



## **PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU SISTEM DILATASI BALOK KANTILEVER DAN DUA KOLOM PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT KAMPUS B UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**Monika Natalia<sup>1\*</sup>, Riswandi<sup>2</sup>, Yan Partawijaya<sup>3</sup>, Jajang Atmaja<sup>4</sup>, M. Iqbal Kuswandi<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang  
Jl. Kampus Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat - 25164

Telp. (0751) 72590

e-mail: monikanatalia75@gmail.com

### **Info Artikel**

### **Abstrak**

#### *Sejarah Artikel:*

Diterima : Oktober 2022

Disetujui : November 2022

Dipublikasikan : Des 2022

#### *Keywords:*

*Cantilever beam, cost, dilation system, time, two columns*

Hampir seluruh wilayah Indonesia secara geografis rentan terhadap bencana alam, khususnya gempa bumi. Salah satu cara untuk menerapkan rancangan bangunan yang sangat panjang dan stabil secara struktural pada saat terjadi gempa atau keadaan lainnya adalah dengan memberikan sistem dilatasi pada bangunan. Penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga yang menerapkan sistem dilatasi balok kantilever dan akan dibandingkan dengan sistem dilatasi dua kolom ditinjau dari segi biaya dan waktu. Dilatasi balok kantilever merupakan pemisahan struktur yang menggunakan struktur balok dengan salah satu ujungnya memiliki tumpuan jepit dan ujung penyangga satunya bersifat bebas, sedangkan pada dilatasi dua kolom merupakan pemisahan struktur yang menggunakan dua buah kolom yang saling berdampingan dengan jarak tertentu. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa biaya pekerjaan struktur dengan dilatasi balok kantilever adalah Rp. 76.755.100.000,00 dan untuk dilatasi dua kolom adalah Rp. 76.063.550.000,00. Waktu total pelaksanaan proyek dengan dilatasi balok kantilever adalah 451 hari kerja, dan untuk dilatasi dua kolom adalah 447 hari kerja. Penerapan sistem dilatasi dua kolom 0,9 % lebih murah dan 4 hari lebih cepat jika dibandingkan dengan penerapan sistem dilatasi balok kantilever.

**Kata Kunci:** Balok kantilever, biaya, dua kolom, sistem dilatasi, waktu.

#### **Abstract**

*Almost all regions of Indonesia are geographically vulnerable to natural disasters, earthquake. One way to implement a very long and structurally stable building design in the event of an earthquake or other circumstances is to provide a dilation system for the building. This research was conducted in a multi-storey parking building project at Airlangga University Campus B which applies a cantilever beam dilation system and will be compared with a two-column dilatation system in terms of cost and time. Cantilever beam dilatation is a structural separation that uses a beam structure with one end having a clamp and the other end is free, while two-column dilatation is a structural separation that uses two columns side by side with a certain distance. From the results of the study, it was found that the cost of structural work with cantilever*

---

*beam dilatation was Rp. 76,755,100,000, - and for two-column dilatation is Rp. 76.063.550.000,- while the total project time with cantilever beam dilatation is 451 working days, and for two-column dilatation is 447 working days. The application of two-column dilatation is 0.9% more cheaper and four days earlier than the application of the cantilever beam dilatation system.*

**Keywords:** *Cantilever beam, cost, dilation system, time, two columns.*

---

© 2022

Universitas Abdurrah

ISSN 2527-7073

---

✉ Alamat korespondensi:

Jalan. Kampus Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang,

Sumatera Barat - 25164

E-mail: monikanatalia75@gmail.com

## PENDAHULUAN

Hampir seluruh wilayah Indonesia secara geografis rentan terhadap bencana gempa. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kegempaan tertinggi di dunia, lebih dari 10 kali per hari [1]. Desain struktur konstruksi bangunan bertingkat harus dirancang mampu menahan kondisi pembebanan yang tidak terduga (seperti gempa, pergeseran tanah dan lain-lain) untuk menghindari terjadinya keruntuhan progresif. Keruntuhan progresif (*progressive collapse*) merupakan suatu keruntuhan diakibatkan oleh keruntuhan dari satu atau lebih elemen struktur yang menyebabkan keruntuhan beruntun dari elemen sebelahnya sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan pada sebagian besar atau keseluruhan dari struktur. Penyebab terjadinya *progressive collapse* pada konstruksi bangunan bertingkat antara lain *drift* antar tingkat melampaui kinerja batas ultimit (KBU) simpangan [2], performa struktur berada di bawah kriteria *the life safety condition* [3], terjadi *displacement* yang lebih besar dari syarat yang ditentukan [4], terjadinya momen puntir dan gaya geser yang lebih besar akibat pembebanan tak terduga [5]. Salah satu cara untuk mencegah/menghindari terjadinya *progressive collapse* dengan melakukan pemisahan struktur melalui sistem dilatasi. Dilatasi adalah sambungan/pembatas pada suatu bangunan yang menyediakan sistem pemisahan struktur untuk mencegah getaran horizontal dan vertikal bangunan [6]. Dilatasi merupakan pemutusan struktur yang sengaja dilakukan agar ketika terjadinya penambahan beban (gaya vertikal dan horizontal seperti pergeseran tanah, gempa bumi) tidak menyebabkan keruntuhan beruntun pada semua elemen struktur dengan mekanisme memperkecil momen puntir yang terjadi pada saat terjadi gempa [5]. Tujuan penggunaan dilatasi pada suatu bangunan adalah untuk mengantisipasi benturan yang menyebabkan kerusakan parah pada bangunan saat terjadi gaya vertikal maupun horizontal seperti gempa bumi [7].

Penerapan sistem dilatasi pada Gedung Laboratorium Teknik 3 ITERA didapatkan nilai *displacement* yang lebih kecil dibandingkan model gedung modifikasi tanpa dilatasi dan tingkatan

kinerja struktur model dengan dilatasi lebih baik dibandingkan gedung modifikasi tanpa dilatasi[8]. Pada model bangunan yang memiliki layout asimetris seperti H, C, L, +, dan T dalam *Performance of different dilatation methods to reduce the effect of seismic loads* didapatkan bahwa penggunaan sistem dilatasi bekerja sangat baik untuk mengurangi dampak *displacement* yang disebabkan oleh gempa bumi [9]. Tinjauan terhadap Tower Apartemen Heliconia yang memiliki 25 lantai, melakukan *redesign* terhadap bangunan *high rise building irregular* dengan pemberian semua jenis sistem dilatasi yaitu dua kolom, balok kantilever, *console*, serta balok gerber untuk dapat melihat perilaku struktur yaitu *seismic load* terhadap bangunan dengan bentuk asimetris, didapatkan bahwa semua sistem dilatasi menunjukkan kecenderungan yang lebih baik dalam kinerja gaya geser dasar (*base shear*) dibandingkan bangunan tanpa sistem dilatasi [6]. Tinjauan terhadap perilaku bangunan asimetris secara horizontal terhadap gempa yang hanya menggunakan sistem dilatasi dua kolom, menjelaskan bahwa *displacement* maksimum yang dihasilkan masih dalam kategori aman sesuai SNI 1726-2012, memiliki *displacement*/simpangan ijin sebesar 1.35 m, sehingga penggunaan dilatasi pada bangunan menghasilkan perilaku struktur bangunan yang lebih baik dibandingkan kondisi *existing*. Juga menghasilkan gaya geser dasar (*base shear*) terkoreksi yang didapatkan mengalami penurunan sebesar 0,3% [4]. Tinjauan terhadap Gedung Pendidikan Bersama FKUB dengan analisa statik *non-linier* didapatkan bahwa tanpa penggunaan sistem dilatasi bangunan tersebut berpotensi menimbulkan bahaya akibat munculnya sendi plastis pada kolom struktur bagian sayap [10]. Dilatasi sangat cocok untuk bangunan yang memanjang dan tinggi [11]. Sistem dilatasi pada bentang bangunan yang panjang sangat disarankan untuk mencegah efek buruk dan menghindari efek domino dari beban gempa yang diterimanya [12].

Gedung parkir Universitas Airlangga kampus B Surabaya terdiri dari 10 lantai dengan luas bangunan  $\pm 36.340 \text{ m}^2$  dan tinggi 30,8 m, dapat dilihat pada gambar 1. Gedung parkir ini memiliki tata letak struktur dimana panjang arah X adalah dua kali panjang arah Y. Perilaku struktur pada Gedung parkir Universitas Airlangga kampus B Surabaya menggunakan sistem dilatasi balok kantilever dan sistem dilatasi dua kolom, didapat bangunan dengan dilatasi dua kolom mempunyai keunggulan dalam hal gaya axial kolom, gaya geser kolom dan gaya geser balok [13]. Untuk selanjutnya akan dibandingkan biaya dan waktu pelaksanaan sistem dilatasi balok kantilever dan sistem dilatasi dua kolom. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rekomendasi terbaik biaya dan waktu dari kedua sistem dilatasi tersebut.

