

Aplikasi *Value Engineering* dengan Metode "*Paired Comparison*" pada Struktur Pelat Beton

(The Application of Value Engineering with Paired Comparison Method in Concrete Plate Structure)

BUDI SUTRISNO, MANDIYO PRIYO

ABSTRACT

This research studied the application of value engineering with a paired comparison method with the case study in Tourism Building of Sleman Regency, Special Region of Yogyakarta. Several steps need to be carried out which consisted of information, creativity, a paired comparison method analysis, development and recommendation for the new design of a concrete plate. The concrete plate was redesigned using 2 alternatives. The first alternative was reducing the thickness of the plate from 12 cm to 10 cm without changing the concrete quality. The second alternative was using precast concrete. The result shows that the first alternative will save project budget to Rp. 10,569,562.-. Moreover, by using precast, the budget for the project will be increased by Rp.4,208,058.-. According to the paired comparison method and alternative comparison evaluation matrix, the second alternative has the highest percentage (59%), while first alternative and current condition only have 25% and 16% respectively. The second alternative was chosen to be applied to replace the existing design since it will gain more profit than any other which were included concrete quality, time, controlling, weather and human resources.

Keywords : Value Engineering, Concrete Plate, Paired Comparison

PENDAHULUAN

Pembuatan desain proyek belakangan ini lebih mementingkan keindahan estetika, padahal dalam pelaksanaan terdapat hal-hal di luar estetika yang seringkali menambah nilai pengeluaran untuk suatu proyek. Estimasi waktu yang salah dalam perencanaan juga menjadi penyebab yang seringkali muncul dalam kasus membengkaknya nilai suatu proyek dari rencana awal.

Value Engineering (VE) atau rekayasa nilai adalah suatu cara pendekatan yang kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu (Barrie dan Poulson, 1984). Konsep VE adalah penekanan biaya produk atau jasa dengan melibatkan prinsip-prinsip *engineering*. Proses perencanaan yang dilakukan dalam pelaksanaan VE selalu didasarkan pada fungsi-fungsi yang dibutuhkan serta nilai yang diperoleh.

VE digunakan untuk mencari suatu alternatif atau ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik atau lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan. Apabila tidak mempunyai sifat-sifat menguntungkan untuk keperluan tersebut (pelanggan), biaya tersebut dikeluarkan tanpa mengurangi mutu dan tetap menjaga lingkungan serta mengutamakan keselamatan. Oleh karena itu VE bukanlah :

1. desain ulang, mengkoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, atau melakukan perhitungan ulang yang sudah dilakukan oleh perencana,
2. mengurangi biaya proses, menurunkan biaya dengan menurunkan keandalan atau penampilan, atau
3. kontrol kualitas.

VE berusaha untuk mencapai mutu yang minimal sama dengan yang direncanakan dengan biaya yang semurah mungkin. Jadi VE lebih dari sekedar pengendalian mutu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji jenis pekerjaan di bidang konstruksi yang paling banyak mengeluarkan anggaran biaya proyek dan alternatif desain terbaik yang dapat mengefisiensi biaya konstruksi dengan memperhatikan berbagai kriteria desain, serta untuk menghitung berapa besarnya nilai *cost saving* yang terjadi dalam perencanaan biaya total proyek setelah dilakukan analisis VE.

Estimasi Biaya Rinci Pekerjaan Struktur Bangunan

Estimasi Biaya Kontruksi adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pembangunan/proyek tersebut (Ibrahim, 1994). Biaya konstruksi terdiri dari modal tetap (*fixed capital*) dan modal kerja (*working capital*).

Estimasi biaya rinci pekerjaan struktur bangunan adalah estimasi biaya yang didasarkan pada perhitungan rinci item pekerjaan struktur bawah maupun atas yang ada pada proyek dan menggunakan analisis harga satuan. Harga Satuan Pekerjaan Struktur Bangunan yaitu terdiri dari biaya bahan/material, biaya upah tenaga kerja, biaya peralatan dan biaya lain-lain. Harga pekerjaan struktur bawah maupun atas didapatkan dari hasil perkalian antara volume pekerjaan struktur tersebut dengan harga pekerjaan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Pariwisata Kabupaten Sleman. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif.

