

TINJAUAN PENERAPAN KONSEP BALOK LEMAH KOLOM KUAT PADA BANGUNAN BERSERTIFIKAT LAIK FUNGSI (SLF) (Studi Kasus Bangunan Komersial di Jalan Dewi Sri, Kuta)

I Made Utha Payusa¹⁾, Ir. I Wayan Intara, MT.²⁾, I Gusti Putu Adi Suartika Putra,
S.ST.Spl., M.T.³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi
Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: payusa.utha@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi
Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: intarajoist@yahoo.com

³⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi
Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: goenkadhy@gmail.com

Abstract

The Certificate of Feasibility is a crucial document for any building. With an SLF, it can be ensured that the building is fit for occupancy. One of the safety requirements for a building is the structural requirements. A building structure can be considered fit for occupancy when it meets the applicable standard regulations.

One of the structural requirements for buildings implementing a special moment-resisting frame system (SMF) is the weak beam strong column concept. This concept is applied to ensure that the column strength exceeds the beam strength. To review the application of the weak beam strong column concept in buildings with a Certificate of Feasibility, an analysis of the existing structural components and earthquake-resistant building analysis must first be conducted to ensure compliance with the applicable standards.

From the analysis conducted, several discrepancies were identified, including the area and spacing of the column stirrups, the shear strength of the beam-column joints, and the stirrup area in the beam-column joints. From the earthquake-resistant building analysis, it was found that the inter-story drift was below the allowable limit and the P- Δ effect stability coefficient was less than the permissible coefficient. In the review of the weak beam strong column concept, it was found that the nominal axial load of column K1 was 2239.14 kN, the nominal moment of the beam at the negative support area was 237.47 kN.m, and at the positive support area was 162.62 kN.m, resulting in a nominal moment of 259.26 kN.m at the lower column and 220.85 kN.m at the upper column. Using the interaction diagram by projecting the Pn and Mn values, it was determined that the intersection of Pn and Mn remained within the influence boundary of the 1.6% reinforcement area. Thus, the weak beam strong column concept was fulfilled. The reinforcement installed at the interior beam-column joint in the X direction was 5 D13-75, and in the Y direction was 3 D13-75. At the exterior joint in the X direction, the reinforcement was 4 D13-100, and in the Y direction was 4 D13-100. At the corner joint in the X direction, the reinforcement was 3 D13-100, and in the Y direction was 4 D13-100.

Keywords: *certificate of feasibility, earthquake-resistant building, SMF, weak beam strong column*

Abstrak

Sertifikat laik fungsi (SLF) menjadi sebuah dokumen penting untuk setiap bangunan. Dengan SLF dapat dipastikan bangunan dapat difungsikan dengan layak. Salah satu dari persyaratan keselamatan dalam bangunan gedung adalah persyaratan struktur bangunan gedung. Suatu sistem struktur bangunan gedung dapat dikatakan layak berfungsi yaitu ketika struktur bangunan sudah memenuhi ketentuan standar yang berlaku.

Salah satu persyaratan struktural yang harus dipenuhi pada bangunan yang menerapkan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah konsep balok lemah kolom kuat. Penerapan konsep ini digunakan untuk memastikan kekuatan kolom lebih besar daripada kekuatan balok. Untuk meninjau penerapan konsep balok lemah kolom kuat pada bangunan bersertifikat laik fungsi terlebih dahulu dilakukan analisis komponen struktur eksisting dan analisis bangunan tahan gempa untuk memastikan bangunan kesesuaian bangunan dengan standar yang berlaku.

Dari hasil analisis yang dilakukan, diketahui terdapat beberapa ketidaksesuaian antara lain pada luas dan jarak sengkang pada kolom, kuat geser hubungan balok kolom, dan luas sengkang pada hubungan balok kolom. Dari analisis bangunan tahan gempa didapatkan hasil simpangan antar lantai masih berada dibawah batas izin dan nilai koefisien stabilitas efek $P-\Delta$ masih lebih kecil dari koefisien yang diizinkan. Pada tinjauan konsep balok lemah kolom kuat didapatkan hasil nilai beban aksial nominal kolom K1 sebesar 2239,14 kN, momen nominal balok pada daerah tumpuan negatif sebesar 237,47 kN.m, pada daerah tumpuan positif sebesar 162,62 kN.m yang menghasilkan nilai momen nominal pada kolom bawah sebesar 259,26 kN.m dan pada kolom atas sebesar 220,85 kN.m. Dengan menggunakan bantuan diagram interaksi dengan memproyeksikan nilai P_n dan M_n diketahui bahwa titik pertemuan P_n dan M_n masih berada di batas pengaruh luas tulangan 1,6%. Dengan demikian konsep balok lemah kolom kuat sudah terpenuhi. Adapun tulangan yang terpasang pada *joint* balok kolom *interior* arah X adalah 5 D13-75 dan arah Y 3 D13-75. Pada *joint* eksterior arah X didapatkan hasil tulangan arah X 4 D13-100 dan arah Y 4 D13-100. Pada *joint corner* arah X didapatkan hasil 3 D13-100 dan arah Y 4D13-100.

Kata Kunci: sertifikat laik fungsi, bangunan tahan gempa, SRPMK, balok lemah kolom kuat

PENDAHULUAN

Bangunan memiliki peran penting dalam kehidupan manusia sebagai tempat tinggal, bekerja, dan berusaha. Seiring perkembangan, kebutuhan akan gedung yang fungsional dan aman meningkat. Pemerintah memastikan hal ini melalui Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) dan Sertifikat Laik Fungsi (SLF). PBG mengatur izin bangunan sesuai standar teknis (Perda Kabupaten Badung, 2022), sementara SLF menyatakan bangunan layak digunakan (Permen PUPR, 2018), berdasarkan evaluasi aspek struktur, keamanan, dan fasilitas oleh para ahli di bidang arsitektur, struktur, dan MEP (mechanical, electrical, plumbing). Aspek struktur sangat penting karena berpengaruh langsung pada keselamatan penghuni. Bangunan harus memenuhi standar seperti SNI 2847, SNI 1726, dan SNI 1727. Konsep balok lemah kolom kuat (*strong column weak beam*) menjadi bagian krusial dalam struktur bangunan ber-SRPMK di daerah gempa tinggi. Konsep ini mensyaratkan momen kolom lebih besar daripada balok yang terhubung, untuk mencegah keruntuhan berbahaya. Penelitian ini meninjau penerapan konsep balok lemah kolom kuat pada bangunan RUKO 3 lantai di Kabupaten Badung, yang dalam penerbitan SLF-nya, penerapan konsep ini tidak menjadi syarat. Peneliti ingin memastikan apakah bangunan tersebut memenuhi standar penerapan konsep balok lemah kolom kuat untuk kelayakan fungsi dan keselamatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang mengandalkan data numerik dan metode statistik untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menafsirkan informasi. Pendekatan kuantitatif ini bertujuan untuk mengukur variabel serta mengidentifikasi hubungan sebab-akibat atau korelasi antar variabel yang diteliti. Dalam proposal penelitian ini, fokus utama adalah pada tinjauan penerapan konsep balok lemah kolom kuat pada bangunan yang berada di daerah dengan kategori desain seismik D, dengan tujuan akhir untuk mengevaluasi aspek keselamatan dalam proses penerbitan Sertifikat Laik Fungsi (SLF). Penelitian ini berlokasi di sebuah bangunan komersial yang berfungsi sebagai rumah tinggal dan toko, terletak di Jalan Dewi Sri, Kelurahan Legian, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung. Waktu penelitian dimulai dari bulan November 2023 hingga Juli 2024. Jadwal penelitian secara rinci dapat dilihat pada tabel yang disediakan dalam rencana penelitian. Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup hasil pengujian hammer test pada beton, yang dilakukan menggunakan *Schmidt Hammer* atau *Rebound Hammer*. Alat ini mengukur pantulan dari permukaan beton untuk memperkirakan kekuatan tekan beton tanpa merusak struktur. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, dan dokumen pemerintah, yang meliputi berita acara konsultasi, gambar as build drawing, laporan penyelidikan tanah, dan dokumen lainnya. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik, termasuk pengukuran lapangan dan studi dokumen. Pengukuran lapangan melibatkan penggunaan alat hammer test untuk mengukur mutu beton pada kolom, balok, dan plat. Proses pengukuran ini mencakup persiapan alat, penentuan titik pengujian, pelaksanaan pengujian, pencatatan data, dan analisis hasil. Selain itu, studi dokumen dilakukan dengan menganalisis berita acara konsultasi penerbitan SLF, gambar as build drawing, dan laporan penyelidikan tanah untuk melengkapi data yang diperoleh. Instrumen penelitian utama adalah checklist yang digunakan untuk memastikan ketersediaan data yang diperlukan. *Checklist* ini mencakup pemanfaatan bangunan, hasil pengujian hammer test, berita acara konsultasi penerbitan SLF, dan gambar as build drawing. Instrumen ini membantu dalam mendokumentasikan data yang ada dan memastikan bahwa semua informasi yang dibutuhkan tersedia untuk analisis. Analisis data dilakukan dengan merujuk pada berbagai standar dan peraturan, termasuk SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa, SNI 1727:2020 tentang

Beban Desain Minimum, SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Bertulang, dan Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2018 tentang SLF. Proses analisis mencakup penentuan sistem rangka bangunan, kategori risiko, kelas situs, kategori desain seismik, dan sistem rangka pemikul momen. Selanjutnya, dilakukan penyesuaian dimensi struktur eksisting, pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS, dan analisis bangunan tahan gempa. Penerapan konsep balok lemah kolom kuat juga dianalisis dengan menghitung momen nominal pada balok dan kolom, serta membandingkannya dengan persyaratan yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dari analisis struktur bangunan eksisting adalah dengan menentukan parameter-parameter gempa untuk dianalisis lebih lanjut. Adapun parameter-parameter yang digunakan antara lain sebagai berikut.

Tabel 1 Parameter Gempa

Kategori Risiko	II
Kelas Situs	SD
S _s	0,9559
S ₁	0,3972
TL	12 detik
SDS	0,71
SD ₁	0,51
KDS	D
Sistem Struktur	SRPMK
Faktor Skala	1,22625

Selanjutnya dilakukan penyesuaian elemen struktur yang terbangun dengan ketentuan yang berlaku. Penyesuaian ini mulai dari persyaratan dimensi elemen struktur, luas tulangan yang harus terpasang, dan gaya-gaya dalam yang bisa diterima oleh elemen struktur. Untuk elemen kolom, hasil dari analisis dapat dilihat pada tabel 2 dan untuk elemen balok dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2 Analisis Elemen Kolom Eksisting

Kolom	Dimensi Terkecil (mm)	Rasio (%)	Rasio Tul. Longitudinal (%)	Tulangan transversal (mm ² /mm)				Jarak antar tulangan transversal (mm)		Gaya aksial (kN)
				Sendi plastis		Luar zona sendi plastis		Sendi plastis	Luar zona sendi plastis	
				Arah sumbu kuat	Arah sumbu lemah	Arah sumbu kuat	Arah sumbu lemah			
K1	350	0.64	1.6	6.38	3.66	-	-	87.5	96	2239.1
K2	300	0.67	1.5	6.39	3.81	-	-	75	96	1525.3

Tabel 3 Analisis Elemen Balok Eksisting

Balok	Bentang bersih (mm)	Lebar (mm)	Tulangan longitudinal (mm ²)				Kuat Geser (kN)		Jarak antar tulangan transversal (mm)	
			Tumpuan Negatif	Tumpuan positif	Lapangan negatif	Lapangan positif	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	2368	195	621.6	621.6	621.6	621.6	402.86	326.83	96	296
B2	1768	150	464.1	502.4	464.1	464.1	300.79	202.38	96	221

Setelah dilakukan penyesuaian elemen struktur terbangun, dilanjutkan dengan menganalisis ketahanan bangunan saat menerima beban gempa. Hasil dari periode alami struktur bangunan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Periode Fundamental

Ta	0.4427 detik
Ta max	0.6198 detik
Tc	0.8450 detik

Dari analisis yang dilakukan diketahui nilai periode alami struktur yang digunakan adalah nilai periode fundamental pentekatan maksimum yaitu sebesar 0,6198 detik.

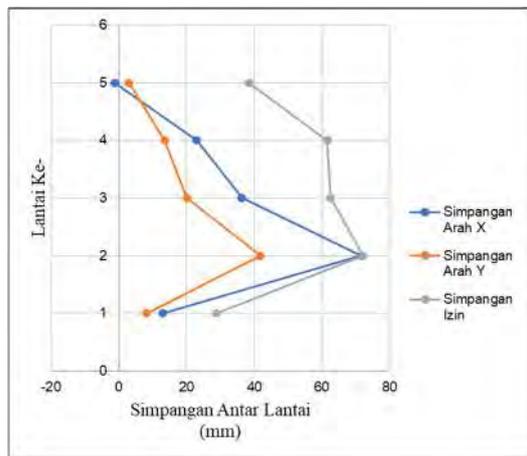
Analisis kegempaan pada bangunan selanjutnya adalah analisis gaya geser dasar struktur. Hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5 Gaya Geser Dasar

