

ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN VIBRASI LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN ALAT ACCELEROMETER DAN APLIKASI SMARTPHONE DENGAN METODA *FAST FOURIER TRANSFORM* (FFT)

Dodi Sandra¹⁾*, Resmi Bestari Muin²⁾

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

*Corresponding author: dodi_ugm@yahoo.com

ABSTRAK

Getaran berlebihan pada sistem lantai tidak hanya membuat penghuni gedung tidak nyaman, namun lantai tersebut tidak dapat digunakan untuk menyimpan peralatan yang sensitif terhadap getaran. Pada penelitian ini, penulis akan mencoba membandingkan hasil pengukuran getaran lantai menggunakan *accelerometer* dengan perangkat komunikasi *smartphone* menggunakan aplikasi *vibration pro*, dimana hasil pengukuran masing-masing perangkat berupa percepatan gelombang terhadap waktu, kemudian dianalisis menggunakan metode *Fast Fourier Transformation* (FFT) untuk mendapatkan nilai domain frekuensi. Pada titik uji yang sama juga dilakukan analisis dengan program etabs dengan parameter properti material sesuai dengan hasil pengujian di lapangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai frekuensi dari ketiga metoda tersebut didapatkan nilai frekuensi yang hampir sama, sehingga penulis menyimpulkan bahwa perangkat komunikasi seperti *smartphone* juga dapat digunakan untuk mengukur nilai frekuensi bangunan atau komponen struktur lainnya. Hasil penelitian menunjukkan nilai frekuensi natural yang diperoleh pada lantai 7 dengan menggunakan *Accelerometer* = 6,8359 Hz dan *Smartphone* = 6,8607. Nilai frekuensi natural pada lantai 17 dengan menggunakan *Accelerometer* = 5,8594 Hz dan *Smartphone* = 6,3686 Hz. Nilai frekuensi natural pada lantai 23 dengan menggunakan *Accelerometer* = 5,8594 Hz dan *Smartphone* = 5,8813 Hz. Nilai frekuensi natural pada lantai 25 dengan menggunakan *Accelerometer* = 5,8594 Hz dan *Smartphone* = 6,0722 Hz.

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

1. PENDAHULUAN

Getaran lantai merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh beberapa parameter, termasuk evaluasi subjektif. Studi telah menunjukkan bahwa orang memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda terhadap getaran lantai, dan perbedaan ini diperburuk oleh keadaan dalam ruangan. Misalnya, orang yang duduk di sebuah ruangan memiliki toleransi lebih sedikit terhadap getaran lantai daripada orang yang sama berjalan di sekitar ruangan. Sementara barang-barang yang ada di dalam ruang akibat getaran lantai, seperti gemeretak piring dalam lemari dapat juga mempengaruhi penerimaan manusia. Maka sifat subjektif dari persepsi getaran lantai membuat standar evaluasi objektif sulit tercapai. Adapun standar frekuensi paling sensitif terhadap getaran pada manusia menurut [1] adalah berkisar antara 4-8 Hz, dimana jika pelat lantai berada pada frekuensi tersebut dan juga kegiatan manusia memiliki

frekuensi yang sama, maka fenomena resonansi akan terjadi dan menyebabkan respon vibrasi semakin tinggi.

Dari penelitian [2] didapatkan nilai frekuensi natural pada masing-masing 3 titik pengujian pelat lantai adalah 5,3 Hz untuk kasus FS1, 8,2 Hz untuk kasus FS2 dan 15,1 Hz untuk kasus FS3, dimana ambang batas nilai yang sudah ditentukan berdasarkan panduan AISC DG 11 dan SCI P354 adalah maksimum 12 Hz, sesuai keluhan dari penghuni setempat pada studi kasus FS3 yang merasakan efek vibrasi yang cukup mengganggu.

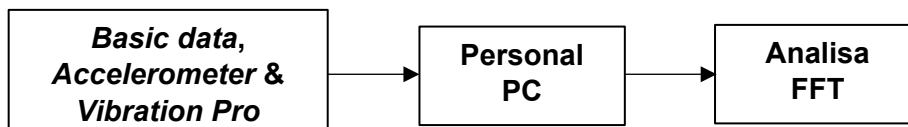
James W. Cooley, 1965 mengembangkan algoritma Fourier Transformation yang lebih efisien pada [3]. Dari journal tersebut dijelaskan algoritma *Fast Fourier Transformation* (FFT), yaitu metode yang digunakan untuk menghitung koefisien *fourier diskrit* dari data kompleks dengan lebih cepat dan efisien dengan menggunakan komputasi machine, dimana dalam penelitian ini menggunakan program *Microsoft Excel*.