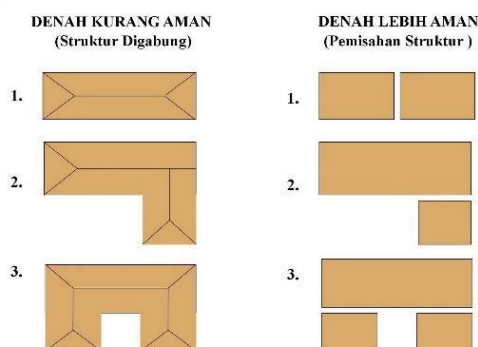


Gambar 1. Gedung Parkir Universitas Airlangga Kampus B (Bina Karya Surabaya)

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Dilatasi

Dilatasi merupakan penyambungan atau separasi pada sebuah konstruksi gedung yang mana memiliki bentuk struktur yang berbeda untuk mencegah retak pada bangunan akibat getaran horizontal atau vertikal. Hal ini juga dimaksudkan untuk mengurangi momen puntir yang dapat menyebabkan bangunan retak atau bahkan lebih buruk lagi yaitu dengan runtuhnya bangunan tersebut, yang biasanya terjadi karena gaya geser atau selama gempa bumi terjadi. Mekanisme sistem dilatasi ini singkatnya berfungsi untuk mengurangi kemungkinan keruntuhan bangunan akibat gempa dan untuk mengurangi momen puntir yang dihasilkan selama gempa. Sistem dilatasi dapat mengurangi kerugian yang ditimbulkan serta dapat mengurangi dampak yang lebih parah terhadap bangunan. Dilatasi perlu diterapkan pada bangunan yang mempunyai tinggi berbeda-beda (pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi), pemisah bangunan induk dengan bangunan sayap, bangunan yang memiliki kelemahan geometris, bangunan berbentuk persegi panjang dan tinggi, bangunan yang memiliki panjang  $>30\text{m}$ , bangunan yang berdiri di atas tanah yang kurang rata, bangunan yang ada di daerah gempa, bangunan yang mempunyai bentuk denah bangunan L, T, Z, O, H, dan U [5] dan ditunjukkan oleh gambar 2.



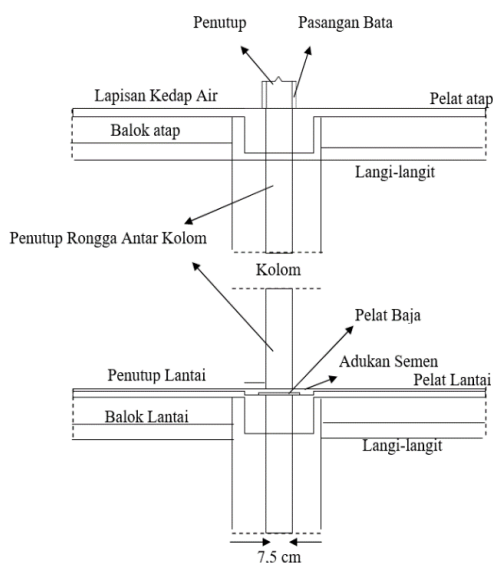
Gambar 2. Denah dilatasi

## Jenis Sistem Dilatasi Pada Bangunan

Implementasi sistem dilatasi pada bangunan memiliki berbagai jenis sesuai dengan pertimbangan dalam perencanaan sebuah bangunan gedung, berikut adalah jenis-jenis dilatasi pada struktur bangunan:

### 1. Dilatasi Dua Kolom

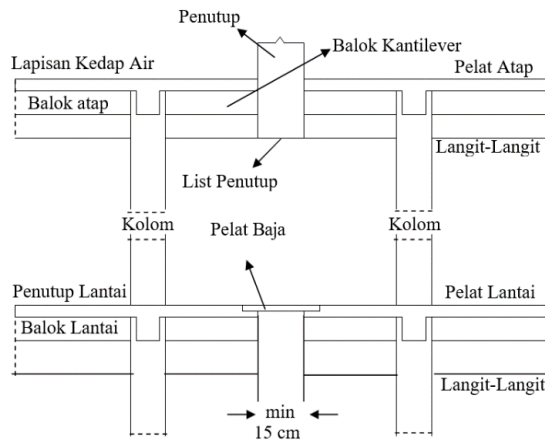
Dilatasi dua kolom merupakan pemisahan struktur yang menggunakan dua buah kolom yang saling berdampingan dengan jarak tertentu. Dilatasi dua kolom sangat sering digunakan pada tipe bangunan struktur yang mana nilai panjang arah X adalah dua kali nilai panjang arah Y. Pada pasal 7.12.3 yang terdapat di dalam SNI nomor 03-1726-2019 menyatakan bahwa bangunan gedung harus cukup terpisah secara struktural untuk menghindari kerusakan akibat benturan. Jarak antara dua gedung harus dibuktikan secara rasional dengan respon *inelastik*. Pada dilatasi dua kolom jarak setiap bangunan tidak terbatas, selama bangunan tersebut tidak saling bertabrakan saat terjadi benturan atau gempa [14]. Ilustrasi dilatasi dua kolom dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Dilatasi dua kolom [15]

