

PEMANFAATAN LIMBAH BENGKEL MOTOR MENGGUNAKAN SISTEM THERMOELECTRIC GENERATOR UNTUK PENGISIAN AKI

Mochammad Rizal Alif Dwi Saputra
Prodi Teknik Elektro
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Telp. (031) 5931810
[Email: m.rizalalif03@gmail.com](mailto:m.rizalalif03@gmail.com)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Limbah Bengkel Motor Menggunakan Sistem Thermoelectric Generator untuk pengisian Aki” yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan suhu di antara jenis-jenis sampah melalui proses pembakaran untuk mendapatkan sumber energi panas dan untuk mengetahui tegangan keluaran dan kuat arus yang dapat di bangkitkan menggunakan Thermoelectric Generator tipe TEC-12706 sekaligus memanfaatkan sampah atau Limbah yang hanya akan di buang. Prinsip kerja penelitian ini yakni untuk mendapatkan nilai nilai maksimal yang di dapatkan dari proses pembakaran sebagai sumber kalor untuk diserap TEG tipe TEC-12706 dan membuang panas dengan menggunakan water block. Hasil pengujian dengan rangkaian seri paralel 8 modul Thermoelectric Generator tipe TEC-12706 membangkitkan sampai dengan 23,2 Volt dan kuat arus sebesar 1,04 amperen, kemudian akan di stabilkan menggunakan modul Buck Boost Converter menjadi 13,9 Volt untuk di suplai ke aki kapasitas 12 V 5 Ah hingga penuh selama 5 jam.

Kata Kunci: : Buck Boost Converter, Energi Panas, Limbah, TEG (Thermoelectric Generator).

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi yang paling dibutuhkan dalam aspek kehidupan sehari-hari. Namun sumber energi baru terbarukan masih belum dimanfaatkan secara maksimal dan masih terpaku pada Sumber Daya Alam yang semakin lama akan habis beberapa tahun ke depan. Pada perkembangan teknologi kini, banyak dilakukan penelitian – penelitian untuk menghemat sumber daya alam yang masih tersedia guna untuk kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.

Sebagai alternatif untuk menangani hal tersebut, termoelektrik merupakan salah satu solusi dalam mengatasi masalah energi yang selalu bertambah seiring dengan kemajuan teknologi mengingat ketersediaan sumber daya alam yang semakin habis dari waktu ke waktu. Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung dengan efek seebeck.

Isu terkini pada energi terbarukan adalah pemanfaatan panas buang (waste heat), pada dunia industri dan permesinan seperti automobiles, boilers dan radiator pada mobil dan kapal banyak menyumbang panas yang terbuang. Generator Termoelektrik (TEG) merupakan jenis semikonduktor yang dapat menghasilkan tegangan berdasarkan perbandingan temperatur yang melewati kedua sisi alatnya.

Di sisi lain, sampah atau limbah dari usaha yang lambat laun terus menumpuk akan membuat tempat usaha menjadi tidak enak dipandang dan tidak nyaman. Oleh sebab itu, dengan memanfaatkan pembakaran limbah yang

semakin hari kian menumpuk akan dilakukan suatu pengujian dari modul TEG daripada limbah tersebut dengan menangkap gas panas buang pada tungku pembakaran dengan thermoelectric generator untuk dijadikan sebagai cadangan listrik yang akan di isikan pada baterai/accu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TEG (Thermoelectric Generator)

Generator Termoelektrik (TEG) juga disebut Generator Seebeck yakni perangkat solid state yang mengubah fluks panas (perbedaan suhu) langsung menjadi energi listrik melalui fenomena yang disebut efek seebeck (bentuk efek termoelektrik).

TEG memiliki dua aspek yaitu sisi panas dan sisi dingin. Untuk menghasilkan tegangan sisi panas, modul TEG ditempatkan didekat sumber panas, dan radiator biasanya dilengkapi dengan sisi dingin untuk menyerap dan membuang panas. Sisi dingin modul ditandai dengan kode modul tertulis di atasnya, sedangkan sisi panasnya sebaliknya. Umumnya material yang digunakan adalah semikonduktor yaitu semikonduktor tipe p dan tipe n.