Penelitian ini untuk mengetahui nilai frekuensi natural dan *peak acceleration* pada pelat lantai dan balok anak eksisting, serta untuk mendapatkan metoda dan alternatif yang lebih mudah dan praktis untuk mengetahui nilai frekuensi pada elemen struktur bangunan dengan menggunakan alat komunikasi *smart phone*.

2. METODE

2.1. Metodologi Penelitian

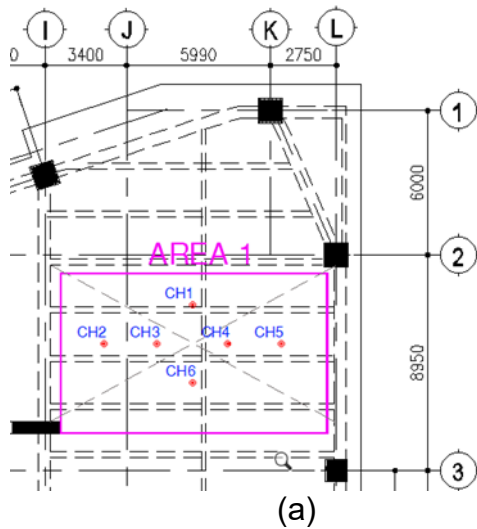
Penelitian ini dilakukan pada gedung 36 lantai dan dilakukan pada 4 lokasi masing-masing pada lantai 7, 17, 23 dan lantai 25. Pengambilan data berupa data awal yaitu hasil audit forensik struktur, pengujian vibrasi lantai dengan menggunakan *Accelerometer*, *Smartphone* dengan aplikasi *vibratio pro* dan analisis frekuensi alami struktur lantai dengan *Etabs v19.0*. Blok diagram penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

- Pada Gambar 1 tampak diagram alur penelitian yang terdiri dari:
- Basic data berupa hasil audit forensik struktur yang terdiri dari data pengujian *corring test*, *ultra sonic pulse velocity* (UPV) dan *hammer test*.
 - Sensor *Accelerometer* dan *smartphone vibration pro* untuk alat perekam gelombang akibat getaran.
 - PC (*Personal Computer*)
Berfungsi sebagai pemroses data *Accelerometer* dan *vibration pro* untuk memproses data hasil pembacaan dan diolah dengan analisa FFT untuk menampilkan dalam bentuk grafik.

Titik lokasi pengujian vibrasi dengan menggunakan *accelerometer* dan *smartphone* dengan aplikasi *vibration pro* disesuaikan berdasarkan analisa ragam 1 dari permodelan *Etabs v.19.0*, dimana data mutu beton aktual sebagai input data program *Etabs* telah dilakukan penyesuaian nilai mutu beton dengan melakukan analisis *regresi linear* antara hasil *hammer test* dan UPV terhadap hasil *core drill*. Gambar berikut adalah titik lokasi dan prosedur pengujian lapangan.



Gambar 2. (a) Lokasi pengujian, (b) Pengujian *impact test* pada area 1

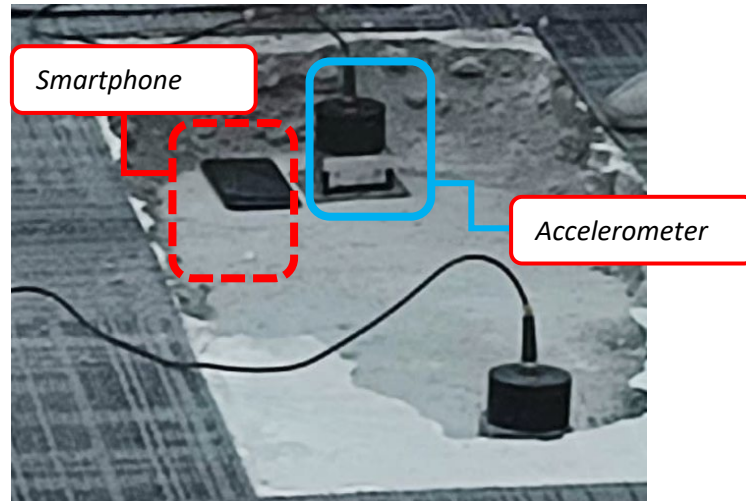
Sensor *accelerometer* dipasang sebanyak 6 titik pada area 1 untuk mendapatkan nilai kecepatan vibrasi dan *time domain*, dan sensor *smartphone vibration pro* juga dipasang pada pusat masa pada area 1 untuk dilakukan pembacaan hasil pengujian.

