

2.1 Energi

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (*energy is the capability for doing work*). Berdasarkan jenisnya, energi dapat dibedakan menjadi dua yaitu energi tidak terbarukan dan energi baru terbarukan (Ibid, 2013).

2.1.1 Energi Tidak Terbarukan

Sumber energi tidak terbarukan (*non-renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang tidak dapat diisi atau dibuat kembali oleh alam dalam waktu yang singkat. Sumber energi yang tak dapat diperbaharui diantaranya adalah minyak bumi, batu bara, nuklir, dan masih banyak lainnya.

2.1.2 Energi Baru Terbarukan

Sumber energi baru terbarukan (*new-renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam maupun oleh alat penghasil energi. Sumber energi baru terbarukan diantaranya adalah matahari, angin, panas bumi, dan masih banyak lainnya.

2.2 Waste Pressure Energy

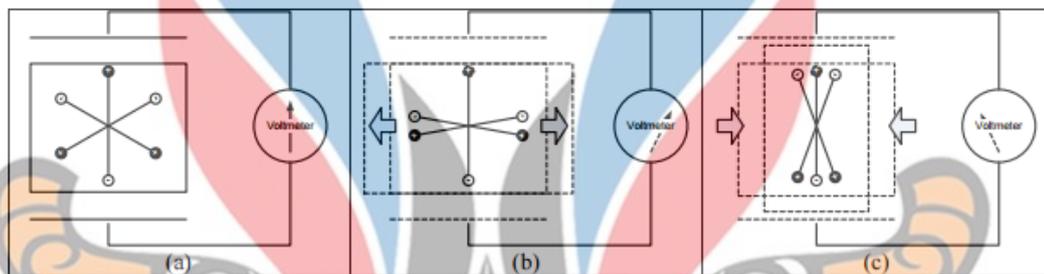
Waste pressure energy adalah energi tekanan yang terbuang saat kerja dilakukan oleh suatu sistem khususnya sistem mekanik. Sumber tekanan tinggi memberikan lebih banyak energi tetapi biasanya membutuhkan pengaturan pemulihan yang lebih mahal. Tekanan adalah faktor kunci untuk menentukan efisiensi pemulihan dalam proses seperti pembangkit piezoelektrik dan aplikasi tabung *vortex* (Gupta, 2014).

Manusia dilihat sebagai beban hidup adalah sebagai makhluk yang bergerak, sehingga pada kondisi tertentu ketika sekumpulan manusia yang melakukan aktifitas seperti bersorak dengan irama tertentu, melakukan olah raga seperti senam, berjalan bersamaan dan berlari dengan kecepatan tertentu akan mengakibatkan terjadinya tekanan pada struktur. Limbah energi tekanan akibat aktivitas manusia

dapat dikumpulkan sehingga menjadi energi yang dapat berguna bagi manusia tersebut (Wahyuni, 2012).

2.3 Piezoelektrik

Bahan piezoelektrik adalah suatu bahan yang apabila diberi *stress* (tekanan) mekanik akan menghasilkan medan listrik, sebaliknya apabila medan listrik diterapkan pada bahan piezoelektrik akan terjadi deformasi mekanik (perubahan dimensi bahan). Sifat yang reversibel ini membuat material piezoelektrik dapat berfungsi sebagai transduser dan aktuator (Abellard dkk, 2011).



Gambar 2.1 Perubahan Distribusi Muatan Bahan Piezoelektrik
(a) Tanpa Gaya Luar, (b) Bila diberi Gaya Tarik, (c) Bila diberi Gaya Tekan
(Supriandani dan Ekawati, 2015)

Kristal piezoelektrik menghasilkan tegangan listrik ketika terjadi perubahan polaritas muatan listrik akibat perubahan dimensinya. Gambar 2.1(a) memperlihatkan susunan muatan positif dan negatif yang tersebar merata bila kristal piezoelektrik tidak menerima pengaruh gaya luar. Namun bila menerima gaya tekan atau gaya tarik, posisi muatan berubah sehingga menghasilkan polarisasi muatan dan tegangan listrik. Gambar 2.1(b) memperlihatkan saat piezoelektrik menerima gaya tarik sehingga memendek dan melebar. Muatan positif dan negatif tertarik ke bagian samping dan saling menetralkan sehingga terbentuk kutub negatif dan kutub positif di bagian atas dan bawah. Gambar 2.1(c) memperlihatkan saat piezoelektrik menerima gaya tekan sehingga memanjang dan menyempit. Muatan terbagi pada dua sisi.

