

**PENGUJIAN GETARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKO HIDRO DENGAN METODE *BUMP TEST***



KURNIAWAN HENDRI PRADANA

NIM : 41315120082

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA 2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN GETARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKO HIDRO DENGAN METODE *BUMP TEST***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Kurniawan Hendri Pradana

NIM : 41315120082

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JULI 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGUJIAN GETARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKO HIDRO DENGAN METODE *BUMP TEST*



Disusun Oleh :

Nama : Kurniawan Hendri Pradana

NIM : 41315120082

Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing
Pada tanggal : 8 Agustus 2020

MERCU BUANA

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Agung Wahyudi Biantoro, S.T., M.M., M.T.

Koordinator Tugas Akhir

Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Kurniawan Hendri Pradana
NIM : 41315120082
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Pengujian Getaran Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Metode *Bump Test*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 8 Agustus 2020

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Kurniawan Hendri Pradana

PENGHARGAAN

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayahnya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sesuai jadwal yang telah ditetapkan. Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Pengujian Getaran Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Metode *Bump Test*”. Tugas akhir ini disusun sebagai prasyarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (SI) teknik pada program studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana. Selain itu dengan adanya penyusunan Tugas Akhir ini, kami berharap dapat memberikan tambahan pengetahuan kepada pembaca.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentunya penulis mendapatkan bantuan, support dan bimbingan moril dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridonya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini sesuai jadwal yang ditetapkan.
2. Istri saya yang sangat saya cintai dan sayangi, atas dukungan dan doa-nya.
3. Bapak Agung Wahyudi Biantoro, ST., MM., MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan mulai dari awal penelitian, pengambilan data lapangan dan penyusunan laporan Bab 1 sampai dengan selesai sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
4. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, ST., MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, Jakarta.
5. Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir.
6. Segenap dosen pengajar Teknik Mesin Universitas Mercubuana atas ilmu yang telah diberikan.
7. Kepada teman-teman saya dalam team penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) lainnya yang telah bekerja sama dengan penuh tanggungjawab dan saling membantu dan saling bersinergi untuk sama-sama melakukan penelitian dan pengambilan data sehingga dapat membuat dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Dari pengalaman pembuatan laporan Tugas Akhir ini semoga kami para Mahasiswa diharapkan memahami dan dapat menerapkan teori-teori yang telah diperoleh untuk

diterapkan dalam perkembangan di dunia industri, dan juga sebagai referensi teman-teman lainnya di Fakultas Teknik khususnya Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, karena itu kritik dan saran akan sangat bermanfaat bagi penulis. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Jakarta, 8 Agustus 2020



Kurniawan Hendri Pradana



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik serta ketahanan Turbin dan Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). Penelitian ini diperlukan karena getaran pada turbin dapat menimbulkan potensi kerusakan yang menyebabkan daya pakainya berkurang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Bump Test* pada 6 (enam) titik pengukuran terhadap sumbu X, Y, Z. Respon getaran yang dihasilkan diukur dengan menggunakan *FFT Analyzer*. Data hasil pengukuran *FFT Analyzer*, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* MATLAB. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modus getar global turbin terdapat pada 11 frekuensi, yaitu 4, 8, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, 68 dan 76 Hz. Hal ini membuktikan bahwa turbin memiliki sistem dengan banyak derajat kebebasan (*multi degree of freedom*). Semakin tinggi nilai frekuensi pribadi pada turbin maka akan semakin tinggi tingkat ketahanannya terhadap getaran yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro. Tingkat ketahanan turbin ini dapat menekan biaya perawatan turbin Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH).

Kata Kunci : Turbin, Karakteristik Dinamik, *Bump Test*, Modus Getar



Turbine Vibration Testing On Hydro Piko Power Plant With Bump Test Method

ABSTRACT

This research was conducted to determine the characteristics and durability of Turbines and Generators in Pico Hydro Power Plants (PLTPH). This research is needed because the vibrations in the turbines can cause potential damage that causes reduced usability. The test is carried out using the Bump Test method at 6 (six) measurement points on the X, Y, Z axis. The resulting vibration response is measured using the FFT Analyzer. FFT Analyzer measurement results data, then performed data processing using MATLAB software. The results of this study indicate that the turbine global vibration mode is found in 11 frequencies, namely 4, 8, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, 68 and 76 Hz. This proves that the turbine has a system with many degrees of freedom (multi degree of freedom). The higher the personal frequency value in the turbine, the higher the level of resistance to vibrations produced by the Piko Hydro Power Plant. The level of durability of this turbine can reduce the maintenance costs of the turbine Hydro Power Plant (PLTPH).