Umumnya beberapa material termoelektrik yang telah diproduksi menggunakan paduan silikon germanium, lead telluride, dan bismuth telluride. Untuk bahan silikon germanium, ini adalah suhu operasi tertinggi dari dua bahan lainnya. Bahan ini dapat menyerap panas dalam kisaran 750 hingga 1000 ° C15. Kisaran suhu kerja bahan timbal telurida adalah 400 ° C -650 ° C. Pada saat yang sama, bahan yang paling umum digunakan

adalah paduan telurida bismut dengan kisaran suhu operasi hingga 350 ° C.

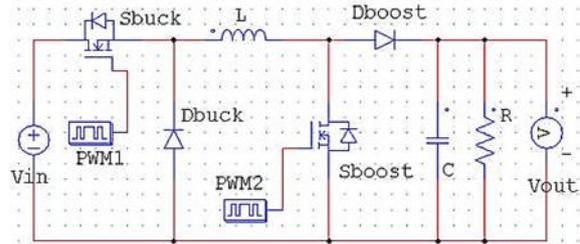
Tabel 2.1 Spesifikasi Thermoelctrik Generator tipe TEC-12706

No	Keterangan	Spesifikasi
1	Tipe	TEC-12706
2	Tegangan Kerja	DC 0 V - 15.2 V
3	Daya Max	91,2 Watt
4	Berat	25 gr
5	Ukuran	4 cm x 4 cm x 4 mm

2.2 Buck Boost Converter

Pengatur mode sakelar konverter DC/DC, di mana tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukan. Konverter menggabungkan mode buck (mengurangi voltase) dan mode boost (meningkatkan voltase). Prinsip kerja rangkaian terbagi menjadi dua mode. Selama Mode 1, ketika sakelar dihidupkan dan dioda D_m dibiarkan terbalik, arus mengalir melalui induktor L . D_m dan mencapai beban (R). Dan arus induktor L akan berkurang hingga sakelar menyala kembali. Desain konverter buck-boost pertama-tama menentukan voltase dan arus yang masuk ke konverter, kemudian menentukan voltase dan arus, dan lalu menentukan waktu operasi buck dan siklus kerja selama boost. Induktor digunakan sebagai filter untuk mengurangi arus riak.. Pada saat yang sama, kapasitor digunakan sebagai filter untuk mengurangi riak tegangan. Dioda digunakan sebagai komponen switching yang bekerja dalam keadaan mati, sehingga terus mengalir ke induktor.

Konverter buck-boost dapat bekerja dalam dua mode, yaitu mode arus kontinu (CCM) dan mode arus diskontinu (DCM). Mode beban berlebih terus menerus (CCM) dicirikan bahwa, selama siklus switching ketika induktor dalam keadaan stabil, arus mengalir terus menerus. Oleh karena itu, dalam CCM tegangan keluaran dapat diatur dengan mengubah duty cycle pada kisaran 0-0,65. Selain itu, mode CCM tidak ada hubungannya dengan nilai induktor dan kapasitor. Pada saat yang sama, mode arus terputus dicirikan bahwa arus induktor di setiap siklus switching adalah nol. Untuk mode DCM, tegangan keluaran tergantung pada nilai induktor dan ukuran duty cycle.



