

ANALISIS FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) DALAM PENGUKURAN FREKUENSI GEDUNG BERLANTAI BANYAK DENGAN APLIKASI SMARTPHONE

Putri Eka Sakti Wirani ^{1)*}, Pariatmono ²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Pasca Sarjana, FT UMB, Jakarta

****Corresponding author:** putriekasakti14@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rangka pemeliharaan struktur bangunan dilakukan analisis respon vibrasi untuk memastikan kondisi struktur secara keseluruhan. Analisis awal merupakan tahap desain kondisi gedung saat ini. Proses penelitian ini dilakukan dengan bantuan software ETABS versi 22.0. Untuk analisis dinamik, pada studi ini akan memakai prosedur pemeriksaan getaran dengan aplikasi *smartphone* dan alat VIBXPRT II. Dalam penelitian ini juga akan dilakukan penginputan data pengukuran data statik adalah pemeriksaan *Non Destructive Test* dan *Destructive Test* dalam pengujian getaran sehingga dapat diperkirakan besaran kinerja atau lendutan maksimal yang dihasilkan, kemudian data percepatan dianalisis dengan *FFT* untuk mendapatkan nilai amplitudo terbesar dalam domain frekuensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai amplitudo terbesar dari ketiga sensor yaitu pada lantai 2 label 157 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo terbesar terdapat pada lantai 3 label 241. Amplitudo terbesar pada lantai 2 (label 157) adalah 0,0746 cm untuk sensor *smartphone*, 0,013733 cm untuk sensor *VIBXPRT II*, dan 0,9 cm analisis Etabs. Amplitudo terbesar pada lantai 3 (label 241) adalah 0,2116 cm untuk sensor *smartphone*, 0,000116 cm untuk sensor *VIBXPRT II*, dan 27,3 cm analisis Etabs. Amplitudo terbesar pada lantai 3 (label 291) adalah 0,5877 cm untuk sensor *smartphone*, 0,000303 cm untuk sensor *VIBXPRT II*, dan 16,6 cm analisis Etabs.

Kata kunci: Analisis getaran, bangunan bertingkat, vibration pro, Fast Fourier Transform

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya teknologi, getaran pada suatu bangunan dapat dipantau untuk memberikan kemudahan dalam pengukuran data lapangan agar menjadi lebih efektif. Proses ini digunakan sebagai pengamatan, perekaman, dan pengevaluasian parameter-parameter yang ada pada struktur bangunan untuk menilai kesehatan dan performanya secara berkelanjutan (Rimaza, Catra Dwi. Dkk. 2014)

Meskipun keamanan struktural ditangani dengan baik, kemampuan layan getaran biasanya diasumsikan memuaskan, yang biasanya terjadi pada konstruksi beton cor in-situ atau beton pracetak yang berat yang biasanya digunakan untuk kawasan industri. Hasilnya adalah bahwa penilaian kemampuan servis getaran yang masif dan kaku akan menilai konstruksi tersebut sebagai “frekuensi tinggi”, yaitu tidak mampu mengalami resonansi akibat aktivitas manusia ataupun getaran akibat mesin produksi.

Dalam rangka pemeliharaan struktur bangunan pada penelitian ini akan dilakukan analisis respons vibrasi untuk memastikan kondisi struktur secara keseluruhan, maka perlu dilakukan pengujian terhadap struktur bangunan tersebut (Diyanita, Anggun. 2017)

1.2 Tujuan Penelitian

- untuk melakukan analisis respon vibrasi pada bangunan bertingkat 3 lantai.
- untuk menentukan lokasi kerusakan dari bangunan bertingkat 3 lantai yang ditandai dengan simpangan dan kecepatan simpangan terbesar.

2. METODE

2.1. Tinjauan Pustaka

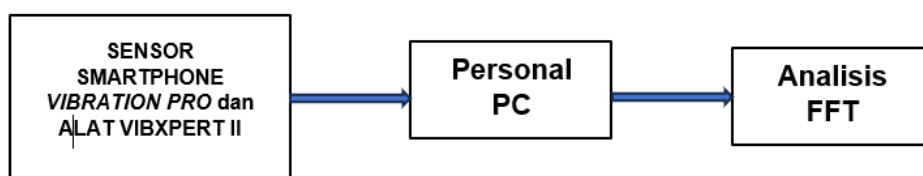
Priatama [1], melakukan penelitian tentang jaringan sensor nirkabel untuk memantau kondisi suatu struktur bangunan, dengan pengamatan terhadap perilakunya berupa getaran. Pembacaan terhadap getaran dilakukan dengan menggunakan sensor getaran yang ditempatkan pada elemen struktur. Sensor ini membaca perilaku getaran pada sumbu x, y, dan z. Kemudian dari data percepatan yang diperoleh diketahui perilaku simpangan yang terjadi pada model struktur bangunan.

