

# TOMPEL (TONG SAMPAH PENGHASIL ENERGI LISTRIK)

**Bingesti Vegi Mayolan<sup>1)</sup>, Ade Chandra<sup>2)</sup>, Willy Azhar<sup>3)</sup>, Fitri Rahmatesa<sup>4)</sup>,  
Vebby Ola Hendessa<sup>5)</sup>, Muhammad Imran Hamid<sup>6)</sup>**  
Universitas Andalas

## *Abstract*

*Plastic waste is the main problem that we face in Indonesia and still there is no appropriate way to solve it. Indonesia is ranked in number two as the country that throwing plastic waste to the sea. The common solution that mostly developed is by using recovery method, which is recycling the materials or compounds that exist in trash even it is physically, chemically, biologically or thermally. In this case it is needed a prototype for recovery system in changing trash into electrical energy. A prototype named TOMPEL (basket case generating electrical energy) has its function besides the place to put trashes but also has its function as converting tools to convert energy from plastic combustion into electrical energy with thermoelectricity system. The output is DC electricity that converts into AC electricity so it can be used after that. Based on experiment that has been done, the conclusion is effective plastic mass is 200 gram with outer voltage 10 volt by using glass wool as isolator. The voltage can recharge power in mobile phone. Moreover, solid waste is transformed into bricket.*

**Kata Kunci:** TOMPEL, Trash, Recovery, Thermoelectric, electricity

## **PENDAHULUAN**

Sampah plastik merupakan permasalahan utama di Indonesia yang masih belum ditemukan solusinya yang paling optimum. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) Indonesia menyebutkan bahwa pada tahun 2007, 194 kabupaten dan kota yang tersebar di Indonesia telah menghasilkan 666 juta liter atau 42 juta kilogram sampah (KLH, 2008). Ketua Umum *Indonesia Solid Waste Assosiation*, Sri Berbassari mengatakan bahwa berdasarkan data statistik persampahan domestik di Indonesia, jumlah sampah plastik merupakan 14% dari total produksi sampah di Indonesia atau sekitar 6 juta ton. Sebuah riset dari organisasi non-pemerintahan *Greeneration* menyebutkan setiap tahun di Indonesia rata-rata setiap orang dapat

menghasilkan 700 kantong sampah plastik per tahun (Agung, 2016).

Permasalahan sampah plastik di Indonesia ini bahkan diperparah dengan kebiasaan masyarakat yang membuang sampah ke sungai. Sampah-sampah ini akan menyebabkan pencemaran di sepanjang aliran sungai hingga akhirnya bermuara di laut. Kebiasaan ini bahkan telah menghantarkan Indonesia menjadi penyumbang sampah plastik terbesar ke laut nomor dua di dunia setelah China (Jambeck, 2015).

Banyak usaha yang telah dilakukan untuk mengurangi produksi sampah plastik ini. Gerakan 3R (*Reduce, Reuse* dan *Recycle*) awalnya sebagai solusi untuk permasalahan ini. Namun tetap saja tidak efektif karena kurangnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat berkaitan dengan gerakan ini.

Seiring berkembangnya pengetahuan dan teknologi, beberapa negara maju seperti Jepang mulai menerapkan gerakan 4R (*Reduce, Reuse, Recycle* dan *Recovery*).

Permasalahan sampah di Indonesia diharapkan dapat diselesaikan dengan jalan *Recovery*. *Recovery* merupakan suatu usaha untuk memperoleh kembali komponen yang masih bermanfaat dalam suatu limbah baik dengan cara fisika, kimia, biologi, maupun *thermal*. Dalam permasalahan ini, *recovery* berkaitan dengan usaha untuk merubah sampah plastik menjadi energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi terbarukan diharapkan menjadi sumber energi masa depan yang ramah lingkungan dan tidak membahayakan.

Dalam kegiatan ini diusulkan untuk melakukan *recovery* sampah plastik menjadi energi ramah lingkungan dalam wujud "TOMPEL (Tong Sampah Penghasil Energi Listrik)". Tong sampah ini mampu menghasilkan listrik dari proses pembakaran sampah dengan sistem termoelektrik.

