

Analisis Keruntuhan Struktur Srpm Baja Dengan Bracing Konsentrik Akibat Getaran Gempa Berulang Dan Pengaruh Beban Gravitasi

Rian Agustian

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

rianagustian@gmail.com

Abstrak

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Tidak jarang gempa datang secara berulang (gempa susulan) terkhusus wilayah Indonesia yang merupakan wilayah zona gempa. Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa terkhusus gempa yang datang secara berulang yang memberikan energi lebih besar dibandingkan dengan gempa tunggal. Pada tugas akhir ini direncakan sebuah struktur dengan 9 lantai yang dimodelkan terhadap 1 jenis penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan MCE untuk analisis nonlinier. Dari hasil analisis yang di dapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah keras (R_6) terhadap gempa tunggal dan gempa berulang yang didapatkan nilai Incremental Dynamic Analysis nilai IDR dari gempa berulang lebih besar dari pada gempa tunggal, pada gempa tunggal memiliki nilai RSA(T_1) = 1 mendapatkan nilai IDR = 0,083 dan pada gempa berulang memiliki nilai RSA(T_1) = 1 menapatkan nilai IDR = 0,094. Hasil analisis juga menunjukkan nilai probabilitas (CP) = 5%, dan (LS) = 2,5%, yang diperoleh gempa berulang selalu memerlukan nilai RSA(T_1) yang lebih besar dari pada gempa tunggal untuk mencapai kondisi mendekati keruntuhan.sedangkan nilai probabilitas 10% memerlukan nilai RSA(T_1) yang lebih besar dari pada gempa berulang untuk mencapai kondisi keruntuhan.

Kata Kunci: *Incremental Dynamic Analysis, Probability of collapse, baja.*

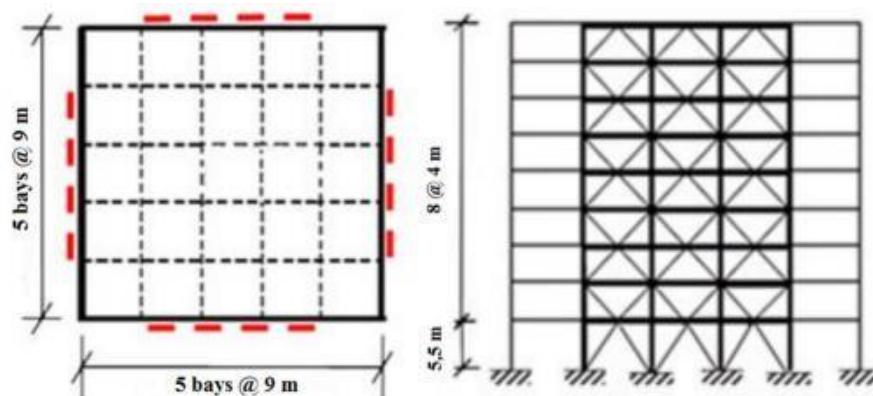
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang cukup rawan akan terjadinya gempa bumi, itu dikarenakan Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Indonesia memiliki beberapa sejarah tentang gempa, gempa terbesar yang pernah terjadi diindonesia merupakan gempa di Aceh dengan kekuatan 9,1-9,3 SR yang disertai dengan Tsunami. Beban gempa adalah salah satu beban yang harus diperhitungkan jika kita mendesain suatu bangunan di daerah yang rawan gempa. Tidak seperti beban lainnya dimana dimana besarnya tidak dipengaruhi oleh struktur bangunan yang terkena gempa, besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh struktur bangunannya. Ini terjadi karena beban gempa bekerja melalui lapisan tanah yang bergerak siklis baik dalam arah horizontal maupun arah vertikal. Gerakan siklis ini akan menyebabkan bagian bawah suatu bangunan untuk ikut bergerak mengikuti gerakan lapisan tanah dimana bangunan tersebut berdiri.