Dwi [2], melakukan penelitian tentang getaran terhadap kenyamanan penghuni pada berbagai tipe bangunan, seperti kantor, pusat perbelanjaan, dan tempat ibadah juga bertujuan untuk menentukan kelayakan dimensi balok, kolom, dan pelat terhadap pengaruh getaran setelah dibebani oleh beban mati dan hidup. Dalam penelitiannya dilakukan pemodelan struktur bangunan dengan data umum seperti tinggi lantai dan jarak antar kolom, serta analisis getaran menggunakan persamaan dinamik untuk menghitung percepatan puncak.

Indra dan Panggih [3], melakukan penelitian tentang analisis getaran pada bangunan bertingkat dua dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Getaran pada bangunan bertingkat dua dibuat untuk melihat pola vibrasi terhadap jenis-jenis kondisi abnormal. Pembacaan terhadap vibrasi dilakukan dengan sensor. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan FFT sehingga dapat diperoleh amplitudo dan frekuensinya.

2.2. Rancangan Sistem Secara Keseluruhan

Pada penelitian ini, dibuat sebuah sistem pemantauan getaran pada bangunan bertingkat tiga menggunakan sensor aplikasi smartphone *vibration pro* yang terdiri dari beberapa bagian utama yang sesuai dengan diagram blok pada Gambar 1. Blok diagram sistem ini terdiri dari satu unit aplikasi.

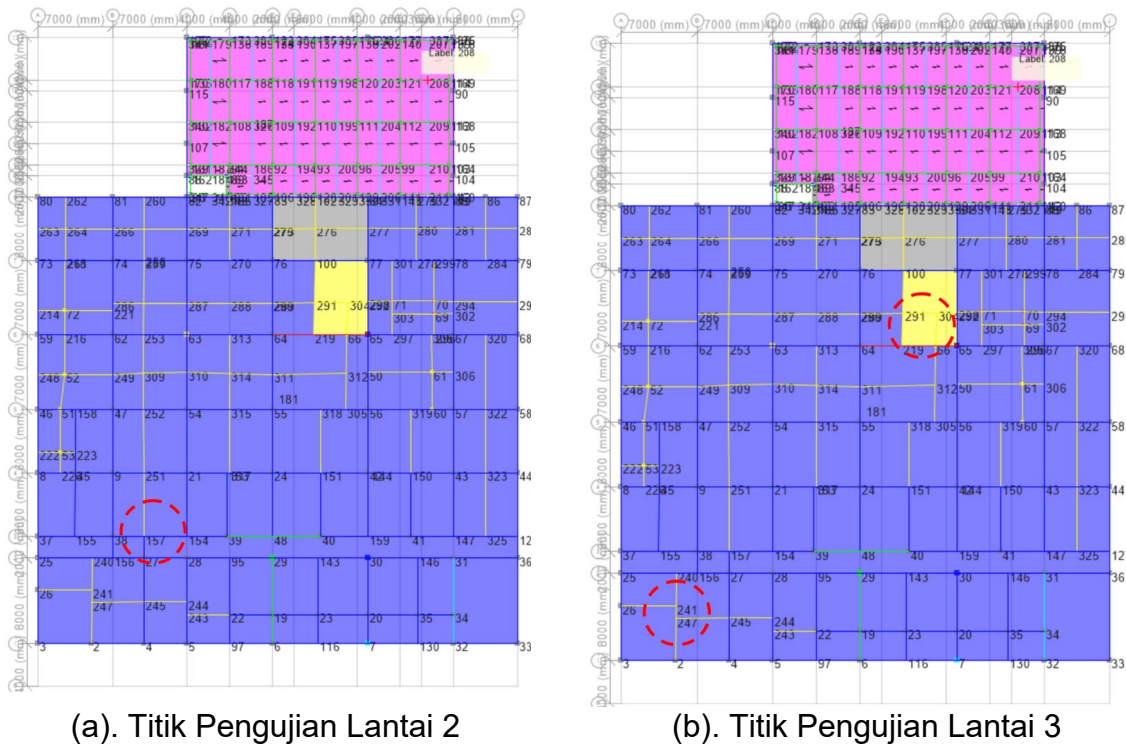


Gambar 1. Blok Diagram Pemeriksaan FFT

- Pada Gambar 1 tampak diagram blok bagian elektronik sistem yang terdiri dari:
- Sensor *smartphone vibration pro* dan alat *VIBXPRT II*
Sensor berfungsi sebagai pendeteksi getaran.
 - PC