Tujuan dalam pembuatan "TOMPEL (Tong Sampah Penghasil Energi Listrik)" ini adalah untuk menghasilkan tong sampah yang merangkap sebagai pembangkit listrik skala mikro untuk menciptakan sumber energi ramah lingkungan serta mengurangi permasalahan sampah dengan tidak menimbulkan sumber pencemar baru bagi lingkungan sekitar.

Pembuatan TOMPEL menggunakan peralatan habis pakai serta peralatan penunjang untuk merangkai dan menguji coba TOMPEL. Berikut adalah bahan dan peralatan yang digunakan dalam pembuatan TOMPEL:

#### 1. Peralatan habis pakai

Peralatan habis pakai yang digunakan pada pembuatan TOMPEL ini adalah:

- Thermoelektrik
- Glasswol
- Plat aluminium
- *Accumulator*
- Inverter listrik
- Kabel tembaga
- *Boost Converter*
- Pasta thermal
- *Heatsink*
- Lakban Isolatif
- Aluminium Foil
- Slang Gas

#### 2. Peralatan penunjang

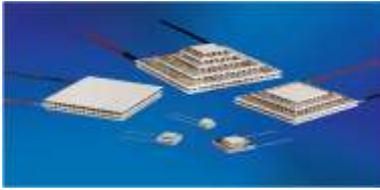
Peralatan penunjang untuk merangkai dan menguji coba TOMPEL ini adalah:

- Cutter plat
- Tang
- Penggaris
- Gunting
- Solder
- Thermometer Laser
- Bor listrik

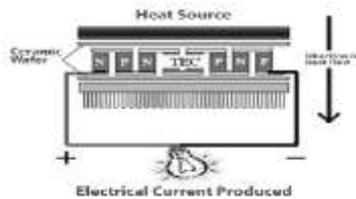
Peralatan-peralatan yang diperlukan untuk merealisasikan tong sampah penghasil energi listrik diantaranya adalah :

#### 1. Thermoelektrik

Konsep panas dipompa ke satu sisi pasangan dan ditolak dari sisi yang berlawanan. Arus listrik yang dihasilkan, sebanding dengan gradien suhu antara panas dan dingin sisi. Perbedaan suhu di seluruh konverter menghasilkan arus searah ke beban menghasilkan tegangan terminal dan arus terminal.



Gambar 1.1 Thermoelektrik



Gambar 1.2 Struktur Pembangkit Daya Thermoelektrik

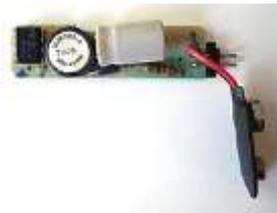
Gambar 1.1 menunjukkan struktur TEG yang terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Panas masuk pada satu sisi dan dibuang dari sisi yang lainnya, menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan termoelektrik. Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur.

## 2. Boost Converter

Konverter DC-DC adalah suatu alat penyedia daya tegangan searah (DC) yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih rendah atau tinggi (Hidayat, 2010).

Pada rangkaian *boost converter* terdapat komponen induktor, fungsi induktor tersebut adalah untuk menyimpan energi listrik, energi listrik ini nantinya akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban adalah hasil dari tegangan masukan ditambah dengan energi

yang tersimpan pada induktor, sehingga tegangan keluaran *boost converter* menjadi lebih besar dari pada tegangan masukannya (Umarella, 2012).



Gambar 1.3 Boost Converter Sumber:

## 3. Inverter

Rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoida, melainkan gelombang persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah pasang saklar.



Gambar 1.4 Inverter

## 4. Aki (Accumulator)

Aki adalah sebuah sel atau elemen sekunder yang merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik (Pradeta, 2012).