Masing-masing sisi mengalami kelebihan muatan sehingga terbentuk kutub positif dan kutub negatif. Kutub-kutub ini menimbulkan perbedaan potensial listrik. Perbedaan potensial ini berlangsung sesaat (impuls) dan segera kembali ke keadaan netral. Bila kedua kutub bahan piezoelektrik dihubungkan dalam rangkaian listrik

tertutup, perbedaan potensial yang terjadi dapat disalurkan dalam bentuk impuls arus listrik. Apabila kedua kutub ini tidak dihubungkan dengan rangkain listrik, maka muatan piezoelektrik akan kembali pada posisi netral dengan sendirinya (Supriandani dan Ekawati, 2015).

2.4 Pemanen Energi

Pemanen energi adalah alat yang berfungsi untuk menangkap dan mengumpulkan energi secara elektronik dari berbagai sumber energi yang dianggap terbuang atau dinyatakan tidak dapat digunakan untuk tujuan praktis apa pun. Pemanen energi atau teknologi pengumpul energi mengacu pada aplikasi yang menangkap dan mengeksploitasi energi yang tidak terpakai dan terkuras sehingga dapat mengubahnya menjadi bentuk yang lebih bermanfaat. Faktor pendorong pemanen energi adalah menipisnya minyak dan gas yang menghasilkan listrik konvensional. Minyak dan gas adalah energi yang tidak terbarukan dan akan berkurang dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, sumber baru dieksplorasi secara perlahan menggantikan sumber daya yang tidak terbarukan. Energi matahari, angin, dan hujan adalah contoh energi yang telah dieksploitasi oleh peneliti.

Pemanen energi sangat penting karena energi yang tidak digunakan akan terbuang sia-sia jika tidak dikumpulkan. Energi yang tidak digunakan akan memberikan banyak manfaat bagi manusia. Hal ini juga akan menghilangkan kebutuhan baterai untuk perangkat berdaya kecil. Dengan demikian, pemanen energi akan meningkatkan kebersihan lingkungan dan menjaganya dari kontaminasi oleh bahan kimia dalam sel kering. Pemanen energi juga bebas perawatan dan memungkinkan sirkuit untuk beroperasi tanpa penggantian baterai secara berkala (Nayan dkk, 2015).

Pada penelitian ini, energi yang dihasilkan saat ada benda yang memiliki massa yang menekan suatu bidang akan dikonversi menjadi energi listrik. Energi mekanik tersebut akan dikonversi menggunakan sistem pemanen energi berbasis transduser piezoelektrik yang diletakan di bawah keramik. Energi yang telah terkumpul selanjutnya akan disimpan menggunakan baterai.

2.5 Tegangan Efektif (VRMS)

Tegangan listrik didefinisikan besarnya beda energi potensial antara dua buah titik yang diukur dalam satuan volt (V). Tegangan dapat juga diartikan sebagai joule per coulomb. Misalkan sebuah baterai memiliki tegangan sebesar 12,6 V, itu berarti setiap muatan 1 coulomb menyediakan energi 12,6 joule. Jika sebuah lampu dihubungkan ke baterai tersebut maka setiap muatan 1 coulomb yang mengalir melalui lampu akan mengkonversi energi sebesar 12,6 joule menjadi energi panas dan energi cahaya (Melipurbowo, 2016; Sulityowati dan Febriantoro, 2012).

Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung tegangan listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut:

$$\text{Tegangan Listrik} : V = \frac{E}{Q} \quad 2.1$$

Dimana:

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

E = Energi dalam satuan joule (J)

Q = Muatan dalam satuan coulomb (C)

Dalam rangkaian arus bolak-balik, baik tegangan maupun kuat arusnya berubah - ubah secara periodik. Oleh sebab itu untuk penggunaan yang praktis diperlukan besaran listrik bolak - balik yang tetap, yaitu harga efektif (VRMS). Harga efektif arus bolak - balik ialah harga arus bolak - balik yang dapat menghasilkan panas yang sama dalam penghantar yang sama dan dalam waktu yang seperti arus searah. Daya yang dikirim oleh suplai AC setiap saat adalah (Lina, 2014):

$$P_{ac} = (I_{ac})^2 R \quad 2.2$$

$$P_{ac} = (I_m \sin \omega t)^2 R \quad 2.3$$

$$P_{ac} = (I_m^2 \sin^2 \omega t) R \quad 2.4$$

Dengan menggunakan persamaan trigonometri berikut:

$$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) \quad 2.5$$

Sehingga diperoleh daya AC berikut:

$$P_{ac} = I_m^2 \left[\frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) \right] R \quad 2.6$$

$$P_{ac} = \frac{I_m^2 R}{2} - \frac{I_m^2 R}{2} \cos 2\omega t \quad 2.7$$

Daya rata - rata yang dikirim oleh sumber AC adalah suku pertama pada persamaan 2.7 dengan suku keduanya adalah nol karena nilai rata - rata dari gelombang kosinus adalah nol. Daya rata - rata yang dikirim oleh sumber AC adalah sama dengan sumber DC sebagai berikut:

$$P_{av(ac)} = P_{dc} \quad 2.8$$

$$\frac{I_m^2 R}{2} = I_{dc}^2 R \quad 2.9$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m \quad 2.10$$

Hubungan antara nilai maksimum dan nilai efektif (rms) sebagai berikut:

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}}I_m = 0.707I_m \quad 2.11$$

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}}V_m = 0.707V_m \quad 2.12$$

(Lina, 2014)

2.6 Pusat Massa

Benda tegar dianggap tersusun dari banyak partikel dan massa sebuah benda merupakan jumlah massa masing-masing partikel penyusun benda tersebut. Pusat massa adalah sebuah titik pada benda dengan massa semua partikel penyusun benda dianggap terpusat pada titik tersebut. Untuk menghitung pusat massa sebuah benda dengan rapat massa yang seragam dapat menggunakan persamaan dibawah berikut.

$$\text{Pusat Massa 1 Benda} \quad : \quad x_{PM} = \frac{\int_{x=0}^{x=L} \lambda x \, dx}{\int_{x=0}^{x=L} \lambda \, dx} \quad 2.13a$$

$$: \quad y_{PM} = \frac{\int_{y=0}^{y=M} \lambda y \, dy}{\int_{y=0}^{y=M} \lambda \, dy} \quad 2.13b$$

$$: \quad z_{PM} = \frac{\int_{z=0}^{z=N} \lambda z \, dz}{\int_{z=0}^{z=N} \lambda \, dz} \quad 2.13c$$

Dimana:

xPM = Koordinat pusat massa pada sumbu x

yPM = Koordinat pusat massa pada sumbu y

zPM = Koordinat pusat massa pada sumbu z

L = Panjang benda pada sumbu x (cm)

M = Panjang benda pada sumbu y (cm)

N = Panjang benda pada sumbu z (cm)

λ = Rapat Massa (kg/cm^3)

Setiap benda tegar dianggap tersusun dari banyak partikel dengan jarak antara setiap partikel sama. Walaupun demikian, untuk mempermudah penurunan rumus menentukan pusat massa dari 2 buah benda gabungan, dibuat penyederhanaan dengan menganggap benda tegar hanya terdiri dari dua partikel. Kedua partikel ini dapat disebut sistem benda tegar.

