply beban selama 2 jam pada saat listrik dari PLN padam.

Kata kunci : UPS, rectifier, boost converter, inverter, travo step up

1. PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya kebutuhan manusia maka teknologi juga akan semakin berkembang, Fenomena ini akan semakin memacu konsumsi energi listrik. Setiap kebutuhan manusia banyak menggunakan peralatan - peralatan elektrik yang lebih praktis dan efisien, sehingga semakin tinggi tingkat konsumsi energi listrik maka pihak PLN (Pembangkit Listrik

Negara) sebagai penyedia energi listrik dan sebagai pengelola energi kelistrikan nasional memiliki kewajiban memenuhi kebutuhan energi listrik nasional yang semakin tahun semakin meningkat. Hal tersebut maka pihak PLN sering melakukan pemadaman listrik secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan, sehingga pembangkit listrik yang ada tidak mencukupi. Pemadaman listrik yang dilakukan secara tiba – tiba akan menyebabkan peralatan elektronika menjadi cepat rusak dan pekerjaan (data) yang kita kerjakan akan hilang.

Untuk mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik secara tiba – tiba dibutuhkan suatu sumber energi seperti UPS (Uninterruptible Power Supply) yang dapat mensupply peralatan elektronika apabila ada gangguan pemadaman energi listrik.

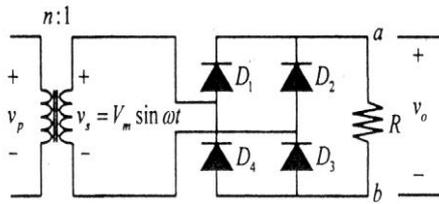
Di dalam UPS terdapat rectifier untuk merubah tegangan AC to DC, dan terdapat pula Buck converter, Buck converter ini yang memegang peranan penting untuk mencharger battery, setelah itu yang terdapat inverter untuk merubah tegangan DC to AC dari output battery yang kemudian outputnya ke trafo step up untuk menaikkan tegangan dari 24Vac ke 220Vac yang kemudian ke beban.

Dengan berkembangnya teknologi UPS, maka alat tersebut diharapkan mampu memberikan tegangan regulasi yang baik serta mampu memberikan arus yang cukup kepada beban. Dengan demikian bila terjadi pemadaman listrik secara tiba – tiba, peralatan elektronik tidak mudah rusak dan masih dapat aktif selama beberapa saat.

2. DASAR TEORI

A. Full Wave Rectifier 1 Fasa

Secara umum dalam perancangan DC power supply satu fase selalu diawali oleh proses penyearahan gelombang sehingga diperoleh bentuk gelombang searah. Umumnya menggunakan penyearah fullbridge atau model jembatan dimana dengan memasang 4 buah diode sebagai saklar atau switch untuk mengatur arah aliran gelombang ke output beban seperti pada gambar 1 di bawah ini.



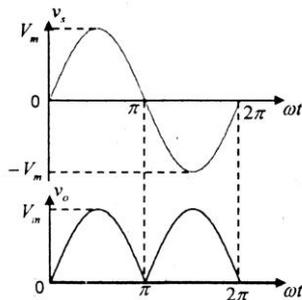
Gambar 1. Rangkaian Full Wave Rectifier 1 fasa

Nilai tegangan rata-rata dari beban (V_L Average) dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 V_{*} &= \frac{1}{T} \int_0^T v_o dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m \sin \omega t d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} -V_m \sin \omega t d\omega t \right] \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} [-\cos \omega t]_0^{\pi} + \int_{\pi}^{2\pi} [\cos \omega t]_{\pi}^{2\pi} \right] = \frac{V_m}{2\pi} \left[-[\cos \pi - \cos 0] - [\cos 2\pi - \cos \pi] \right] \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} [-[-1-1] + [1-(-1)]] = \frac{V_m}{2\pi} [4] = \frac{2V_m}{\pi} \\
 &= 0,636V_m
 \end{aligned}$$

Nilai tegangan RMS dari beban (V_L rms) dapat dihitung dengan rumus setelah menggunakan filter C :

$$V_{ac} = \frac{V_{r(pp)}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_m}{4\sqrt{2}fRC} \quad (1)$$



Gambar 2. Bentuk gelombang tegangan input - output

Dengan melihat gelombang tegangan yang ditunjukkan pada gambar 2 kita dapat menghitung nilai rata-rata dari arus beban (I_{ave}) dengan rumus :

$$I_{ave} = \frac{V_{ave}}{R} \quad (2)$$

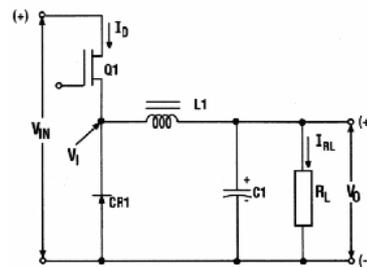
Nilai arus RMS dari beban (I_L rms) dapat dihitung dengan rumus :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \quad (3)$$