### 2. Dilatasi Balok Kantilever

Dilatasi balok kantilever merupakan pemisahan struktur yang menggunakan struktur balok dengan salah satu ujungnya memiliki tumpuan jepit dan ujung penyangga satunya bersifat bebas. Hal ini menyebabkan struktur dapat menahan gaya horizontal, gaya vertikal dan momen, serta struktur tersebut tidak dapat bergeser baik secara vertikal, horizontal maupun berputar. Bentang balok kantilever maksimal  $1/3$  dari bentang balok induk. Pada lokasi dilatasi bentang kolom diperkecil menjadi  $2/3$  bentang kolom yang lain. Ilustrasi dilatasi balok kantilever dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Dilatasi balok kantilever [15]

## Biaya Proyek

Biaya adalah pengorbanan sumber daya ekonomi, diukur dalam mata uang yang telah terjadi, akan terjadi, atau dapat terjadi untuk tujuan tertentu. Biaya konstruksi bangunan adalah harga satuan bangunan dikalikan dengan permukaan lantai kotor [16]. Biaya konstruksi dibagi menjadi biaya langsung dan biaya tidak langsung.

### 1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah semua biaya yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan proyek di lapangan. Biaya langsung dapat dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Biaya langsung dapat berupa biaya material, biaya alat, dan biaya tenaga kerja.

- **Biaya Material**

Merupakan biaya pembelian bahan bangunan yang digunakan dalam proyek konstruksi. Biaya material juga harus mencakup transportasi lapangan, pergudangan dan pembuangan bahan sisa.

- **Biaya Tenaga Kerja**

Merupakan sebuah biaya remunerasi untuk tenaga kerja berdasarkan kontrak kerja yang telah disepakati.

- **Biaya Peralatan**

Peralatan yang digunakan pada suatu proyek biasanya berasal dari dua sumber, yaitu peralatan milik kontraktor dan peralatan yang disewa.

### 2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Overhead atau biaya tidak langsung adalah semua biaya terkait proyek yang tidak terkait langsung dengan proyek konstruksi (fisik proyek). Pengeluaran ini termasuk pengeluaran

umum (biaya kantor dan layanan lapangan), kewajiban kontinjensi (biaya berbahaya) dan keuntungan kontraktor.

### **Rencana Anggaran Biaya**

Estimasi biaya adalah penentuan biaya potensial untuk membangun suatu proyek. Banyaknya jenis pekerjaan memiliki pengaruh dan kontribusi terhadap sebuah proyek, setiap jenis pekerjaan harus dianalisis, dihitung dan dievaluasi harganya. Agar kontraktor tetap dalam bisnis konstruksi maka kontraktor harus memiliki anggaran penawaran terendah untuk proyek dengan tingkat keuntungan yang disepakati, dengan tetap memprioritaskan kualitas yang sesuai dengan persyaratan. Lebih lanjut, kualitas estimasi biaya sebuah proyek juga tergantung pada ketersediaan data dan informasi, teknik atau metode yang digunakan, serta keterampilan dan pengalaman seorang estimator [16].

### **Manajemen Waktu Proyek**

Manajemen waktu proyek adalah proses perencanaan, penjadwalan, dan pelacakan kegiatan proyek dan memberikan instruksi perencanaan dan penjadwalan khusus untuk menyelesaikan tugas proyek lebih cepat dan lebih efisien [17]. Secara sederhana manajemen waktu proyek adalah aktivitas yang mendefinisikan proses yang akan dilakukan selama proyek untuk memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan tepat waktu tergantung pada produk/layanan/hasil biaya dan kontrol terhadap kualitas. Sistem manajemen waktu didasarkan pada perencanaan dan penjadwalan pekerjaan dengan durasi proyek tertentu.

### **METODE**

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data dalam mendukung analisis yang akan dilakukan, berupa gambar kerja, spesifikasi teknis, harga satuan pekerjaan, serta data analisis struktur bangunan yang ditinjau dari penelitian sebelumnya. Selanjutnya pengolahan data untuk mendapatkan biaya pekerjaan berdasarkan kuantitas pekerjaan, harga upah dan material, serta harga satuan pekerjaan. Analisis waktu pekerjaan yang dibutuhkan terhadap dua jenis sistem dilatasi tersebut. Selanjutnya melakukan perbandingan biaya dan waktu dari kedua sistem dilatasi yaitu dilatasi dua kolom dan dilatasi balok kantilever untuk mendapatkan rekomendasi terbaik dari kedua sistem dilatasi tersebut pada proyek gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan analisis biaya yang didapatkan dari kuantitas pekerjaan hingga rekapitulasi anggaran biaya serta analisis durasi total proyek menggunakan program bantu *Microsoft Project*,

berdasarkan masing-masing item pekerjaan pada pekerjaan struktur proyek gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga yang menggunakan sistem pemisahan struktur dilatasi balok kantilever dan sistem pemisahan struktur dilatasi dua kolom, maka diperoleh hal-hal seperti diberikan pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Perbandingan dilatasi balok kantilever dan dilatasi dua kolom

No	Keterangan	Jenis Dilatasi		Perbedaan
		Balok Kantilever	Dua Kolom	
1	<u>Kuantitas Pekerjaan</u>			
	Pekerjaan Besi (kg)	1.487.021,13	1.480.075,25	6.945,88 (0,5 %)
	Pekerjaan Bekisting (m <sup>2</sup> )	55.407,86	54.306,62	1.101,24 (2%)
	Pekerjaan Beton (m <sup>3</sup> )	6.601,86	6.553,99	47,87 (0,7)
2	Biaya Total (Rp)	76.755.100.000	76.063.550.000	691.550.000,00 (0,9 %)
3	Durasi Total (Hari)	451	447	4

Dari tabel di atas, dapat diketahui pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga yang menggunakan sistem dilatasi dua kolom lebih unggul dari segi biaya sebesar 0,9% atau dapat melakukan penghematan anggaran biaya sebesar Rp. 691.550.000 dibandingkan dengan menggunakan sistem dilatasi balok kantilever. Serta dalam segi waktu, walaupun sistem dilatasi dua kolom dapat menghemat waktu 4 hari kerja saja dibandingkan dengan pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga yang menggunakan sistem dilatasi balok kantilever, durasi total proyek tersebut masih dapat dipercepat lagi dengan menambah jumlah tenaga kerja, namun hal ini akan mengakibatkan penambahan dalam biaya pelaksanaan pekerjaannya. Oleh karena itu, pada proyek pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga masih dapat direkomendasikan untuk menggunakan sistem dilatasi dua kolom sebagai sistem pemisahan strukturnya, karena selain menghemat anggaran biaya, penggunaan sistem dilatasi dua kolom juga dapat mempercepat pekerjaan konstruksi.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga, penggunaan sistem dilatasi balok kantilever membutuhkan biaya sebesar Rp. 76.755.100.000,00 dengan waktu pelaksanaan 451 hari kerja. Penggunaan sistem dilatasi dua kolom membutuhkan biaya sebesar Rp. 76.063.550.000,00 dengan waktu pelaksanaan 447 hari kerja.
2. Penggunaan sistem dilatasi dua kolom dapat menghemat biaya sebesar 0,9% (Rp. 691.550.000,00) dan menghemat waktu 4 hari kerja.