Berfungsi sebagai pemroses data dari vibration pro dan alat VIBXPERT II dengan menampilkannya ke dalam bentuk grafik. Data dari sensor akan diolah dengan analisis FFT.

Tata letak pemeriksaan getaran dengan menggunakan smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPERT II disesuaikan berdasarkan analisa ragam 1,2,dan 3 dari permodelan ETABS v.22 setelah dilakukan penginputan mutu beton hasil pemeriksaan statik. seperti yang terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Lokasi pengujian getaran berdasarkan analisis ETABS.
Titik Pengujian Lantai 2 (a) dan Titik Pengujian Lantai 3 (b).

Sensor smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPERT II ini diletakkan dipelat lantai berdasarkan titik ragam 1,2, dan 3 yaitu untuk ragam 1 pada lantai 3 label 241, ragam 2 pada lantai 3 label 291, dan ragam 3 pada lantai 2 label 157 . Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah Micosroft Excel.

Data percepatan yang disimpan pada PC, kemudian data diambil sebanyak 256 sebagai sample.Semua data pada tiap lantai bangunan diolah menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan amplitudo dari ranah frekuensi. FFT adalah algoritma cepat untuk mengimplementasikan *discrete fourier transform* (DFT). FFT ini mengubah masing-masing frame N sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi.

2.3. Implementasi

Implementasi terbagi menjadi tiga yaitu implementasi *hardware,software*, dan pengujian. Bagian utama rangkaian elektronik dalam penelitian ini, yaitu aplikasi smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPERT II. Rancangan yang sudah diimplementasikan tampak pada Gambar 3.



(a). Smartphone diletakan dan direkatkan pada lantai agar smartphone mendeteksi getaran lantai



(b). Pemberian beban impuls pada titik pengujian



(c). Pengujian Getaran dengan alat VIBXPERT II

Gambar 3. Pemeriksaan getaran lantai bangunan menggunakan aplikasi smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPERT II

Gambar 3 menunjukkan rangkaian pemeriksaan getaran bangunan menggunakan aplikasi smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPERT II. Terlihat pada gambar bahwa, tahapan pemeriksaan yaitu dengan diletakkan sesuai Gambar 2 dan merekatkan *smartphone* pada lantai bangunan agar *smartphone* mendeteksi getaran lantai akibat dari pemberian beban impuls bukan getaran *smartphone* itu sendiri.

