



## Modul Teg (*Termoelectric Generator*) Konversi Panas Menjadi Listrik Untuk Aplikasi Pandebesi

Artoto Arkundato<sup>1</sup>, Misto<sup>2</sup>, Gaguk Jatisukamto<sup>3</sup>, Wenny Maulina<sup>4</sup>, Khalif Ardian Syah<sup>5</sup>

Univesritas Jember

Email: a.arkundato@unej.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/abdimas.v24i1.21248>

Received : 20 November 2018; Accepted: 5 Agustus 2019; Published: 30 June 2020

### Abstrak

Tungku Pandebesi tempat pemanasan baja tempa menghasilkan panas yang cukup besar. Dengan sumber panas dari pembakaran arang kayu yang dapat mencapai temperatur 1000°C maka proses pembuatan perkakas pandebesi setiap hari dikerjakan. Namun demikian pandebesi tradisional pada umumnya mempunyai desain tungku terbuka sehingga panas yang diperlukan cenderung tidak efisien karena banyak yang terbuang ke lingkungan. Dilain pihak, di daerah pedesaan listrik mungkin masih menjadi barang yang langka. Artikel ini merupakan hasil kegiatan pengabdian masyarakat di desa Sugerkidul kecamatan Jelbuk kabupaten Jember. Di daerah ini terdapat usaha pandebesi yang masih tradisional dengan sekitar 10-12 kelompok yang masih aktif namun didominasi orang tua. Konsep yang diusung pada kegiatan pengabdian ini adalah menerapkan modul TEG (*termoelectric generator*) untuk mengubah panas hasil pembakaran arang kayu yang terbuang dan tidak digunakan dalam proses pemanasan baja tempa menjadi listrik tersimpan. Listrik hasil konversi panas akan disimpan dalam modul penyimpan sampai pekerjaan pandebesi selesai. Listrik yang tersimpan dapat digunakan untuk berbagai keperluan praktis seperti penerangan ruang, charger HP, charger lampu darurat dan sebagainya. Oleh karena itu modul TEG ini dapat dikatakan sumber listrik mandiri skala mikro.

Kata Kunci: pandebesi;panas arang kayu;TEG;listrik

### PENDAHULUAN

Pandebesi adalah pada umumnya dikenal sebagai usaha rakyat di daerah pedesaan dengan fungsi membuat perkakas peralatan rumah tangga dan pertanian seperti sabit, cangkul, parang dan sebagainya. Proses pembuatan perkakas tersebut dari sudut pandang fisika melibatkan proses *quenching* dan *heating* (Arkundato dkk, 2019). Pada proses ini panas yang digunakan untuk melunakkan baja sebelum ditempa pada umumnya adalah arang kayu yang dibakar. Panas yang dihasilkan dapat mencapai 1000°C atau lebih. Jika diamati lebih dekat sebenarnya tidak semua panas yang dihasilkan dari arang kayu yang dibakar dalam tungku pandebesi digunakan semua untuk memanaskan baja tempa, bahkan jika kita teliti banyak yang terbuang ke lingkungan. Hal ini dimungkinkan karena desain tungku pandebesi tradisional pada umumnya adalah tungku terbuka. Desain

ini murah dan tidak sulit dalam pembuatannya. Panas yang terbuang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan lain misalnya untuk menghasilkan listrik? Bagaimana caranya? Apakah cukup ekonomis? Seberapa murah dan mudah untuk membuat devais konversi panas menjadi listrik? Apakah teknologinya rumit? Apakah dapat dibuat sendiri oleh para perajin pande besi?

