

Analisis Kinerja Struktur Bangunan Gedung SMK Assalam Durenan menggunakan Metode SRPMK

Performance Analysis Of Vocational School Building Structures Assalam Durenan using The SRPMK Method

Ghozi Ngafifudin^{*1}, Trisno Widodo², Risma Dwi Atmajayani³, Chairumin Alfin⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar

e-mail: ^{*1}ghozyingafifudin@gmail.com, ²trisno_widodo@yahoo.com, ³rismadwiatmaja@gmail.com, ⁴chairuminalfin@gmail.com

Abstrak

Posisi Indonesia pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar (Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik) menjadikan negara ini rawan gempa bumi. Sejarah gempa bumi dahsyat di Indonesia mengharuskan diterapkannya standar perancangan bangunan tahan gempa untuk mengurangi dampak kerusakan.. Salah satu pendekatan perancangan struktur tahan gempa adalah metode Strong-Column Weak-Beam (SRPMK), yang menitikberatkan pada kekuatan kolom lebih besar dibandingkan balok, sehingga keruntuhan bersifat daktail dan terkonsentrasi pada balok tanpa menyebabkan keruntuhan total struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur tahan gempa Gedung RPS DKV SMK Terpadu Assalam Durenan menggunakan metode SRPMK. Evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa lateral dilakukan menggunakan analisis pushover dengan perangkat lunak SAP2000. Sistem rangka pemikul momen (SRPM) dipilih sebagai fokus kajian, mengingat keandalannya dalam mengurangi dampak kerusakan akibat gempa. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran efektivitas metode SRPMK dalam meningkatkan ketahanan struktur bangunan terhadap beban gempa serta menjadi rekomendasi bagi perancangan bangunan tahan gempa di masa mendatang. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan infrastruktur yang lebih aman dan berkelanjutan, khususnya di Indonesia yang rawan gempa bumi

Kata Kunci: Analisis, SRPMK, SAP2000

Abstrack

Indonesia's position at the meeting of three large tectonic plates (Indo-Australian, Eurasian and Pacific) makes this country prone to earthquakes. The history of devastating earthquakes in Indonesia requires the implementation of earthquake-resistant building design standards to reduce the impact of damage. One approach to designing earthquake-resistant structures is the Strong-Column Weak-Beam (SRPMK) method, which focuses on the strength of columns being greater than beams, so that collapse is ductile and concentrated in the beam without causing total collapse of the structure. This research aims to analyze the earthquake resistant structural performance of the Assalam Durenan Integrated Vocational School RPS DKV Building using the SRPMK method. Evaluation of structural performance against lateral earthquake loads was carried out using pushover analysis with SAP2000 software. The moment resisting frame system (SRPM) was chosen as the focus of the study, considering its reliability in reducing the impact of earthquake damage. It is hoped that the research results will provide an overview of the effectiveness of the SRPMK method in increasing the resistance of building structures to earthquake loads and provide recommendations for designing earthquake-resistant buildings in the future. This research contributes to the development of safer and more sustainable infrastructure, especially in Indonesia which is prone to earthquakes

Keyword: Analysis, SRPMK, SAP2000

PENDAHULUAN

Letak Indonesia di pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia di selatan, Lempeng Pasifik di timur, dan Lempeng Eurasia yang meliputi sebagian besar wilayahnya, menyebabkan tingginya aktivitas gempa bumi di Nusantara[1].

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia semakin pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur yang aman, efisien, dan tahan terhadap berbagai risiko bencana, seperti gempa bumi. Salah satu tantangan utama dalam perancangan struktur