Selanjutnya perangkat lunak Microsoft Excel digunakan untuk mengolah masing-masing data pengujian dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan *peak acceleration* dari *domain frekuensi*. Dimana jumlah data yang dihitung harus setara dengan 2^n , n maksimal = 12, yang berarti jumlah data *Discrete Fourier Transformation* (DFT) yang bisa dihitung dengan metode FFT adalah 2, 4, 8, 16, ..., 4096. Dalam kasus penelitian ini digunakan jumlah data sebanyak 512.

2.2. Implementasi

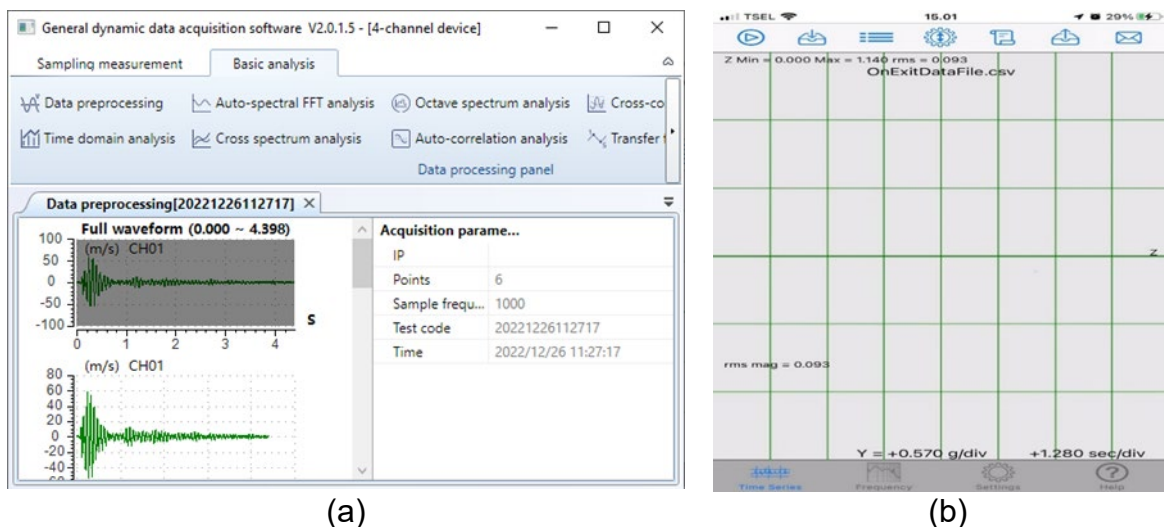
Implementasi dari pada pengujian ini adalah dengan melakukan pemasangan sensor *accelerometer* dan penempatan *smartphone* disampingnya untuk mendapatkan perbandingan hasil pembacaan gelombang getaran. Penempatan masing-masing sensor dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.

Gambar 3 menunjukkan rangkaian pemeriksaan getaran pada lantai bangunan menggunakan sensor *accelerometer* dan aplikasi *smartphone vibration pro*. Terlihat pada gambar bahwa, tahapan pemeriksaan yaitu dengan diletakkan sesuai Gambar 2 dan merekatkan *accelerometer* dan *smartphone* pada pelat lantai bangunan untuk merekam data percepatan dan domain waktu getaran sebagai respon akibat pemberian beban *impuls*. Beban *impuls* diberikan setelah penempatan *accelerometer* dan aplikasi *smartphone vibration pro* diaktifkan dengan beban yaitu karung pasir dengan berat 10 kg dan dijatuhkan pada ketinggian 150 cm.