Gambar 2.1 Buck Boost Converter

2.3 Baterai/Accumulator

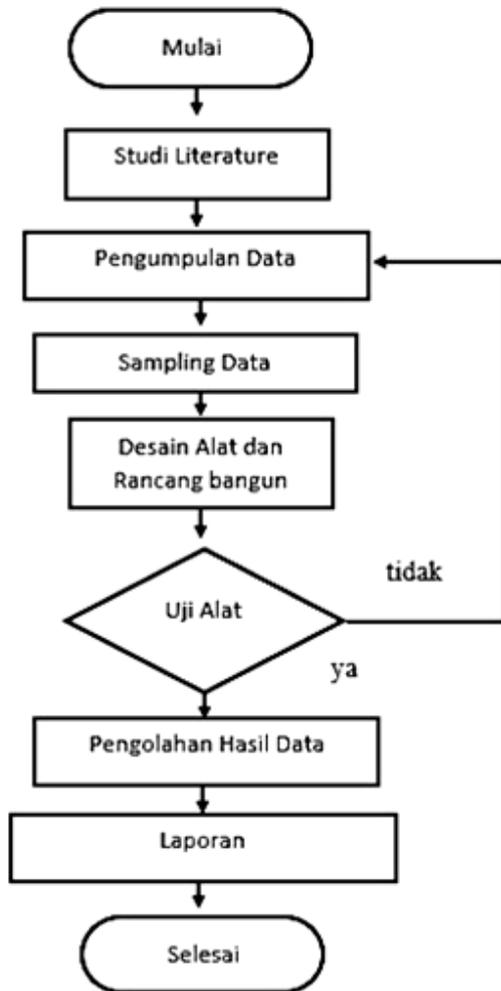
Aki adalah elemen sekunder yang merupakan sumber arus searah dan dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai mengandung unsur elektrokimia yang akan mempengaruhi reaksi, sehingga disebut unsur sekunder. Elektroda positif baterai menggunakan pelat oksida, elektroda negatif menggunakan pelat timbal, dan elektrolit berupa larutan asam sulfat. Ketika baterai digunakan, reaksi kimia terjadi sehingga menghasilkan pengendapan di anoda (reduksi) dan katoda (oksidasi). Akibatnya, tidak ada perbedaan potensial untuk jangka waktu tertentu antara anoda dan katoda, yang berarti baterai kosong. Untuk menggunakan kembali, baterai harus diisi dengan mengalirkan arus berlawanan arah dengan arus yang dipancarkan oleh baterai. Setelah mengisi baterai, pengisian akan dikumpulkan. Kumpulan muatan dinyatakan dalam ampere jam, yang disebut daya baterai. Faktanya, menggunakan baterai tidak dapat menghilangkan semua energi yang tersimpan di dalam baterai. Oleh karena itu, baterai memiliki hasil atau efisiensi. Dalam tugas akhir ini baterai yang digunakan adalah baterai dengan tegangan 12VDC.

Tabel 2.2 Spesifikasi Baterai yang digunakan.

Brand	GS Astra
Panjang	121 mm
Lebar	61 mm
Tinggi	131 mm
Tegangan	12 V
kapasitas	5.0 Ah

3. METODOLOGI PENELETIAN

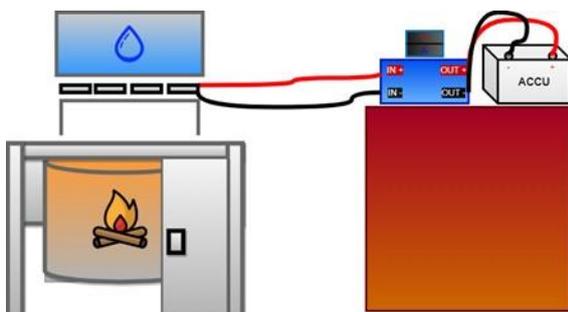
3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian

3.2 Rancangan Sistem

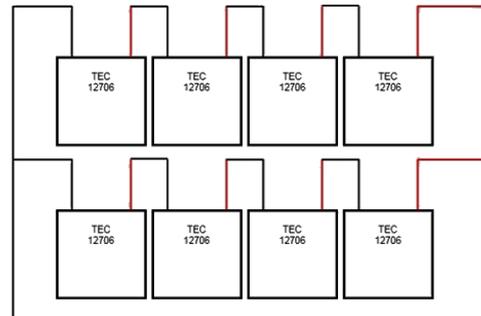
Berikut rancangan sistem dari alat penelitian TEG (thermoelectric Generator) dengan memanfaatkan Energi Panas dari Tungku Pembakaran Limbah Bengkel Motor untuk pengisian aki.



Gambar 3.2 Perencanaan rancangan Sistem alat

3.3 Rangkaian TEG (Thermoelectric Generator)

Pada penelitian ini termoelektrik generator menggunakan rangkaian seri-paralel atau campuran guna menambah tegangan dan arus listrik untuk disuplai ke baterai agar lebih efisien. TEG tipe TEC1-12706 yang akan di rangkai seri-paralel akan terkonsep seperti pada gambar 3.3 di bawah ini.



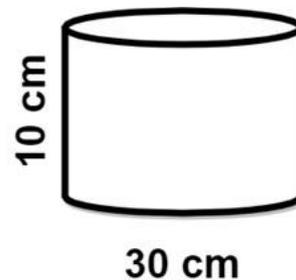
Gambar 3.3 TEG menggunakan rangkaian Seri Paralel (Campuran)

3.4 Perhitungan perencanaan desain alat

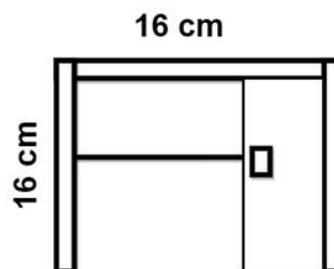
Pada rangkaian sistem keseluruhan modul TEG dengan tipe TEC-12706 akan di tempatkan diatas tungku sebagai penyerap sumber kalor dimaksudkan agar tidak terjadi overheating pada modul TEG.