Pertanyaan-pertanyaan tersebut sangat relevan dan menjadi faktor penting mengapa kegiatan pengabdian masyarakat ini direncanakan dan dilaksanakan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) ini dilaksanakan di desa Sugerkidul kecamatan Jelbuk kabupaten Jember Jawa Timur. Kegiatan PKM mengusung tema pelatihan pembuatan modul TEG konversi panas menjadi listrik untuk keperluan praktis seperti sumber listrik HP, lampu darurat, lampu penerangan dan sebagainya. Bagaimana caranya? Dengan

komponen elektronik TEG dan rangkaiannya maka asal ada panas maka dapat diubah menjadi listrik. Apakah cukup ekonomis? Biaya yang diperlukan relatif tidak mahal bergantung pada jumlah TEG yang digunakan. Seberapa murah dan mudah untuk membuat devais konversi panas menjadi listrik? Pembuatan modul konversi panas-listrik tidak begitu sulit dan dapat dibuat sendiri dengan improvisasi dan kreativitas sendiri pekerja pandebesi setelah diberikan pemahaman prinsip-prinsip rangkaian listrik sederhana.

Biaya yang diperlukan untuk membeli TEG tidak mahal dapat dipilih untuk berbagai tipe dan harganya di internet. Apakah teknologinya rumit? Teknologi pembuatan komponen TEG memang rumit karena merupakan produk semikonduktor dan sekarang ini masih merupakan riset yang terus berkembang. Namun teknologi untuk membuat sistem konversi panas menjadi listrik yang menggunakan TEG, yaitu aplikasi TEG pada kehidupan sehari-hari khususnya dalam konteks lingkungan pandebesi ini tidak sulit dan cukup mudah. Apakah dapat dibuat sendiri oleh apra perajin pandebesi? Modul konversi TEG ini dapat dibuat sendiri oleh pengrajin pandebesi setelah diberikan pelatihan prinsip-prinsip fisika dan elektronika sederhana. Hal yang baru dari aplikasi TEG untuk pandebesi ini adalah dalam hal desain mekanis dan estetika. Desain mekanis baik dimensi modul, model modul dan penempatan modul yang tidak tepat tidak akan menghasilkan konversi yang maksimal bahkan tidak mampu menghasilkan energi listrik yang cukup. Sedangkan dari sisi estetika jika penempatan modul konversi yang dibuat tidak tepat akan mengganggu pekerjaan pandebesi itu sendiri serta jika dilihat kurang baik.

Pemanfaatan TEG untuk aplikasi kehidupan sehari-hari sudah cukup banyak. Rafika, dkk (2016) menggunakan 4 buah termoelektrik Tipe TEC12706 dan Tipe TEG SP1848 dengan sumber panas disimulasikan menggunakan *heater* tegangan 60V, sisi pendingin menggunakan *fan* kecepatan 3,5 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa termoelektrik Tipe TEG SP1848 menghasilkan daya maksimum 0,109 W, arus 0,279 A. sedangkan Tipe TEC12706 menghasilkan daya maksimum 0,055 W, arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87°C. Kinerja elemen termoelektrik TEG Tipe SP1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC12706.

Sugiyanto, dkk (2015) melakukan pengujian aplikasi TEG pada knalpot dari motor sport 150 cc dengan menggunakan modul termoelektrik generator tipe HZ-14 dengan dimensi 6,25 cm x 6,25 cm. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa tegangan dibangkitkan langsung naik sesaat setelah sepeda motor dihidupkan. Namun tegangan akan mengalami kondisi stabil berkisar 664-665 mV setelah 15 menit sepeda motor dihidupkan.

Sugiyanto (2014) juga meneliti pemanfaatan panas knalpot sepeda motor matic 110 cc untuk pembangkit listrik mandiri dengan menggunakan modul termoelektrik generator tipe EVERRED TEG 126-40A sejumlah 3 modul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan terbuka yang dibangkitkan mencapai 3,4 V. pada kondisi dibebani lampu LED tegangan yang dibangkitkan 2,73 V dengan arus sebesar 0,02 A.

Putra, dkk (2009) menggunakan 12 modul termoelektrik generator (TEG). Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya output maksimum mencapai 8,11 Watt dengan perbedaan temperatur rata-rata 42,82°C, dibangkitkan 2,73 V dengan arus sebesar 0,02 A.

