

## **Pengaruh Pemodelan Elemen Tangga pada Gedung Beton Bertulang terhadap Beban Gempa: Studi Kasus Gedung Hotel Tajem Paradise City Yogyakarta 5 Lantai**

(Effect of Stairs in Modelling of Reinforced Concrete Building under Earthquake Load, Case Study : 5 Storey Building of Tajem Paradise City Hotel Yogyakarta)

YOGA APRIANTO HARSOYO

### ABSTRACT

Indonesia is a country that has a high seismic risk, so that the high-level buildings need to be designed to resist earthquake loads. Modeling of buildings generally use three-dimensional program. The designers usually model beams and columns as elements of the line and the rest, which were slab, shear wall and stairs modeled as two-dimensional elements or shell elements. Modelling stairs using shell elements can rigidify building. When structural elements in buildings are designed based on these conditions, it will be more vulnerable under seismic load. In this paper, it will be examined on effect of stairs in buildings under earthquake load. The parameters that will be studied are building's natural period, displacement between floors, and seismic forces that occur in the building. From this research, it is known that modeling without stairs will create a larger building's natural period and displacement between floor so that modeling without stairs will make more conservative design structures against earthquake loads.

**Keywords:** earthquake load, reinforced concrete building, stairs modelling

### PENDAHULUAN

Indonesia dilewati oleh Lingkaran atau Cincin Api Pasifik (biasa disebut *Ring of Fire*), yaitu pertemuan antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia pada dominan sisi barat Indonesia dan pertemuan antara lempeng Pasifik dan Lempeng Eurasia pada dominan sisi timur. Hal ini menjadikan Indonesia kaya akan gunung berapi yang aktif dan berpotensi menimbulkan bencana alam seperti erupsi gunung berapi, gempa bumi, tsunami, longsor, dan bencana-bencana alam lainnya yang cukup besar. Beriringan dengan bencana alam yang dimiliki Indonesia, Indonesia juga diberkahi dengan tanah yang subur hasil dari erupsi gunung berapi dan material bahan bangunan yang cukup melimpah, yaitu pasir dan kerikil. Oleh sebab itu penggunaan beton bertulang sebagai material bangunan cukup populer di Indonesia karena material utama pembentuknya yaitu pasir dan kerikil mudah didapatkan.

Adanya bencana gempa yang cukup sering terjadi di Indonesia, mengharuskan para pelaku konstruksi untuk lebih waspada terhadap bangunan yang didirikannya, salah satunya

adalah bangunan gedung. Bangunan gedung bertingkat dapat terpengaruh beban gempa karena umumnya bangunan gedung berdiri ke atas dengan jumlah lantai yang banyak dan dapat menimbulkan defleksi yang besar. Bangunan gedung beton bertulang bila didesain dengan benar, dapat menahan beban gempa yang terjadi sehingga manusia yang menggunakannya dapat merasa lebih aman dan tidak menimbulkan korban jiwa.

Desain bangunan gedung beton bertulang tingkat tinggi, umumnya menggunakan elemen struktur dinding geser untuk menahan beban gempa. Pemodelan yang dilakukan umumnya menggunakan program 3 dimensi seperti SAP2000 maupun ETABS atau program-program lainnya berbasis numeris. Pemodelan menggunakan komputer pada era digital seperti saat ini sudah sangat maju dan bila desainer teliti, maka kondisi di lapangan (beban-beban yang terjadi) dapat diterapkan pada model mendekati kondisi aslinya.

Pada program-program tersebut, elemen-elemen struktur seperti balok dan kolom dapat dimodelkan sebagai elemen garis atau 1 dimensi dan dapat dianalisis gaya-gaya dalamnya