Pada umumnya, pengertian gerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditinjau pada percepatan tanah, sekaligus menjadi parameter utama. Gerakan tanah dengan seperti itu dimaksudkan sebagai terjemahan dari ground motion yaitu suatu istilah yang popular dalam teknik gempa. Selain percepatan tanah (ground acceleration), maka kecepatan gerakan (ground velocity) dan simpangan tanah (ground displacement) sangat umum di pakai sebagai sebutan tentang ground motion. Respon gempa sensitif terhadap karakteristik getaran tanah, besar frekuensi gempa, pola pulse, durasi getaran, mekanisme fault-rupture, dan lainnya. Berdasarkan pola pulse nya, gempa dibagi menjadi 3, yaitu near field (gempa dekat, yaitu gempa dengan pulse), far field (gempa jauh, yaitu gempa tanpa pulse/nopulse), dan gempa berulang.

2. METODE PENELITIAN

Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus. Bangunan berbentuk persegi yang simetri (regular building) seperti yang terlihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 1. Denah struktur dan Gambar proyeksi struktur lantai 9

Pembebaan yang bekerja pada struktur bangunan diambil dari jurnal Hsiao, PoChien(2013). Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan struktur bangunan. berikut merupakan pembebaan yang digunakan :

1. Beban Gravity Load Lantai 97,9 psf = 4,687 kn/m² untuk semua lantai
2. Beban Gravity Load Rooftop 93,8 psf = 4,491 kn/m² untuk semua lantai

Analisis Respon

Riwayat Waktu Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi.. Sebelum dianalisis terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS
- b. mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.
- c. kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia.
- d. kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia.
- e. kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia.
- f. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan software MATLAB, rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal dan gempa berulang

3. HASIL

Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur beton bertulang yang telah didesain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, faktor R pada gedung, dan perioda struktur bangunan. Jenis gempa yang akan diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa Tanpa fling (gempa biasa), gempa fling tunggal, gempa fling berulang 2 kali, dan gempa fling berulang 3 kali. Faktor R pada gedung merupakan faktor reduksi gedung yang telah didesain dengan perbedaan sistem struktur beton bertulang. Perbedaan nilai perioda didapat dari ketiga jenis model yang telah didesain. Setiap model struktur akan diambil data interstory drift dan dianalisa.

Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Incremental Dynamic Analysis yang di lakukan pada satu mode strukur menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur yang selanjutnya dapat digunakan untuk membentuk kurva kerapuhan struktur sebagai metode dalam asasmen kerapuhan seismik. Hasil IDA menggunakan 20 set rekaman gempa untuk struktur 9 lantai. Grafik IDA adalah hasil dari interstory drift Ratio.

Interstory Drift

Jika masing-masing node mengalami perpindahan akibat gaya gempa, maka perpindahan tersebut dapat menghasilkan simpangan antar tingkat. Besarnya simpangan antar tingkat dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut. Tabel dibawah menunjukkan perbedaan nilai simpangan antar tingkat gempa tunggal dan gempa berulang untuk pemodelan lantai 9. Secara keseluruhan, nilai simpangan antar tingkat pada gempa tunggal lebih kecil dari nilai simpangan antar tingkat yang terjadi pada gempa berulang. Hal ini dapat kita pahami dikarenakan gempa berulang mengandung percepatan yang lebih besar dari pada gempa tunggal. Dan juga untuk gempa berulang akan memberikan dampak yang lebih terhadap struktur dibandingkan gempa tunggal.

Tabel 1: Nilai perbandingan interstory drift untuk pemodelan 9 lantai faktor R=6 dengan acuan gempa tunggal dan gempa berulang yang mengandung pulse dan nopolse.

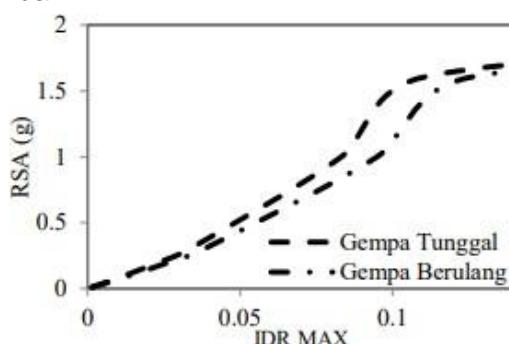
| Struktur | T (s) | Gempa tunggal (m) | Gempa berulang (m) |
|----------|----------|-------------------------|--------------------------|
| 9 Lantai | 1,73 | 0,1203 | 0,1347 |