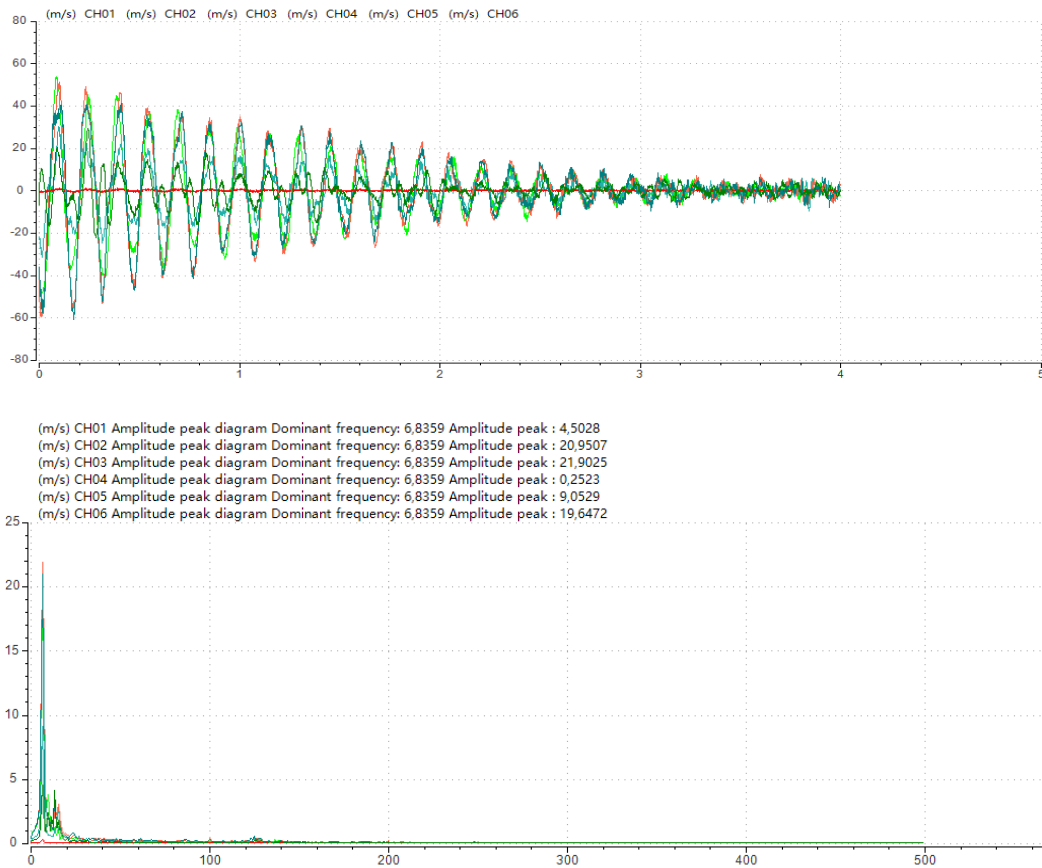
Gambar 3. Pengujian vibrasi lantai menggunakan *accelerometer* dan aplikasi *smartphone vibration pro*

Pembacaan sensor dilakukan secara bersamaan pada kedua alat tersebut, dimana pada sensor *accelerometer* menggunakan aplikasi yang ada pada alat yaitu *Software DAS_v4 (Data Acquisition Software V2.0.1.5) General Dynamic* seperti yang terlihat pada gambar 4a dan aplikasi *vibration pro* seperti pada gambar 4.b, dimana data dari aplikasi *vibration pro* bisa diexport dalam bentuk file csv.