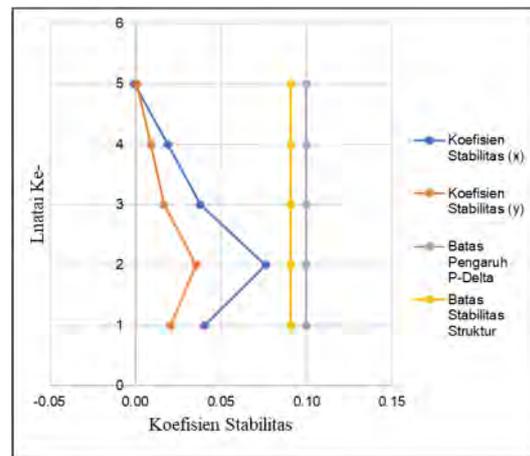
Metode	Arah	Gaya Geser (kN)
Statik	X	681.07
	Y	681.07
Dinamik	X	715.41
	Y	897.61

Dari analisis yang dilakuakn, dapat diketahui nilai gaya geser dasar dinamik sudah memenuhi persyaratan yaitu harus lebih besar dari 100% gaya geser dasar statik.

Analisis selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap simpangan antar lantai, dan pengaruh P-Δ. Hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Grafik Simpangan Antar Lantai



Gambar 2. Grafik Koefisien Stabilitas Struktur

Persyaratan balok lemah kolom kuat terpenuhi ketika nilai momen nominal balok lebih kecil dari momen nominal kolom. Berikut merupakan hasil analisis momen nominal pada balok dan kolom

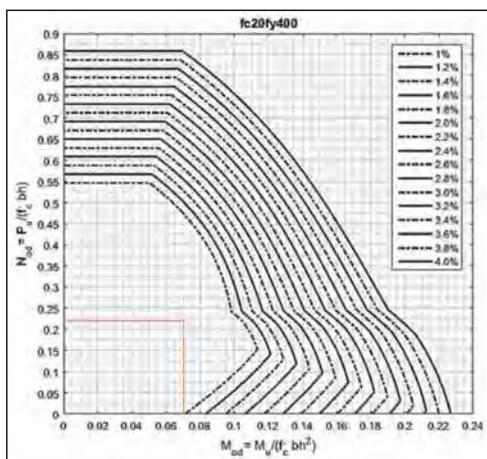
Tabel 6 Momen Nominal Balok

Balok	Momen nominal (kN.m)			
	Tumpuan Negatif	Tumpuan positif	Lapangan negatif	Lapangan positif
B1	237.47	162.62	162.62	237.47
B2	146.31	91.04	91.04	146.31

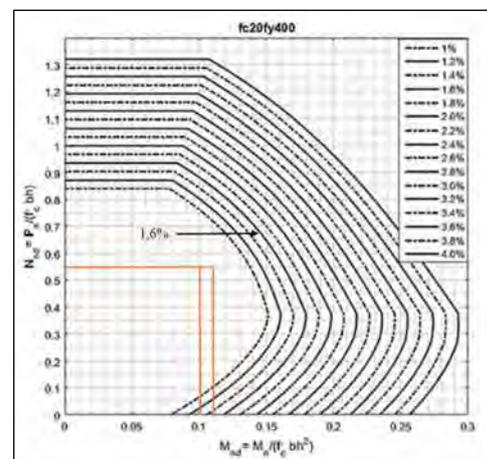
Tabel 7 Momen Nominal Kolom

Kolom	Pn (kN)	Mn (kN.m)		Pu (kN)	Mu (kN.m)
		Kolom bawah	Kolom atas		
K1	2239.14	259.26	220.85	907.86	157.61

Dari hasil yang didapat nilai Pu dan Mu diplotkan ke dalam grafik untuk menentukan luas tulangan minimum dan nilai Pn dan Mn baik kolom atas dan juga bawah diplot ke dalam grafik untuk mengetahui apa kombinasi beban Pn dan Mn masih bisa diterima oleh kolom.