Pada artikel ini akan menyajikan ide baru aplikasi "Module TEG" untuk konversi panas terbuang tungku pandebesi (TPB) menjadi listrik atau MTEG-TPB. Panas terbuang yang dimaksud adalah panas yang sebenarnya tidak sempat dimanfaatkan untuk proses pengerjaan pandebesi yang menjadi kegiatan utama pandebesi. panas terbuang ini cukup besar mengingat pada umumnya model tungku pandebesi tradisional adalah tungku terbuka. Potensi konversi panas ini cukup menjanjikan untuk berbagai keperluan praktis daya rendah misalnya charger lampu darurat, charger HP di pedesaan.

## TEORI MATERIAL TERMOELEKTRIK

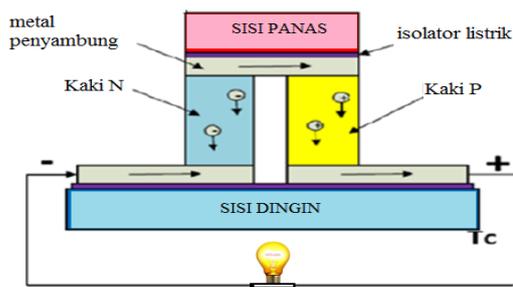
Termoelektrik generator merupakan modul termoelektrik yang bekerja berdasarkan efek *seebeck* yang dapat mengubah energi panas menjadi listrik secara langsung. Termoelektrik generator terdiri dari termokopel tipe-n (bahan dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (bahan dengan kekurangan elektron), dimana keduanya merupakan bahan semikonduktor. Termoelektrik generator merupakan keping yang terdiri dari dua sisi yaitu satu sisi panas ( $T_h$ ) dan satu

sisi dingin ( $T_c$ ), lihat Gambar 1. Pada sisi panas keping TEG akan menerima panas luar yang lebih tinggi, akan menggerakkan elektron pada termokopel semikonduktor tipe N menuju sisi dingin (keping) dengan temperatur yang lebih rendah dan masuk ke termokopel tipe P melalui *metal connection*. Sehingga akan timbul arus listrik dari pergerakan elektron tersebut. Munculnya arus ini dapat dideteksi dengan voltmeter ataupun langsung dihubungkan ke lampu penanda seperti LED.



**Gambar 1.** Material (komponen) TEG Seri 12706

Termoelektrik generator (TEG) dapat menghasilkan energi listrik apabila terdapat perbedaan temperatur diantara kedua sisi keping modul termoelektrik. Satu sisi panas dan sisi lainnya dingin. Berdasarkan spesifikasi TEG dari pabrikan yang bersangkutan diperoleh sebuah modul TEG yang sedang digunakan menghasilkan tegangan 3-4 volt bila perbedaan temperatur kedua sisi (sisi panas dan sisi dingin)  $150^{\circ}\text{C}$ . Pada penelitian ini untuk menghasilkan perbedaan dikondisikan untuk sisi panas dikenakan pada lempeng aluminium yang diberi panas dari tungku pandebesi. Sedangkan sisi dingin menggunakan tabung (reservoir) yang dialiri air secara kontinyu. Cara kerja sebuah material TEG secara sederhana dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2 (Karpe, 2016).



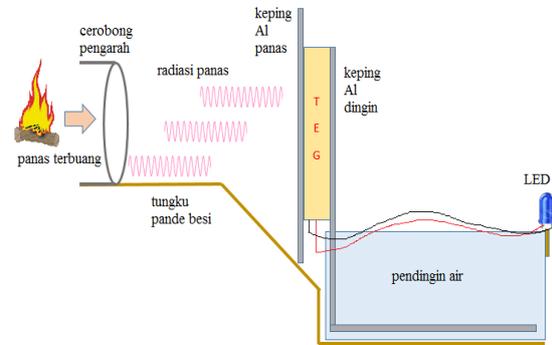
**Gambar 2.** Sketsa pembangkitan listrik pada semikonduktor TEG

**PEMBUATAN MODUL MTEG-TPB**

Pembuatan modul MTEG-TPB dapat dipisahkan dalam dua hal yaitu:

1. Desain Mekanis Alat
2. Desain Elektrik Alat

Desain mekanis alat terkait dengan bentuk tungku dan penempatan alat pada tungku agar alat dapat menyerap panas dengan baik untuk membangkitkan listrik, serta modul memiliki estetika saat dipasang serta tidak mengganggu pekerjaan utama pandebesi. Desain elektrik adalah rangkaian elektronika agar modul dapat digunakan untuk berbagai aplikasi praktis. Desain mekanis dari MTEG-TPB seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Modul MTEG-TPB pada tungku Pande Besi

Desain elektrik dari modul MTEG-TPB adalah seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Desain elektrik rangkaian seri MTEG-TPB

Adapun bahan dan alat yang diperlukan untuk penerapan dan pembuatan modul MTEG-TPB ini adalah:

1. Tungku Pandebesi dengan modifikasi khusus penyalur panas (alat)
2. Komponen TEG tipe SP1848
3. Lempeng aluminium (bekas) tebal 1-2 mm.

4. laser termometer IR yang dapat mengukur suhu tinggi mencapai 1500°C (alat)
5. Voltmeter (alat)
6. Baterai accu penyimpan listrik (alat)
7. LED
8. Blower (alat)
9. Box/kaleng air untuk pendingin
10. Kabel
11. Penjepit alumunium
12. kabel dengan gigi buaya
13. PCB
14. Alarm penunjuk panas air (alat)
15. Arang kayu
16. Silikon

Konsep pembuatan MTEG-TGB adalah sebagai berikut:

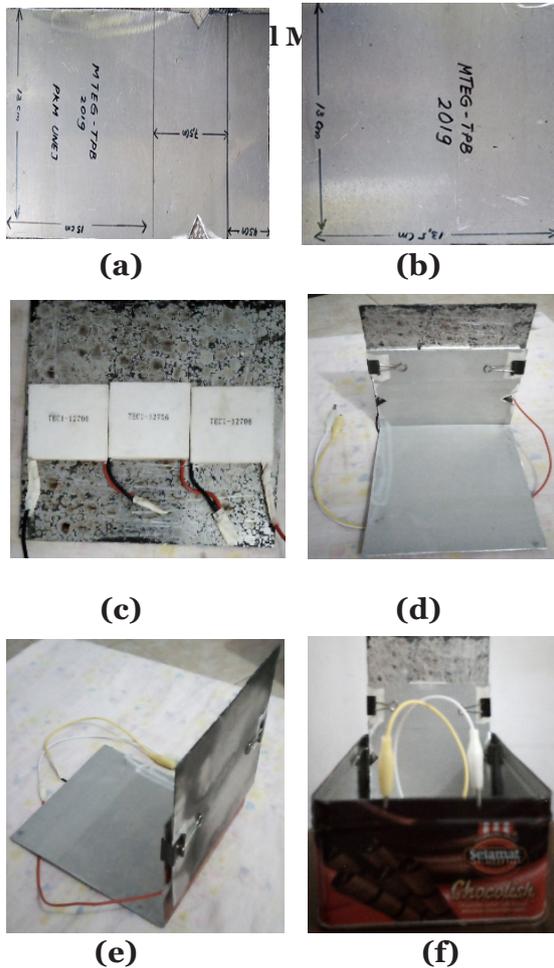
1. Pemasangan TEG. Pada modul MTEG-TGB ini satu set modul terdiri dari 3 komponen elektronik TEG yang dirangkai secara seri untuk menghasilkan tegangan sekitar 3 volt.
2. Ketiga TEG diposisikan secara sejajar kemudian diapit keping logam alumunium dengan dimensi tertentu
3. Agar kedua keping alumunium dapat tersambung baik dengan keping TEG di kedua sisi (panas dan dingin) maka dijepit dengan holder. Dengan cara ini sekaligus jika TEG rusak mudah diganti yang baru.
4. Antara kedua keping alumunium diatur jangan sampai ada konduksi panas secara langsung agar tidak terjadi kesetimbangan panas antara dua keping yang dapat mengakibatkan tidak bekerjanya TEG mengkonversi panas menjadi listrik. Untuk itu pada bagian penjepit kedua keping alumunium diberi lapisan silikon.
5. Bagian/sisi panas TEG adalah sisi dengan tanpa nomer seri TEG
6. Lebar keping alumunium diatur sedemikian rupa dimensinya cukup menampung panas dari sumber panas secara efisien dan tidak mengganggu pada saat penggunaan modul MTEG-TGB.
7. Jarak antara sumber panas (bara api) dan modul MTEG-TGB diatur sedemikian rupa temperatur pada keping alumunium yang menghadap ke sumber panas tidak terlalu tinggi yang dapat menyebabkan komponen TEG meleleh kelebihan panas. Namun juga diatur temperaturnya cukup tinggi sehingga selisih temperatur antara keping panas dan keping dingin kurang lebih 50°C. Pada komponen TEG dapat diperiksa temperatur maksimum yang dapat ditahan oleh komponen.
8. TEG bekerja berdasarkan adanya perbedaan panas antara keping panas dan keping dingin. Perbedaan panas (suhu) ini harus diupayakan cukup menghasilkan listrik dan perlu diatur stabil sehingga arus dapat mengalir dengan stabil untuk disimpan/digunakan menyalakan lampu.
9. Keping alumunium yang menempel sisi dingin TEG harus dijaga dingin agar tercipta perbedaan temperatur sehingga terjadi konversi panas menjadi listrik. Pada modul ini digunakan pendingin air sehingga keping alumunium dirancang tercelup kedalam reservoir air (wadah) secara langsung. Temperatur air perlu diperhatikan jangan sampai cepat menghangat. Jika menghangat maka nyala lampu akan terlihat meredup sampai kemudian mati jika temperaturnya sudah terlalu panas. Sehingga media air dingin harus segera diganti dengan air yang masih dingin. Pada kondisi ini lebih baik jika ada sirkulasi ajek aliran alir dingin menuju wadah secara kontinu sehingga suhunya tetap dingin sepanjang waktu.
10. Jarak antara keping alumunium sisi panas yang menampung panas langsung dari sumber panas yang lalu dialirkan ke sisi panas keping TEG rangkaian seri tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat diupayakan sedemikian hingga perbedaan temperatur antara dua keping alumunium terjaga konstan namun dapat menghasilkan listrik secara stabil dalam jumlah cukup.
11. Perlu diperhatikan titik leleh alumunium adalah sekitar 660,32°C. Temperatur maksimum TEG juga perlu diperhatikan. Temperatur pada keping alumunium yang menempel ke sisi panas TEG oleh karena itu harus tidak melebihi batas maksimum yang disarankan.
12. Pada modul MTEG-TPB yang sudah dibuat perbedaan suhu 50°C antara kedua keping alumunium (panas dan dingin) sudah mampu menghasilkan tegangan kurang lebih 3 volt untuk menyalakan LED dan siap disimpan. Alat mampu bekerja selama 20 menit

non stop (menyerap panas dari tungku) tanpa kerusakan.

13. Silikon diperlukan untuk melindungi keping alumunium pendingin dan keping alumunium penerima panas berhubungan langsung pada bagian penjepit.

**IMPLEMENTASI DI LAPANGAN**

Penerapan modul MTEG-TPB bisa dilakukan secara tersambung dengan tungku maupun terpisah. Untuk pemasangan tersambung langsung maka modul diletakkan langsung di depan saluran udara panas dari pusat tungku. Sedangkan penggunaan modul secara terpisah maka modul dapat ditempatkan dimana saja dengan menaruh bara api dari arang dalam jumlah cukup di wadah bara api yang telah dirancang pada modul MTEG.