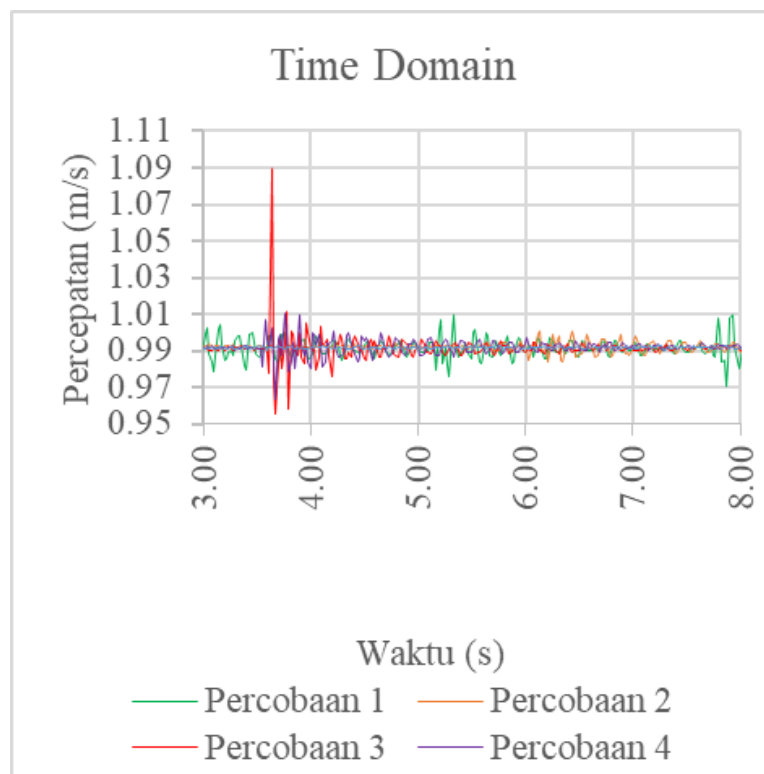


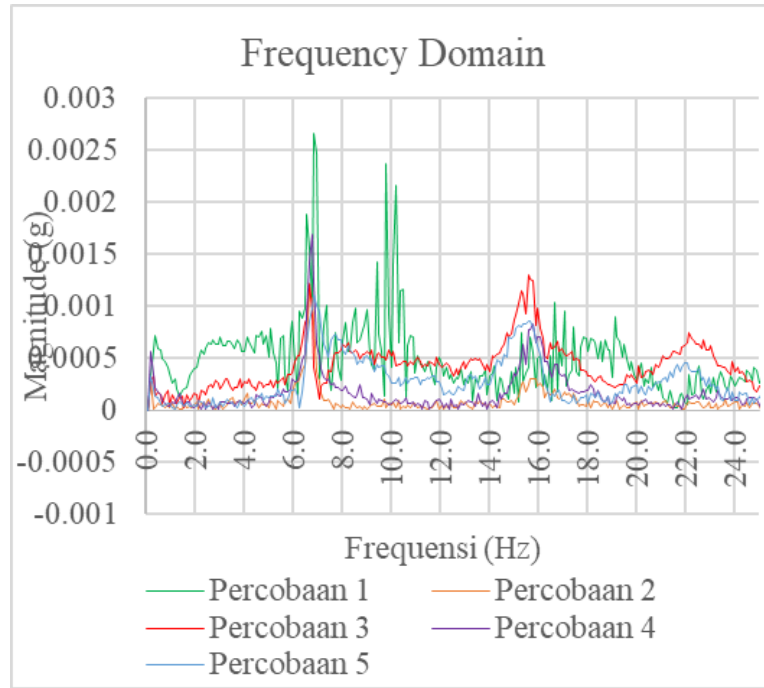
Gambar 4. a. *Software DAS_v4 (Data Acquisition Software V2.0.1.5)* b. Aplikasi software *Vibration Pro*

Output dari aplikasi *accelerometer* akan diolah dengan *software DAS_v4 (Data Acquisition Software V2.0.1.5) General Dynamic* dan output dari aplikasi *smartphone vibration pro* dapat diexport langsung dalam bentuk file csv ke *microsoft excel* dimana selanjutnya data pada masing-masing output tersebut akan dianalisis dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform (FFT)* pada software *microsoft Excel* untuk memperoleh amplitudo terbesar Z. 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 arah Z lantai 7.



Gambar 4. Transformasi *Fourier* dari Data Hasil Pengujian dari domain waktu ke domain frekuensi berdasarkan sensor *accelerometer*.