Gambar 3. Diagram hubungan N_{od} dan M_{od} untuk menentukan luas tulangan minimum



Gambar 4. Diagram hubungan antara N_{nd} dan M_{nd} untuk pemeriksaan konsep balok lemah kolom kuat

Diagram menunjukkan bahwa pertemuan nilai N_{od} dan M_{od} berada di bawah rasio tulangan 1%, sehingga luas tulangan minimum kolom harus 1%. Pada kondisi eksisting, kolom menggunakan 16 D16 dengan rasio tulangan 1,6%. Titik pertemuan N_{nd} dan M_{nd} untuk kolom lantai 1 dan 2 juga berada di bawah diagram dengan rasio 1,6%, menandakan kolom aman dan memenuhi konsep balok lemah kolom kuat.

Selanjutnya merupakan hasil dari analisis dari sambungan balok dan kolom, meliputi factor keamanan gaya geser pada daerah HBK dan desain tulangan pada HBK yang dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8 Hasil Analisis HBK

Joint	Faktor keamanan		Tulangan geser joint	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Interior	0.67	1.66	5 D13-75	3 D13-75
Eksterior	1.28	1.66	4 D13-100	4 D13-100
Corner	1.76	0.8	3 D13-100	4 D13-100

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, mencakup analisis struktur gedung eksisting, analisis bangunan tahan gempa, tinjauan penerapan konsep balok lemah kolom kuat, dan analisis hubungan balok dan kolom pada bangunan komersial yang terletak di Jalan Dewi Sri, Legian, Kuta, maka dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain sebagai berikut.

1. Tinjauan konsep balok lemah kolom kuat pada hubungan balok kolom lantai 2 menunjukkan konsep terpenuhi dengan beban aksial kolom K1 dan momen nominal sesuai diagram interaksi dengan luas tulangan 1,6%.
2. Kelaikan fungsi bangunan terpenuhi dengan penerapan konsep balok lemah kolom kuat, meskipun beberapa persyaratan tulangan dan kuat geser belum terpenuhi.

Adapun saran yang dapat diberikan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut.

1. Memperketat kriteria penerbitan SLF untuk memastikan bahwa penerapan konsep balok lemah kolom kuat dan persyaratan keselamatan lainnya yang telah disyaratkan di standar nasional terpenuhi.
2. Selain penerapan konsep balok lemah, pengkaji teknis bangunan diharapkan meninjau keksuaiaan bangun terbangun dengan standar yang tertuang dalam SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung dan SNI 2847 tahun 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreas, R. (2023). Analisis Hubungan Balok Kolom Sitem Rangka Pemikul Momen Khusus.
- Arfiadi, Y. (2016). Diagram Interaksi Perencanaan Kolom Dengan Tulangan Pada Empat Sisi Berdasarkan SNI 2847:2013 dan ACI 318M-11. *13*.
- Computers and Structures, Inc. (2022, Oktober 19). *ETABS*.
- Cormac, M. (2001). *Desain Beton Bertulang Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo, I. (t.thn.). Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.
- Mayehoof, G. (1965). *Shollow Foundation, Journal of Soil Mechanics adn Foundation Devision*. ASCE.
- Paulay, T., & Park, B. (1975). *Reinforced Concrete Structures*.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pusaka Pelajar.
- Peraturan Daerah Kabupaten Badung Nomor 4 Tahun 2022 tentang Retribusi Persetujuan Bangunan Gedung*. (t.thn.).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2018 tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung*. (t.thn.).
- PT. Eticon Rekayasa Teknik. (t.thn.). Penerapan Sitem Strong Column and Weak Beam pada Struktur Bangunan. Yogyakarta.
- PT. Hesa Laras Cemerlang. (t.thn.). Konsep Daktailitas Pada Struktur Bangunan. Jakarta.
- Purwono, R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang, Edisi Kedua*. Surabaya: ITS.
- Ristanto, E., Suyadi, & Irianti, L. (2015). Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung. *Vol. 3*.
- Satori, D., & Komariah, A. (2013). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Setiawan, A. (2016). Perancangan Beton Bertulang Berdasaarkan SNI 2847:2013. *SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (t.thn.).
- SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (t.thn.).
- SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. (t.thn.).
- SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. (t.thn.).
- Sudarmoko. (1996). Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang.

- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: PT. Alfabet.
- Wahyudi, L., & Rahim, S. (1999). Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI-T-15-1991-03.
- Widodo. (2001). *Respons Dinamik Struktur Elastik*. Yogyakarta: UII Pres Yogyakarta.
- Yustikarini, D. (2020). Pelaksanaan Tugas Dinas Penataan Ruang Dalam Penerbitan Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung Di Kota Makassar. 41.