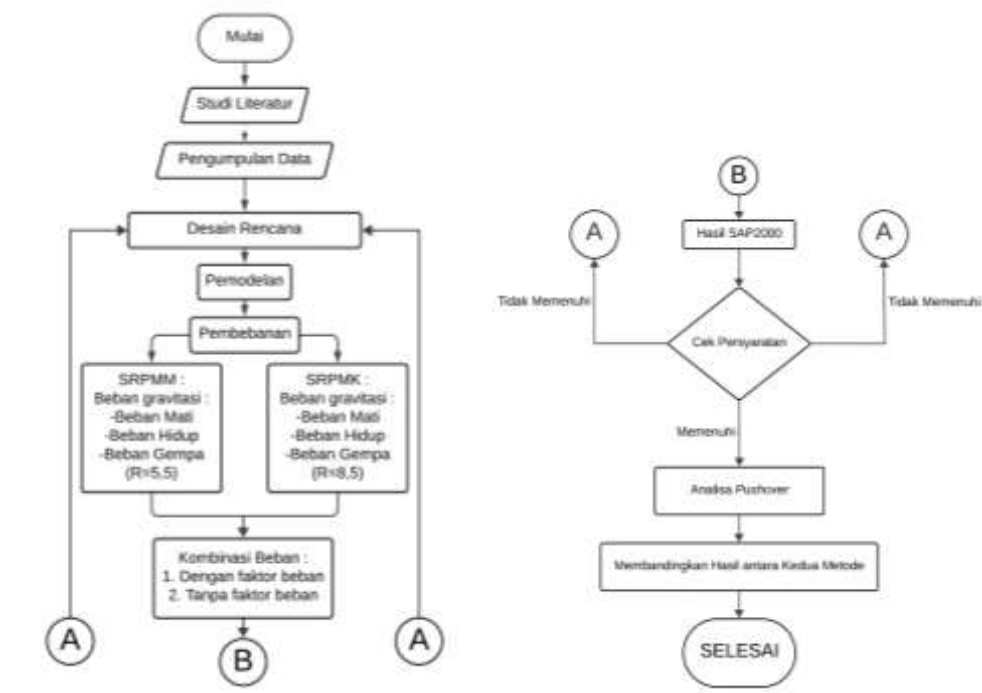
bangunan adalah memastikan kinerja struktur tetap optimal dan sesuai dengan ketentuan keamanan yang berlaku. Dalam konteks ini, metode perancangan struktur bangunan berbasis *Strong-Column Weak-Beam* (SRPMK) menjadi salah satu pendekatan yang sering di aplikasikan untuk meningkatkan kekuatan struktur pada beban lateral akibat gempa.

Pesatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia, yang didorong kebutuhan akan infrastruktur aman, efisien, dan tahan bencana—terutama gempa bumi—mengakibatkan tantangan signifikan dalam perancangan struktur bangunan. Penting untuk memastikan kinerja optimal dan kepatuhan terhadap standar keamanan. Oleh karena itu, metode perancangan struktur berbasis kolom kuat-balok lemah (SRPMK) banyak diterapkan untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap beban lateral gempa.

Studi ini menganalisis kinerja struktur gedung SMK Terpadu Assalam Durenan menggunakan metode SRPMK untuk mengevaluasi efektivitas metode ini dalam meningkatkan ketahanan struktur bangunan terhadap gempa. Hasilnya diharapkan memberikan rekomendasi praktis bagi perancangan struktur bangunan sejenis di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif, yang menuntut perencanaan dan penyusunan yang terstruktur dan sistematis sepanjang proses, dari tahap permulaan hingga perancangan penelitian, untuk menjamin validitas temuan, terutama dalam konteks pembangunan seperti pada Gambar 1 ini.

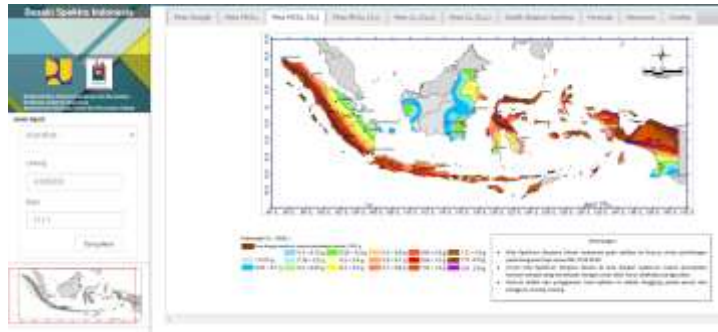


Gambar 1. Diagram alur penelitian

1. Wilayah gempa dan spectrum respons

Klasifikasi desain seismik ditentukan berdasarkan perhitungan parameter percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) dan percepatan batuan dasar 1 detik (S_1), yang diperoleh dari peta gerakan tanah seismik dengan probabilitas terlampaui 2%

dalam 50 tahun (MCER). Perhitungan tersebut menggunakan respons spektral percepatan pada periode 0,2 detik (untuk S_s) dan 1 detik (untuk S_1), yang kemudian dinormalisasi terhadap percepatan gravitasi (g). Struktur bangunan termasuk kategori desain seismik A jika $S_1 \geq 0,04g$ dan $S_s \geq 0,15g$. Gambar 2 menunjukkan zonasi gempa berdasarkan peta terbaru, dengan kode warna yang mewakili nilai S_s dan S_1 .