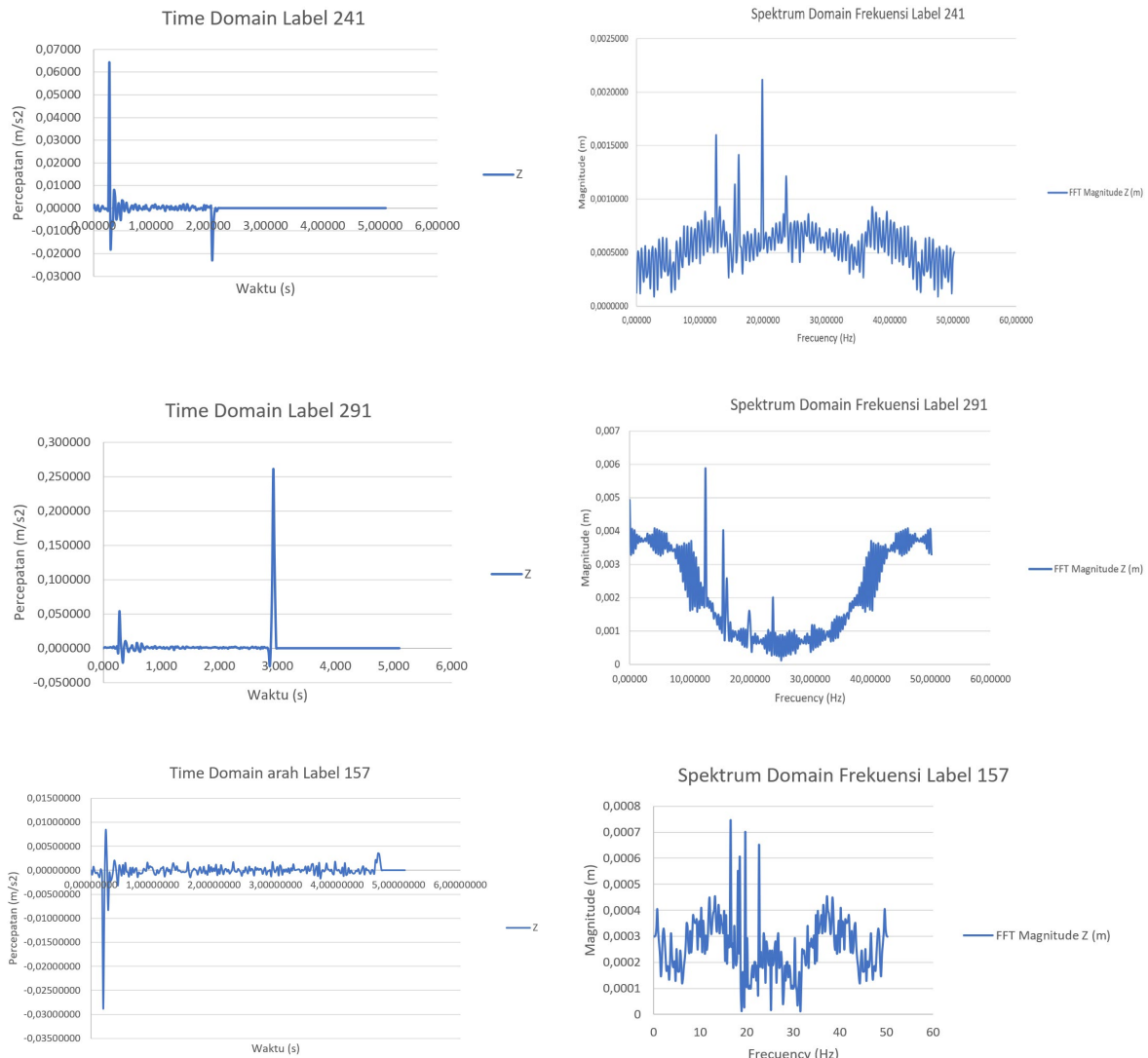
Beban impuls diberikan setelah aplikasi smartphone *vibration pro* diaktifkan dengan beban yaitu plastik berisi tanah atau pasir sebagai pemberat seberat 10 kg dan dijatuhkan setinggi 150 cm.

Pembacaan sensor dilakukan dalam waktu 5 detik dikarenakan keterbatasan waktu kondisi di lapangan. Selanjutnya, data hasil dari pembacaan sensor aplikasi smartphone *vibration pro* yang diakibatkan oleh getaran berupa percepatan dapat digunakan untuk mengetahui perilaku struktur yang mengalami perubahan amplitudo (simpangan terbesar) pada tiap lantai. Data ini didapatkan dari output aplikasi smartphone *vibration pro* dengan format microsoft Excel CSV sebagai penampil data.

Data yang didapat selama 5 detik, dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Pada penelitian ini, pengukuran getaran akan menggunakan aplikasi smartphone *vibration pro* yang dipasang pada tiap lantai bangunan. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui besarnya perubahan amplitudo (simpangan terbesar). Pada software microsoft Excel digunakan frekuensi sampling yang didapat dari banyaknya jumlah data dibagi dengan lamanya waktu pencuplikan sehingga didapat nilai $f_s = 50$ sample/sec.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Output dari aplikasi *smartphone vibration pro* akan diolah dengan perubahan data dalam ranah waktu ke ranah frekuensi tiap label titik pengujian getaran. Selanjutnya semua data dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* pada software microsoft Excel untuk memperoleh amplitudo terbesar. Proses ini juga bertujuan untuk mengubah data dalam domain waktu ke domain frekuensi. Pada Gambar 4 dapat dilihat perubahan data dalam ranah waktu ke ranah frekuensi lantai 3 label 241, label 291, dan lantai 2 label 157 dari hasil sensor *smartphone vibration pro*.

