

ANALISIS GETARAN PADA ALIRAN PIPA AKIBAT PEMASANGAN TURBINE PROPELLER

Kurnia Sembiring Berahmana^{1*}, Arjun Nanda Saputra¹, Nanda Aditya¹, Subekti Subekti¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Lab. Getaran, Universitas MercuBuana Jakarta

ABSTRAK

Pertumbuhan permintaan listrik akan menjadi sangat kuat di negara berkembang. Kebijakan pemerintah, kondisi pasar, dan teknologi yang tersedia secara kolektif menetapkan arah pasokan listrik untuk beralih ke sumber rendah karbon, dengan pangsa yang meningkat dari 36% saat ini menjadi 52% pada tahun 2040 dalam Skenario Kebijakan yang Ditetapkan. Hal ini perlu diperhatikan untuk meningkatkan sumber energi baru terbarukan. Salah satu energi baru terbarukan yang dilakukan di universitas mercubuana adalah memanfaatkan aliran pipa. Pada instalasi perpipaan juga akan mengalami pembebanan akibat pengaruh dari massa jenis *fluida*, tekanan, aliran *fluida* dan massa pipa itu sendiri. Hal hal tersebut akan menimbulkan getaran. Penelitian ini akan membahas tentang eksperimen getaran pada pipa jenis *Polli vinil klorida* (PVC), dengan variasi bukaan katup pada sudut 0°, 30°, 45° dan 60°. Selain pengujian dengan aliran air, akan dilakukan karakteristik dinamik dengan menggunakan fungsi respon frekuensi (FRF), pengukuran getaran diukur pada arah sumbu x dan y. Hasil pengukuran getaran menunjukkan bahwa karakteristik dinamik pada sumbu x dan y mempunyai kesamaan karakteristik dinamik sutruktur. Sedangkan akibat adanya aliran fluida pada pipa menunjukkan bahwa dengan tekanan air yang semakin besar frekuensi yang terjadi lebih stabil dibandingkan dengan tekanan air dengan pembukaan valve 60°. Hal yang harus diperhatikan pada turbin propeller ini adalah pemasangan clamp untuk mengurangi noise pada sumbu Y.

Kata kunci : Analisis getaran; aliran fluida; karakteristik dinamik; FRF; frekuensi; noise

ABSTRACT

The growth in demand for electricity will be very strong in developing countries. Government policies, market conditions, and available technology collectively determine the direction of electricity supply to shift to low-carbon sources, with the share increasing from 36% now to 52% in 2040 under the Defined Policy Scenarios. This needs attention to increase new and renewable energy sources. One of the new and renewable energies carried out at Mercubuana University is to utilize pipelines. The piping installation will also experience loading due to the influence of the density of the fluid, pressure, fluid flow and the mass of the pipe itself. This will cause vibrations. This research will discuss about the vibration experiment of Polli vinyl chloride (PVC) type pipe, with variations of valve openings at angles of 0°, 30°, 45° and 60°. In addition to testing with water flow, dynamic characteristics will be carried out using the frequency response function (FRF), vibration measurements are measured in the x and y axis directions. The results of the vibration measurement show that the dynamic characteristics of the x and y axes have the same dynamic characteristics of the structures. Meanwhile, due to the flow of fluid in the pipe, it shows that the greater the water pressure, the fermentation that occurs is more stable than the water pressure with a valve opening of 60°. The thing that must be considered in this turbine generator is the installation of a clamp to reduce noise on the Y axis.

Keywords : Vibration analysis; fluid flow; dynamic characteristics; FRF; frequency; noise

* Penulis korespondensi

Email: kurniasembiring27@gmail.com

Diterima 13 November 2020; Penerimaan hasil revisi 12 Desember 2020; Disetujui 13 Januari 2021

Tersedia online Maret 2021

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2021

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi dari tahun ketahun semakin meningkat sedangkan sumber energi semakin sedikit, selain itu faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap penggunaan energi diseluruh dunia. Permintaan listrik global tumbuh 2,1% per tahun hingga tahun 2040, dua kali lipat tingkat permintaan energi primer. Hal ini meningkatkan pangsa listrik dalam total konsumsi energi final dari 19% pada tahun 2018 menjadi 24% pada tahun 2040. Pertumbuhan permintaan listrik akan menjadi sangat kuat di negara berkembang. Kebijakan pemerintah, kondisi pasar, dan teknologi yang tersedia secara kolektif menetapkan arah pasokan listrik untuk beralih ke sumber rendah karbon, dengan pangsa yang meningkat dari 36% saat ini menjadi 52% pada tahun 2040 dalam Skenario Kebijakan yang Ditetapkan. Oleh sebab itu, diperlukan adanya Pembangunan Berkelanjutan mengenai energi listrik memainkan peran yang lebih besar, mencapai 31% dari konsumsi energi final. Sehingga perlu dilakukan percepatan upaya pada teknologi energi terbarukan, tenaga nuklir dan penangkapan karbon dengan cepat mengurangi karbonisasi pasokan listrik, mengkompensasi penurunan tajam pembangkit listrik berbahan bakar batu bara dan mengurangi emisi CO₂ sektor listrik hingga tiga perempat pada tahun 2040 (CAT, 2019).

Penilaian teknologi energi terbarukan ini menegaskan bahwa teknik-teknik ini memiliki potensi untuk menyediakan alternatif bagi bangsa tersebut untuk memenuhi sekitar setengah dari kebutuhan energi AS di masa depan (David, 2002). Asia Tenggara semakin berpengaruh di panggung energi global. Permintaan energinya telah meningkat 60% dalam 15 tahun terakhir. Potensi energi terbarukan (RE) yang melimpah tersebar di seluruh wilayah. Biaya energi terbarukan, terutama panel surya dan angin darat, telah menurun secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Itu menjanjikan untuk menjadi kompetitif biaya dengan teknologi generasi konvensional. ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025 menetapkan target RE sebesar 23% pada tahun 2025 dalam total pasokan energi primer (IEA, 2019), seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kebutuhan energi yang sangat tinggi sangat diperlukan saat ini, oleh sebab itu perlu dilakukan sumber energi terbarukan untuk menghindari penggunaan sumber energi komersial untuk menghindari umat

manusia dari bebas dari kemiskinan, kelaparan, epidemi dan bahaya radiasi yang dihasilkan (Irena dan Ace, 2016; Yoshihisa, 2007).



Gambar 1. ASEAN cumulative renewable capacity, 2017 and 2023 (IEA, 2019)

Pengembangan energi alternative telah banyak dilakukan diluar dan dalam negeri, universitas mercubuana sendiri telah melakukan beberapa penelitian mengenai energi alternative meliputi pemanfaatan getaran akibat aliran sebagai energi baru terbarukan di Indonesia (Subekti, 2019), dan Pengaruh Jumlah Pisau terhadap Kinerja *Small Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) (Andi, F. S. et al., 2020). Pengembangan energi alternative memerlukan biaya yang sangat mahal, oleh karena itu perlu dilakukan alternative untuk mengurangi biaya. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti (proven), tidak merusak lingkungan, menunjang diversifikasi energi dengan memanfaatkan energi terbarukan, energi mikrohidro (PLTMH) yang mempunyai kapasitas 200-5.000 kW potensinya adalah 458,75 MW, sangat layak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di daerah pedesaan di pedalaman yang terpencil ataupun pedesaan di pulau-pulau kecildengan daerah aliran sungai yang sempit. Biaya investasi untuk pengembangan pembangkit listrik mikrohidro relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya investasi PLTA. Hal ini disebabkan adanya penyederhanaan standar konstruksi yang disesuaikan dengan kondisi pedesaan. Biaya investasi PLTMH adalah lebih kurang 2.000 dollar/kW, sedangkan biaya energi dengan kapasitas pembangkit 20 kW (rata rata yang dipakai di desa) adalah Rp 194/kWh (Lubis, A., 2007).

Salah satu untuk pengembangan energi alternative adalah dengan memanfaatkan aliran pipa yang ada di apartemen atau Gedung pencakar langit sebagai energi alternative, seperti tampak pada Gambar 2.

Dalam perancangan sistem pemipaan pada Gedung pencakar langit adalah timbulnya getaran yang terjadi akibat adanya perubahan kecepatan aliran fluida dan pengaruh gaya eksitasi yang berasal dari pompa. Hal ini akan menyebabkan terjadi kekelahan atau rusak akibat adanya getaran yang semakin besar, sehingga akan menimbulkan kerugian dari segi materi atau keselamatan personal yang berada disekitar instalasi pipa, selain itu akan mempengaruhi keandalan dalam sistem instalasi pipa. Hal ini harus diperhatikan dalam memanfaatkan aliran air dalam pipa sebagai sumber energi alternative.



Gambar 1. Sistem pemipaan pada Gedung pencakar langit

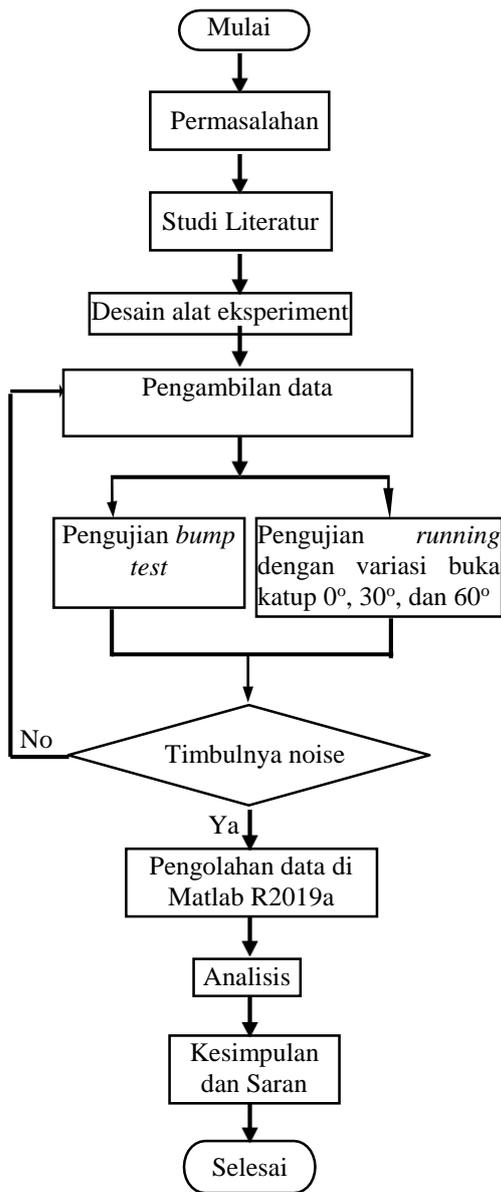
Timbulnya getaran pipa menjadi masalah yang serius dalam hal keamanan dan keandalan pipa pada saat beroperasi dengan kondisi *high-rise building*, yang disebabkan adanya kelelahan sebagai faktor utama adanya kegagalan tersebut (Saha, 2012). Kegagalan terjadi akibat adanya resonansi, dimana frekuensi pribadi mendekati frekuensi pribadi yang dihasilkan dari mesin (Wu et al., 2014). Besarnya frekuensi pribadi yang dihasilkan pada suatu sistem pemipaan memiliki rentang frekuensi $\pm 10\%$ dari nilai frekuensi eksitasi yang diberikan (Septiyani et al., 2018). Akibat dari Resonansi pipa dan kolom akan mengakibatkan timbulnya getaran yang sangat besar pada sistem pemipaan tersebut (Liang & Dong, 2015). Selain adanya frekuensi eksitasi, aliran fluida sangat mempengaruhi karakteristik getaran pada pipa, sebagai respon getaran pipa yang sangat besar akibat adanya kecepatan *fluida* pada permukaan pipa (Al-Hashimy et al., 2016). Dalam melakukan analisis getaran yang terjadi pada pipa harus diperhatikan adanya resonansi akustik medium (uap atau air) dianggap sebagai sumber yang paling mungkin terjadi akibat adanya rambatan getaran pada pipa (Pande & Shinde, 2019).

Atas dasar tersebut diatas maka penelitian ini, akan membahas mengenai analisis getaran pada aliran pipa akibat pemasangan turbine propeller. Penelitian mengenai getaran telah lama dilakukan di universitas mercubuana terutama dengan menggunakan FFT analyser, seperti Identifikasi pada nonlinear dengan menggunakan metoda FRF, selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan wavelet packet decomposition (Subekti et al., 2018). Subekti (2018) melakukan pengujian karakteristik dinamik pada motor torak silinder, dimana diperoleh adanya frekuensi modus getaran global. Susanto et al., (2019) melakukan pengujian FRF untuk mengetahui karakter dinamik dalam suatu struktur mekanis dalam mengidentifikasi kerusakan pada *tapered bearing* di sumbu X, Y dan Z dengan getaran *harmonic* yang berasal dari handphone. Effendi et al., (2019) melakukan penelitian untuk mengetahui frekuensi pribadi dan lokal pada disc brake sigra menggunakan metode *bump test*. Sedangkan untuk mengetahui kerusakan pada disc brake sigra dengan menggunakan metoda bump test (Subekti et al., 2019). Karakteristik getaran screw compressor pada berbagai kondisi putaran dapat screw comporesor mengalami unbalance, hal ini dikarenakan munculnya amplitudo pada 1x RPM selain itu mengalami ketidak lurusan dikarenakan mengasilan getaran yang lebih besar dari keadaan normal 2 x RPM (Sangian et al., 2020). Analisis dengan menggunakan metoda Hilbert tranform mampu memprediksi kerusakan pada actuator kendaraan (Subekti et al., 2020)

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang penulis gunakan untuk pengambilan data adalah dengan melakukan pengujian langsung pada benda uji. Dimana *sensor vibration analyzer* ditempatkan langsung pada titik uji pada permukaan *pipe*. Diagram alir penelitian merupakan gambaran dari langkah-langkah penelitian. Gambar 3 menunjukkan diagram alir untuk menyelesaikan penelitian.

Pada Gambar 3 ditunjukkan dalam proses metode penelitian yang diawali dengan observasi yaitu sistem pemipaan dilanjutkan dengan studi literatur mengenai propeller. Selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan melakukan pengujian getaran setelah penambahan support akibat adanya penyumbatan pada pipa, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



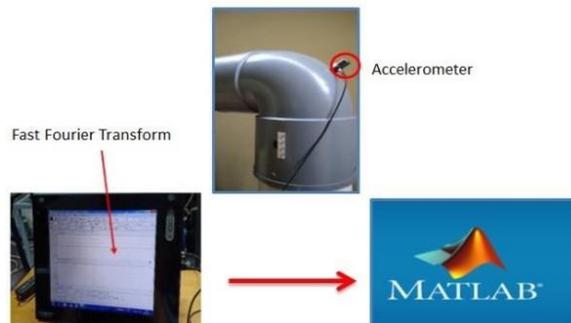
Gambar 1. Metoda Penelitian

Pada Gambar 2 diperlihatkan Teknik pengambilan data. Pengambilan data dilakukan sebelum dan setelah penambahan suppor. Pungkuran dilakukan terhadap sumbu x, dan y dipasang propeller didalam pipa. selanjutnya dilakukan pengujian bump test untuk mengetahui karakteristik dinamik pada sistem pemipaan. Kemudian dilakukan pengujian running dengan mengalir aliran air pada pipa dengan pembukaan valve 0°, 30°, 45° dan 60°.



Gambar 2. Set-up pengambilan data

Pengambilan data menggunakan accelerometer sebagai sensor getaran yang dihubungkan dengan FFT analyzer ono sokki yang selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan Matlab. Untuk lebih jelasnya mengenai proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengambilan data eksperimen

Penghalang pada pipa berbentuk propeller. Model propeller yang digunakan berbahan plastic, dengan proses pembuatan menggunakan 3D printer. Model propeller yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Propeller
Adapun Spesifikasi alat yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi peralatan

Perpipaan & Elbow 90				Penampung Air	
Dia. (mm)	Tebal Dinding (mm)	Material	Tekanan mak.	Kap. (Liter)	Tipe
Ø32	2 mm	PVC	10 kg/cm ²	80	PVC
Ø42	2,3 mm	PVC	10 kg/cm ²		
Pompa					
Cairan	Nama	Air bersih			
	Temp.	0 – 40 °C			
Tekanan Kerja		40 meter			
Synchronous Speed		14501/min			
Tipe		IPX4			
Debit		32 L/menit			
Daya Motor		850watt			
Frekuensi		50 Hz			
Accelometer					
Tipe		Piezoelectric			
Rasio sensitifitas konversi		pcs ² m 5.0 – 7.0			
Jangkauan frekuensi		2 Hz – 10.000 Hz			
Resonansi frekuensi		> 28 kHz			
Sensitifitas melintang		< 5 %			
Panjang kabel		1.5 m			
Fast Fourier Transform (FFT) Analyzer					
Tipe		FFT portable type analyzer CF-3600A			
Jumlah chanel		4			
Layar sentuh		Ya			
Jangkauan maksimum frekuensi		40.000 Hz			
USB port		2			
VGA port		1			
LAN port		1			

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metoda bump test menggunakan alat ukur FFT *analyzer* dengan type dimana sensor ditempatkan langsung pada benda uji , *set up* pengukuran pada saat pengambilan data adalah :

- Menggunakan window Hanning
- Banyak data yang di analisis adalah 4096
- Span frekuensi 10kHz

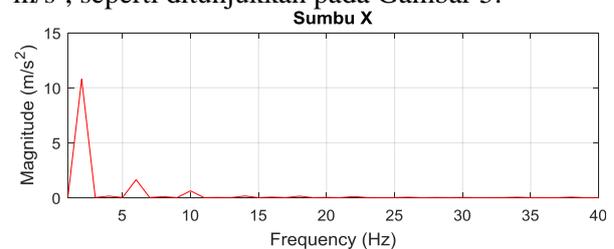
3.1. Pengujian Bump Test

Pengujian bump test merupakan pengujian getaran yang sangat penting untuk mengetahui karakteristik dinamik suatu struktur. Pengujian

dilakukan terhadap sumbu X dan sumbu Y, dilakukan pada daerah dimana terdapat turbin propeller.

3.1.1. Sumbu X

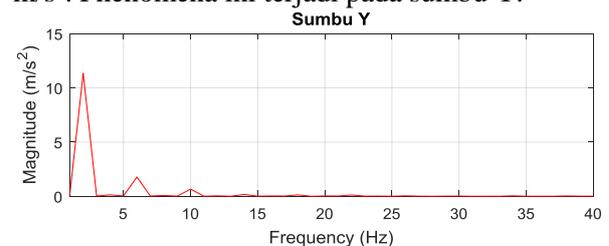
Pada sumbu X diperlihatkan bahwa terdapat tiga buah mode shape atau defleksi yang terjadi, akibat penempatan turbine propeller pada aliran pipa. dimana frekuensi tertinggi terjadi pada 10 Hz, sedangkan amplitude terbesar terjadi pada 15 m/s², seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian FRF pada sumbu X

3.1.2. Sumbu Y

Pada gambar 6. diperlihatkan bahwa terdapat tiga buah mode shape atau defleksi yang terjadi, akibat penempatan turbine propeller pada aliran pipa. dimana frekuensi tertinggi terjadi pada 10 Hz, sedangkan amplitude terbesar terjadi pada 15 m/s². Phenomena ini terjadi pada sumbu Y.



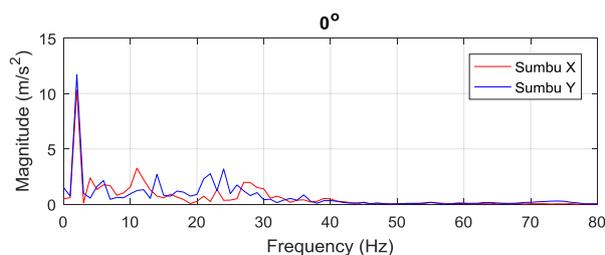
Gambar 6. Pengujian FRF pada sumbu Y

3.2. Pengujian Aliran

Pengujian akibat aliran merupakan sesuatu hal yang sangat penting dikarenakan pada aliran fluida akan terjadinya turbulence, sehingga mengakibatkan terjadinya peristiwa steady atau unsteady. Pada pengujian akibat aliran akan diperlihatkan beberapa pembukaan valve dari 0° yang berarti pembukaan penuh dari valve.

3.2.1. Pembukaan valve 0°

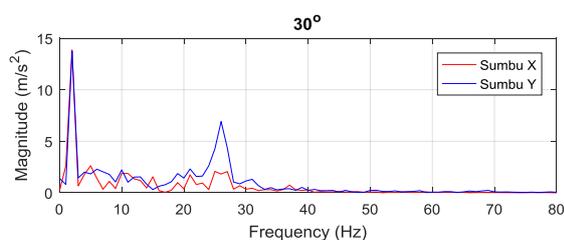
Pada pembukaan valve 0° diperlihatkan bahwa noise terbesar terjadi pada arah sumbu Y begitu juga dengan puncak frekuensi yang terjadi. Hal ini menunjukkan pada sumbu Y harus banyak diperhatikan pada saat pengujian selanjutnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian akibat aliran dengan pembukaan valve 0°

3.2.2. Pembukaan valve 30°

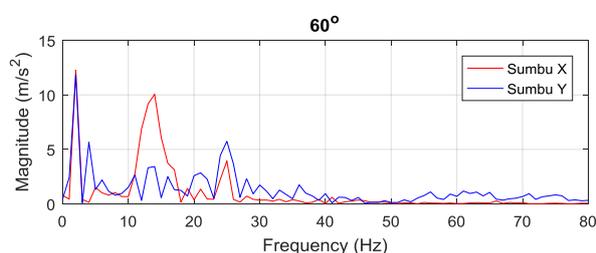
Gambar 8. menunjukkan bahwa akibat pembukaan valve 30° diperlihatkan bahwa pada sumbu Y ditemukan adakanya puncak frekuensi baru. Sehingga bias diperlihatkan bahwa pada sumbu Y terdapat noise.



Gambar 8. Pengujian akibat aliran dengan pembukaan valve 30°

3.2.3. Pembukaan valve 60°

Pada pengujian pembukaan valve 60° diperhatikan bahwa pada sumbu X mode shape ke dua lebih tinggi dibandingkan dengan mode shape pada sumbu Y. pada sumbu Y muncul frekuensi resonansi yang terjadi akibat adanya pemasang turbine propeller, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian akibat aliran dengan pembukaan valve 60°

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pada pengujian FRF diperlihatkan bawah tidak terjadi perubahan struktur pada arah sumbu x dan y. hal ini menunjukkan bahwa karakteristik dimanik yang terjadi pada sumbu x dan y

mempunyai kesamaan karakteristik dinamik sutruktur

Akibat adanya aliran fluida pada pipa menunjukkan bahwa dengan tekanan air yang semakin besar ferekuensi yang terjadi lebih stabil dibandingkan dengan tekanan air dengan pembukaan valve 60° . hal yang harus diperhatikan pada turbin proplller ini adalah pemasangan clamp untuk mengurangi noise pada sumbu Y.

4.2. Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran kecepatan aliran fluida didalam pipa sebelum dan setelah pemasangan turbine. Selain itu, perlu dilakukan simulasi dengan comsol.

REFERENSI

- Al-Hashimy, Z. I., Al-Kayiem, H. H., & Time, R. W. (2016). Experimental Investigation on The Vibration Induced by Slug Flow in Horizontal Pipe. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(20). 12134–12139p.
- Asean Renewable Energy Integration, IEA
- Efendi, B. D., Subekti, S., and Hamid, A. (2019). Karakteristik Dinamik Disc Brake Daihatsu Sigr 1200 cc dengan Metode Bump Test. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. Vol. 5. No. 1. 14-19p..
- CAT. (2019). Scaling Up Climate Action Series Scaling Up Climate Action Key Opportunities For Transitioning To A Zero Emissions Society Climate Action Tracker EXECUTIVE SUMMARY INDONESIA. November 2019.
- David Pimentel, Megan Herz, Michele Glickstein, et al. (2002). *Renewable Energy: Current and Potential Issues*, Bioscience. Vol. 52. No. 12.
- Irena & Ace. (2016). *Renewable Energy Outlook for Asean: A Remap Analysis*. International Renewable Energy Agency (Irena), Abu Dhabi And Asean Centre For Energy (Ace), Jakarta. ISBN 978-92-95111-28-8
- Liang, Z., & Dong, Q. (2015). Pipe Vibration Analysis and Structural Improvements of Reciprocating Compressor. *International Journal of Engineering and Advanced Research Technology*. 38-41p
- Pande, N. A., & Shinde, P. V. (2019). Study of Fluid Induced Vibrations Using Simulation Means and Their Effects During Internal Flows. 6494–6506p.
- Lubis, A. (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *J. Tek.Ling Vol*. 8. No. 2. 155-162p. ISSN 1441-318

- Saha, S. (2012). A Time History Method for Analysing Operational Piping Vibration. *World Journal of Mechanics*, 325-332p.
- Sangian, H., Rahman, D. A., Rudiwanto, et al. (2020). Analisis Getaran Pada Screw Compressor Akibat Pengaruh Putaran Rotor. *Rekayasa Mesin*. Vol 11. No 2. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.02.13>
- Septiyani, A., Husodo, A. W., dan Mahardhika, P. (2018). Analisa Dinamik pada Sistem Perpipaan akibat Getaran Pompa. *Proceeding Conference of Piping Engineering and Its Application*, 1, 73–78p. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/view/537>
- Subekti, Hammid, A., Agung, W. B. (2018). Identifying the Nonlinearity Of Structures Dynamics By Wavelet Packet Decomposition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 453, Issue 1, Pp. 012003 (2018). 10.1088/1757-899X/453/1/012003
- Subekti, S., Hidayat, M. N., Efendi, B. D., Hamid, A., dan Murwanto, A. (2020). Hilbert Transform Analyzer for Mechanical Fault Detection of Vehicle Alternators. *Automotive Experiences*, 3(3), 89-95. <https://doi.org/10.31603/Ae.V3i3.3834>
- Subekti, S. et al. (2019). Inspecting A Bump Test in The Maintenance of A 1200-Cc Daihatsu Siga Disc Brake," *SINERGI*, Vol. 23, No. 3, 191-198p. DOI: 10.22441/Sinergi. 2019.3.003.
- Subekti, Abdul Hammid And Adi Surjosatyoe. (2018). The Use Of Flow-Induced Vibration As An Alternative Resource Of New Power Plant In Indonesia, *E3S Web Conf.*, 67 (2018) 01017, DOI: <https://doi.org/10.1051/E3sconf/20186701017>
- Andi F. S., Kholil M., Subekti S., Indra A. (2020). The Effect of Blade Number on Small Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Performance: An Experimental and Numerical Study, *International Journal of Environmental Science And Development*, Vol. 11. No.12, 2020, 555-560, Doi: 10.18178/Ijesd.2020.11.12.1307
- Yoshihisa Sato, Energy Consumption: An Environmental Problem, *Transactions on Electrical and Electronic Engineering IEEJ Trans* 2007; 1: 12–16p. Doi:10.1002/Tee.20109
- Wu, X., Wu, H., Wu, S. et al. (2014). Stress Analysis of Reciprocating Pump Pipeline System in Oil Station. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2026-2032p.