$$\text{Pusat Massa 2 Partikel} : x_{\text{PM}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \quad 2.14a$$

$$: y_{\text{PM}} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2} \quad 2.14b$$

$$: z_{\text{PM}} = \frac{m_1 z_1 + m_2 z_2}{m_1 + m_2} \quad 2.14c$$

Dimana:

m_1 = massa benda 1

m_2 = massa benda 2

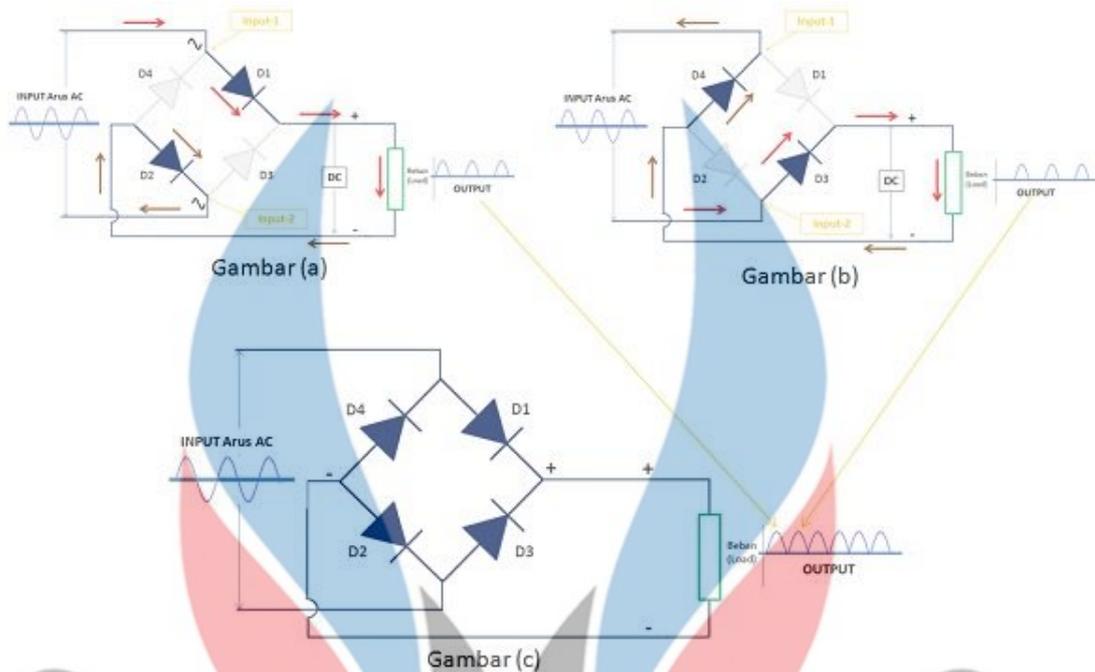
x_1, y_1, z_1 = koordinat pusat massa benda 1

x_2, y_2, z_2 = koordinat pusat massa benda 2

Jika sistem terletak pada suatu bidang (dua dimensi) maka pusat massa benda berada di antara x_{PM} dan y_{PM} . Sebaliknya jika sistem terletak dalam suatu ruang (tiga dimensi) maka pusat massa benda berada di antara x_{PM} , y_{PM} dan z_{PM} (Giancoli,2001).

2.7 Bridge Diode 2W10

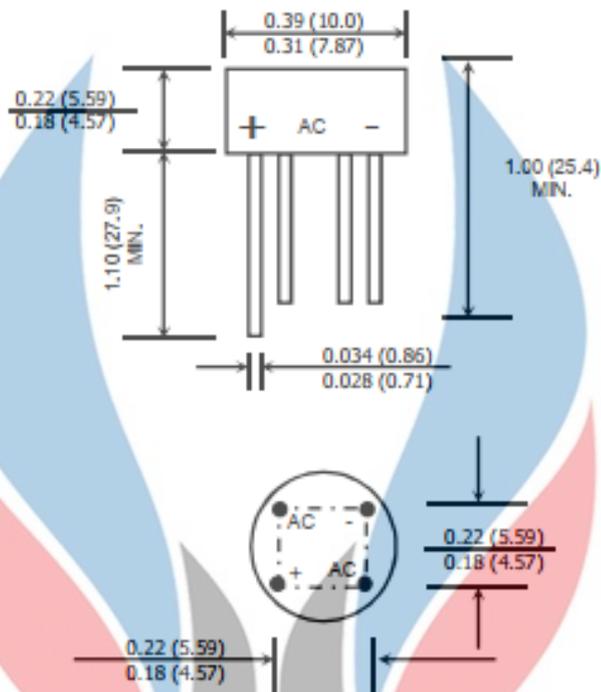
Dioda Bridge (*Bridge Diode*) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Dioda Jembatan adalah jenis dioda yang berfungsi sebagai penyearah arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) menjadi arus searah (*Direct Current/DC*).