Berikut rincian perhitungan ukuran alat :

1. Tong Sampah : 30 cm x 30 cm x 10 cm
2. Tungku : 16 cm x 16 cm x 16 cm
3. TEG : 4 cm x 4 cm x 4mm



Gambar 3.4 Desain pengukuran tong sampah sebagai tempat bakar



Gambar 3.5 Desain pengukuran Tungku sebagai penyerap kalor

3.5 Hasil analisa uji coba alat

Tabel 3.1 Analisa Hasil rancangan sistem

No	Suhu (Celcius)		ΔT	Tegangan (V)	Waktu (Menit)
	panas	dingin			
1	38	26	12	2,33	5
2	58	29	29	3,16	9
3	93	33	60	4,17	16
4	140	37	103	5,62	29

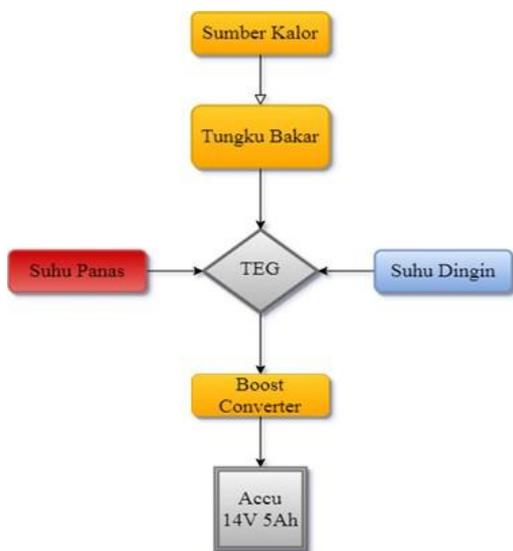
Keterangan :

1. Suhu panas dalam derajat Celcius yakni 38, 58, 93, 140.
2. Suhu dingin dalam derajat Celcius yakni 26, 29, 33, 37.

Dari data yang telah diperoleh dari hasil uji coba di atas , maka di perlukan cara untuk menghitung rata-rata sebagai berikut :

1. Suhu panas = $\frac{38+58+93+140}{4} = 170^{\circ}\text{C}$
2. Suhu dingin = $\frac{26+29+33+37}{4} = 125^{\circ}\text{C}$
3. $\Delta T = T_h - T_c$
 $= 170^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$
 $= 45^{\circ}\text{C}$
4. Dari tabel data observasi diatas nilai $\Delta T = 45^{\circ}\text{C}$ akan menghasilkan tegangan sebesar 3,76V

3.6 Blok diagram rancangan sistem



Gambar 3.6 Blok Diagram Rancangan Sistem Penelitian

Berdasarkan blok diagram pada gambar 3.6 diatas terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

1. Dengan memanfaatkan limbah dari bengkel yang akan dibakar dan tungku sebagai penangkap panas serta melakukan penyerapan panas dari pembakaran tersebut maka didapatkan sumber kalor.

2. Termoelektrik akan menyerap panas dan membuang panas yang akan menyebabkan terjadinya efek seebeck sehingga termoelektrik dapat dijadikan sebagai sumber listrik yang di dapat dari perbedaan suhu.
3. Buck boost converter sebagai stabilizer dari keluaran tegangan
4. Accu dengan tegangan 12 V 5Ah akan terisi oleh termoelektrik yang sudah diberikan daya dari sumber energi
5. Accu yang terisi penuh akan menjadi cadangan listrik bagi bengkel motor.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil data Tegangan keluaran, kuat Arus dan perbandingan Temperatur

Tabel 4.1 perbandingan suhu, Tegangan keluaran serta kuat Arus Limbah Bengkel jenis karet 500 gram.

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	Vout TEG	Iout TEG
1	Karet	500	5	42	27	15	1,3	0
2			10	82	29	53	4,2	0,03
3			15	118	31	87	5,8	0,07
4			20	139	36	103	11,7	0,19
5			25	143	37	106	12,1	0,23
6			30	127	38	89	8,3	0,09



Gambar 4.1 grafik perbandingan suhu limbah karet 500 gram



Gambar 4.2 grafik Vout dan Iout limbah karet 500 gram

Tabel 4.2 perbandingan suhu, Tegangan keluaran serta kuat Arus Limbah Bengkel jenis karet 1000 gram.