B. Buck converter

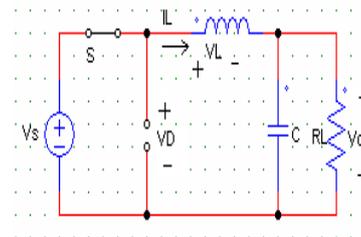
Buck converter adalah konverter daya yang digunakan untuk merubah suatu tegangan DC masukan (V_a) ke tegangan keluaran DC yang lebih kecil (V_s). Seperti halnya transformator pada tegangan AC. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah switch (solid state electronic switch) seperti misalnya Thyristor, MOSFET, IGBT, GTO.

Berikut gambar 3 merupakan skematik buck chopper.

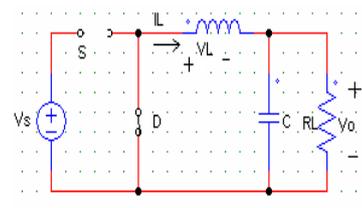


Gambar 3. Buck Converter

Cara kerja rangkaian dapat dibagi menjadi dua mode. Mode 1 dimulai pada saat mosfet Q1 di-on-kan pada $t=0$, arus masukan, yang meningkat, mengalir melalui filter induktor L, filter kapasitor C dan beban resistor R. Mode 2 dimulai pada saat transistor Q1 di-off-kan pada $t=t_1$. Dioda freewheeling Dm terhubung karena energi yang tersimpan pada induktor dan arus induktor tetap mengalir melalui L,C, beban dan dioda Dm. Arus induktor turun sampai mosfet Q1 di-on-kan kembali pada siklus berikutnya. Rangkaian ekuivalen untuk kerja mode-mode ditunjukkan pada gambar 4 saat mode on dan gambar 5 saat mode off.



Gambar 4. mosfet mode-on kondisi mode 1



Gambar 4. mosfet mode-off kondisi mode 2

C. Battery/Accu

Baterai atau sering disebut sel kering, adalah salah satu komponen pendukung dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan accu untuk dapat menghidupkan mesin kendaraan (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Accu mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik.

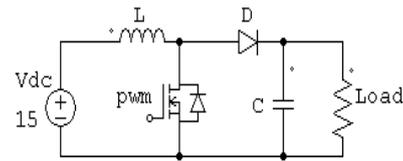
Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negative (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik. Akan tetapi tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan accu. Dalam sebuah accu berlangsung proses elektrokimia yang reversible (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible yaitu di dalam accu saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

Besar ggl yang dihasilkan satu sel aki adalah 2 Volt. Sebuah aki mobil terdiri dari enam buah aki yang disusun secara seri, sehingga ggl totalnya adalah 12 Volt. Accu mencatu arus untuk menyalakan mesin (motor dan mobil dengan menghidupkan dinamo stater) dan komponen listrik lain dalam mobil. Pada saat mobil berjalan accu dimuati (diisi) kembali sebuah dinamo (disebut dinamo jalan) yang dijalankan dari putaran mesin mobil atau motor. Pada accu kendaraan bermotor arus yang terdapat di dalamnya dinamakan dengan kapasitas accu yang disebut Ampere Hour/AH (Ampere-jam). Contohnya untuk accu dengan kapasitas arus 60 AH, maka aki tersebut dapat mencatu arus 60 Ampere selama 1 jam atau 1 Ampere selama 60 jam.

D. Boost Converter

Prinsip Kerja Boost Converter, gambar dibawah ini menunjukkan gambar rangkaian dasar Boost Converter.

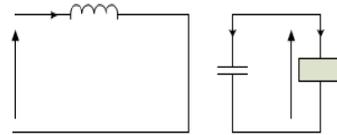


Gambar 2. Rangkaian dasar Boost Converter

Prinsip kerja dari boost konverter ini terbagi menjadi 2 mode yaitu :

□ Mode 1

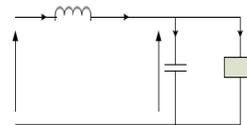
Mode 1 dimulai ketika M_1 di on-kan pada $t = 0$. Arus masukan yang meningkat mengalir melalui induktor L dan Sw. Karena tegangan pada kapasitor masih 0 sehingga beban tidak mendapat suplai tegangan saat M_1 pertama kali di on-kan.