Gambar 1.5 Aki Kering

## METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan dibagi dalam empat tahapan, yaitu :

### Tahap I, Observasi dan Pengumpulan Informasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati permasalahan yang terjadi masyarakat, dan mencari solusi tepat guna dalam memecahkan permasalahan tersebut. Pada observasi juga dilakukan peninjauan tempat yang sesuai untuk mengimplementasikan "TOMPEL". Pengumpulan data mengenai konsep alat dan bahan-bahan yang akan digunakan pada alat dengan mengambil informasi yang bersumber dari jurnal, penelitian, situs internet dan bahan bacaan yang relevan.

### Tahap II, Perancangan

Konsep rancangan didasarkan atas efisiensi pemakaian bahan dengan *output* keluaran yang maksimal. Keluaran yang diharapkan dari pembuatan alat ini memiliki kriteria yaitu, tegangan dan daya *output* yang dihasilkan, mekanisme dan fungsi, aplikasi alat, serta ketercapaian tujuan dalam pembuatan "TOMPEL". Kriteria tersebut menjadi acuan dasar dalam melakukan perancangan pembangkit listrik termoelektrik ini.

### Tahap III, Pelaksanaan Program

Pelaksanaan program dilakukan setelah konsep rancangan diselesaikan dengan analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Bentuk dari

pelaksanaan program adalah pembuatan "TOMPEL" dan melakukan pengujian. Sebelum ke proses pembuatan, bahan-bahan dan peralatan penunjang dikumpulkan dan selanjutnya dieksekusi sesuai gambaran teknologi yang diterapkan. Proses setelah pembuatan "TOMPEL" ini yaitu melakukan pengujian di tempat yang telah diobservasi sebelumnya, kemudian analisa dan evaluasi. Jika kriteria yang diharapkan belum tercapai, maka akan dilakukan evaluasi mulai dari proses perancangan hingga kriteria yang diharapkan dapat tercapai.

### Tahap IV, Pelaporan

Hasil dari kinerja pembangkit listrik termoelektrik ini akan dibuat dalam bentuk laporan sebagai wujud pertanggungjawaban dan evaluasi dari kegiatan yang telah dilakukan.

### Desain Produk

TOMPEL ini didesain berdasarkan efisiensi pemakaian bahan dan *output* yang maksimal. Komponen utama yang ada pada TOMPEL ini adalah:

#### 1. Generator Termoelektrik

Termoelektrik merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah perbedaan suhu yang terjadi di sekitarnya menjadi energi listrik (Putra, 2009). Termoelektrik yang digunakan adalah termoelektrik dengan tipe TEG SP 1848 yang dibeli langsung secara melalui situs belanja online.

#### 2. Kerangka Aluminium Tong Sampah

Kerangka aluminium ini berfungsi sebagai bahan yang menghantarkan panas ke rangkaian pengubah energi panas menjadi listrik.

3. Rangkaian Pengkondisi dan Penyimpanan Energi

Rangkaian energi ini terdiri dari baterai, inverter, *boost converter*. Fungsi dari rangkaian ini adalah menstabilkan dan menghasilkan listrik yang bisa digunakan dan dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga pengguna. Selain itu, *accumulator* digunakan sebagai media penyimpan energi pada saat tong sampah tidak bekerja atau tidak ada proses pembakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampah yang dibakar pada TOMPEL ini yaitu sampah plastik dan sampah kertas dikarenakan nilai kalor pembakaran sampah tersebut tinggi sehingga energi listrik dari konversi energi panas yang dihasilkan juga tinggi. Prototipe TOMPEL terdiri dari 2 komponen, yaitu kerangka tong sampah dan *toolbox* yang di dalamnya terdapat *boost converter*, *accumulator* dan inverter.