Gambar 2. Peta wilayah gempa parameter S_s dan S_1

2. Deskripsi pembebanan

SNI 1727[2] mendefinisikan beban sebagai gaya atau pengaruh eksternal lain yang diakibatkan oleh berat material bangunan, penghuni dan isinya, serta faktor lingkungan, perubahan posisi, dan reaksi gaya akibat deformasi.

3. *Software*SAP2000

Secara umum, menentukan respons tumpuan suatu struktur merupakan prasyarat untuk menentukan gaya dan deformasinya. Perhitungan numerik gaya dan deformasi struktur memerlukan waktu lebih lama dan memerlukan presisi yang lebih tinggi. Ada banyak program perangkat lunak dan aplikasi yang dapat diinstal dan digunakan dengan mudah di era yang lebih maju ini. SAP2000 adalah salah satu program tersebut [5]

4. Prinsip desain SRPMK

Sistem struktur bangunan tahan gempa (SRPMK) dirancang untuk memiliki ketahanan tinggi terhadap beban siklik inelastis dan gaya gempa desain. Regulasi SRPMK memastikan respons struktur yang kuat dan ulet, dengan tiga komponen utama: (1) konfigurasi kolom kuat-balok lemah pada sebagian besar lantai; (2) mekanisme yang menjamin daktilitas serta mencegah keruntuhan geser pada balok, kolom, dan sambungannya; dan (3) tercapainya daktilitas struktural dalam kondisi inelastis [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

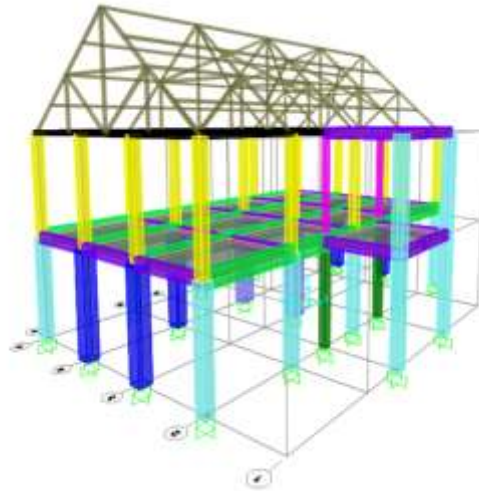
Menganalisis Data Gempa

Desain struktur tahan gempa harus memperhitungkan momen puntir yang diakibatkan oleh perbedaan letak antara pusat massa dan pusat kekakuan bangunan. Pusat massa merupakan titik tengah resultan beban vertikal (mati dan hidup) pada setiap lantai, sedangkan pusat kekakuan adalah titik pada lantai yang, jika diberi gaya horizontal, hanya mengalami pergeseran tanpa rotasi (BSN, 2002). Untuk menjamin keamanan struktur, jarak titik tumpuan beban minimal harus 5% lebar bangunan dari pusat kekakuan guna menghindari momen puntir yang tak terprediksi[4].

gempa tegak lurusnya (sebelumnya hanya 30%), guna meminimalisir dampak gempa dari berbagai arah pada bangunan.

Pemodelan SAP2000

Analisis struktur mempertimbangkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Besaran beban gempa, yang dipengaruhi faktor reduksi (R), bervariasi sesuai dengan teknologi struktur yang digunakan, yakni teknologi Rangka Pemikul Momen Menengah atau Rangka Pemikul Momen Khusus.