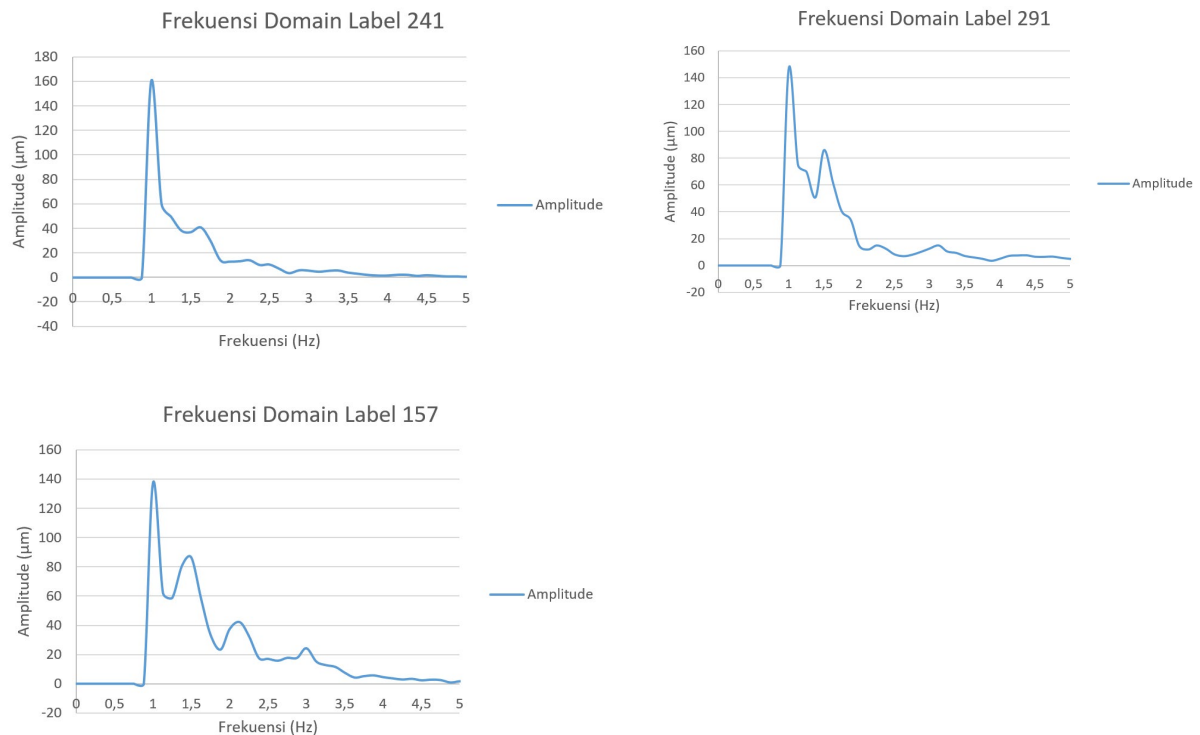


Gambar 4. Perubahan Data dalam Ranah Waktu (kiri) ke Ranah Frekuensi (kanan)

Pada Gambar 3 juga menunjukkan rangkaian pemeriksaan getaran bangunan menggunakan alat VIBXPRT II. Terlihat pada gambar bahwa, tahapan pemeriksaan yaitu dengan meletakkan alat sensor pada lantai sesuai Gambar 2 dan diberikan tumbukan pada sekitar sensor sebagai beban impuls.

Pembacaan sensor dilakukan dalam waktu 5 detik dikarenakan keterbatasan waktu kondisi di lapangan. Selanjutnya, data hasil dari pembacaan sensor alat VIBXPRT II yang diakibatkan oleh getaran berupa frekuensi dan amplitude (simpangan terbesar) pada tiap lantai tanpa menggunakan analisis FFT.

Pada Gambar 5 dapat dilihat data dalam frekuensi dan amplitude pada lantai 3 label 241, dan lantai 3 label 291, dan lantai 2 label 157 dari hasil alat VIBXPRT II.



Gambar 5. Data frekuensi dan amplitude pada lantai 3 label 241, dan lantai 3 label 291, dan lantai 2 label 157 alat VIBXPRT II.

