

MEMBINA PENJANA KUASA ELEKTRIK MINI PIEZOELEKTRIK

RAMLE BIN MAPALABONG

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

MAC 2007

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: MEMBINA PENJANA KUASA ELEKTRIK MINI PIEZOELEKTRIKIjazah: IJAZAH SARJANA MUDA (KEPUJIAN) SAINS (FIZIK DENGAN ELEKTRONIK)SESI PENGAJIAN: 2004Saya RAMLE BIN MAPALABONG

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

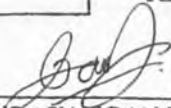
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

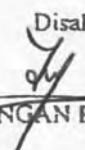
TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh


 (TANDATANGAN PENULIS)


 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)
Alamat Tetap: PETI SURAT 1940,
91404, TAWAU SABAH

Nama Penyelia

Tarikh: 18/04/07

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

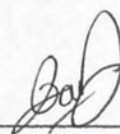
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAHUMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

14 Mac 2007



RAMLE BIN MAPALABONG
HS2004-6076

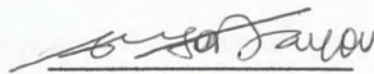


DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

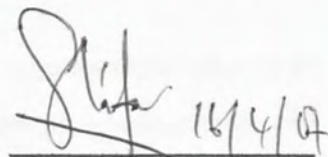
1. PENYELIA

Prof. Madya Dr. Jedol Dayou


16.4.2007

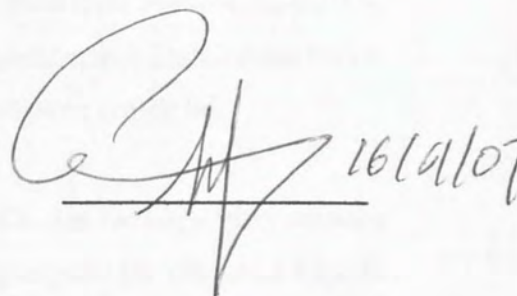
2. PEMERIKSA 1

Safie Salleh


16/4/07

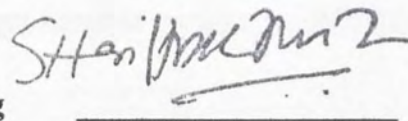
3. PEMERIKSA 2

Dr. Haider F. Abdul Amir


16/4/07

4. DEKAN

SUPT./KS. Prof. Madya Dr. Shariff A.K Omang


16/4/07

PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim. Segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadrat Allah s.w.t. Sesungguhnya dengan izin-Nya, disertasi ini dapat disiapkan dalam tempoh yang ditetapkan.

Ucapan penghargaan ini ditujukan khas kepada penyelia projek iaitu Professor Madya Dr. Jedol Dayou atas tunjuk ajar dan dorongan beliau semasa proses penghasilan projek ini. Tidak lupa juga ucapan penghargaan ini ditujukan kepada pembantu makmal seperti En. Rahim, En Jonathan dan Cik Foina atas kesudian mereka memberikan pertolongan dalam peminjaman peralatan makmal yang digunakan untuk menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, penghargaan ini ditujukan kepada ayah dan ibu dan keluarga yang sentiasa mendoakan kejayaan saya. Tidak lupa juga ucapan penghargaan ini ditujukan kepada rakan-rakan yang banyak memberi pendapat yang sangat berguna semasa menjalankan projek ini.



ABSTRAK

Dalam projek ini, sebuah penjana kuasa elektrik mini piezoelektrik telah dibina hasil dari penukaran bentuk tenaga daripada mekanikal kepada elektrik. Bahan piezoelektrik yang digunakan ialah jenis piezoelektrik polimer iaitu polivinilidina fluorida (PVDF). Objektif kajian diantaranya ialah membina penjana kuasa elektrik mini menggunakan bahan piezoelektrik, mengkaji voltan yang dijana oleh bahan piezoelektrik dan mengecas bateri boleh cas dengan menggunakan penjana kuasa elektrik mini piezoelektrik. Penjana kuasa elektrik mini piezoelektrik terdiri daripada model piezoelektrik, litar penerus dan bateri boleh cas. Untuk menjayakan objektif kajian, tenaga angin digunakan sebagai sumber pengujian filem piezoelektrik. Tenaga angin tersebut adalah berpunca daripada kipas angin A yang mempunyai 3 kelajuan dan dalam kajian ini hanya kelajuan 2 dan 3 sahaja digunakan. Daripada pengujian tersebut, maka voltan yang terhasil dapat dicirikan dan dianalisis. Voltan yang terhasil dibahagikan kepada dua iaitu voltan arus ulang-alik dan voltan arus terus. Voltan arus ulang-alik yang diperolehi pada kelajuan 2 dan 3 adalah masing-masing 0.81V dan 1.10V. Voltan arus-terus yang diperolehi pada kelajuan 2 dan 3 pula ialah masing-masing 1.10V dan 1.65V. Voltan arus terus yang terhasil pada kelajuan 3 digunakan untuk mengecas bateri boleh cas selama tiga jam. Pada jam pertama pengecasan, nilai arus ialah 0.016mA dan peningkatannya sebanyak 0.009mA. Nilai dge pula ialah 0.011V dan peningkatannya sebanyak 0.004V. Pada jam yang kedua, nilai arus ialah 0.025mA dan peningkatannya sebanyak 0.009mA. Nilai dge pula ialah 0.015V dan peningkatannya sebanyak 0.005V. Pada jam yang ketiga, nilai arus ialah 0.033mA dan peningkatannya sebanyak 0.008mA. Nilai dge pula ialah 0.019V dan peningkatannya sebanyak 0.004V.



ABSTRACT

CONSTRUCTING PIEZOELECTRIC MINI ELECTRIC POWER GENERATOR

In this project, a piezoelectric mini electric power generator that build from the conversion of energy from mechanically to electrical. Piezoelectric material is use is a type of piezoelectric polymer that is polyvinilidine fluoride (PVDF). In order to accomplish this project purpose, several objectives are suggested, that includes building a piezoelectric power generator with using the piezoelectric material, to investigate the voltage output that generates from the piezoelectric material and to charging the rechargeable battery by using piezoelectric mini power generator. Piezoelectric mini electric power generator is consists of piezoelectric model, rectifier circuit and rechargeable battery. In order to accomplish this project objective, wind energy is used to excite the piezoelectric film. Wind energy is from air fan A that have 3 speeds but in this project just second and third speed are being used. From the generated process, its voltage that been produced can be analyze and characterization. Voltage that been generated are in type of direct current and alternating current. Alternating current voltage that been generated from the second and third speed are 0.81V and 1.10V. Direct current voltage that been generated from the second and third speed are 1.10V and 1.65V. The direct current voltage that been generated from the third speed is used to charge the battery for 3 hours. For the first hour of charging, 0.016mA current is generated and improving about 0.009mA. The generated dge is 0.011V and improving about 0.004V. For the second hour of charging, 0.025mA current is generated and improving about 0.009mA. The generated dge is 0.015V and improving about 0.005V. For the third hour of charging, 0.033mA current is generated and improving about 0.008mA. The generated dge is 0.019V and improving about 0.004V.



SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	4
BAB 2 ULASAN LITERATUR	5
2.1 SEJARAH PENEMUAN PIEZOELEKTRIK	5
2.2 ELEMEN PIZOELEKTRIK DAN PERBANDINGANNYA	6
2.3 HUBUNGAN ANTARA VOLTAN DENGAN DAYA	9
2.4 KESAN PIEZOELEKTRIK	12
2.5 PIEZOELEKTRIK POLIMER	16
2.5.1 Mekanisma Piezoelektrik Dalam Polimer Semihablur	21
2.6 PENERUS	23
2.6.1 Penerus Gelombang Separuh	23
2.6.2 Penerus Gelombang Penuh	24
2.6.3 Penerus Gelombang Titi	25
2.7 SEL SIMPANAN	27
2.8 PENGECASAN BATERI	28
2.9 BATERI SIMPANAN NIKEL-KADMIUM	28



BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	31
3.1	PENGENALAN	31
3.2	RADAS DAN BAHAN	31
3.3	PEMBINAAN PENJANA KUASA MINI PIEZOELEKTRIK	32
	3.3.1 Model Piezoelektrik	33
	3.3.2 Litar Penerus	35
	3.3.3 Bateri Boleh Cas	36
3.4	KAEDAH KAJIAN	37
	3.4.1 Penentuan Voltan Keluaran Arus Ulang-Alik dan Arus Terus	37
	3.4.2 Analisis Bentuk Gelombang Voltan Keluaran Arus Ulang-Alik dan Arus Terus dengan Menggunakan Perisian Matlab	38
	3.4.3 Pengecasan Bateri Boleh Cas	39
BAB 4	ANALISIS DATA DAN PERBINCANGAN	40
4.1	PENENTUAN VOLTAN KELUARAN ARUS ULANG-ALIK DAN ARUS TERUS	40
4.2	ANALISIS BENTUK GELOMBANG VOLTAN KELUARAN ARUS ULANG-ALIK DAN ARUS TERUS DENGAN MENGGUNAKAN PERISIAN MATLAB	43
	4.2.1 Isyarat Voltan Arus Ulang-Alik (AU)	43
	4.2.2 Isyarat Voltan Arus Terus (AT)	51
4.3	PENGECASAN BATERI BOLEH CAS	58
BAB 5	KESIMPULAN	60
	RUJUKAN	63
	LAMPIRAN	66



SENARAI JADUAL

Nombor Jadual		Halaman
2.1	Perbezaan sifat-sifat piezoelektrik polimer dengan bahan seramik.	8
2.2	Perbandingan ciri-ciri piezoelektrik beberapa bahan polimer semihablur	20
2.3	Jenis-jenis sel sekunder	27
4.1	Voltan arus ulang-alik yang diukur pada kelajuan 2 dan 3	41
4.2	Voltan arus terus yang diukur pada kelajuan 2 dan 3	41
4.3	Nilai voltan arus ulang-alik maksimum pada kelajuan 2	46
4.4	Nilai voltan arus ulang-alik maksimum pada kelajuan 3	50
4.5	Nilai voltan arus terus maksimum pada kelajuan 2	54
4.6	Nilai voltan arus terus maksimum pada kelajuan 3	57
4.7	Tempoh pengecasan bateri boleh cas dan nilai arus yang diperolehi	58
4.8	Tempoh pengecasan bateri boleh cas dan nilai dge yang diperolehi	59



SENARAI RAJAH

Nombor Rajah		Halaman
2.1	Kesan piezoeletrik	12
2.2	Sel unit kubus NaCl yang mempunyai pusat simetri	14
2.3	Sel unit heksagonal yang mempunyai pusat simetri	15
2.4	Gambaran skematik ikatan hidrogen menunjukkan arah dalam kekisi hablur	19
2.5	Susunan rawak amorfus dan hablur dalam polimer	22
2.6	Penerus gelombang separuh	24
2.7	Penerus gelombang penuh	25
2.8	Penerus gelombang titi	26
3.1	Penjana kuasa elektrik mini piezoelektrik	33
3.2	Struktur model piezoelektrik	34
3.3	Litar penerus yang disambungkan dengan elemen piezoelektrik	35
3.4	Bateri boleh cas nikel-kadmium yang disambungkan kepada litar penerus	36
4.1	Litar penerus	42
4.2	Rajah keseluruhan voltan arus ulang-alik pada kelajuan 2	44
4.3	Voltan melawan masa pada masa awal filem piezoelektrik mula bergetar	44
4.4	Voltan melawan masa pada masa pertengahan filem piezoelektrik bergetar	45
4.5	Voltan melawan masa pada masa akhir filem piezoelektrik bergetar	45
4.6	Bentuk gelombang puncak bagi ketiga-tiga julat masa	46
4.7	Rajah keseluruhan voltan arus ulang-alik pada kelajuan 3	48
4.8	Voltan melawan masa pada masa awal filem piezoelektrik mula bergetar	48