Gambar 1.6 Tabel Nilai Kalor Sampah

No	Sampel	Item	Nilai Kalor (Kcal/kg)			
			Proximate Analysis	Distilat		
			1	2	3*	4**
<b>Kertas</b>						
1	SPV	3024,24	3884,84	4234,34	1143,04	3391,14
2	Kardus	3605,14	3195,14	4118,04	4134,34	6648,34
3	Kardus	3859,14	3618,04	4234,34	1304,04	4204,04
4	Majalah	3798,04	3436,54	3646,54	495,04	3712,04
5	Kertas Hias	4246,92	3020,62	4467,24	1384,84	3391,14
6	Kardus	4487,02	4891,04	4237,12	1284,04	3371,62
<b>Plastik</b>						
7	PE 1 Bekas air 1l	5436,82	4252,42	4445,82	1342,34	3144,34
8	SEPP Landasan (no 2)	11307,08	11109,58	4444,74	1386,24	4397,52
9	PEK, bekal (no 1)	5187,94	5136,34	4311,82	1361,12	3448,74
10	SEPP (no 1)	12114,46	12197,08	4269,84	1356,34	4397,52
11	PE 2 Bekas air 1l	11813,84	11463,04	4826,42	1384,04	4397,52
12	PE (no 1)	11285,94	11206,94	4273,84	1379,34	3649,22
<b>Sampah Makanan/Pasar</b>						
13	Makanan tercampur	1562,24	1477,84	1727,24	272,04	446,12
14	Beras Pengalihan	4618,24	455,34	4491,84	373,84	4154,22
15	Beras/gandum belah	4684,12	3497,94	4486,84	1294,42	3811,62
16	Telur ut	4548,24	489,82	4261,84	248,84	4464,12
17	Beras	5827,12	1367,48	3497,24	581,34	4869,12
18	Jagung	4894,62	3662,62	4442,02	121,42	4619,24
19	Beras	7154,24	7462,42	4379,12	1614,42	4144,22
20	Padi	4464,42	1776,94	3169,92	614,24	4091,44
21	Beras	5044,84	492,42	4552,84	424,04	4147,02
<b>Sampah Kulit</b>						
22	Beras	4008,02	4632,42	4441,02	974,74	4154,22
23	Beras	4114,42	346,34	3765,52	367,84	4154,22
24	Kulit sapi/potong	4715,84	1947,42	4211,84	4064,12	3811,62
<b>Tekstil &amp; Karet</b>						
25	Bekas	4430,12	4126,42	4361,44	1444,24	4167,74
26	Karet	4624,02	4624,02	4393,54	1327,24	4167,74
27	Kain	4836,68	4664,42	4413,64	1367,92	4317,74
28	Karet	5242,12	4186,42	4218,84	434,84	4094,62
<b>Kayu</b>						
29	Mesam	2124,74	476,24	2461,24	424,04	4137,62
30	PE Mesam	3891,44	379,24	3291,42	484,84	4137,62
31	Batang	1665,72	536,34	1814,44	413,12	4137,62
32	Batang	2711,64	380,12	3097,12	480,12	4137,62

\* data Tumbuhan  
\*\* sesuai data di Tumbuhan

Sebelum semua komponen dipasang, telah dilakukan uji coba terhadap masing-masing komponen yang akan digunakan dan selanjutnya dilakukan uji coba terhadap sistem untuk mengukur tegangan DC keluaran pada pembangkit listrik termoelektrik ini.

Kerangka tong sampah terbuat dari aluminium dengan ketebalan 1,2 mm. Aluminium digunakan karena memiliki konduktivitas thermal yang tinggi yaitu sebesar 202 W/mK (Sears, 2002).

Gambar 1.7 Tabel Konduktivitas Material

Bahan	k(W/m.K)	Bahan	k(W/m.K)
Logam		Polimer Logam	
Perak	410	Kuning	41,6
Tembaga	385	Magnesium	4,15
Aluminium	202	Stainless Steel	16,3 - 26,4
Nikel	91	Batu bara	1,83
Besi	78	Kaca jendela	0,78
Baja karbon	43	Kayu	0,08
Tembak	35	Serbuk gergaji	0,059
Baja krom-nikel	14,3	Wolfram	0,015
Emas	314	Karet	0,2
		Polyethylene	0,157
		Polyethylene	0,33
		Polypropylene	0,16
		Polyvinyl Chloride	0,09
		Kertas	0,166
Zat Cair		Gas	
Air raksa	8,71	Hidrogen	0,175
Air	0,556	Helium	0,141
Amonia	0,540	Oksigen	0,024
Mesin bensin SAE 30	0,147	Uap air (jenuh)	0,0206
Freon 12	0,073	Karbon dioksida	0,0146