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Dioda Bridge
(a) D1 D2 *Forward Bias*, (b) D3 D4 *Forward Bias*, (c) *Output*

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa, keempat dioda yang diberi label D1, D2, D3 dan D4 disusun secara “seri berpasangan” dengan hanya dua dioda saja yang melewati arus satu sisi sinyal atau arus setengah siklus gelombang (*half cycle*). Pada saat sisi sinyal positif (+) diberikan ke input-1 dan sinyal negatif (-) diberikan ke input-2 *bridge diode*, pada Gambar 2.2(a) terlihat bahwa rangkaian internal D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *forward bias* sehingga melewati sinyal positif tersebut, sedangkan D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *reverse bias* yang menghambat sinyal sisi negatifnya.

Kemudian pada saat sinyal berubah menjadi sinyal negatif (-) yang diberikan ke input-1 dan sinyal positif (+) ke input-2 *bridge diode* maka D3 dan D4 akan berubah juga menjadi kondisi *forward bias* yang melewati sedangkan D1 dan D2-nya menjadi *reverse bias* yang menghambat sinyal sisi negatif seperti yang terlihat pada Gambar 2.2(b). Hasil dari penyearah gelombang penuh adalah seperti pada Gambar 2.2(c) (Muhallab, 2010)



Gambar 2.3 Dimensi Dioda Bridge 2W10

Dari Gambar 2.3 terlihat bahwa dimensi diode bridge 2W10 dapat dikatakan sebagai dioda yang memiliki ukuran tidak terlalu besar. Dioda bridge 2W10 berbahan dasar silikon dengan beberapa fitur yaitu kemampuan lonjakan arus yang tinggi, keandalan tinggi, arus balik rendah, penurunan tegangan maju rendah, ideal untuk papan sirkuit yang tercetak (*Data Sheet 2W10, 2013*).

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Norkharziana dkk, 2011	Metode : Penempatan rangkaian transduser piezoelektrik pada atap rumah menggunakan rangkaian seri, paralel, dan seri-paralel. Hasil : Seri 8 sensor menghasilkan 8 V 0,001 mA, Paralel 8 sensor menghasilkan 1 V 1 mA, dan Seri-Paralel 28 sensor menghasilkan 14 V 50 mA.

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
2	Cha dkk, 2016	Metode : Pemanen energi dari gerakan klik mouse dari jari robot dan jari telunjuk manusia menggunakan bahan piezoelektrik. Hasil : Jari telunjuk manusia selama klik mouse memiliki gerakan kecil dibawah 1° dan frekuensi 2-3 Hz sedangkan jari robot menggunakan amplitude meningkat sebesar 50%
3	Adhes dkk, 2017	Metode : Mengukur tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik dengan variasi penampang <i>bluff body</i> adalah segi empat, segi enam, segi delapan, dan lingkaran. Hasil : Penampang segi enam menghasilkan tegan rata-rata tertinggi sebesar 0,037 mV.
4	Li dkk, 2018	Metode : PZT-5H sebagai bahan vibrator piezoelektrik dengan aksi getaran paksa frekuensi rendah dari beban roda kendaraan trotoar. Hasil : Tegangan maksimum yang dicapai adalah 65,2 V dengan tumbukan roda primer menghasilkan energi listrik 0,23 mJ
5	Shreyan dkk, 2019	Metode : Bahan piezoelektrik ditanam di bawah jalan yang akan menghasilkan listrik dari pergerakan kendaraan yang lewat. Hasil : Metode yang diusulkan terbukti efektif untuk memanen energi serta masih ada beberapa masalah yang membatasi dalam pengimplentasiannya.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan