

PANEN ENERGI MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK SISTEM KANTILEVER DENGAN PENAMBAHAN *BLUFF BODY*

Adhes Gamayel

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Jakarta
E-mail: adhes@sttj.ac.id

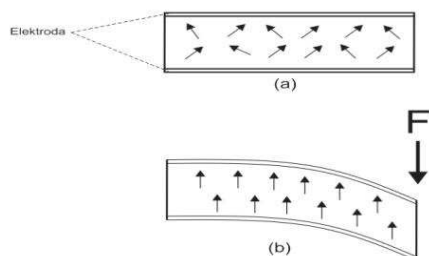
Abstrak--Pemanen energi adalah alat untuk mengumpulkan energi dari energi mekanis dan dikonversikan menjadi energi listrik. Piezoelektrik adalah alat pemanen energi yang bersumber dari getaran dan diubah menjadi tegangan listrik. Sistem kantilever menghasilkan getaran dan defleksi secara berulang. Penelitian pemanfaatan olakan udara (*vortex*) sebagai penghasil getaran pada piezoelektrik telah dilakukan pada saluran udara tertutup. Namun studi peningkatan getaran dengan adanya penambahan *bluff body* pada piezoelektrik sistem kantilever belum banyak dilakukan. Metode penelitian yang dilakukan adalah mengukur tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik dengan variasi penampang *bluff body* adalah segi empat, segi enam, segi delapan dan lingkaran. Penelitian dilakukan dalam terowongan angin mini dengan kecepatan angin konstan 2 m/s selama 300 detik dan *bluff body* dipasang pada jarak 100 mm dari piezoelektrik. Hasil penelitian menunjukkan *bluff body* dengan penampang segi enam menghasilkan tegangan rata-rata tertinggi sebesar 0.037 mV. Terjadinya perubahan arah dan kecepatan angin sesudah melewati *bluff body* penampang segi enam menimbulkan olakan angin yang relatif lebih tinggi daripada *bluff body* lainnya. Hal ini menyebabkan terjadinya getaran lebih tinggi pada *bluff body* penampang segi enam.

Kata Kunci: Piezoelektrik, kantilever, *bluff body*, *vortex*

1. PENDAHULUAN

Pemanen energi adalah alat untuk mengumpulkan energi dari energi mekanis dan dikonversikan menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan pada alat pemanen energi relatif kecil sehingga tidak bisa langsung dimanfaatkan. Umumnya energi yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu dalam penyimpan energi listrik (baterai atau konduktor). Salah satu alat pemanen energi adalah piezoelektrik yang mampu mengubah energi mekanis dari getaran menjadi energi listrik [1]. Saat material piezoelektrik mendapatkan suatu tekanan, maka partikel penyusun piezoelektrik akan terpolarisasi sehingga menimbulkan konsentrasi muatan listrik (lihat gambar 1).

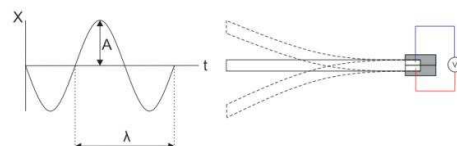
Kantilever merupakan batang tumpuan yang sering ditemui dalam suatu konstruksi dengan memanfaatkan sifat rotasi dan keseimbangan. Kantilever dapat mengalami vibrasi saat diberikan tekanan sesaat pada bagian ujungnya [2]. Jika diberi suatu gaya pada ujung batang, maka akan terjadi gerak periodik sederhana dimana batang akan berosilasi naik turun [3] seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. Piezoelektrik (a) normal, (b) terpolarisasi akibat gaya tekan

Beberapa penelitian tentang pemanen energi dilakukan dengan menempelkan batang penghalang (*bluff body*) pada piezoelektrik (*galloping system*) yaitu prisma [4], balok [5], silinder [6] dan *bluff body* bentuk huruf D [7]. Saat batang tersebut mengenai angin, maka akan timbul gaya *lift* dan *drag* yang menyebabkan *bluff body* bergetar. Gaya aerodinamika yang dihasilkan *bluff body* selain *lift* dan *drag* adalah *vortex*. *Vortex* merupakan fenomena terukur pada *streamline* yang memiliki nilai rotasional acak besar. Rotasi *vortex* akan membuat pergerakan fluida yang terkena efeknya menjadi acak dan cenderung mengarah ke turbulen [8]. Peningkatan intensitas *vortex* dengan penambahan *bluff body* dapat meningkatkan getaran pada piezoelektrik sistem kantilever.

Penelitian piezoelektrik terpisah dengan *bluff body* (*weak galloping*) berpenampang lingkaran pada jarak 7.5 cm telah dilakukan pada saluran pendingin dengan kecepatan angin 2.5 m/s dan dihasilkan daya 100-3000 mikrowatt [9]. Namun penelitian tentang pemasangan berbagai macam bentuk penampang *bluff body* yang terpisah dengan piezoelektrik (*weak galloping*) masih jarang dilakukan. Berdasarkan hal itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh bentuk penampang *bluff body* terhadap tegangan listrik yang dihasilkan piezoelektrik sistem kantilever sebagai pemanen energi.

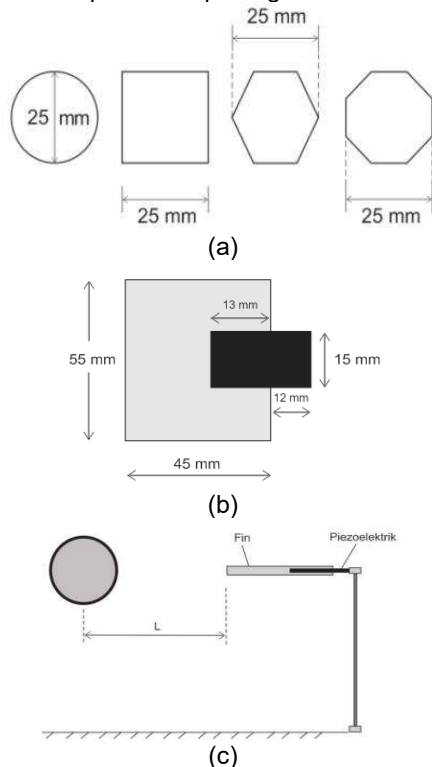


Gambar 2. Gerak harmonis sederhana piezoelektrik sistem kantilever [3]

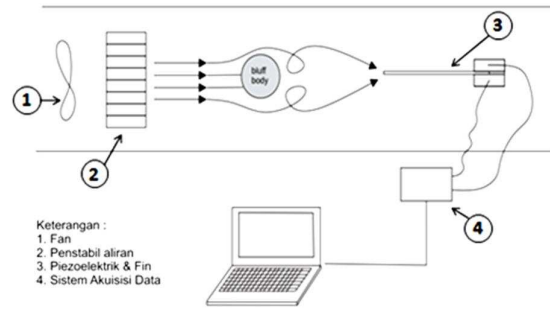
2. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan masih satu rangkaian kegiatan dengan penelitian terdahulu [3] yaitu dengan mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh piezoelektrik sistem kantilever pada aliran udara melewati *bluff body* bentuk penampang lingkaran, segi empat, segi enam, dan segi delapan. Diameter dan tinggi *bluff body* adalah 25 mm dipasang sejajar berjarak (L) 100 mm dengan piezoelektrik. Bahan Piezoelektrik terbuat dari PVDF tipe LDT0-028K buatan Measurement Specialties dengan dimensi 9.8 x 5.2 mm, ketebalan 28 µm dan dilapisi oleh polyester setebal 0.125 mm sehingga total dimensi menjadi 25 x 15 mm. Piezoelektrik dipasang sirip (*fin*) berdimensi 45 x 55 mm dengan tujuan mendapatkan lendutan maksimal saat udara menumbuk. Detil dimensi *bluff body*, piezoelektrik dan sirip dapat dilihat pada gambar 3.

Bluff body dan piezoelektrik ditempatkan dalam terowongan angin berbahan akrilik dengan penampang 120 x 120 mm. Di dalam terowongan angin, *fan* menghembuskan aliran udara dengan kecepatan 2 m/s. Pengukuran tegangan listrik pada piezoelektrik yang bergetar menggunakan mikrokontroler dan sistem akuisisi data berbasis *freeware* yaitu PLX-DAQ yang dapat menampilkan dalam format tabel excel. Pengambilan data dilakukan selama 300 detik dengan 1 detik mendapatkan 10 data. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 4.



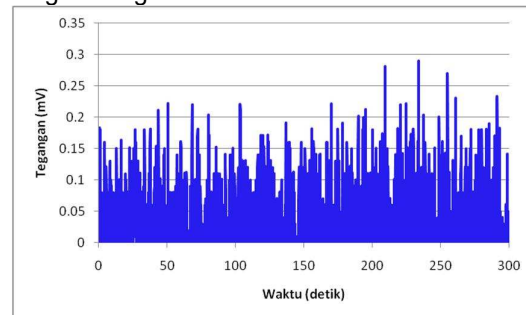
Gambar 3. (a) Bentuk penampang *bluff body*, (b) Dimensi fin dan piezoelektrik, (c) Jarak piezoelektrik dan *bluff body*



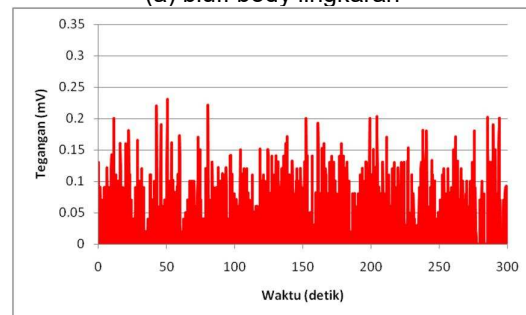
Gambar 4. Instalasi Pengujian Piezoelektrik sistem kantilever

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

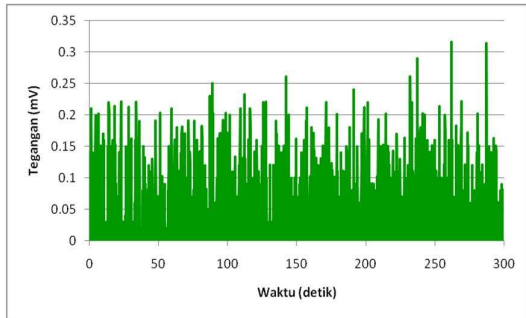
Pada gambar 5 ditampilkan grafik hasil pengukuran tegangan listrik pada *bluff body* dimana *bluff body* penampang segi enam memiliki grafik tertinggi. Kecepatan angin saat melewati penampang segi enam mengalami peningkatan karena luasan saluran terowongan angin semakin kecil. Dengan tingginya kecepatan, maka potensi terjadinya olakan aliran menjadi tinggi dan mengakibatkan getaran pada piezoelektrik menjadi lebih besar. Ilustrasi peningkatan kecepatan pada penampang segi enam dapat dilihat pada gambar 6. Selain itu, tegangan listrik *bluff body* segi empat memiliki nilai dibawah segi enam dan lingkaran karena kecepatan angin yang menyentuh piezoelektrik menjadi lebih sedikit. Hal ini sesuai dengan gambar 5 dimana simulasi profil aliran kecepatan yang dilakukan oleh Gandhi et. al, [9] menjelaskan bahwa saat aliran udara setelah melewati *bluff body* segiempat tetap berada pada bagian atas dan bawah terowongan angin dan sedikit aliran udara yang mengalir dibagian tengah.



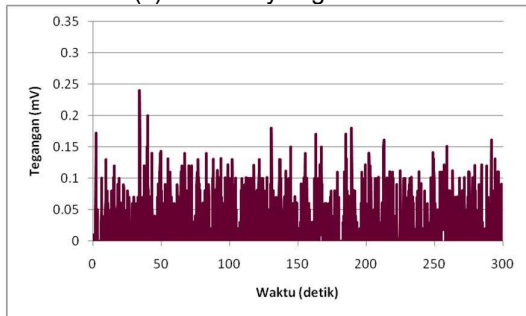
(a) bluff body lingkaran



(b) bluff body segi empat

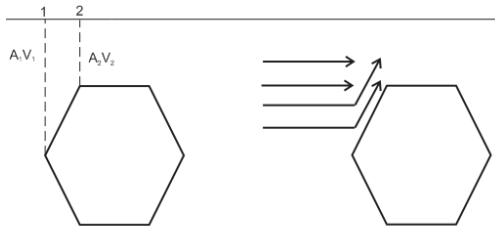


(c) bluff body segi enam

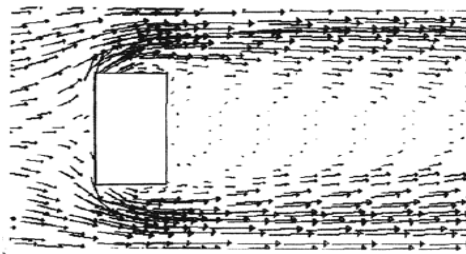


(d) bluff body segi delapan

Gambar 5. Hubungan Tegangan Listrik dan waktu



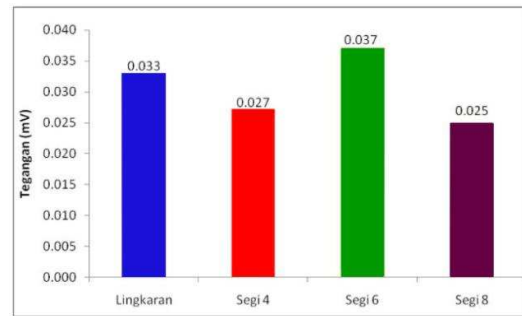
(a)



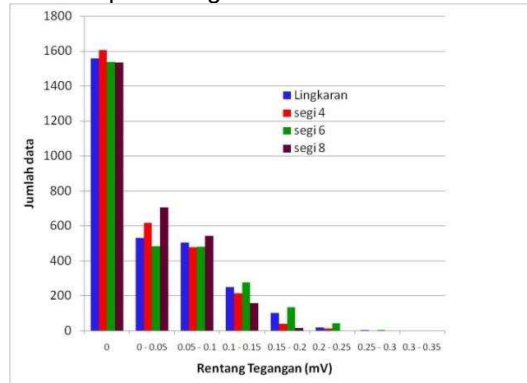
(b)

Gambar 6. (a) Ilustrasi profil kecepatan saat melewati segi enam, (b) profil kecepatan saat melewati segi empat [9]

Pada gambar 7 ditampilkan tegangan rata-rata pada *bluff body* dimana penampang segi enam memiliki nilai tegangan rata-rata paling tinggi yaitu 0.037 mV. Hal ini sesuai dengan pola aliran pada pada gambar 6 dimana akibat adanya peningkatan kecepatan setelah melewati *bluff body* segi enam, dimungkinkan terjadi vortex dan getaran yang dihasilkan oleh piezoelektrik lebih tinggi.

Gambar 7. Tegangan Rata-rata pada *bluff body*

Banyaknya data yang diambil pada rentang waktu 0 hingga 0.35 mV ditampilkan pada gambar 8. Jumlah data terbanyak terjadi pada tegangan nol mV. Hal ini dapat diartikan bahwa kondisi piezoelektrik untuk semua *bluff body* lebih banyak diam daripada bergetar.

Gambar 8. Hubungan Jumlah data dan rentang tegangan listrik pada *bluff body*

Keberadaan *bluff body* yang terpisah dari piezoelektrik belum mampu membangkitkan kecepatan angin agar dapat menggerakkan piezoelektrik secara terus menerus. Banyaknya data nol mV juga dapat diartikan bahwa saat bergetar, piezoelektrik beresilasi dari titik tertinggi menuju ke titik terendah dan melewati sumbu horizontal (sumbu-x). Dengan pengambilan data sebanyak 10 data dalam 1 detik, dimungkinkan saat piezoelektrik melewati sumbu-x menuju titik atas atau titik bawah, data tersebut terekam pada datalogger.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan diatas adalah peningkatan kecepatan saat udara melewati *bluff body* segi enam mampu meningkatkan getaran pada piezoelektrik sehingga tegangan listrik yang dihasilkan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kokkinopoulos A, Vokas G, Papageorgas P. Energy harvesting implementing embedded

- piezoelectric generators – The potential for the Attiki Odos traffic grid. In The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES14; 2014. p. 1070 – 1085.
- [2]. Yulia E, Putra EP, Ekawati ,E, N. Polisi Tidur Piezoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. Jurnal Otomasi, Kontrol, dan Instrumentasi. 2016; 8(1).
- [3]. Gamayel A. Pengaruh Bentuk Bluff Body Terhadap Tegangan Listrik yang Dihasilkan Piezoelektrik dengan Sistem Kantilever. In Prosiding Seminar Nasional Teknoka; 2017; Jakarta. p. E1-E5.
- [4]. Sirohi J, Mahadik R. Piezoelectric wind energy harvester for low-power sensors. Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2011; 22(18).
- [5]. Abdelkefi A, Hajj MR, Nayfeh AH. Power harvesting from transverse galloping of square cylinder. Nonlinear Dynamics. 2012 October; 70(2).
- [6]. Wang J, Ran J, Zhang Z. Energy Harvester Based on the Synchronization Phenomenon of a Circular Cylinder. Mathematical Problems in Engineering. 2014; 2014.
- [7]. Sirohi J, Mahadik R. Harvesting Wind Energy Using a Galloping Piezoelectric Beam. Journal of Vibration and Acoustics. 2012 February; 134(1).
- [8]. Gandhi BK, Singh SN, Seshadri V, Singh J. Effect of Bluff Body shape on vortex flow meter performance. Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. 2004 October; 11.
- [9]. Weinstein LA, Cacan MR, So PM, Wright PK. Vortex shedding induced energy harvesting from piezoelectric materials in heating, ventilation and air conditioning flows. Smart Materials and Structures. 2012 March; 21(045003).