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	Vout TEG	Iout TEG
1	Karet	1000	5	68	28	40	4,8	0,05
2			10	92	32	60	5,4	0,12
3			15	147	39	108	7,3	0,21
4			20	187	40	147	13,9	0,39
5			25	216	41	175	16,2	0,41
6			30	224	43	181	18,2	0,54



Gambar 4.3 grafik perbandingan suhu limbah karet 1000 gram



Gambar 4.4 grafik Vout dan Iout limbah karet 1000 gram

Keterangan :

Th max = 224 °C

Tc max = 43 °C

ΔT max = 181 °C

Vout max = 18,2 V

Iout max = 0,54 A

Tabel 4.3 perbandingan suhu, Tegangan keluaran serta kuat Arus Limbah Bengkel jenis kertas 500 gram

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	Vout TEG	Iout TEG
1	Kertas	500	5	28	27	1	0,8	0
2			10	43	28	15	1,2	0
3			15	69	33	36	3,9	0,02
4			20	93	37	56	4,6	0,04
5			25	122	40	82	5,6	0,06
6			30	80	41	39	3,6	0,02



Gambar 4.5 grafik perbandingan suhu limbah kertas 500 gram



Gambar 4.6 grafik Vout dan Iout limbah kertas 500 gram

Tabel 4.3 menjelaskan hasil dari pembakaran limbah berjenis kertas seberat 500gr yang menghasilkan suhu panas 122°C, 40°C pada suhu dingin dengan perbedaan suhu 82°C. Sedangkan Tegangan keluaran adalah 5,6 Volt dan kuat Arus 0,06 Ampere pada hitungan menit ke 25.

Tabel 4.4 Hasil perbandingan Suhu, Tegangan keluaran dan kuat Arus pada pembakaran Limbah Bengkel jenis kertas 1000gr.

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	Vout TEG	Iout TEG
1	Kertas	1000	5	37	27	10	1,12	0,01
2			10	53	29	24	2,8	0,02
3			15	89	31	58	6,1	0,19
4			20	149	35	114	7,9	0,23
5			25	182	39	143	13,7	0,32
6			30	201	40	161	17,5	0,43



Gambar 4.7 grafik perbandingan Suhu Limbah Kertas 1000gr.



Gambar 4.8 grafik Vout dan Iout limbah kertas 1000 gram

Tabel 4.5 Hasil perbandingan Suhu, Tegangan keluaran dan kuat Arus pada pembakaran Limbah Bengkel jenis plastik 500gr.

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	Vout TEG	Iout TEG
1	Plastik	500	5	35	27	8	1,1	0
2			10	59	29	30	3,2	0,01
3			15	82	32	50	4,1	0,03
4			20	121	37	84	5,8	0,07
5			25	137	40	97	7,2	0,1
6			30	122	41	81	5,5	0,05



Gambar 4.9 grafik perbandingan Suhu Limbah plastik 500gr.



Gambar 4.10 grafik Vout dan Iout limbah plastik 500gr

Pengukuran suhu panas dan dingin limbah berjenis plastik 500gr adalah 137°C Th, Tc 40°C dan $\Delta T = 97^\circ\text{C}$, dan dapat membangkitkan tegangan beserta arus sebesar 7,2 Volt dan 0,1 ampere.

Tabel 4.6 Hasil perbandingan Suhu, Tegangan keluaran dan kuat Arus pada pembakaran Limbah Bengkel jenis plastik 1000gr.

No	Jenis Limbah	Berat (gr)	Waktu (Menit)	Panas (C)	Dingin (C)	ΔT (C)	V out TEG	I out TEG
1	Plastik	1000	5	54	28	26	3,1	0,04
2			10	63	30	33	3,8	0,06
3			15	104	36	68	6,3	0,18
4			20	140	38	102	13,6	0,32
5			25	167	41	126	14,3	0,39
6			30	197	42	155	17	0,44



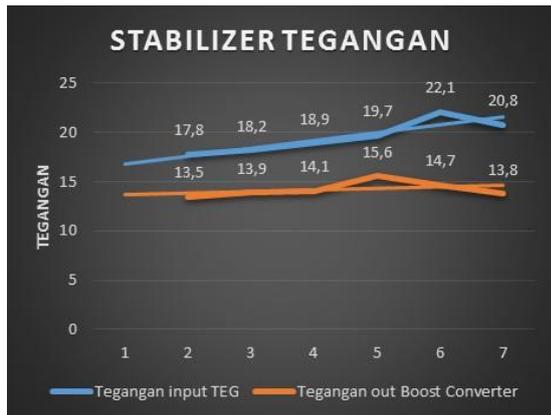
Gambar 4.11 grafik perbandingan Suhu Limbah plastik 1000gr.