Didapatkan juga nilai frekuensi hasil analisis dengan ETABS pada ragam 1,2,dan 3 yang dimana ragam 1 berada pada label 241 lantai 3, ragam 2 berada pada label 291 lantai 3, dan ragam 3 berada pada label 157 lantai 2. Seperti terlihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 nilai frekuensi hasil analisis dengan ETABS

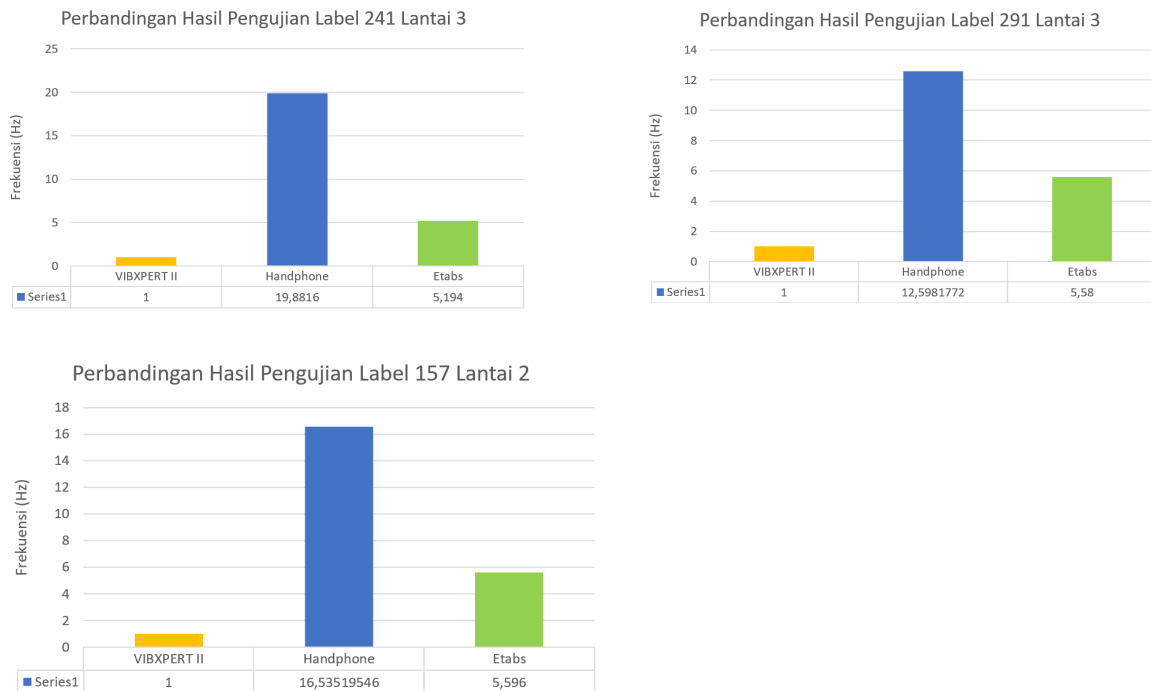
Mode	Period	Frequency
	sec	cyc/sec
1	0,193	5,194
2	0,179	5,58
3	0,178	5,596

Dari ketiga data yang didapatkan, akan dilakukan perbandingan nilai frekuensi dan amplitude terbesar seperti pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2 perbandingan nilai frekuensi dan amplitude

Titik Label	VIBXPRT II		Vibration pro		Etabs	
	f (Hz)	amplitude (cm)	f (Hz)	amplitude (cm)	f (Hz)	amplitude (cm)
241	1	0,016045	19,8816	0,211631	5,194	27,3
291	1	0,01468	12,5982	0,587715	5,58	16,6
157	1	0,013733	16,5352	0,07465	5,596	0,9

Dari Tabel 2 dilakukan perbandingan nilai frekuensi dari hasil pemeriksaan dengan alat sensor VIBXPERT II, smartphone vibration pro, dan Etabs. Seperti pada Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6. perbandingan nilai frekuensi dari hasil pemeriksaan dengan alat sensor

Setelah semua data percepatan dalam domain waktu pada lantai 2 diubah dalam domain frekuensi, maka didapatkan nilai amplitudanya. Tabel 1 merupakan data keseluruhan yang diperoleh pada lantai 2.

Tabel 3 Data pada Lantai 2 (label 157)

Jenis Sensor	Percepatan terbesar (m/s^2)	Amplitude terbesar (cm)	Frekuensi (Hz)
<i>vibration pro</i>	0,00825	0,07465	16,535
VIBXPERT II		0,013733	1

Dari Tabel 2 dapat dilihat amplitude terbesar dan frekuensinya dari sensor aplikasi smartphone *vibration pro* dan amplitude terbesar dengan alat VIBXPERT II pada lantai 2.