**Gambar 5.** Desain modul MTEG-TPB. (a) plat alumunium pendingin (b) plat alumunium penyerap panas (c) rangkaian seri TEG (c dan e) pemasangan TEG dan (f) unit modul MTEG-TPB



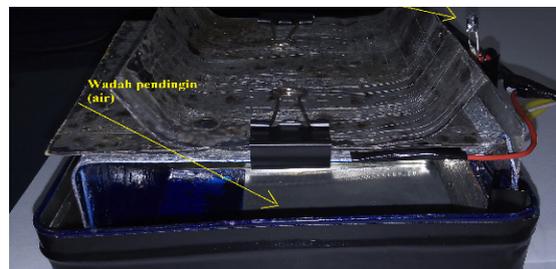
**Gambar 6.** Pemasangan modul TEG secara langsung pada tungku

**Pemasangan secara terpisah**

Modul MTEG dapat juga digunakan secara terpisah dari tungku untuk memberikan kemudahan penggunaan secara portabel. Dengan modul yang *mobil* maka modul dapat dibawa kemana saja sesuai kebutuhan.



*Tipe 1*



*Tampak Samping*



*Tampak Depan*

**Gambar 7.** MTEG digunakan secara terpisah

### **Pelatihan Pemanfaatan MTEG dan Arang Briket Sekam Padi Desa Sugerkidul Jelbuk Jember Jawa Timur**

Kegiatan pelatihan diselenggarakan pada tanggal 21 September 2019 yang diikuti oleh 14 peserta yang berprofesi sebagai pekerja pandebesi yang ada di desa SugerKidul Jelbuk Jember. Pada pelaksanaannya kegiatan ini dibantu oleh 6 mahasiswa yang telah membantu dalam proses pembuatan MTEG maupun saat praktek dilapangan.



**Gambar 8.** TIM Pengabdian di desa Suger Kidul Jelbuk Jember, September 2019 diikuti 14 Peserta (Pekerja Pandebesi)

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arkundato, A., Misto, Paramu, H., Jatisukanto, G., & Sugihartono, I. 2019. *Heating and Quenching Procedure on The Making of Traditional Blacksmith Steel with High Quality*. Jurnal spektra, 4 (1): 39-50
- Karpe, S. (2016). *Thermoelectric power generation using waste heat of automobile*. International Journal of Current Engineering and Technology, 4 (4): 144-148
- Putra, N., Koestoer, R.A., Adithya, M., Roekettino, A., & Trianto, B. (2009). *Potensi pembangkit daya termoelektrik untuk kendaraan hibrid*. Makara Journal of Technology, 13 (2): 53-58
- Rafika, H., Mainil, R. I., & Aziz, A. 2016. *Kaji eksperimental pembangkit listrik berbasis thermoelectric generator (TEG) dengan pendinginan menggunakan udara*. Jurnal sains dan teknologi, 15 (1): 7-11
- Sugiyanto. 2014. *Pemanfaatan panas knalpot sepeda motor metic 110 cc untuk pembangkitan listrik mandiri dengan generator termoelektrik*. Jurnal rekayasa mesin, 9 (3): 105-111
- Sugiyanto, Umam, M., Tarum, N., & Suciawan, E. 2015. *Rancang bangun kontruksi TEG (thermoelectric generator) pada knalpot sepeda motor untuk pembangkitan listrik mandiri*. Jurnal forum teknik, 36 (1): 56-63

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil sosialisasi aplikasi MTEG-TPB pada lingkungan kelompok pandebesi Sugerkidul dapat diperoleh gambaran beberapa hal berikut:

1. Masyarakat dapat menyerap ilmu yang diberikan dan mampu mengoperasikan alat serta mempunyai ketertarikan untuk menerapkan modul yang sudah diberikan
2. Kelompok pandebesi usia muda menjadi target untuk transfer ilmu dan teknologi ini untuk lebih menggiatkan usaha pandebesi secara modern memanfaatkan hasil-hasil pengembangan keilmuan perguruan tinggi
3. Masyarakat mempunyai sumber energi listrik alternatif yang tersedia ditempat kerja secara ekonomis
4. Untuk memperbesar tegangan listrik yang dihasilkan jumlah TEG yang digunakan dapat ditambah seperlunya
5. Modul MTEG-TPB dapat dibuat dengan biaya yang tidak terlalu mahal dan terjangkau