laludidesain berdasarkan kapasitas nominalnya. Berbeda dengan pelat lantai, dinding geser, dan tangga. Elemen-elemen struktur tersebut umumnya dimodelkan sebagai struktur pelat 2 dimensi berupa *shell*. Pemodelan 2 dimensi pada pelat dan dinding geser cukup jelas pefungsinya, yakni pada pelat, elemen 2 dimensi membantu menyalurkan beban gravitasi kepada balok dan kolom. Sama halnya dengan dinding geser, elemen 2 dimensi dimaksudkan menahan beban horisontal yang terjadi akibat beban gempa maupun beban angin. Sebaliknya, elemen 2 dimensi yang dimodelkan pada program umumnya diletakkan secara miring, dari lantai satu ke lantai lainnya, dan secara umum, beban merupakan beban gravitasi sesuai kondisi dan standar yang berlaku dan didesain seperti balok biasa. Akan tetapi karena cara pemodelannya yang disatukan dan dibentuk miring, sifatnya akan menyerupai pengaku (*bracing*), yaitu akan menerima beban tekan dan beban tarik akibat beban horizontal yang terjadi, serta akan memperkaku struktur yang menopangnya, sehingga perhitungan analisis seharusnya sudah tidak menyerupai balok, tetapi menyerupai kolom karena elemen struktur tersebut menerima beban lentur dan beban aksial.

Pada penelitian ini akan dibandingkan sebuah model 3 dimensi menggunakan program SAP2000 yang menganalisis secara numeris, gedung 5 lantai dengan menggunakan tangga pada modelnya dan tanpa menggunakan tangga pada model lainnya. Dari hasil penelitian ini diharapkan akan dapat dilihat perbedaan nilai perpindahan akibat penambahan kekakuan dari adanya pemodelan elemen tangga. Penelitian ini hanya difokuskan pada besar perpindahan yang terjadi. Diharapkan bila tangga dimodelkan, desainer gedung dapat lebih mewaspadai elemen yang didesainnya, terutama elemen tangga, apakah bersifat sebagai balok maupun bersifat kolom.

Penelitian tentang analisis gedung beton bertulang telah dilakukan oleh Rusdiatmoko, dkk (2012). Gedung yang ditinjau adalah gedung beton bertulang dengan jenis rangka pemikul momen khusus sejumlah 4 lantai, tetapi pada modelnya tidak dimodelkan tangganya. Penelitian ini menggunakan RSNI 03-1726-XXXX (yang pada saat ini telah disahkan menjadi SNI 1726:2012) dengan menggunakan program SAP 2000 v.11. Hasil yang diperoleh cukup baik, yaitu perpindahan maksimum ke

arah x yang terjadi mencapai 35,365 mm dengan perpindahan izin sebesar 35,5 mm.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Maulana (2014) yang meninjau tentang perancangan ulang struktur gedung hotel menggunakan peraturan terbaru di Indonesia, yaitu SNI 1726:2012 tentang pembebanan gempa dan SNI 2847:2013 tentang struktur beton bertulang untuk gedung. Penelitian tersebut mengambil kasus gedung Palagan Gallery Hotel di Yogyakarta dengan jumlah lantai sebanyak 5 lantai dan 6 lantai. Pemodelan yang dilakukan memodelkan tangga berupa pelat 2 dimensi dan diletakkan secara miring dengan dibebani gaya horisontal berupa gempa. Berbeda dengan gedung bertingkat lainnya, gedung yang direncanakan berada di Yogyakarta ini (dengan resiko gempa yang cukup tinggi) tidak didesain menggunakan dinding geser, melainkan cukup menggunakan struktur beton bertulang rangka pemikul momen khusus. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa nilai perpindahan maksimum yang terjadi adalah 66,55 mm pada arah x dan 61,05 mm pada arah y. Nilai perpindahan tersebut masih memenuhi syarat yang ditetapkan SNI 1726:2012 yaitu 2% dari ketinggian setiap lantai, atau pada kasus ini sebesar 68 mm.

Penelitian tentang analisis gedung beton bertulang dengan standar yang berlaku juga dilakukan oleh Agusta, dkk (2016). Pada penelitian tersebut dilakukan evaluasi kekuatan dan detailing tulangan balok beton bertulang dengan studi kasus hotel 10 lantai di Semarang, Jawa Tengah dengan menggunakan program ETABS dan standar yang sama yaitu SNI 1726:2012 dan 2847:2013. Dari penelitian diperoleh nilai maksimum perpindahan yang terjadi antar lantai pada arah x sebesar 29,15 mm dengan perpindahan izin sebesar 49,32 mm dan arah y sebesar 49,50 dengan perpindahan izin sebesar 147,69 mm.