4.9	Voltan melawan masa pada masa pertengahan filem piezoelektrik bergetar.	49
4.10	Voltan melawan masa pada masa akhir filem piezoelektrik bergetar.	49
4.11	Bentuk gelombang puncak bagi ketiga-tiga julat masa	50
4.12	Rajah keseluruhan voltan arus terus pada kelajuan 2	52
4.13	Voltan melawan masa pada masa awal filem piezoelektrik mula bergetar	52
4.14	Voltan melawan masa pada masa pertengahan filem piezoelektrik bergetar	53
4.15	Voltan melawan masa pada masa akhir filem piezoelektrik bergetar.	53
4.16	Rajah keseluruhan voltan arus terus pada kelajuan 3	55
4.17	Voltan melawan masa pada masa awal filem piezoelektrik mula bergetar	55
4.18	Voltan melawan masa pada masa pertengahan filem piezoelektrik bergetar	56
4.19	Voltan melawan masa pada masa akhir filem piezoelektrik bergetar.	56



SENARAI SIMBOL

F	daya
m	jisim
a	pecutan
k	pemalar perkadaran bagi daya
d	pekali piezoelektrik
g	pekali voltan piezoelektrik
ζ	medan elektrik
P	Pengkutuban
T	tekanan
E	kuasa
Ω	ohm
$^{\circ}C$	Celsius
A	luas filem piezoelektrik
L	ketebalan filem piezoelektrik
R	rintangan
V	voltan
C	kapasitan
F	farat
ϵ_0	pemalar ketulusan
ϵ_r	pemalar dielektrik
mA	arus

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Menurut prinsip keabadian tenaga, tenaga tidak dapat dicipta atau dimusnahkan, tetapi ia boleh ditukar kepada bentuk tenaga yang lain. Walau bagaimanapun, apa yang telah dilakukan oleh manusia ialah menghasilkan kesan elektrik yang diinginkan daripada penukaran sebarang jenis tenaga yang ada seperti tenaga haba, cahaya, magnet, kimia dan mekanik (Loper dan Tedsen, 1992).

Masalah kenaikan harga minyak mentah di peringkat antarabangsa merupakan satu krisis yang perlu dihadapi dan ditangani oleh setiap negara di dunia kerana ia merupakan bahan yang menjadi keperluan utama. Pembangunan ekonomi dan keselamatan sesebuah negara boleh terjejas sekiranya bekalan minyak mentah tidak mencukupi. Krisis kenaikan harga minyak dunia berpunca daripada The Arab Oil Embargomada pada tahun 1973 yang mengakibatkan harga minyak mentah di pasaran dunia melonjak daripada USD3.6 setong pada tahun 1972 kepada USD12.9 setong pada tahun 1974, iaitu kenaikan sebanyak 25.8 % atau kenaikan hampir 4 kali ganda. Perkara ini terjadi akibat peperangan di Israel, Syria dan Arab Saudi pada 5 Oktober 1973. Dunia mengalami kejutan kedua dalam krisis harga minyak mentah di pasaran dunia apabila



berlaku revolusi di Iran yang menyaksikan harga minyak mentah dunia melonjak daripada USD32.1 setong pada tahun 1979 kepada USD37.9 setong pada tahun 1980. Kejutan ketiga pula berlaku pada tahun 1991 berikutan berlakunya Perang Teluk akibat pencerobohan Iraq ke atas Kuwait serta pencerobohan Amerika Syarikat ke atas Iraq. Rentetan kejadian ini telah menyebabkan harga minyak mentah dunia melonjak naik ke paras tertinggi iaitu sebanyak USD36 setong. Krisis bekalan dan harga minyak telah mengakibatkan banyak negara termasuk di benua Afrika mengalami masalah keruntuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi negara maju seperti Eropah, Amerika Syarikat dan Jepun turut terbantut pada ketika itu. Permintaan terhadap bekalan minyak mentah di seluruh negara terutamanya dari China dan India serta bencana alam seperti Hurricane Emily di Mexico dan taufan Katrina turut menyumbang kepada kenaikan ini. Harga minyak mentah di pasaran dunia pada Januari 2004 adalah pada paras USD33 setong. Pada Ogos 2005, harga ini terus mengalami peningkatan ke paras 69.8 setong (Corporate Relations Division Ruhan Motion Lab, 2006).

Dari perspektif alam sekitar, penggunaan tenaga berasaskan bahan api fosil adalah sinonim dengan pencemaran alam sekitar. Semakin banyak penggunaan tenaga maknanya semakin tinggi pula risiko pencemaran alam sekitar. Penggunaan bahan api berasaskan petroleum memberi kesan sekurang-kurangnya pada tiga tahap. Pertama ketika proses penghasilan bahan api di pelantar minyak. Kedua, operasi di loji refinari dan pengeluaran. Ketiga, ketika minyak dibakar dalam enjin kenderaan atau janakuasa elektrik dengan penghasilan asap, bahan cemar setempat dan gas rumah kaca (GHG). GHG ialah gas yang menyerap dan memerangkap sinaran gelombang panjang yang meningkatkan suhu



permukaan bumi, seperti karbon dioksida, wap air, metana, nitrus oksida, halokarbon dan ozon. Dari satu segi, peningkatan harga minyak dunia menimbulkan keadaan panik dikalangan pelabur dan pengguna minyak utama. Bagaimanapun, harga minyak yang tinggi melebihi 70 dolar Amerika juga menimbulkan kesedaran baru untuk mengurangkan pergantungan terhadap minyak, lebih efisien, mengurangkan pembaziran dan mencari tenaga alternatif yang lain (Zaini Ujang, 2006).

Pada masa ini, kita dapat melihat pelbagai jenis sumber tenaga alternatif telah dibina untuk menggantikan tenaga primer tersebut. Terdapat enam jenis tenaga yang digunakan sebagai bahan untuk menjana arus elektrik dan dapat diperbaharui seperti tenaga solar, tenaga suria, tenaga geotermal, tenaga biomass, tenaga laut dan penjana hidro.

Oleh sebab itu, dalam projek ini sebuah penjana mini piezoelektrik akan dibina dimana kuasa keluaran yang terjana ialah berpunca daripada kesan daya ujaan yang dikenakan kepada bahan piezoelektrik tersebut. Penjana ini adalah merupakan satu bentuk sumber tenaga alternatif yang sedang berkembang dan walaupun ianya bersifat mini tetapi pada masa akan datang ia akan menjadi salah satu bentuk sumber tenaga yang sangat penting kepada dunia.



1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Daripada isu tenaga yang telah dibincangkan sebelum ini, jelaslah bahawa sumber tenaga alternatif perlu dibina bagi menggantikan sumber tenaga primer. Oleh yang demikian, dalam projek ini beberapa objektif kajian akan dilaksanakan iaitu:

- a. Membina penjana kuasa mini menggunakan bahan piezoelektrik.
- b. Mengkaji voltan yang dijana oleh bahan piezoelektrik.
- c. Mengecas bateri boleh cas dengan menggunakan penjana kuasa elektrik mini piezoelektrik.



BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 SEJARAH PENEMUAN BAHAN PIEZOELEKTRIK

Perkataan piezo berasal dari Greek iaitu 'piezen' yang bermaksud tekanan. Bahan pizeletrik ini telah dijumpai oleh Pierre dan Jacque Curie pada tahun 1880. Mereka mendapati bahawa cas elektrik dapat dijanakan dengan meletakkan pemberat di atas hablur kuarza. Selepas itu, para penyelidik telah menemui kehadiran pizeletrik dari pelbagai jenis seramik dan bahan plastik yang boleh diaplikasikan (Eggins, 1996).

Kegunaan bahan pizeletrik menjadi semakin penting selepas penemuan oleh Paul Langevin pada tahun 1916 berkenaan dengan sifat-sifat hablur kuarza piezoelektrik. Melalui penemuan ini, dapat dilihat bahawa beberapa bahan hablur menunjukkan pengutuban spontan sepanjang satu paksi hablur. Selama beberapa tahun, kuarza asli telah digunakan untuk membuat transduser. Pada masa ini, kuarza telah banyak digantikan dengan bahan habluran bukan organik seperti barium titanat, plumbum niobat, plumbum zirkonium titanat dan litium sulfat (John, 1997). Piezoseramik yang pertama dibangunkan secara komersial ialah BaTiO_3 . Sekitar tahun 1950an, sistem larutan pepejal

$\text{Pb}(\text{Ti},\text{Zr})\text{O}_3$ (PZT), dimana ia juga mempunyai struktur perovskit telah ditemui sebagai ferroelektrik dan kini komposisi PZT adalah paling luas digunakan dalam piezoelektrik seramik (Moulson dan Herbert, 2003).

Pada awal 1950an, Fukada menemui kepiezoelektrikan dalam pelbagai jenis biopolimer. Hanya kepiezoelektrikan ricih telah diperhatikan dalam sistem orientasi ekapaksi kristalit selulosa dan kolagen. Tegangan kepiezoelektrikan dalam regangan dan kutub filem-filem polivinilidin fluorida (PVDF) pertama kalinya telah didemonstrasikan oleh Kawai pada tahun 1969. Penemuan tersebut mencetuskan penyebaran kajian yang luas dalam piro-, piezo-, dan keferroelektrikan (PVDF). Aktiviti-aktiviti piezoelektrik yang tinggi juga telah ditemui dalam filem-filem poliuretana yang disebabkan oleh gandingan medan condong DC (Fukada, 2000).

2.2 ELEMEN PIZOELEKTRIK DAN PERBANDINGANNYA

Alat-alat pizoelektrik menghasilkan kerja mekanikal apabila diuja dengan elektrik ataupun alat-alat tersebut akan menghasilkan tenaga elektrik apabila dikenakan secara mekanikal. Bahan-bahan yang sering digunakan untuk alat-alat ini ialah hablur (kuarza, tormalin, garam rochelle, zink oksida) dan seramik (Barium titanat, ammonia dihidrogen fosfat (ADF), plumbum zirkonium titanat (PZT)) dan lain-lain. Bahan-bahan hablur adalah semulajadi pizoelektrik memperlihatkan cas-cas elektrikal dengan perubahan bentuk kekisi hablur. Bahan-bahan sintetik piezoseramik dibuat dengan membakar hablur yang kecil dibawah tekanan dan spesimen tersebut di tempatkan dalam medan elektrik



arus terus (AT) yang kuat dimana mereka akan dikutubkan sepanjang arah medan dan memperoleh sifat-sifat pizoelektrik.

Dalam piezoseramik, kesan piezo adalah kuat. Dari segi reka bentuk, piezoseramik adalah sangat universal kerana mempunyai bentuk yang pelbagai dan saiznya dapat dihasilkan dengan acuan yang mudah. Pembangunan yang baru dalam bahan-bahan transduksi yang baru telah menyebabkan penciptaan bahan-bahan pizoelektrik seperti polimer dan pizoelektrik seramik yang fleksibel. Elemen-elemen yang dibuat daripada bahan-bahan ini secara praktikalnya ringan dan fleksibel. Filem-filem pizoelektrik polimer adalah diperbuat daripada polivinilidin fluorida dan sering dirujuk sebagai PVF₂ atau PVDF (Khazan, 1994).

Di antara 32 kelas bahan-bahan hablur tunggal, 11 menunjukkan pusat simetri dan tidak berkutub. Oleh sebab itu jika tekanan diberikan akan menghasilkan jarak ionik yang simetri. 21 kelas hablur yang lain adalah tidak mempunyai pusat simetri dan 20 daripadanya menunjukkan kesan piezoelektrik. Ciri-ciri simetri yang terdapat pada kubus menunjukkan tiada kesan piezoelektrik (Moulson dan Herbert, 2003).