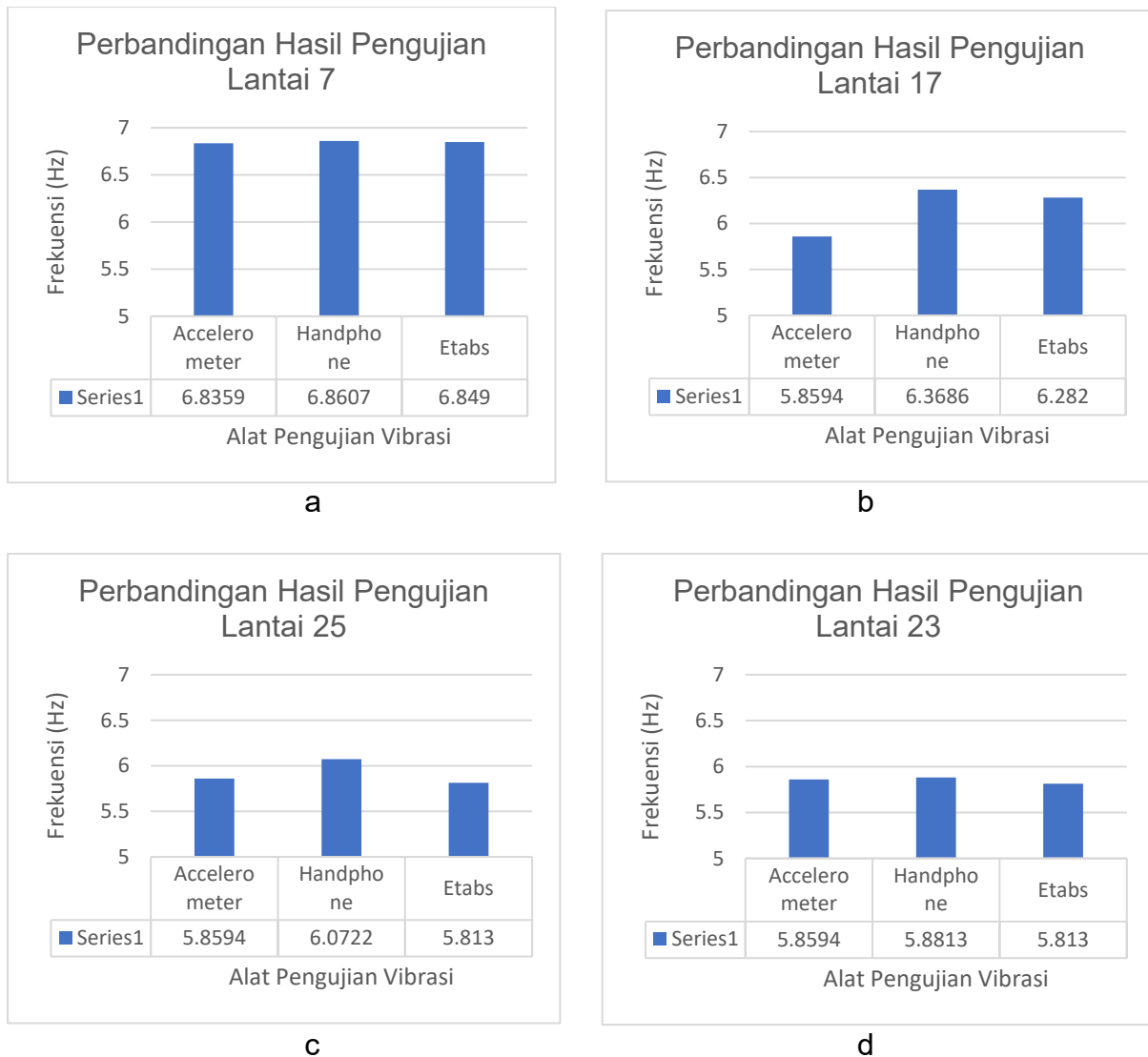
Gambar 5. Transformasi *Fourier* dari Data Hasil Pengujian dari domain waktu ke domain frekuensi berdasarkan sensor *Smartphone Vibration Pro*.

Tabel 1. *Modal Periods And Frequencies* Lantai 7 hasil analisa Etabs

Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.146	6.849	43.0346	1851.981
Modal	2	0.118	8.462	53.1678	2826.8125
Modal	3	0.113	8.818	55.408	3070.0473
Modal	4	0.101	9.916	62.302	3881.539
Modal	5	0.098	10.21	64.151	4115.3445
Modal	6	0.093	10.714	67.3166	4531.5222
Modal	7	0.08	12.543	78.8106	6211.1143
Modal	8	0.078	12.899	81.0474	6568.6891
Modal	9	0.075	13.341	83.8211	7025.9746
Modal	10	0.07	14.281	89.7324	8051.9062
Modal	11	0.061	16.528	103.8511	10785.0485
Modal	12	0.058	17.197	108.0495	11674.6936

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. Setelah semua data kecepatan dalam domain waktu diubah kedalam domain frekuensi dan seterusnya juga akan didapatkan nilai amplitudonya. Hasil perhitungan nilai frekuensi pada struktur pelat lantai dalam arah Z diplotkan dalam bentuk grafik pada setiap masing-masing metoda perhitungan.