Keywords : *Turbine, Dynamic Characteristics, Bump Test, Vibrate Mode*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR PERSAMAAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	4
1.4 RUANG LINGKUP	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 LATAR BELAKANG	6
2.2 PENELITIAN YANG RELEVAN	6
2.3 PROTOTIPE	19
2.4 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO	20
2.4.1 Bendungan dan <i>Intake</i>	21
2.4.2 Saluran Pembawa (<i>Head Race</i>)	22
2.4.3 Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	22
2.4.4 Katup	22
2.4.5 Rumah Pembangkit	23
2.4.6 Pipa Buang	23
2.5 Turbin Kaplan	23
2.6 Fungsi Respon Frekuensi (FRF)	24
2.7 MATLAB	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 DIAGRAM ALIR	30
3.2 ALAT BANTU PENELITIAN	31

3.3	STUDI LITERATUR	32
3.4	DESAIN PENELITIAN	32
3.5	PENGUJIAN	33
3.6	LANGKAH PENELITIAN	35
3.7	ANALISIS HASIL	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	PENDAHULUAN	36
4.2	PENGAMBILAN DATA	36
4.3	HASIL PENGUJIAN PADA GENERATOR TERHADAP SUMBU X,Y DAN Z	38
4.4	HASIL PENGUJIAN PADA TURBIN TERHADAP SUMBU X,Y DAN Z	43
4.4	ANALISIS HASIL	47
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN A		
KARTU ASISTENSI		54



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman	
2.1	Ilustrasi pembangkit listrik tenaga piko hidro	21
2.2	Gambar tabel pemilihan turbin air	24
2.3	Gambar model sistem getaran SDOF	25
2.4	Gambar pemrograman dengan <i>script-M</i>	28
3.1	Gambar Diagram alir Metodologi Penelitian	30
3.2	Gambar <i>Vibration Analyzer</i> Onosokki CF-3600A 4-Channel	31
3.3	Gambar Sensor <i>accelerometer piezoelectric</i> tipe CCLD	31
3.4	Gambar <i>Rubber mallet hammer</i>	32
3.5	Gambar Turbin Kaplan dengan 6 (enam) <i>blade</i>	33
3.6	Gambar Posisi titik pengukuran <i>bump test</i>	34
3.7	Gambar Set Up Pengujian Pengukuran FRF Generator dan Turbin Propeller	34
4.1	Gambar Set Up Pengujian <i>Bump Test</i>	37
4.2	Gambar posisi titik pengukuran <i>bump test</i>	38
4.3	Gambar Titik Pukul pada pengujian <i>bump test</i>	38
4.4	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Generator pada sumbu X	39
4.5	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Generator pada sumbu Y	40
4.6	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Generator pada sumbu Z	40
4.7	Gambar Frekuensi Pribadi hasil Pengukuran FRF pada Generator	42
4.8	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Propeller pada sumbu X	43
4.9	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Propeller pada sumbu Y	44
4.10	Grafik hasil pengukuran FRF posisi Propeller pada sumbu Z	44
4.11	Gambar Frekuensi Pribadi hasil Pengukuran FRF pada Propeller	46

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
2.1 Tabel penelitian terdahulu	6
2.2 Klasifikasi sistem pembangkit listrik tenaga air	20
3.1 Tabel spesifikasi alat dan bahan	31
3.2 Tabel Spesifikasi Turbin	33
4.1 Tabel Frekuensi Pribadi hasil pengukuran FRF pada Generator	41
4.2 Tabel Frekuensi Pribadi hasil pengukuran FRF pada Propeller	45
4.3 Tabel Frekuensi Pribadi Generator dan Propeller	47



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan		Halaman
2.1	$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_o$	25
2.2	$x = Xe^{i\omega t}$	25
2.3	$\dot{x} = i\omega X e^{i\omega t}$	25
2.4	$\ddot{x} = -\omega^2 X e^{i\omega t}$	25
2.5	$F_o = Fe^{i\omega t}$	25
2.6	$-m\omega^2 X e^{i\omega t} + ci\omega X e^{i\omega t} + kX e^{i\omega t} = Fe^{i\omega t}$	25
2.7	$\{(k - m\omega^2)\} + i(c\omega)\} X e^{i\omega t} = F e^{i\omega t}$	25
2.8	$\{(k - m\omega^2)\} + i(c\omega)\} X = F$	25
2.9	$\frac{X}{F} = \frac{1}{(k - m\omega^2) + i(c\omega)} = \frac{1}{k\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + i 2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]}$	25
2.10	$ H(\omega) = \frac{1}{(k - m\omega^2) + i(c\omega)} = \frac{1}{k\left[\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right)^2\right]}$	25
2.11	$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{c\omega}{k - m\omega^2}\right)^2$	26
2.12	$\alpha(\omega) = \frac{X}{F}$	26
2.13	$Y(\omega) = \omega\alpha(\omega)$	26
2.14	$A(\omega) = -\omega^2\alpha(\omega)$	26

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
A	Percepatan
a	Amplitudo
C	Koefisien damping
E	Modulus Elastisitas
F	gaya
f	frekuensi
m	massa
ω	Kecepatan sudut
φ	Sudut fase
$H(\omega)$	Magnitude
λ	Panjang gelombang
ζ	Faktor redaman