Tabel 2 : Nilai persentasi interstory drift untuk pemodelan 9 lantai faktor R=6 dengan acuan gempa tunggal dan gempa berulang yang mengandung pulse dan nopolse.

| Struktur | T (s) | Gempa tunggal (%) | Gempa berulang (%) |
|----------|----------|-------------------------|--------------------------|
| 9 Lantai | 1,73 | 100 | 125,3 |

Pengaruh Gempa Tunggal dan Gempa Berulang

Nilai rata-rata grafik IDA pada gempa tunggal dan gempa berulang yang mengandung fling, pulse, dan regular terhadap pemodelan struktur 9 lantai memiliki nilai IDR dari gempa berulang lebih besar dari pada gempa tunggal, pada gempa tunggal memiliki nilai RSA(T1) = 1 mendapatkan nilai IDR = 0,083 dan pada gempa berulang memiliki nilai RSA(T1) = 1 menapatkan nilai IDR = 0,094 lihat pada Gambar 2.



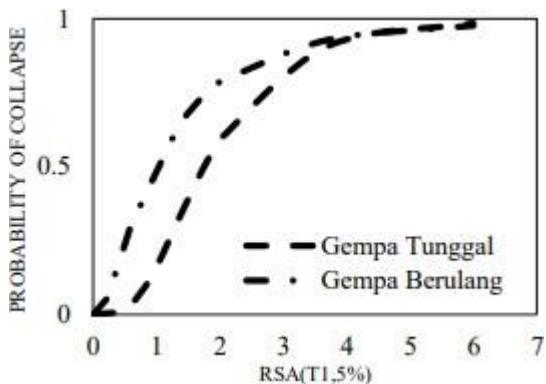
Gambar 2: Grafik IDA perbandingan gempa tunggal dan gempa berulang terhadap model struktur 9 lantai dengan faktor R=6.

Dari Gambar 2 dapat dilihat pada gempa berulang memiliki nilai RSA(T1) lebih kecil dari pada gempa tunggal tetapi gempa berulang memiliki IDR lebih besar dari pada IDR gempa tunggal hal ini di akibatkan oleh perbedaan nilai percepatan gempa akibat jumlah dari rekaman gempa berulang adalah pengabungan 2 gempa tunggal menjadi satu dalam satu rekaman gempa.

Analisis Probability of Collapse

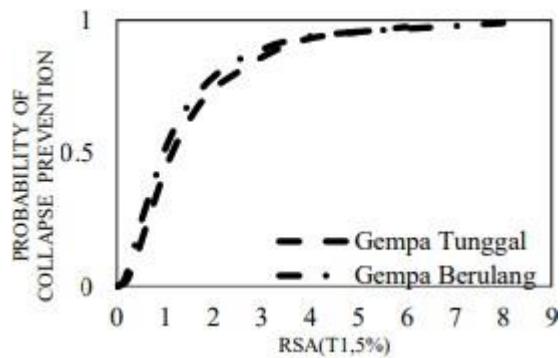
Dari proses Incremental Dynamic Analysis (IDA) didapatkan nilai IDR ratio pada RSA tertentu yang kemudian akan digunakan dalam menganalisa probabilitas keruntuhan struktur gedung terhadap nilai RSA. Kurva kerapuhan dari gempa tunggal dan gempa berulang terhadap pemodelan 9 lantai menunjukan bahwa semakin tinggi gerafik yang di dapat maka semakin kecil nilai

RSA(T1) yang di butuhkan untuk mencapai nilai Probability of collapse = 10% atau 0,1. Lihat Gambar 3.