Gambar 6. a. Perbandingan hasil pengujian lantai 7 b. Perbandingan hasil pengujian lantai 17 c. Perbandingan hasil pengujian lantai 23 d. Perbandingan hasil pengujian lantai 25

Hasil perbandingan pengukuran nilai vibrasi terdapat perbedaan nilai frekuensi alami pada lantai 17 dan lantai 25, dimana selisih terbesar terlihat pada lantai 25 yaitu sekitar 0.51 hz, hal ini kemungkinan disebabkan oleh posisi penempatan *smartphone* pada lantai saat pengujian tidak rata atau mengalami pergerakan. Namun demikian, secara keseluruhan pada pengukuran dengan *accelerometer* maupun *smartphone* pola kurva kecepatan dan nilai percepatan vibrasi pada grafik terlihat seragam.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pengukuran nilai vibrasi dengan menggunakan alat *accelerometer* dan *smartphone* dengan aplikasi *vibration pro* dimana untuk mendapatkan nilai frekuensi alami struktur pelat lantai, kedua data tersebut dianalisis dengan metoda *Fast Fourier Transform* (FFT), terlihat bahwa hasil transformasi *Fourier* dari data hasil pengujian memiliki pola yang relatif sama baik pada kurva domain waktu vs kecepatan maupun kurva frekuensi vs percepatan,

diperkuat lagi dengan pembuktian dari hasil pemodelan struktur dengan menggunakan program etabs juga didapatkan nilai frekuensi alami yang relatif mendaki nilai hasil pengujian *accelerometer* maupun *vibration pro* maka dapat disimpulkan bahwa alat komunikasi *smartpohne* juga bisa dipergunakan untuk keperluan analisis struktur seperti pengujian dan pengukuran nilai frekuensi alami pada elemen struktur bangunan.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AISC, *Steel Design Guide Series-Guide 11-Floor vibrations due to Human activity*. 2003.
- [2] James W. Cooley and John W. Tukey, 1954, 'An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series', IBM Watson Research Center, Princeton University, New Jersey
- [3] Muhammad, Z. O., 2019, " *Vibration Serviceability of Building Floors, Performance Evaluation of Contemporary Design Guidelines* " DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001280
- [4] Muhammad, Z. O., 2017, " *Evaluation of Contemporary Guidelines for Floor Vibration Serviceability* " <http://hdl.handle.net/10871/25278>
- [5] Kamarudin., 2018, " *Identification of Natural Frequency of Low Rise Building on Soft Ground Profile using Ambient Vibration Method* " doi :10.1088/1742-6596/995/1/012100
- [6] Brownjohn. 2016, " *Floor Vibration Serviceability in a Multistory Factory Building* " DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000688. *American Society of Civil Engineers*.
- [7] S. Chen, R. Zhang, and J. Zhang, "Human-induced vibration of steel-concrete composite floors" <https://doi.org/10.1680/jstbu.16.00179>
- [8] G. G, A. Mohaideen, and A. R. Santha Kumar, 2015 " *Analysis of Harmonic Behaviour of Human Rhythmic Activity in A RCC Roof Slab* " IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 2 Issue 5, May 2015
- [9] J. Liu, S. Huang, J. Li, and Y. F. Chen, 2019 " *Vibration Behavior of Composite Slab with Precast Ribbed Panels due to Transient Impact* " DOI: 10.1142/S0219455419501487
- [10] X. Zhou, J. Li, and J. Liu, 2015 " *Vibration of Prestressed Cable RC Truss Floor System due to Human Activity* " DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001447
- [11] N. A. Mohd Azaman et al., 2017 " *Investigation of Concrete Floor Vibration Using Heel-Drop Test* " doi :10.1088/1742-6596/995/1/012027
- [12] D. C. Rimaza and D. R. Wiyono, 2014 " *Pengaruh Getaran pada Struktur Bangunan Satu Tingkat Akibat Gerakan Manusia* " Jurnal Teknik Sipil Volume 10 Nomor 2, Oktober 2014
- [13] A. K. Chopra, *Dynamics of Structures 4th Edition*. 2019.
- [14] ISO - International Organization for Standardization, ISO 2631-2: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration -

Part 2: Vibration in Buildings (1 Hz to 80 Hz). ISO - International Organization for Standardization, 2010.

- [15] SCI, *Steel Construction Institute - Design of floors for vibration : A New Approach*.2009.