3. Berdasarkan peninjauan yang dilakukan dari segi biaya dan waktu, dapat ditentukan bahwa rekomendasi sistem pemisahan struktur yang lebih baik pada pembangunan gedung parkir bertingkat kampus B Universitas Airlangga adalah sistem dilatasi dua kolom.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak akademik Politeknik Negeri Padang dalam hal ini khususnya Jurusan Teknik Sipil program studi DIV Manajemen Rekayasa Konstruksi karena telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat berkreasi dalam menuangkan ide beserta gagasan yang penulis dapatkan hingga menjadi tulisan ilmiah ini. Seterusnya kepada semua peneliti yang tidak bisa penulis sebutkan satu – persatu, berkat hasil penelitian dan kerja keras dari para peneliti, yang mana dari hasil penelitian tersebut penulis jadikan sebagai informasi, referensi dan juga konsep yang mendasari ide dari tulisan ilmiah ini, untuk itu penulis mengucapkan rasa terimakasih dan juga rasa hormat kepada semua peneliti yang penulis jadikan sebagai sumber rujukan dalam menyelesaikan tulisan ilmiah ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lestari, R, T, P., Susilowati, T & Hermawati, 2020, "Hubungan Pengetahuan Siaga Gempa Bumi dan Sikap Siswa Terhadap Kesiapsiagaan Di SD Negeri 2 Cepokosawit", *Gaster*, vol. 18, no. 2, pp 172-185, doi: 10.30787/gaster.v18i2.523.
- [2] Handiman, 2012, "Kajian Pengaruh Dilatasi pada Bangunan Pabrik PT. Agri First Flour Medan" *Tugas Akhir*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Nugroho, F, 2016, "Building Performance Evaluation of A.N.S Hotel Building Plan with and Without Dilatation in Earthquake Prone Areas", *ICTIS*, doi: 10.21063/ICTIS.2016.1061. 9 pages.
- [4] Rahmadani, M., Aprillin, R, & Murtinugraha, E, 2019, "Analisa perilaku bangunan tidak beraturan secara horizontal dengan dilatasi terhadap gempa", *Jurnal Menara Teknik Sipil*, vol 14, no. 2, pp 52-66.
- [5] Arsitur Studio, 2020, *Pengertian Dilatasi, Fungsi dan Tujuan Dilatasi beserta Contoh Penerapannya*, diakses 4 Februari 2022, <https://www.arsitur.com/2018/09/pengertian-dilatasi-fungsi-dan-contoh.html>
- [6] Sumarsono, R,A, dan Fajari, M,A, 2019, "Improving Seismic Behaviour Of Irregular Building Through Double Column and Console Beam Application", *SCESCM*, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201922585805022> 8 pages.

- [7] Sunaryati, J, 2019, "Analisis Jarak Dilatasi Bangunan Ber-Lay-Out L dan Perhitungan Penulangan Elemen Balok dan Kolom di sekitar Dilatasi", *Prosiding. 6th ACE Conference*. 29 Oktober 2019, Padang, Sumatra Barat, pp 215-238.
- [8] Prihandoyo, R., Bayzoni., Husni, H.R. & Alami, F, 2021, "Evaluasi Pengaruh Dilatasi Pada Gedung Baja Empat Lantai Terhadap Beban Gempa Menggunakan Metode Statik Pushover", *JRSDD*, vol. 9(, no. 4, pp 749-762.
- [9] Rahim, S. dan Thomas, N.A, 2020, "Performance of Different Dilatation Methods To Reduce The Effect Of Seismic Loads", *IRJET*, vol 7, no. 6, pp 7052-7056.
- [10] Tyarpratama, M.A, 2017, "Analisis Statik Non-Linier Pushover pada Optimasi Desain Gedung Pendidikan Bersama FKUB dengan Variasi Konfigurasi Dinding Geser", *Tugas Akhir*. Universitas Brawijaya, Malang.
- [11] Mierza, M.K, 2017, "Analisis Sistem Dilatasi Dengan Balok Kantilever Disertai Perhitungan Struktur Atas Dan Struktur Bawah", Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [12] Prabowo, S,W, 2018, "Evaluasi Pengaruh Kolom Dilatasi terhadap Kinerja Struktur pada Gedung Berbentuk Linear menggunakan Metode SRPMM", *Tugas Akhir*, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda.
- [13] Trikanada, M, 2021, "Analisis Perbandingan Efektivitas Penggunaan Dilatasi Balok Kantilever dan Dilatasi 2 Kolom pada Proyek Gedung Parkir Bertingkat Kampus B Universitas Airlangga", *Tugas Akhir*, Universitas Jember.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, 2019, "SNI 03-1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non gedung Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1726:2012"
- [15] Niri Rubber, 2022, Sistem Dilatasi Bangunan, diakses 4 Februari 2022, <https://www.niri-rubber.com/sistem-dilatasi/>.
- [16] Putra, P dan Febriansyah, 2021, "Perbandingan Biaya dan waktu Bekisting Aluma System dengan Bekisting Scaffolding pada Pekerjaan Balok dan Pelat Proyek Apartemen Arandra Residence Tower 3", *Tugas Akhir*, Prodi D4 Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang.
- [17] Honesty, F. dan Ramadhani, S, 2021, "Optimalisasi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Metode Least Cost Analysis pada Proyek saat Pandemi Covid-19". *Tugas Akhir*, Politeknik Negeri Padang.