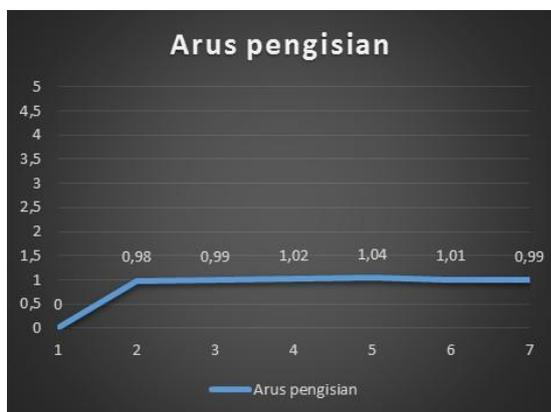
Gambar 4.12 grafik Vout dan Iout limbah plastik 1000gr

Tabel 4.7 Hasil Arus pengisian pada baterai 12 V 5 Ah

No	Tegangan input TEG (V)	Tegangan out Boost Conerter (V)	Arus pengisian (A)
1.	17.8	13.5	0.98
2.	18.2	13.9	0.99
3.	18.9	14.1	1.02
4.	19.7	15.6	1.04
5.	22.1	14.7	1.01
6.	20.8	13.8	0.99



Gambar 4.13 Grafik Tegangan keluaran TEG ke Buck Boost Converter



Gambar 4.14 grafik Arus pengisian pad Aki

Keterangan :

Rumus = (kapasitas baterai)/(Arus pengisian) = (5 Ah)/(1.01 A) = 5 jam

Dari rumus pengisian yang telah di anjurkan oleh Astra yakni C/10 untuk baterai atau aki, TEG masih cukup aman apabila suplai Tegangan dan Arus telah di Stabilkan dengan Tegangan keluaran 13.9 V dan Arus 1.01 ampere, dengan menggunakan accu kapasitas 12 V 5 Ah maka akan di dapatkan 5 Ah / 1.01 Ampere adalah 5 jam tanpa jeda.

5. KESIMPULAN

Dari keseluruhan tahap yang meliputi perancangan, pengujian, hingga dengan data analisa berdasarkan hasil dari penelitian Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Limbah Bengkel Motor Menggunakan Sistem Thermoelectric Generator Untuk Pengisian Aki” diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Sistem pemanas dengan menggunakan tungku plat besi sebagai penangkap sumber energi panas dan dengan waterblock yang di isi dengan air untuk sisi dingin mampu memenuhi tegangan yang di butuhkan untuk mensuplai aki yang diinginkan.

2. Akurasi tegangan yang dihasilkan oleh TEG mendapatkan nilai maksimal yakni 13.9 V dan Arus 1.01 ampere yang sudah di stabilkan oleh boost converter sehingga akan aman untuk di suplaikan ke aki 12 V 5 Ah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bachtera I, Hasto S, Shanti C. 2017. *Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya.
- Rudhiyanto, Soni H, Wisnu A. 2015. *Exhaust System Generator: Knalpot Penghasil Listrik dengan Sistem Termoelektrik*. SAINTEKNOL.
- Sukur, Edi. 2015. *Melirik Teknologi Termoelektrik sebagai Sumber Energi Alternatif*. Kompas.
- Noorly, M khairil, Arfis A, Rimbawaty. *Pemanfaatan Bahan Bakar Sampah Plastik Dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Hot Air Stirling Engine*.
- Uray I. 2016. *Studi Potensi Limbah Kota Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Pltsa) Kota Singkawang*.
- Monice, Perinov. Desember, 2016. *Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (Pltsa) Di Pekanbaru*. SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri).
- Jojo S, A, Santosa, M imron. 2017. *Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompur Menggunakan 10 Termoelektrik Generator Dirangkai Secara Seri Untuk Aplikasi Lampu Penerangan*.
- Faikul Imam. 2017. *Perancangan Thermoelectric Generator (TEG) Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Jurnal Ilmiah Rekayasa