Gambar 3: Grafik kurva kerapuhan 10% (Collapse) gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6

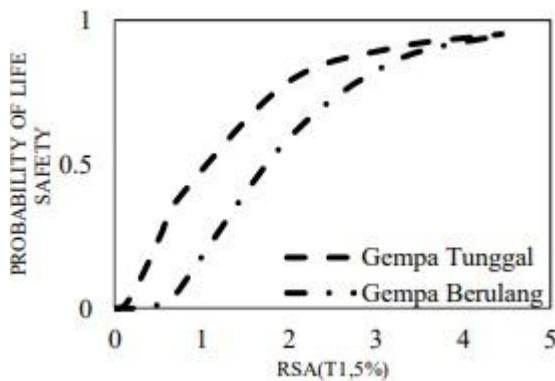
Dari Gambar diatas dapat dilihat pada gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai untuk mencapai nilai Probability of collapse = 0,1 atau 10 % memiliki RSA(T1,5%) yang tidak sama, dimana gempa tunggal memiliki nilai RSA(T1,5%) yang lebih besar dibandingkan dengan gempa berulang untuk mencapai Probability of collapse = 10% Nilai pada Probability of excendance = 5% atau 0.05 (collapse prevention) pada gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai. Lihat Gambar dibawah.



Gambar 4: Grafik kurva kerapuhan 5% (collapse prevention) gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.

Dari Gambar diatas dapat dilihat nilai dari RSA(T1,5%) dari kedua gempa yaitu tunggal dan gempa berulang yang dibutuhkan untuk Probability of excendance = 5% atau 0.05 tidak jauh berbeda dimana gempa berulang memiliki RSA(T1,5%) yang lebih besar dibandingkan gempa tunggal, artinya pada gempa berulang membutuhkan RSA(T1,5%) yang lebih besar untuk mencapai nilai Probability of excendance = 5% atau 0.05.

Nilai pada grafik kurva kerapuhan pada gempa tunggal dan gempa berulang yang dibutuhkan untuk mencapai Probability of excendance = 2,5% atau 0.025 (life safety) pada gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai memiliki perbedaan yang jauh pada RSA(T1,5%) dimana gempa tunggal memiliki RSA(T1,5%) yang lebih kecil untuk mencapai Probability of excendance = 2,5% atau 0.025 dibandingkan dengan gempa berulang. Lihat Gambar dibawah.

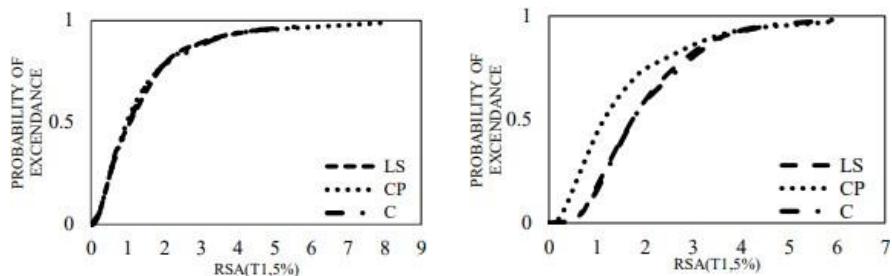


Gambar 5: Grafik kurva kerapuhan 2,5% (life safety) gempa tunggal dan gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.

4. PEMBAHASAN

Perbandingan kurva fragility

Pada perbandingan kurva fragility ini melihatkan perbedaan pada collapse (C), collapse prevention ,(CP), dan life safety (LS) dalam tiap gempa tunggal dan gempa berulang.



Gambar 6. Grafik kurva kerapuhan dengan collapse (C), collapse prevention (CP), dan life safety (LS) pada gempa tunggal dan terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6. Dan Grafik kurva kerapuhan dengan collapse (C), collapse prevention (CP), dan life safety (LS) pada gempa berulang terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.

Kondisi Keruntuhan Struktur

Nilai keruntuhan struktur menurut FEMA 2000 untuk collapse (C) = 10%, collapse prevention (CP) = 5%, life safety (LS) = 2,5%. Lihat Tabel 4.5 SNI (1726 : 2012) untuk kategori resiko I dan II adalah 10 %, dan kondisi mendekati keruntuhan adalah 2 %. Lihat Tabel 4.

Tabel 3: Nilai RSA(T1) untuk kondisi keruntuhan pada gempa tunggal dan gempa berulang.

| Kondisi Keruntuhan | TUNGGAL | BERULANG 2 KALI |
|--------------------|---------|-----------------|
| | RSA(T1) | RSA(T1) |
| 10% | 1,381 | 1,346 |
| 5% | 0,901 | 0,878 |
| 2,5% | 0,359 | 0,354 |

Dari Tabel 1 dapat di lihat nilai keruntuhan menurut FEMA 2000 dengan keruntuhan 10%, 5%, dan 2,5% pada gempa berulang memiliki nilai RSA(T1) yang paling besar dari gempa tunggal. Pada gempa tunggal 5% mengalami penurunan yang besar dari pada gempa berulang, tetapi gempa tunggal di kondisi keruntuhan 10%, 2,5% memiliki nilai RSA(T1) yang tidak terlalu jauh beda.

Median Kurva Kerapuhan

Nilai median yang telah diperoleh dari analisis kurva kerapuhan collapse (C) = 10%, collapse prevention (CP) = 5%, dan life safety (LS) = 2,5% lihat pada gempa tunggal dan gempa berulang. Lihat Tabel 4.

Tabel 4: Nilai RSA(T1) untuk nilai median Probability of collapse (50%) pada struktur 4 lantai.

| Kondisi Keruntuhan | TUNGGAL RSA (T1,5%) | BERULANG RSA (T1,5%) |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| 10% | 1,751 | 1,732 |
| 5% | 1,145 | 0,963 |
| 2,5% | 0,459 | 0,428 |

Pada Table 4 terlihat bahwa nilai median pada kondisi keruntuhan pada gempa tunggal memiliki nilai RSA(T1,5%) yang lebih tinggi di bandingkan dengan gempa berulang untuk mencapai Probability of collapse = 0,5. Kondisi keruntuhan 10% memiliki nilai yang signifikan lebih tinggi dengan nilai yang lain selisih nilai RSA(T1,5%) sebesar 0,6 dibandingkan dengan kondisi keruntuhan 5%, dan 2,5% selisih nilai RSA(T1,5%) sebesar 0,07

5. KESIMPULAN

Dari studi ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Menurut hasil analisis Incremental Dynamic Analysis prilaku struktur bila terkena gempa tunggal dan gempa sebagai berikut:
 - a. Gempa berulang memberikan nilai IDR yang lebih besar dari pada gempa tunggal.
 - b. Nilai RSA(T1) pada gempa berulang lebih kecil dari pada Nilai RSA(T1) pada gempa tunggal, tetapi nilai IDR pada gempa berulang lebih besar dari pada nilai IDR pada gempa.
2. Menurut hasil analisis, diperoleh probabilitas keruntuhan struktur gedung SRPMK baja bila terkena gempa tunggal dan gempa berulang
 - a. Untuk kondisi keruntuhan (IDR = 10%) menurut FEMA 2000, nilai RSA(T1) yang didapat pada gempa tunggal memerlukan nilai RSA(T1) yang lebih besar dari pada gempa berulang untuk mencapai kondisi keruntuhan.
 - b. Untuk kondisi mendekati keruntuhan (IDR = collapse prevention (CP) = 5%, dan life safety (LS) = 2,5% menurut FEMA 2000, nilai RSA(T1) yang didapat gempa berulang selalu memerlukan nilai RSA(T1) yang lebih besar dari pada gempa tunggal untuk mencapai kondisi mendekati keruntuhan.