Patil dan Kumbhar (2013) pernah juga meneliti tentang analisis gedung beton bertulang menggunakan riwayat waktu (*time history*) untuk intensitas gempa yang berbeda. Program yang digunakan juga serupa, yaitu menggunakan program SAP2000 versi 15. Gedung yang dianalisis merupakan gedung yang tipikal dengan 10 lantai dan ketinggian total 31 meter, dengan panjang dan lebar bangunan sebesar 20 meter x 12 meter. Hasilnya diperoleh bahwa semakin digunakan intensitas gempa dengan skala *Modified Mercalli's Intensity Scale* (MMI)

yang tinggi, maka respon struktur yang dihasilkan yaitu berupa perpindahan dan gaya lateral gempa yang ditimbulkan juga semakin membesar.

## METODE PENELITIAN

### Alat Uji yang Digunakan

Untuk pemodelan digunakan program SAP2000 versi 15, sedangkan penggambaran dan pengukuran denah secara umum menggunakan program AutoCAD. Hasil yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perhitungan manual dengan bantuan program Microsoft Excel.

### Gedung yang Ditinjau sebagai Benda Uji

Gedung yang akan diteliti adalah gedung yang berfungsi sebagai hotel di Yogyakarta. Gedung tersebut bernama Tajem Paradise Tower dengan jumlah lantai sebesar 5 lantai, dengan tinggi total sebesar 18 m dari muka tanah. Gedung tersebut memiliki denah seperti pada Gambar 2, dengan lebar dan panjang bangunan sebesar 7,5 m x 18,75 m.

Gedung yang digunakan mendapat 2 buah tinjauan, yaitu sebuah gedung dianalisis dengan dimodelkan menggunakan elemen tangga dan gedung lainnya yang sama dianalisis dengan tanpa dimodelkan elemen tangga.

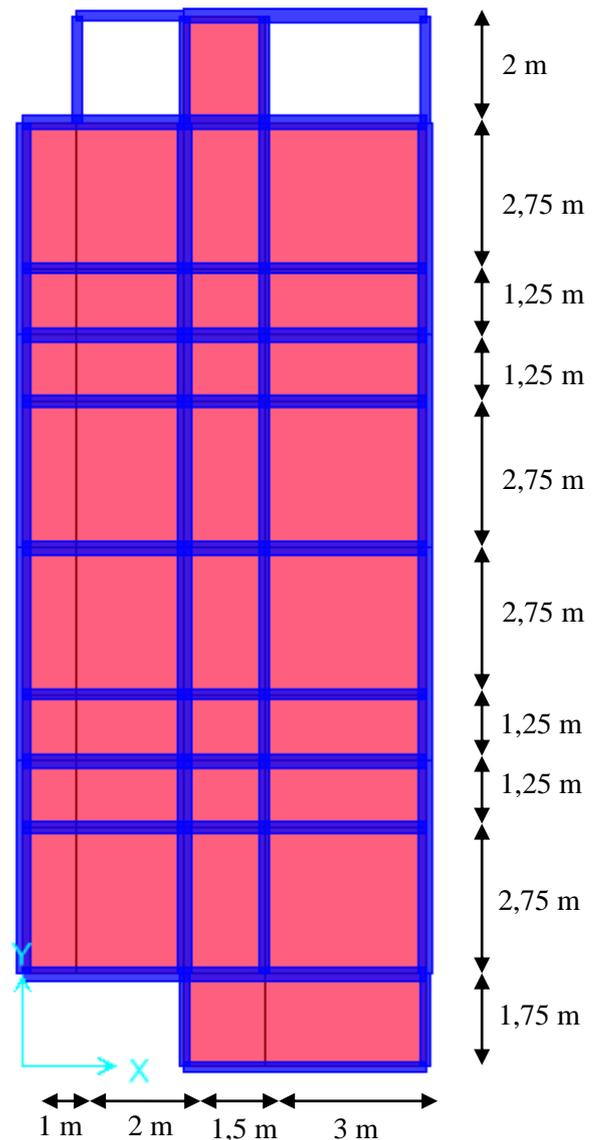
### Prosedur Penelitian

Secara umum prosedur penelitian dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Pemodelan struktur pada program Pemodelan dilakukan dengan menggunakan program SAP2000 dengan memodelkan elemen balok dan kolom sebagai elemen 1 dimensi, yaitu berupa garis yang dibentuk dari 2 buah titik.