Polimer juga menunjukkan tenaga dan kesan rintangan yang kuat. Selain daripada itu, polimer juga mempunyai pemalar dielektrik, elastik kekakuan dan ketumpatan yang rendah dimana keputusannya dapat dilihat dalam kepekaan voltan yang tinggi. Oleh itu, piezoelektrik polimer mempunyai ciri-ciri penderia yang baik. Selain itu, piezoelektrik polimer juga memiliki sifat akustik dan impedans mekanikal yang rendah. Piezoelektrik



polimer juga mempunyai kekuatan medan operasi yang tinggi dimana ia boleh menahan tolakan medan yang lebih tinggi daripada seramik. Jadual 2.1 menunjukkan pemalar terikan piezoelektrik d_{31} bagi polimer adalah lebih rendah jika dibandingkan dengan seramik. Akan tetapi, piezoelektrik polimer memiliki pemalar tekanan piezoelektrik g_{31} yang lebih tinggi dan ini menunjukkan bahawa piezoelektrik polimer adalah penderia yang lebih baik daripada seramik (Harrison dan Ounaies, 2001).

Jadual 2.1 Perbezaan sifat-sifat untuk piezoelektrik polimer dengan bahan seramik.

Bahan piezoelektrik	d_{31}^a (pm/V)	g_{31}^a (mV-m/N)	k_{31}
Polivinilidin Florida (PVDF)	28	240	0.12
Plumbum Zirkonat Titanat (PZT)	175	11	0.34

2.3 HUBUNGAN ANTARA VOLTAN DENGAN DAYA

Terdapat dua pekali piezoelektrik, iaitu d dan g oleh kerana medan elektrik, $\xi = g\sigma$. Medan elektrik ξ (V.m^{-1}), disebabkan oleh tegasan ataupun tekanan yang dikenakan σ (Pa) diberikan oleh:

$$\xi = g\sigma \quad (2.1)$$

tekanan yang dikenakan, σ juga adalah berkaitan dengan daya, F dan luas A . dan dapat ditulis sebagai:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

dan terikan ε , dihasilkan oleh suatu medan diberikan oleh:

$$\varepsilon = d\xi \quad (2.3)$$

pekali g tersebut ialah berkaitan dengan d .

$$g = \frac{1}{dE} \quad (2.4)$$

dengan E sebagai modulus kekenyalan.

$$g = \frac{d}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} \quad (2.5)$$

Dengan, ϵ_0 adalah pemalar ketulusan dan ϵ_r adalah, pemalar dielektrik bagi piezoelektrik (Kasap, 2000)

pengkutuban teraruh P ialah

$$P = d\sigma \quad (2.6)$$

Persamaan (2.5) dapat ditulis dalam bentuk yang lain dengan menggantikannya dengan Persamaan (2.1)

$$P = d \frac{F}{A} \quad (2.7)$$

Pengkutuban teraruh P membuatkan cas-cas pengkutuban permukaan supaya teraruh dan diberikan oleh:

$$Q = AP \quad (2.8)$$

Dalam penentuan kapasitan pula, parameter-parameter yang diperlukan ialah pemalar ketulusan, ϵ_0 , pemalar dielektrik ϵ_r , luas filem piezoelektrik, A dan ketebalan piezoelektrik, L dan ianya dinyatakan:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{L} \quad (2.9)$$

Jika C adalah kapasitan, maka voltan teraruh adalah:

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.10)$$

Dengan menggantikan Persamaan (2.7) dan (2.8) ke dalam Persamaan (2.9), maka voltan teraruh diberikan:

$$V = \frac{LP}{\epsilon_0 \epsilon_r} \quad (2.11)$$

Persamaan (2.10) dapat ditulis dalam bentuk yang lain dengan menggantikannya dengan Persamaan (2.6).

$$V = \frac{dLF}{\epsilon_0 \epsilon_r A} \quad (2.12)$$

Dengan menggantikan Persamaan (2.4) ke dalam Persamaan (2.11), maka voltan teraruh dapat diringkaskan menjadi:

$$V = \frac{gLF}{A} \quad (2.13)$$

Persamaan (2.12) menunjukkan hubungan antara voltan yang dihasilkan oleh bahan piezoelektrik apabila daya dikenakan keatasnya (Kasap, 2000).