Selain itu, bahan ini juga mudah didapatkan, tidak berat dan lebih murah. Tong sampah ini memiliki panjang 27 cm, lebar 18 cm dan tinggi 35 cm. Ukuran ini berdasarkan timbulan sampah rumah tangga yaitu sebesar 2, 33 L/orang/hari (Ruslinda, 2014).

Selain itu, rangkaian energi seperti *accumulator*, *boost converter* dan inverter diletakkan di dalam *tool box*. Uji coba juga dilakukan pada rangkaian energi ini.



Gambar 1.8 Bentuk TOMPEL

**Uji Coba Thermoelektrik TEG SP 1848**

Thermoelektrik yang digunakan adalah thermoelektrik dengan tipe TEG SP 1848. Alat ini berfungsi untuk mengubah panas yang dihasilkan dari pembakaran sampah menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Pada pengujian ini, sumber panas yang digunakan adalah kompor listrik dan pendinginan menggunakan *heatsink*.

Perbedaan temperatur pada sisi panas dan sisi dingin inilah yang akan menghasilkan tegangan. Berikut adalah gambar uji coba thermoelektrik TEG SP1848:



Gambar 1.9 Uji Coba TEGSP1848

Berdasarkan uji coba ini, digunakan beda temperatur 91,5 °C sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1.9 Hasil Uji Coba Thermoelektrik

T <sub>panas</sub> (°C)	T <sub>dingin</sub> (°C)	ΔT (°C)	Tegangan (Volt)
134,9	43,4	91,5	2,8

Thermoelektrik yang digunakan sebanyak 9 buah, sehingga tegangan yang dihasilkan sebesar 25,2 Volt. Tegangan ini cukup untuk mengisi ulang laptop, *handphone*, dan alat elektronik sederhana lainnya.

**Uji Coba Sistem**

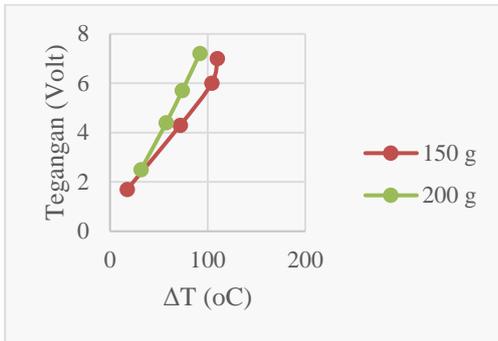
Pada pengujian sistem ini, sampah plastik dan kertas dengan berbagai variasi berat dimasukkan ke dalam tong sampah untuk dibakar, kemudian dilihat apakah bisa menghasilkan tegangan listrik atau tidak. Terdapat dua kondisi pengujian, yaitu kerangka tong sampah dibalut dengan menggunakan *glasswol* dan tanpa *glasswol*. Uji coba ini menghasilkan *output* berupa tegangan searah (DC). Kegiatan uji coba ini dilakukan di Laboratorium Dasar Universitas Andalas.

Pengujian alat dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan dan tanpa menggunakan glasswool pada permukaan dinding tong sampah. Pengujian tanpa menggunakan glasswool digunakan untuk mengetahui berat efektif yang dapat menghasilkan tegangan listrik sesuai dengan beban yang dapat ditanggung oleh aki.