Tahap Kerja Value Engineering

Menurut Hutabarat (1995) tahapan-tahapan dalam aplikasi VE dibagi menjadi 5, yaitu :

1. Tahap informasi

Tahap informasi terdiri dari tiga bagian, yaitu *breakdown*, *cost model* dan analisis fungsi. Menurut Dell'Isola (1974) *breakdown* adalah suatu analisis untuk menggambarkan distribusi pemakaian biaya dari item-item pekerjaan suatu elemen bangunan. Jumlah biaya item pekerjaan tersebut kemudian diperbandingkan dengan total biaya proyek untuk mendapatkan

prosentase bobot pekerjaan. Bila memiliki bobot pekerjaan besar, maka item pekerjaan tersebut potensial untuk dianalisis VE. *Cost model* adalah suatu model yang digunakan untuk menggambarkan distribusi biaya total suatu proyek. Analisis fungsi merupakan basis utama di dalam VE karena analisis inilah yang membedakan VE dari teknik-teknik penghematan biaya lainnya.

2. Tahap kreatif

Mengembangkan alternatif yang mungkin untuk memenuhi fungsi primer dan sekunder. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang cara apa saja yang dilakukan untuk menemukan kebutuhan, dan hal apa yang ditampilkan oleh fungsi yang diinginkan.

3. Tahap analisis

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap alternatif-alternatif yang telah dibentuk dan melakukan pemilihan nilai terbesar. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang apa yang harus dilakukan, dan bagaimana biayanya. Dalam tahap ini terdapat metode *paired comparison* dan matriks evaluasi yang dapat digunakan untuk menganalisis alternatif yang dibentuk.

Metode *Paired Comparison* merupakan salah satu metode penentuan sikap atau pemilihan terbaik. Kegunaan metode ini semacam pembobotan untuk menggambarkan *relative importance* atau kepentingan relatif beberapa obyek. Menurut Hutabarat (1995) matrik evaluasi adalah salah satu alat pengambilan keputusan yang dapat menggabungkan kriteria kualitatif (tak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Kriteria-kriteria pada metode ini dapat ditinjau dari aspek item pekerjaan yang dipilih, misalnya pembiayaan, waktu pelaksanaan, jumlah tenaga, kondisi lapangan, berat struktur dan sebagainya.

4. Tahap pengembangan

Dalam tahap ini dijelaskan *Life Cycle Cost* (Ongkos Siklus Hidup).

5. Tahap rekomendasi

Dalam tahap ini dijelaskan hasil kerja tim rekayasa nilai kepada pihak manajemen. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang alternatif mana yang terbaik, apa pengaruh dari pengembangan ide atas alternatif, bagaimana biayanya, dan bagaimana performasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Informasi

Besarnya biaya setiap item pekerjaan dalam proyek ditampilkan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3.

Cost model dilakukan dengan membuat suatu bagan pekerjaan yang dikelompokkan menurut elemen pekerjaannya masing-masing.

TABEL 1. Breakdown Rencana Anggaran Biaya

No	Rencana Anggaran Biaya	Sub Total (Rp)
I	Pekerjaan persiapan	6.604.688,00
II	Pekerjaan Tanah dan pasir	14.699.533,13
III	Pekerjaan Beton dan pasangan	557.893.911,41
IV	Pekerjaan Atap dan plafon kanofi	291.582.392,58
V	Pekerjaan Aluminium	82.069.662,12
VI	Pekerjaan Lantai dan pelapis dinding	65.993.911,66
VII	Pekerjaan Saniter	28.271.946,07
VIII	Pekerjaan Listrik	18.613.888,50
IX	Pekerjaan Cat	44.386.942,80
SUB TOTAL		1.110.116.876,27
PPN 10%		111.011.687,63
IMB (1,75% Jumlah Lt I dan Lt II)		18.871.986,90
TOTAL		1.240.000.550,78
PEMBULATAN		1.240.000.000,00