GAMBAR1. Tampilan awal program SAP2000



GAMBAR2. Denah Lantai dilihat secara 2 dimensi

Untuk elemen pelat lantai, dinding geser, dan elemen tangga berbeda dengan elemen struktur lainnya, yakni dibuat menggunakan elemen 2 dimensi atau sering disebut dengan pelat cangkang / elemen *shell*.

2. Pembacaan hasil analisis dan interpretasi hasil Analisis yang dilakukan merupakan analisis struktur dengan memberikan beban-beban yang umum diterapkan pada gedung dan sesuai pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) tahun 1987, yaitu diutamakan beban mati, beban hidupan beban gempa.

Selain itu, analisis model dilakukan untuk mengetahui periode alami struktur agar dapat dibandingkan antara kedua variasi sampel. Menurut Paz dan Leigh (2004), analisis penentuan periode alami struktur dilakukan menggunakan persamaan empiris sesuai Persamaan 1 berikut.

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

dengan:

$T$  :periode alami struktur (satuan detik)

$k$  : kekauan total struktur (kg/m)

$m$  : berat total yang diterima struktur (kg)

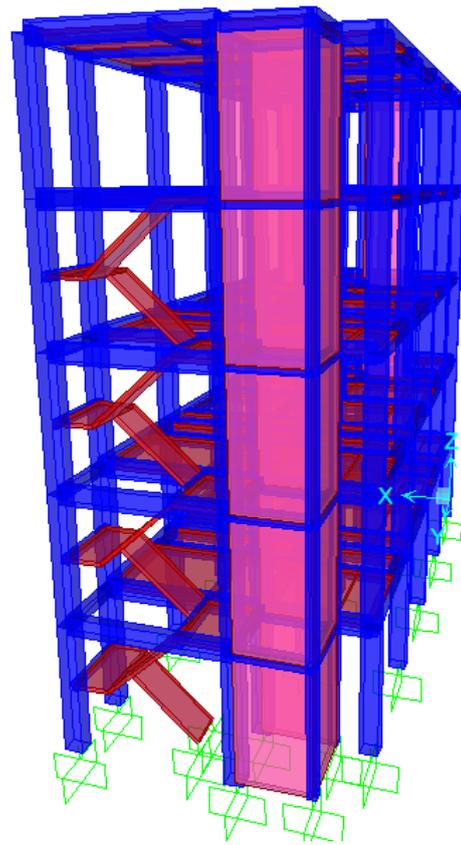
Selain periode alami struktur, terdapat beberapa data lainnya yang diambil, yaitu besaran perpindahan yang terjadi dan besar gaya gempa yang terjadi untuk diterapkan pada gedung sesuai SNI 1726:2012 yang berlaku.

3. Pengambilan kesimpulan dari hasil analisis. Pengambilan kesimpulan didasarkan dari hasil analisis yang diperoleh, yaitu periode alami struktur, perpindahan / *displacement*. Semakin besar perpindahan yang terjadi, maka semakin besar resiko gedung untuk runtuh akibat beban gempa, tetapi bila bangunan didesain mengacu pada pemodelan ini, maka akan dihasilkan penampang-penampang struktur yang lebih konservatif.

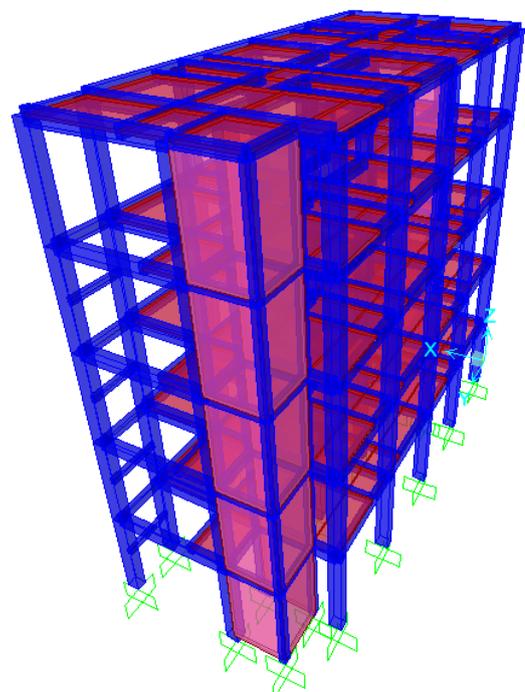
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Pemodelan 3 Dimensi Menggunakan dan Tanpa Menggunakan Elemen Tangga*

Hasil pemodelan struktur gedung dengan dan tanpa elemen tangga disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Gaya gempa yang digunakan sama, yaitu pada posisi di Yogyakarta. Beban gempa yang diberikan sama, yaitu sebesar 574,6 kN ke arah x dan 549,3 kN ke arah sumbu y. Gaya-gaya ini tergantung dari posisi struktur bangunan dan berat yang ditanggung oleh keseluruhan bangunan.



GAMBAR3. Pemodelan gedung 3 dimensi menggunakan tangga



GAMBAR4. Pemodelan gedung 3 dimensi tanpa menggunakan tangga

### Periode Alami Struktur

Dari analisis program SAP2000, diperoleh hasil bahwa pemodelan menggunakan tangga akan menghasilkan periode alami sebesar 0,612 detik, lebih kecil dibandingkan pemodelan tanpa menggunakan tangga, yaitu 0,620 detik. Apabila dilacak, perbedaan periode alami ini diakibatkan oleh adanya perbedaan kekakuan yang terjadi pada struktur setelah penambahan tangga. Dengan adanya tangga, kekakuan akan meningkat dan dengan massa / beban struktur yang sama, maka periode alami struktur akan menurun, sesuai dengan logika pada Persamaan 1.

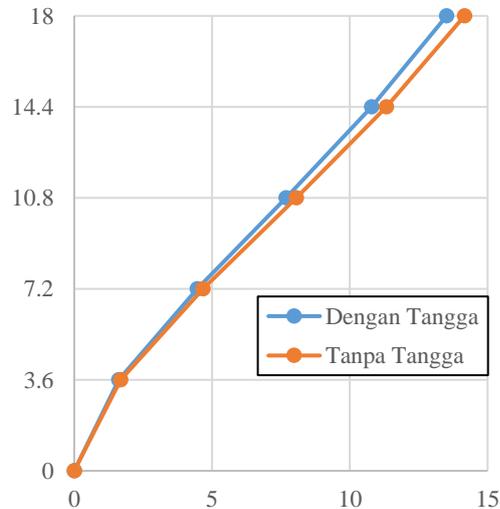
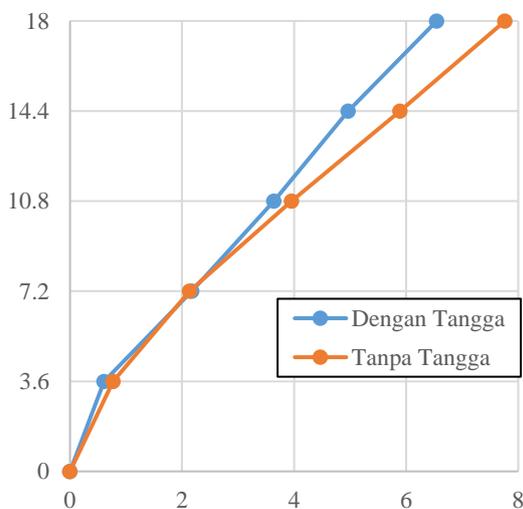
### Perpindahan Struktur Gedung Secara Umum

Analisis program SAP2000 yang telah dilakukan menghasilkan nilai perpindahan / *displacement* untuk setiap variasi. Secara umum diperoleh

bahwa dengan gaya yang sama tetapi berbeda pada 1 elemen yaitu elemen tangga, dihasilkan perpindahan yang lebih besar pada model struktur gedung tanpa menggunakan tangga. Ini disebabkan karena tangga memberikan kekakuan yang lebih besar. Semakin besar kekakuan yang dimiliki, maka semakin kecil pula perpindahan yang terjadi. Akibatnya pemodelan menggunakan tangga akan lebih cepat mendekati batas perpindahan yang diizinkan sesuai SNI 1726:2012. Oleh karena itu pemodelan tanpa menggunakan tangga akan lebih konservatif apabila dibebani menggunakan beban gempa, karena akan dihasilkan penampang yang lebih besar dan aman. Pada Tabel 1, Gambar 5, dan Gambar 6 disajikan perbandingan besar perpindahan yang terjadi pada pemodelan tanpa dan dengan menggunakan elemen tangga untuk kedua arah sumbu, yaitu sumbu x dan sumbu y.

TABEL 1. Perbandingan besar perpindahan / *displacement* yang terjadi pada gedung tinjauan

Lantai ke-	Ketinggian (m)	Perpindahan (mm)			
		Dengan Tangga		Tanpa Tangga	
		Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
5	18	6.546	13.516	7.765	14.163
4	14.4	4.964	10.786	5.89	11.322
3	10.8	3.637	7.683	3.957	8.06
2	7.2	2.178	4.464	2.135	4.674
1	3.6	0.609	1.611	0.77	1.683
0	0	0	0	0	0



GAMBAR5. Perpindahan ke arah x

GAMBAR6. Perpindahan ke arah y

## KESIMPULAN

Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pemodelan struktur gedung secara 3 dimensi dengan menggunakan tangga akan menghasilkan periode alami struktur yang berkurang karena kekakuan struktur meningkat.
2. Pemodelan struktur gedung menggunakan tangga juga akan menghasilkan nilai perpindahan struktur / *displacement* yang kecil akibat kekakuan struktur yang meningkat karena tangga ikut menopang beban akibat gempa.
3. Bila elemen struktur tangga tidak dimodelkan, akan menghasilkan perpindahan yang lebih besar dan mendekati kondisi batas izinnnya (*limit state*) sehingga desain bangunan akan lebih konservatif terhadap beban gempa.
4. Pemodelan tangga terhadap beban gempa dapat menimbulkan konsekuensi, yaitu tangga ikut menahan beban gempa dan bahkan dapat berperilaku seperti pengaku / *bracing*, sehingga dalam analisisnya diperlukan kehati-hatian, apakah sifat struktur tersebut masih dapat dianalisis sebagai balok atau harus dianalisis sebagai kolom.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada M. Ibnu Syamsi dan Taufiq Ilham Maulana yang telah membantu dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, R.R.S, Supardi, & Sunarmasto. (2016). Evaluasi Kekuatan dan Detailing Tulangan Balok Beton Bertulang Sesuai SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 (Studi Kasus : Hotel 10 Lantai di Semarang), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 4 Desember 2016, pp. 1029-1037.
- Maulana, T.I. (2014). *Perancangan Struktur Gedung dengan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-2847-2013 (Studi Kasus Gedung*

*5 Lantai dan 6 Lantai Palagan Gallery Hotel Yogyakarta)*, Tugas Akhir S-1, Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada

- Patil, A.S.& Kumbhar, P.D. (2013). Time History Analysis of Multistoried RCC Buildings for Different Seismic Intensities. *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*. Vol. 2, No. 3, Agustus 2013, pp. 194-201.
- Paz, M. dan Leigh, W. (2004). *Structural Dynamics : Theory and Computation*. Kluwer Academic Publishers : London.
- Rusdiatmoko, R.W., Wiryasa, N. M. A., & Budiwati, I.A.M. (2012). Perancangan Struktur Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan RSNI 03-1726-XXXX. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*. Vol 1 No 1 2012, pp. 1-9.

## PENULIS:

Yoga Aprianto Harsoyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, 55183.

Email: yogaharsoyo@gmail.com