Gambar 2.1 Data pengujian TOMPEL

Berikut adalah hasil percobaan perbandingan antara beda temperatur dan tegangan yang dihasilkan pada variasi berat sampah:



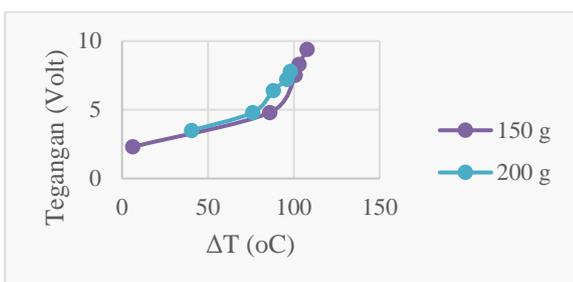
Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Beda Temperatur dan *Output* Tegangan (Tanpa *Glasswol*)

Pada pengujian menggunakan *glasswol*, TOMPEL dibalut menggunakan *glasswol* yang berfungsi sebagai peredam panas sehingga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran tidak berpindah ke lingkungan dan dapat dikonversi ke dalam energi listrik



Gambar 2.3 TOMPEL dengan *Glass wol*

Berikut ini adalah hasil pengujian TOMPEL menggunakan *glass wol* :



Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Beda Temperatur dan *Output* Tegangan (Menggunakan *Glasswol*)

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa hubungan beda temperatur dan tegangan adalah sebanding atau berbanding lurus. Semakin besar beda temperatur yang dihasilkan dari pembakaran, maka semakin besar juga tegangan yang dikeluarkan. Sedangkan untuk kondisi tanpa *glasswol* ataupun menggunakan *glasswol*, dari grafik terlihat bahwa tegangan yang dikeluarkan pada tong sampah yang menggunakan *glasswol* lebih besar dibandingkan pada tong sampah tanpa dibalut *glasswol*. Hal ini dikarenakan *glasswol* merupakan bahan isolasi panas yang memiliki daya hantar 0,06 J/det °C dan ketahanan panas hingga 540 °C (Indiyanto, 2014).

Berdasarkan analisa dari hasil uji coba yang telah dilakukan, alat TOMPEL ini memiliki potensi yang sangat besar untuk diterapkan dan dikembangkan di tengah masyarakat. Konsep TOMPEL ini diharapkan dapat meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan dengan mengolah sendiri sampah yang mereka hasilkan.

**PENUTUP**

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa:

1. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa berat sampah efektif yaitu 200g dengan luaran

tegangan sebesar 10 Volt menggunakan *glaswool* sebagai peredam panas.

2. Tegangan tersebut telah dapat melakukan pengisian ulang daya pada *handphone*.
3. Limbah padat dibentuk menjadi briket agar lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan disarankan untuk menambahkan filter asap untuk mereduksi asap yang dihasilkan dari proses pembakaran.

#### DAFTAR PUSTAKA

Hidayat, Suryo Mochamad. 2010. *Rancang Bangun Buck-boost Converter*. Depok: Universitas Indonesia.

Pradeta, Shinta Meidiya. 2012. *Tulisan dan Gambar Berjalan dengan Sumber Solar Cell Berbasis Atmega16*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Putra, N. 2009. *Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid*. Depok: Universitas Indonesia.

Ruslinda, Y. 2014. *Karakteristik Fisik Sampah Kota Padang Berdasarkan Sumber Sampah dan Musim*. Padang: Universitas Andalas.

Sears, Z. 2002. *Fisika Untuk Universitas Jilid 2*. Jakarta: Erlangga

Umarella, Fahmi. 2012. *Analisa Induktor Toroid Binokuler pada Rangkaian Boost Converter*. Depok: Universitas Indonesia.

Agung, Y. 2016. *Indonesia Darurat Sampah* pada laman *Kompas.com*. Diunduh pada 20 Oktober 2016.

Indiyanto. 2014. *Diktat Pengantar Pengetahuan Bahan Teknik (Online)*. [http://eprints.upnjatim.ac.id/3000/1/bahan\\_teknik.pdf](http://eprints.upnjatim.ac.id/3000/1/bahan_teknik.pdf)

<https://appliedheattransfer.wordpress.com/termoelektrik-2/>

[http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/automotive/dc-ac-power\\_inverter.htm](http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/automotive/dc-ac-power_inverter.htm)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Boost\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter)

<http://ridwan994.blogspot.co.id/2012/10/definisi-aki.html>