TABEL 2. Breakdown Pekerjaan Beton dan Pasangan Lantai 1

No	Daftar Pekerjaan Beton dan pasangan	Harga (Rp)
I	Pekerjaan Beton dan pasangan Lantai I	359.356.352,69
II	Pekerjaan Beton dan pasangan Lantai II	198.537.558,72
TOTAL		557.893.911,41

TABEL 3. Breakdown Pekerjaan Beton dan Pasangan Lantai 1

No	Uraian Pekerjaan Beton dan pasangan Lantai 1	Harga (Rp)
11	Pas. Beton Kolom K1F2 30/45	34.668.488,89
12	Pas. Beton Kolom K4 30/30	3.405.369,79
13	Pas. Beton Kolom K3A 15/45	7.647.040,37
14	Pas. Kolom Praktis	2.966.772,28
15	Pas. Balok B1 30/50	16.493.408,29
16	Pas. Balok B3 30/50	6.795.320,18
17	Pas. Balok B2 30/50	2.898.116,35
18	Pas. Balok anak	2.751.776,67
19	Pas. Balok B4 30/50	755.035,58
20	Pas. Balok Bordes 15/30	1.715.989,95
21	Pas. Beton trap tangga	5.982.480,00
22	Pas. Plat bordes tebal 15 cm	3.220.350,00
23	Pas. Pelat lantai tebal 12 cm	89.853.268,05
24	Pas. Plat dak kedap air tebal 12 cm	1.274.690,00
25	Pas. Plat topi2 tebal 10 cm	5.365.560,00
26	Pas. Plat Talang kanofi tebal 10 cm	9.700.080,00
TOTAL		359.356.352,69

Dalam penelitian ini pekerjaan beton dan pasangan pada pekerjaan pelat lantai dengan ketebalan 12 cm, mutu baja (f_y) 240 MPa dan mutu beton (f_c') 25 MPa akan dianalisis untuk mendapatkan alternatif terbaik, karena biaya pada item pekerjaan ini adalah yang paling tinggi. Tabel 4 menjelaskan tentang analisis fungsi pekerjaan pelat lantai.

Tahap Kreatif

Pada tahap ini dua alternatif diberikan untuk menganalisis pekerjaan pelat lantai pada lantai 1.

Data-data :

- $E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 28724$ MPa
- $E_s = 200000$ MPa
- Tebal Total Pelat = 120 mm
- Tebal Half Slab = 70 mm

1. Alternatif 1.

Dilakukan perubahan tebal pelat beton sehingga didapatkan volume beton baru yang nantinya diharapkan akan berpengaruh signifikan terhadap harga proyek.

TABEL 4. Tabel Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat

No	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	
1	Beton	Menyalurkan	Beban	P	865.370,00	
2	Tulangan	Menyalurkan	Beban	P	1.259.109,23	
3	Bekisting	Mencetak	Pelat	P	1.670.000,00	
Jenis				P = Primer S = Sekunder	TOTAL	3.894.479,23

Data pelat lantai rencana :

- Mutu beton : K300 ($f_c' = 25$ MPa)
- $E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 23500$ MPa
- Mutu baja $f_y = 240$ MPa
- Tebal total Pelat = 100 mm
- Pembebanan direncanakan menurut PBI untuk gedung tahun 1983

2. Alternatif 2.

Dilakukan perubahan struktur beton, yakni dengan mengganti struktur beton konvensional cetak di tempat (*cast in situ*), dengan menggunakan struktur beton precast atau pracetak yaitu elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang di cetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan.

Data pelat lantai rencana :

- Mutu beton : K450 ($f_c' = 37,35$ MPa)
- Tebal Topping = 50 mm
- Perhitungan struktur beton berdasarkan referensi dari Inticon precast.

Tabel 5 menunjukkan hasil analisa harga satuan pekerjaan untuk tiap kondisi dari kondisi eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2.

Tahapan Analisis

Dalam perhitungan analisis *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison*, tabel analisis fungsi dibuat untuk mengetahui nilai *cost/worth*

(Tabel 6), kemudian dibuat list kriteria dari masing-masing alternatif, dicari bobot dan indeks serta dibuat matriks evaluasi agar dapat ditentukan alternatif mana yang akan digunakan.

Untuk kolom *cost* nilainya didapat dari biaya pekerjaan existing. Untuk kolom *worth 1* nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 1 atau dengan merubah tebal pelat beton. Untuk kolom *worth 2* nilainya didapat dari pekerjaan alternatif 2 atau dengan menggunakan pelat precast.

- Nilai *cost/worth* alternatif 1 = 1,133
- Nilai *cost/worth* alternatif 2 = 0,95

Nilai *cost/worth* di atas berarti menunjukkan adanya penghematan, ini terlihat pada pekerjaan alternatif 1, sedangkan pada alternatif 2 karena nilainya kurang dari 1, maka pada alternatif ini tidak mengalami penghematan.

Kemudian, tahap kedua sebelum melakukan analisis *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison* adalah dengan membuat kriteria desain.

Kriteria desain yang dibuat pada Tabel 7 adalah faktor2 dari masing-masing alternatif desain yang mungkin akan menghambat ataupun meningkatkan kinerja masing-masing alternatif

TABEL 5. Tabel Analisis fungsi Pekerjaan Pelat

Item Pekerjaan	Biaya 1 m ³ Eksisting (Tebal 12 cm) (Rp)	Biaya 1 m ³ Alternatif 1 (Tebal 10 cm) (Rp)	Biaya 1 m ³ (Rp) Alternatif 2 (Precast) (Rp)
Pelat	3.794.479,23	4.017.823,20	3.972.184,38

TABEL 6. Tabel Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat Lantai

No	Uraian	Fungsi		Jenis	Cost (Exiting)	Worth 1 (Tebal 10 cm)	Worth 2 (Precast)
		Kata kerja	Kata benda				
1	Beton	Menahan	Beban	P	20.491.961,6	17.076.346,21	
2	Tulangan	Meneruskan	Beban	P	29.815.706,4	29.884.705,0	
3	Bekisting	Mencetak	Pelat	P	39.545.600,0	32.322.654,0	
4	Precast	Menerima	Beban	P			94.061.326,14
TOTAL					89.853.268,05	79.283.705,21	94.061.326,14
COST/WORTH					1	1,133	0,95

TABEL 7. Kriteria Desain Alternatif 1 dan 2

No	Kriteria Desain	Alternatif 1	Alternatif 2
1	Waktu Pelaksanaan	Lebih lama karena SDM dan alat operasional	Cepat karena langsung dicetak pabrik
2	Pembiayaan	Karena volume berubah maka biaya lebih murah	Lebih mahal karena dibuat pabrikasi dengan mutu baik, namun lebih murah dari waktu pelaksanaan
3	Jumlah tenaga pengerjaan	Lebih banyak	Sedikit pekerja karena sudah dikerjakan di pabrik
4	Mutu beton	Dengan tebal 10cm pelat mutu beton menjadi kurang	Dengan kontrol yang ketat dari pabrik, maka mutu beton lebih terjamin
5	Pengontrolan	Tidak terlalu ketat karena menggunakan beton readymix	Kontrol yang cukup ketat dari pabrik
6	Kondisi cuaca	Sangat berpengaruh jika hujan	Tidak terpengaruh hujan ataupun cuaca lain yang tidak mendukung

Setelah seluruh item kerja memiliki bobot kerja, selanjutnya dibuat indeks item kerja yang berisi perbandingan antara eksisting desain, alternatif desain 1 dan 2, sehingga nantinya akan diperoleh sebuah indeks angka dari masing-masing item kerja yang akan dikalikan dengan bobot item kerja. Untuk lebih

jelasan perhitungan indeks item kerja dari masing masing desain bisa dilihat pada Tabel 8. Setelah dibuat *paired comparison* untuk indeks dan bobot, langkah selanjutnya adalah dengan memasukkan kedua indeks tersebut ke dalam matriks evaluasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 9.

TABEL 8. Bobot Item Kerja

	B	C	D	E	F	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A 3	A 3	A 3	A 3	A 3	15	41	A = Mutu beton
B	B 3	B 3	B 3	B 3	B 3	12	32	B = Biaya
C	C 2	C 2	C 2	C 2	C 2	6	16	C = Waktu
D	D 1	D 1	D 1	D 1	D 1	2	5	D = Pengontrolan
E	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	1	3	E = Kondisi cuaca
F	F 1	F 1	F 1	F 1	F 1	1	3	F = Jumlah SDM
TOTAL						37	100	

TABEL 9. Matriks Evaluasi Pekerjaan Pelat

Deskripsi	Mutu Beton	Biaya	Waktu	Kontrol	Cuaca	SDM	
Bobot	41%	32%	16%	5%	3%	3%	TOTAL
Indeks Eksisting	33%	0%	0%	20%	33%	0%	
(Indeks x Bobot)	14%	0%	0%	1%	1%	0%	16%
Indeks alternatif 1	0%	71%	14%	0%	0%	33%	
(Indeks x Bobot)	0%	22%	2%	0%	0%	1%	25%
Indeks alternatif 2	67%	29%	86%	80%	67%	67%	
(Indeks x Bobot)	28%	9%	14%	4%	2%	2%	59%
	TOTAL						100 %

Dari Tabel 8 tampak adanya 6 item kerja yang masing-masing memiliki bobot kerja, yaitu mutu beton (41%), biaya (32%), waktu (16%), kontrol (5%), cuaca (3%) dan SDM (3%). Dari masing-masing item kerja dilakukan pengalihan antara indeks dengan bobot kerjanya. Total hasil adalah jumlah dari bobot dikali nilai. Untuk memilih pekerjaan alternatif dilihat dari yang memiliki total nilai terbesar. Dari hasil total yang diperhitungkan didapatkan angka 59 % pada alternatif 2 sebagai pilihan yang akan dipakai menggantikan desain eksisting karena memiliki keuntungan yang lebih besar dari semua desain dengan memperhatikan kriteria mutu beton, waktu, pengontrolan, cuaca serta jumlah SDM.

Tahap Pengembangan

Dalam penelitian tidak dilakukan analisis *value engineering* pada tahap pengembangan, karena kurangnya data yang bisa dianalisis yang diperlukan untuk menganalisis pasca pembangunan proyek. Analisis *value engineering* dengan metode *paired comparison* cukuplah kiranya untuk memilih alternatif desain yang akan dipilih dengan mempertimbangkan kriteria desain pada pra maupun pelaksanaan proyek, sehingga tidak diperlukan analisis *life cycle cost* untuk perhitungan biaya-biaya operasional dan pemeliharaan atau biaya lain yang timbul pasca pembangunan proyek akibat dihadapkannya beberapa alternatif di atas.

Tahap Rekomendasi

1. Desain eksisting

Pada desain awal untuk item pekerjaan pelat lantai pada proyek tersebut, desain yang dipakai yaitu:

- Mutu Beton : $f_c = 25$ MPa
- Mutu Baja : $f_y = 240$ MPa
- Tebal Pelat : 120 mm
- Diameter Tulangan : 10 mm

Pada proyek tersebut direncanakan pekerjaan pelat beton akan dikerjakan oleh pihak kontraktor dengan peralatan dan SDM yang dimiliki.

2. Usulan alternatif desain

Berdasarkan analisis *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison*, diusulkan menggunakan alternatif desain kedua untuk menggantikan desain eksisting yang dipakai oleh pihak kontraktor, yaitu menggunakan beton precast dengan mutu yang berbeda yaitu $f_c' = 37,35$ MPa dan tebal pelat beton 12 cm.

3. Dasar pertimbangan

Dengan menggunakan analisa *value engineering* metode *paired comparison*, dipertimbangkan juga berbagai hal yang melatarbelakangi alternatif desain beton pracetak sebagai usulan desain baru yaitu:

- a. Waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat karena sudah dikerjakan di pabrik dan tinggal membawanya ke lapangan.
- b. Mutu beton yang lebih baik karena dikerjakan oleh para ahli di bidangnya.
- c. Pelaksanaan di lapangan dengan menggunakan pelat *precast* tidak terganggu oleh masalah cuaca yang berubah-ubah seperti hujan.
- d. Jumlah SDM yang dipakai untuk mengerjakan desain alternatif ini lebih sedikit, sehingga dapat mengurangi biaya upah pekerja.

- e. Kontrol pelaksanaan lebih baik karena hanya mengontrol kedatangan dan pemasangan pelat precast di lapangan.

Dengan menggunakan desain alternatif kedua yaitu penggunaan pelat precast, ada penambahan anggaran sebesar Rp. 4.208.058,09.- Meskipun tidak ada penghematan biaya, akan tetapi akan mendapatkan kualitas pelat lantai yang lebih baik dari desain eksisting.

KESIMPULAN

1. Dari analisis *breakdown* dan *cost model*, dapat disimpulkan bahwa item pekerjaan pelat lantai adalah item pekerjaan yang paling banyak menghabiskan dana proyek, sehingga diambil item pekerjaan ini untuk dilakukan analisis *value engineering* dengan metode *Paired Comparison*.
2. Terdapat 2 desain alternatif yang dimunculkan untuk mengganti desain eksisting yang saat ini digunakan, yaitu dengan mengurangi tebal pelat beton menjadi 10 cm dengan mutu yang sama dengan mutu desain eksisting, dan juga menggunakan pelat precast. Pada alternatif desain pertama yaitu mengurangi tebal pelat beton menjadi 10 cm, terjadi penghematan biaya proyek sebesar Rp. 10.569.562,84,-. Pada alternatif kedua dengan menggunakan pelat pracetak/precast, tidak terjadi penghematan biaya proyek, melainkan terjadi pengeluaran biaya proyek sebesar Rp.4.208.058,09.
3. Dari hasil analisis *Paired comparisons* dan matriks evaluasi perbandingan alternatif, pekerjaan alternatif 2 mendapatkan persentase 59 %, kemudian alternatif 1 mendapatkan persentase 25% dan desain eksisting 16 %.
4. Alternatif 2 (pelat precast) terpilih sebagai pilihan yang akan dipakai untuk menggantikan desain eksisting karena memiliki keuntungan yang lebih besar dari semua desain dengan memperhatikan kriteria mutu beton, waktu, pengontrolan, cuaca serta jumlah SDM.
5. Dengan menggunakan desain eksisting, Rencana Anggaran Biaya yang dikeluarkan untuk membangun Gedung Pariwisata Kabupaten Sleman adalah sebesar Rp. 1.240.000.000,00,- sedangkan jika menggunakan alternatif desain kedua

(menggunakan pelat precast), rencana anggaran biaya yang dikeluarkan akan bertambah sebesar Rp. 4.208.058,09 yaitu menjadi sebesar Rp.1.244.208.058,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrie, D. dan Poulson, B. (1984). *Manajemen Konstruksi Profesional*. Alih Bahasa Sudinarjo. 1990. Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga.
- Dell'Isola, A. (1974). *Value Engineering in the Construction Industry*. New York: Construction Publishing Corp., Inc.
- Hutabarat, J. (1995). *Rekayasa Nilai (Value Engineering)*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Ibrahim, B. (1994). *Rencana dan Estimate Real of Cost*. Jakarta : Bumi Aksara.

PENULIS:

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

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