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Mode 1

□ Mode 2

Mode 2 dimulai pada saat M_1 di off-kan pada $t = t_1$. Arus yang mengalir melalui Sw akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode Dm. Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus lebih lanjut. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.



Gambar 4. Rangkaian Ekuivalen Mode 2

Dan ketika Sw di on-kan kembali maka arus pada induktor L akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor C akan mengalir ke beban, sehingga aliran tegangan yang mengalir ke beban tidak akan pernah terputus / kontinyu. Sehingga tegangan rata-rata dari Boost Konverter dapat dirumuskan seperti dibawah ini:

$$V_o = \frac{V_s}{1-k}$$

$$k = \frac{t_1}{t_1 + t_2}$$

dimana:

V_o = Tegangan Output, V

V_s = Tegangan Input, V

k = Duty Cycle

t_1 = waktu untuk mode 1, detik

t_2 = waktu untuk mode 2, detik

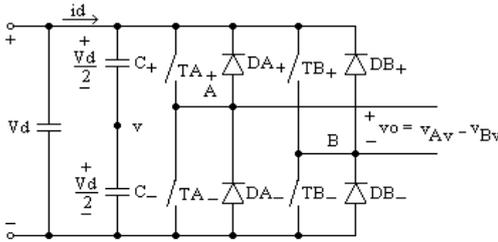
Boost Converter dapat menaikkan tegangan keluaran tanpa memerlukan trafo. Karena memiliki 1 buah transistor. Arus masukan kontinyu namun arus puncak yang tinggi mengalir melalui transistor.

Tegangan keluaran sangat sensitif terhadap perubahan duty cycle k dan sangat sulit untuk menstabilkan regulator.

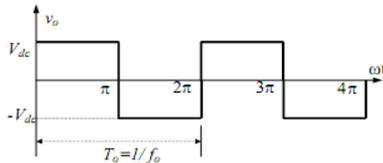
E. Inverter

Konverter DC ke AC dinamakan inverter. Fungsi sebuah inverter adalah mengubah tegangan *input* DC menjadi tegangan *output* AC. Tegangan outputnya bisa tertentu dan bisa pula diubah-ubah dengan frekuensi tertentu atau frekuensi yang diubah-ubah. Tegangan output variabel didapat dengan mengubah-ubah tegangan input DC dan agar gain inverter konstan. Disisi lain, apabila tegangan input DC adalah tertentu dan tidak bisa diubah-ubah, bisa didapatkan tegangan output yang variabel dengan mengubah-ubah gain dari inverter, yang biasanya dilakukan dengan kontrol PWM didalam inverter. *Gain* inverter didefinisikan sebagai rasio tegangan output AC terhadap tegangan input DC.

Bentuk gelombang tegangan output inverter ideal adalah sinus. Tetapi kenyataannya bentuk gelombang tegangan output inverter tidaklah sinus dan mengandung harmonisa tertentu. Untuk penerapan dengan daya rendah dan menengah, gelombang kotak simetri ataupun tidak simetri bisa digunakan, sedangkan untuk penerapan dengan daya tinggi dibutuhkan untuk gelombang sinus dengan sedikit *distorsi*. Dengan kemampuan piranti semikonduktor daya kecepatan tinggi yang tersedia, kandungan harmonisa dalam bentuk gelombang output bisa dikurangi dengan teknik penyakelaran (*switching*).



Gambar 5. Full bridge Inverter satu fasa



Gambar 6. Bentuk tegangan keluaran inverter gelombang kotak

Berdasarkan Gambar 6. maka tegangan keluaran $V_o(\omega t)$:

$$V_o(\omega t) = V_{dc} \text{ untuk } 0 \leq \omega t \leq \pi \quad (4)$$

$$V_o(\omega t) = -V_{dc} \text{ untuk } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \quad (5)$$

Dari Persamaan (4) dan (5) maka tegangan keluaran rms (V_{o-RMS}) dari inverter square wave adalah :

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{dc}^2 d\omega t} \quad (6)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\int_0^\pi V_{dc}^2 d\omega t + \int_\pi^{2\pi} (-V_{dc})^2 d\omega t \right)} \quad (7)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\pi(V_{dc})^2 + 2\pi(-V_{dc})^2 - \pi(-V_{dc})^2 \right)} \quad (8)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} (2\pi(V_{dc})^2)} \quad (9)$$

$$V_{o-RMS} = V_{dc} \quad (10)$$

Berdasarkan bentuk gelombang tegangan pada Gambar 5. Dapat dikembangkan untuk menyatakan tegangan keluaran sesaat dalam deret Fourier sebagai :

$$V_o = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sum_{n=1,2,3,\dots} \frac{\sin n\omega t}{n} \quad (11)$$

$$V_o(\omega t) = \frac{4V_{dc}}{\pi} (\sin(\omega t) + \sin(3\omega t) + \dots) \quad (12)$$