Gambar 4. Gambar tiga dimensi struktur

Hasil analisis program SAP 2000 berupa tabel data numerik yang selanjutnya akan diverifikasi melalui perhitungan manual untuk kontrol keamanan terhadap beban gempa dinamis. Adapun hal-hal yang perlu diverifikasi meliputi:

1. Pengendalian periode dasar struktur
2. Pengendalian partisipasi massa
3. Pengendalian geser dasar
4. Pengendalian deviasi antar lantai

Kontrol Keamanan Beban Gempa dinamis

Periode dasar struktur (T) ditetapkan paling lama sama dengan nilai maksimum antara periode hitung (C_u) dan periode pendekatan (T_a), atau dapat langsung menggunakan periode pendekatan bangunan (T_a).

Periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik.

Batas Bawah :

$$\begin{aligned} T_a (\text{min}) &= 0,0466 \times (h \text{ gedung})^{0,9} \\ &= 0,0466 \times 12^{0,9} \\ &= 0,43616 \text{ detik} \end{aligned}$$

Batas Atas :

$$\begin{aligned} T_a (\text{max}) &= 1,4 \times T_a (\text{min}) \\ &= 1,4 \times 0,43616 \\ &= 0,61062 \text{ detik} \end{aligned}$$

berdasarkan analisis struktur, $T_c = 0,546228 \text{ dt}$

$T_c > T_a (\text{min})$ maka digunakan, $T = 0,546228 \text{ dt}$

Control partisipasi massa

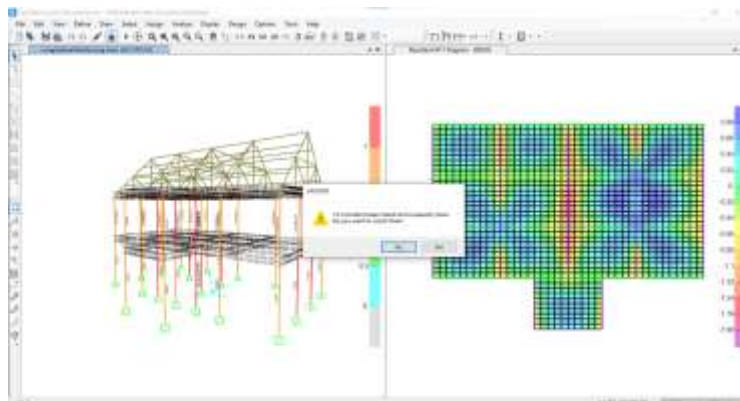
Analisis respons dinamis struktur dengan perangkat lunak SAP 2000 menunjukkan tingkat partisipasi massa melebihi 90% dari total massa struktur (lihat Gambar 5).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	Period	SumUX	SumUY
Text	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	0,356828	0,00035	0,71663
MODAL	0,32471	0,56929	0,7183
MODAL	0,304191	0,61689	0,72341
MODAL	0,195395	0,96219	0,72594
MODAL	0,187131	0,9668	0,99605
MODAL	0,163412	0,98365	0,99848
MODAL	0,143267	0,9955	0,99848
MODAL	0,134781	0,99552	0,99848
MODAL	0,107703	0,99553	0,99853
MODAL	0,09627	0,99553	0,99903
MODAL	0,081072	0,99558	0,99903
MODAL	0,079116	0,99558	0,99903

Gambar 5. Data output partisipasi massa

Control Keamanan Terhadap Gempa

Kontrol ini dilakukan oleh program SAP2000 untuk melihat struktur apakah kuat menahan beban atau tidak. Hasil dari control terhadap struktur ini akan diperlihatkan oleh Gambar 6 berikut;



Gambar 6. Kondisi Awal Gedung Setelah Pengujian Kekuatan Struktur

Hasil kontrol mendeteksi 19 elemen struktur pada kolom K1 dan kolom praktis yang memiliki kekuatan beban tidak memadai. Kondisi ini menghambat proses perhitungan. Oleh karena itu, peninjauan ulang dilakukan dari tahap awal dengan mempertimbangkan kualitas bahan dan dimensi struktur.

Efektifitas SRPMK terhadap struktur

Beton dan baja tulangan yang digunakan pada struktur bangunan memenuhi standar mutu berikut: SNI 2847:2019 untuk beton dan SNI 2052:2017.[6]. untuk baja tulangan.

untuk mempermudah menentukan mutu beton yang sesuai dengan spesifikasi konstruksi maka dapat menggunakan beberapa pertimbangan seperti dibawah ini;

1. Berdasarkan Lokasi Geografis didirikannya bangunan
2. Berdasarkan Iklim daerah tersebut
3. Berdasarkan fungsi struktur

4. Berdasarkan bentuk geometri struktur
5. Berdasarkan aspek tahan asam / sulfat
6. Berdasarkan tahan terhadap beban khusus
7. Berdasarkan tahan terhadap beban gempa atau angin

Sebagai contoh pertimbangan penentuan mutu beton adalah seperti pada tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1. Pertimbangan penentuan mutu beton

Item Pertimbangan	Hasil Peninjauan	Mutu Beton
1. Berdasarkan Lokasi Geografis didirikan bangunan	Pinggir Kota	25 Mpa
2. Berdasarkan Iklim daerah tersebut	Dominan panas	25 Mpa
3. Berdasarkan fungsi struktur	Sebagai kantor	25 Mpa
4. Berdasarkan bentuk geometri struktur	Struktur beraturan	25 Mpa
5. Berdasarkan aspek tahan asam / sulfat	Tidak ada	25 Mpa
6. Berdasarkan tahan terhadap beban khusus	Tidak ada	25 Mpa
7. Berdasarkan tahan terhadap beban gempa atau angin	Tahan bebabn gempa	25 Mpa

Berdasarkan hasil tabel 1 diatas maka spesifikasi detail mutu beton adalah sebagai berikut;

Beton $f'c = 25\text{MPa}$

Elastisitas = 23,500 MPa

Massa jenis beton = 23.54 kN/m³ atau 2400 kg/m³

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini, SNI 2847:2019.[7].menawarkan teknik untuk menentukan standar mutu baja tulangan dalam sejumlah metode;

Tabel 2. spesifikasi mutu tulangan

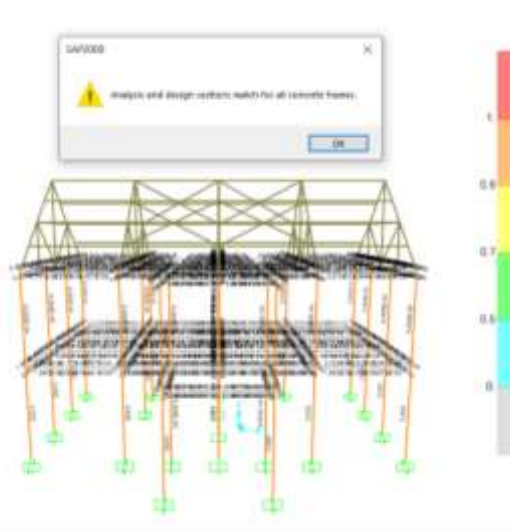
No.	Spesifikasi Penggunaan	Pasal	Mutu Tulangan
1.	Jenis tulangan	3.5.1	Tulangan wajib ulir
2.	Diameter tulangan geser	7.10.4.2	D geser $\geq 10\text{ mm}$
		7.10.5.1	D geser 10 mm untuk dutama $\leq D32$ D geser 10 mm $\leq D36, D43, D57$
3.	Mutu tulangan lentur	9.4	f_y dan $f_{yt} \leq 420\text{ Mpa}$
4.	Mutu tulangan geser	11.4.2	f_y dan $f_{yt} \leq 420\text{ Mpa}$
5.	Mutu tulangan torsi	11.5.3.4	f_y dan $f_{yt} \leq 420\text{ Mpa}$
6.	Mutu tulangan geser friksi	11.6.6	$f_y \leq 420\text{ Mpa}$
7.	Mutu tulangan menahan momen positif dan negatif	18.9.3.2	$f_y \leq 420\text{ Mpa}$
8.	Mutu tulangan leleh	19.3.2	$f_y \leq 420\text{ Mpa}$
9.	Mutu tulangan menahan lentur, gaya aksial dan kombinasi akibat gempa	21.1.5.2	$f_y = 280\text{ Mpa}$ dan 420 Mpa

Setelah ada peninjauan mutu beton dan tulangan sesuai SNI maka kita ubah mutu bahan pada perencanaan ke hasil peninjauan diatas. Setelah itu kita coba uji kekuatannya lagi.



Gambar 7. Hasil Uji Setelah Peninjauan Mutu Bahan

Setelah dilakukan pengujian hasilnya tetap ada 19 beton bertulang yang tidak kuat menahan beban. Berikut adalah tabel penjabaran beton bertulang yang tidak kuat. Analisis struktur menunjukkan kelemahan pada beberapa komponen penahan beban. Sebagai solusi, dilakukan penambahan dimensi pada komponen-komponen tersebut. Berdasarkan perhitungan menggunakan SAP2000, diperoleh modifikasi ukuran sebagai berikut: kolom K1 (30x60 cm menjadi 50x50 cm dan 60x60 cm), kolom K2 lantai 2 (20x30 cm menjadi 30x30 cm), dan ring balk (15x15 cm menjadi 15x25 cm) untuk meningkatkan daya dukung terhadap beban atap. Hasil pengujian ulang terlampir pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Hasil Pengujian Ulang Setelah Penambahan Ukuran Dimensi

Gambar 4.7 menampilkan hasil analisis beban gempa pada model struktur beton Gedung RPS DKV SMK Terpadu Assalam Durenan menggunakan aplikasi SAP2000. Analisis ini memperhitungkan dimensi kolom, balok, dan ring balok yang telah disesuaikan ("*Analysis and design sections match for all concrete frame*"). Mutu material bangunan (pasir, koral, semen) sesuai standar yang ditetapkan perencana.

KESIMPULAN

Analisis struktur gedung beton bertulang RPS SMK Terpadu Assalam Durenan, yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), menunjukkan hal berikut: Pertama, SRPMK terbukti efektif meningkatkan ketahanan gempa berkat kekuatan kolom yang

lebih besar dari balok, mencegah keruntuhan total dan menjamin keselamatan pengguna. Kedua, analisis Strong-Column Weak-Beam menunjukkan kinerja struktur sesuai standar tahan gempa, ditandai distribusi gaya lateral yang efisien dengan deformasi balok lebih besar daripada kolom. Ketiga, dimensi kolom K1 (30x50 cm) dan K2 (20x30 cm) perlu ditingkatkan menjadi 60x60 cm dan 30x30 cm untuk efisiensi beban. Keempat, peningkatan dimensi balok dan kolom, serta perkuatannya, memastikan daya dukung geser (V_n) melebihi gaya geser terfaktor (V_u), menegaskan efektivitas SRPMK dalam meningkatkan ketahanan gempa dan keamanan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prihatmaji, Yulianto P, Wahyudi Budi Pramono, And Chandra Adi Nugroho. 2013. "Penyuluhan Bangunan Rumah Tahan Gempa Sebagai Optimalisasi Mitigasi Gempa Bumi." *Jurnal Inovasi Dan Kewirausahaan* 2(3): 233–39.
- [2] Nasional, Badan Standarisasi. Sni 1727: 2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Jakarta: Bsn, 2013
- [3] Mubarok, Muhammad Fakhry, et al. "Analisis Kelayakan Struktur Kolom, Balok dan Pelat Kost 3 Lantai menggunakan SAP2000 (Study Kasus: Kost Cozy Jl. Anjasmoro Kota Blitar)." *Journal of Science Nusantara* 4.3 (2024): 111-120.
- [4] Wibowo, Ari Et Al. 2013. "Penyuluhan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa." 2(2): 109–14
- [5] Nurfitriana, Izaina, Adhi Wibowo, And Rudianto Rudianto. "Relokasi Gempa Bumi Swarm Di Pesawaran-Lampung, Januari 2021." *Jurnal Geocelebes* (2021): 91-101.
- [6] Rsa.ciptakarya.pu.go.id. 2021. Desain Spektra Indonesia. <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.4734&ss=1117&s1=0.6028&tl=20&kelas=2#grafik> (diakses, 09 Juni 2023)
- [7] Nasional, Badan Standarisasi. Sni 2847: 2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia, 2013.
- [8] Hasibuan, Samsul A. Rahman Sidik; Azmi, Fadhillah; Anisa, Yuan. Studi Perbandingan Analisis Struktur Balok Menggunakan Aplikasi Berbasis Android Dan Sap2000. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 2022, 6.1: 23-33.
- [9] Karisoh, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. E. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*, 6(6).
- [10] Nasional, Badan Standarisasi. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Sni, 2012, 1726: 2012.