RUJUKAN

- Badel, A., Guyomar, D., Lefeuvre, E. dan Richard, C., 2006. Piezoelectric energy harvesting using a synchronized switch technique. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* **17**, 831-839.
- Corporate Relations Division Ruhan Motion Lab, 2006. *Fakta-Fakta Mengenai Kenaikan Harga Produk Petroleum*. Universiti Malaysia Sabah, Malaysia.
<http://www.ums.edu.my/go.php>.
- Eggins, B., 1996. *Biosensors an Introduction*. John Wiley & Sons, London.
- Fukada, E., 2000. History and recent progress in piezoelectric polymers. *Journal of IEE Transactions On Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control* **47** (6), 1277-1290.
- Harrison, J. S. dan Ounaies, Z., 2001. Piezoelectric polymers, ICASE Report No. 2001-43.
- John, V., 1997. *Pengenalan Kepada Bahan Kejuruteraan*. Ed. ke-3. Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru.
- Kasap, S. O., 2000. *Principles of Electrical Engineering Materials and Devices*. Mc Graw Hill Company, United States of America.
- Khazan, A. D., 1994. *Transducers and Their Elements Design and Application*. Prentice Hall, New Jersey.



- Lefeuvre, E., Badel, A., Richard, C., Petit, L. dan Guyomar, D., 2006. A comparison between several vibration-powered piezoelectric generators for standalone systems. *Journal of Sensors and Actuators* **126**, 405–416.
- Lesieutre, G. O., Ottman, G. K. dan Hofmann, H. F., 2004. Damping as a result of piezoelectric energy harvesting. *Journal of Sound and Vibration* **269**, 991-1001.
- Loper, E. O. dan Tedsen, E., 1992. *Asas Arus Terus*. Rosilla Abd. Latif (ptjr), Dewan Bahasa dan Pustaka Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.
- Mateu, L. dan Moll, F., 2006. Appropriate charge control of the storage capacitor in a piezoelectric energy harvesting device for discontinuous load operation. *Journal of Sensors and Actuators* (dalam proses penerbitan).
- Minazara, E., Vasic, D., Costa, F. dan Poulin, G., 2006. Piezoelectric diaphragm for vibration energy harvesting. *Journal of Ultrasonic* (dalam proses penerbitan).
- Moulson, A. J. dan Herbert, J. M., 2003. *Electroceramics*, John Wiley & Sons, England.
- Nasrudin Abd Rahim dan Kamarul Ariffin Nordin, 2003. *Asas Litar Elektronik*. Penerbit Universiti Malaya, Kuala Lumpur.
- Painter, R. T., 1997. *Introductory Electronic Devices and Circuit Conventional Flow Version*. Ed. Ke-4. Prentice Hall, New Jersey.
- Priya, S., Chih, T. C., Fye, D. dan Zahn, J., 2005. Piezoelectric windmill: A novel solution to remote sensing. *Japanese Journal of Applied Physics* **44** (3), 104–107.



- Rossi, D. D., Carpi, F. dan Scilingo, E. P., 2005. Polymer based interfaces as bioinspired 'smart skins'. *Journal of Advances in Colloid and Interface Science* **116**, 165–178.
- Sodano, H. A., Inman, D. J. dan Park, G., 2004. A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials. *Journal of The Shock and Vibration Digest* **36** (3), 197–205.
- Sodano, H. A., Inman, D. J. dan Park, G., 2005. Generation and storage of electricity from power harvesting devices. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* **16**, 67-75.
- Stackpoole, L., Morrison, M. dan Gregory, A., 1997. *Elektronik Untuk Mekanik Motor*. Mohd. Nor Ahmad, Mohd. Nazri Mohd. Jaafar dan Yahaya Ramli (ptjr), Penerbit UTM, Johor Bahru.
- Wegener, M. dan Gerhard, R., 2003. Electric poling and electromechanical characterization of 0.1"-thick sensor films and 0.2"-thick cable layers from piezoelectric Poly(Vinylidene Fluoride-Trifluoroethylene), *Journal of IEEE Transactions On Ultrasonic Ferroelectrics and Frequency Control* **50** (7), 921-931.
- Zaini Ujang., 2006. *Dasar Tenaga Dunia Pengaruhi Harga Minyak*. Institute of Environmental & Water Resource Management (IPASA) Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bharu.