Setelah semua data percepatan dalam domain waktu pada lantai 3 (label 241 dan label 291) dari sensor aplikasi smartphone *vibration pro* diubah dalam domain frekuensi serta frekuensi dan amplitude terbesar dari alat VIBXPERT II. Tabel 3 merupakan data keseluruhan yang diperoleh pada lantai 3 (label 241 dan label 291).

Tabel 4 Data pada Lantai 3 (label 241 dan label 291)

Jenis Sensor	Percepatan terbesar (m/s^2)		Amplitude terbesar (cm)		Frekuensi (Hz)	
	label 241	label 291	label 241	label 291	label 241	label 291
<i>vibration pro</i>	0,0643	0,261	0,002116	0,005877	19,882	12,598
VIBXPERT II			0,016045	0,01468	1	1

Dari Tabel 3 dan 4 dapat dilihat amplitudo terbesar dan frekuensinya dari sensor aplikasi smartphone *vibration pro* dan alat VIBXPRT II pada lantai 3.

Dapat dilihat juga bahwa nilai amplitudo terbesar pada lantai 2 label 157 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo pada lantai 3 label 241 dan label 291. Sedangkan nilai amplitudo terbesar terdapat pada lantai 3 label 241. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan massa dan kekakuan lantai. Perbedaan massa dan kekakuan lantai dapat menyebabkan simpangan antar tingkat yang besar. Simpangan antar tingkat adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan. Untuk mengurangi simpangan dan deformasi pada bangunan tinggi, dapat dilakukan dengan menambahkan pengaku (*bresing*) pada beberapa bagian bangunan.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap data yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai amplitudo terbesar pada lantai 2 label 157 lebih kecil dibandingkan dengan nilai amplitudo pada lantai 3 label 241 dan label 291. Sedangkan nilai amplitudo terbesar terdapat pada lantai 3 label 241. Berdasarkan analisis running Etabs menunjukkan nilai periode pada ragam 1 adalah titik perpindahan terbesar yang berada pada label 241 lantai 3, begitupun pada ragam 2 dan 3 adalah nilai perpindahan yang mengecil mengikuti nilai ragamnya. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan massa dan kekakuan lantai, perbedaan massa dan kekakuan lantai dapat menyebabkan simpangan antar tingkat yang besar. Simpangan antar tingkat adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan. Untuk mengurangi simpangan dan deformasi pada bangunan tinggi, dapat dilakukan dengan menambahkan pengaku (*bresing*) pada beberapa bagian bangunan.

Hasil Pemeriksaan getaran dengan sensor VIBXPRT II, *vibration pro*, dan Etabs didapatkan juga bahwa frekuensi dari ketiga pengujian sangat berbeda sedangkan frekuensi dari *vibration pro* adalah yang terbesar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tingkat sensitifitas dari alat sensor VIBXPRT II dan *vibration pro* yang berbeda sehingga didapatkan nilai frekuensi yang bervariasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Mercubuana Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Pasca Sarjana atas dukungan pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT.Paragon Technology and Innovation atas dukungan pengumpulan data sebagai studi kasus penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ishak, M., dan Rivai, 2012, 'Analisis Proteksi Vibrasi pada Pompa Sentrifugal dengan Menggunakan Fast Fourier Transform dan Neural Network', digilib.its.ac.id/public/ITSpaper-20098-Paper.pdf, diakses tanggal 27 Juli 2013
- Diyanita, Anggun. (2017). 'Analisis Respon Vibrasi Bangunan Bertingkat Tinggi Untuk Deteksi Kerusakan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. Surabaya.
- Rakhmadi.I, & Basuki.P., (2013). 'Purwarupa Sistem Pemantau Getaran pada Bangunan Bertingkat Dua Menggunakan Sensor Akselerometer'. Prodi

Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA
UGM. IJEIS, Vol.3, No.2, October 2013, pp. 197~206

Anil.K. Chopra, 1989, Dynamic Of Structures Theory and Application To Earthquake
Engineering, University Of California at Berkeley, Penerbit Perason.

Mario Paz, 1985. Structural Dynamics Theory and Computation, University of
Louisville, Penerbit CBS Publisher and Distributors.