Dan untuk $n=1$, maka nilai tegangan rms komponen fundamental sebagai:

$$V_1 = \frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{2}} = 0.9V_{dc} \quad (13)$$

Persamaan arus beban sesaat I_o untuk beban RL adalah:

$$I_o = \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{4V_{dc}}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n) \quad (14)$$

Dan untuk $n=1$, maka nilai arus rms komponen fundamental sebagai:

$$I_o = \frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \theta) \quad (15)$$

Dimana:

$$\theta = \tan^{-1}(\omega L / R) \quad (2.28)$$

F. Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan resistor pembagi tegangan dipasang secara paralel antara

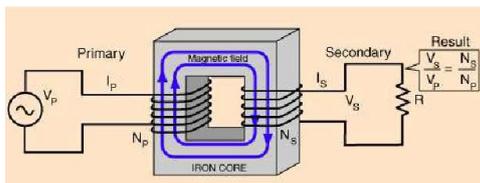
phasa dan netral. Fungsi resistor ini adalah untuk menurunkan tegangan dari tegangan sumber menjadi tegangan yang dikehendaki.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (16)$$

G. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain. Melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban; untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain; dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian.



Gambar 7. Transformator

Pada dasarnya transformator terdiri dari dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Dimana tegangan pada kumparan primer akan ditransformasikan (diubah) pada kumparan sekunder, yang besarnya tergantung dari masing-masing jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut. Bila pada kumparan primer terdapat N_1 lilitan yang diberi sumber tegangan V_1 dan pada kumparan sekunder terdapat N_2 lilitan maka pada kumparan sekunder terdapat tegangan sebesar :

$$V_1 = \frac{N_2}{N_1} V_2 \quad (17)$$

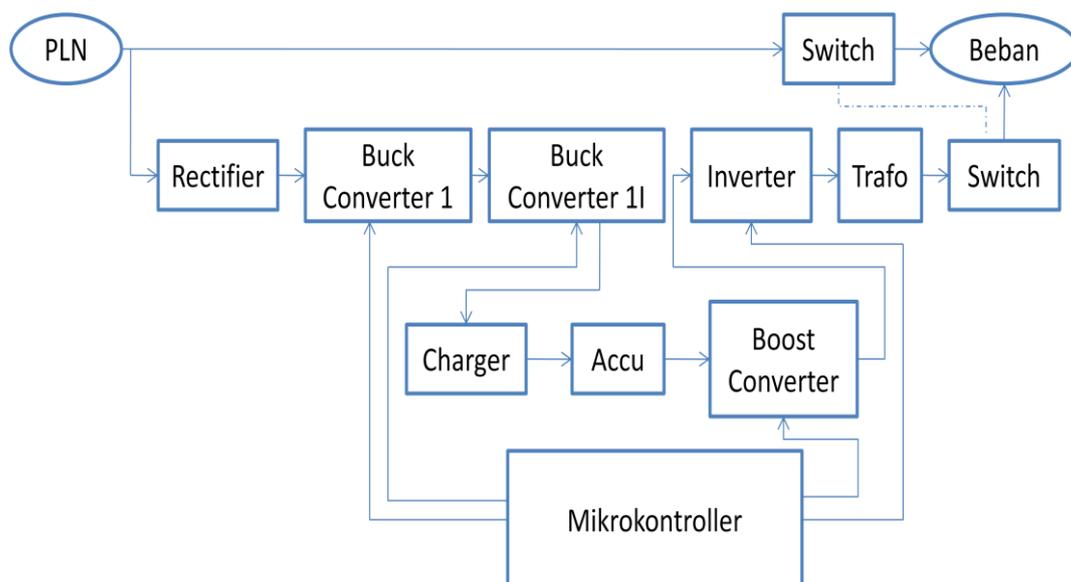
Dengan:

- V_2 : tegangan sekunder (V)
- V_1 : tegangan primer (V)
- N_2 : jumlah lilitan sekunder
- N_1 : jumlah lilitan primer

Didalam transformator terjadi dua prinsip yaitu pada kumparan primer terjadi hukum Oersted dan pada kumparan sekunder terjadi hukum Faraday, yang mana bunyi dari kedua hukum adalah sebagai berikut

- Hukum Faraday berbunyi bahwa medan magnet statis yang bergerak menurut fungsi waktu akan menghasilkan tegangan induksi yang kemudian menghasilkan arus listrik induksi.
- Hukum Oersted menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar, maka disekitar kawat penghantar tersebut terjadi medan magnet.

3. METODE PERANCANGAN SISTEM



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