REFERENSI

- Abd Rahim, S. M., Mohd Zahid, M. Z. A., Wan Omar, W. M. S., bin Ab Rahim, M. A., & Faisal, A. (2016). Assessment of Reinforced Concrete Building with Soil Structure Interaction Effect under Vertical Earthquake. In Materials Science Forum (Vol. 857, pp. 331-336). Trans Tech Publications Ltd.
- Adnan, S. H., Rahman, I. A., Saman, H. M., & Riza, F. V. (2012). Pozzolanic properties of micronized biomass silica in enhancing compressive strength and water permeability of concrete. Modern Applied Science, 6(11), 1.
- Ahmad Mujahid, A. Z., Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). *Potential of RHA in foamed concrete subjected to dynamic impact loading* (Vol. 594, pp. 395-400). Trans Tech Publications Ltd.
- Ahmad Mujahid, A. Z., Hadipramana, J., Samad, A. A. A., & Mohamad, N. (2014). *Investigation on Impact Resistance Foamed Concrete Reinforced by Polypropylene Fibre* (Vol. 594, pp. 24-28). Trans Tech Publications Ltd.
- Ahmad, M. M., Zainol, N. Z., Ab Manaf, M. B. H., Faisal, A., & Zahid, M. M. (2020). APPLICATION OF NATURAL FIBER FOR SHORT TERM STABILIZATION OF MARINE CLAY SLOPE. Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT), 14(2 (2)).
- Ambak, K., Hadipramana, J., Abas, N. A., Mohkatar, S. N., & Jani, Z. (2018). Investigation on Potential of Recycle Plastic Bottles as a Crash Cushion for Road Barrier. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(4).
- Asfiati, S., Riky, M. N., & Rajagukguk, J. (2020). Measurement and evaluation of sound intensity at the Medan Railway Station using a sound level meter. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1428, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Asfiati, S. (2018, June). TINGKAT KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN KAKU AKIBAT VOLUME KENDARAAN DI JALAN PERKOTAAN. In SEMNASTEK UISU 2018.
- Faisal, A. (2013). Pemodelan Getaran Gempa Struktur Beton untuk Analisis Tidak Linier. In Seminar Nasional IV HASTAG, Medan.
- Faisal, A. (2009). INFLUENCE OF PULSE PERIOD AND OSCILLATORY CHARACTER IN NEAR-FAULT GROUND MOTIONS ON THE RESPONSE OF RC STRUCTURE. In Symposium of USM Fellowship Holders (p. 36).
- Frapanti, S. (2018). Studi perhitungan kekakuan portal dinding bata pada bangunan bertingkat dari beberapa negara dengan pushover. Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil, 4(1 JUNI), 1-10.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mokhatar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In MATEC Web of Conferences (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ahmad Mujahid, A. Z., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). *Contribution of RHA granules as filler to improve the impact resistance of foamed concrete* (Vol. 594, pp. 93-97). Trans Tech Publications Ltd.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ibrahim, R., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2015). The energy absorption of modified foamed concrete with rice husk ash subjected to impact loading. ARPN J. Eng. Appl. Sci, 11, 7438-7442.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mokhatar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In MATEC Web of Conferences (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ibrahim, R., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2015). The energy absorption of modified foamed concrete with rice husk ash subjected to impact loading. ARPN J. Eng. Appl. Sci, 11, 7438-7442.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ahmad Mujahid, A. Z., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). Contribution of RHA granules as filler to improve the impact resistance of foamed concrete (Vol. 594, pp. 93-97). Trans Tech Publications Ltd.
- Imtiyaz, I., Putri, G. L., Hartono, D. M., Zulkarnain, F., & Priadi, C. R. (2021). Effect of boiling and water storage practices on *E. coli* contamination of drinking water in the

- city of Bekasi (case study: Jatiluhur, Sumur Batu, and Jatirangga Villages). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 633, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Muhammad, N. A., Muhyiddin, M., Faisal, A., & Anindito, I. A. (2017). The Study of Development of Science and Technopark (STP) in Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 1(1), 14-31.
- Prapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Penerapan Batu Bata Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Peningkatan Pendapatan Home Industri Batu Bata Deli Serdang. *Jurnal Abdi Mas Adzkia*, 1(1), 9-17.
- Pratiwi, W. H., Putri, G. L., Pratama, M. A., Zulkarnain, F., & Priadi, C. R. (2021). Health risk analysis of nitrite, nitrate, and heavy metal pollution in groundwater near landfill area: A case study of the Sumur Batu village in Bekasi, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 633, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Putra, T. A., & Zulkarnain, F. (2019). Analisis Kinerja Dan Pengaruh Tata Letak Bresing Eksentris Pada Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) Tipe-D Pada Bangunan Setback Vertikal. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(1), 1-12.
- Rhini, W. D., & Sri, F. (2019, November). The flexural buckling comparison between open and close cross sections in high column structure. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- Riza, F. V., Hadipramana, J., Rahman, I. A., & Faisal, A. (2021). Particle Size and Microstructure Characterization of Uncontrolled Burning Rice Husk Ash (RHA) as Pozzolanic Material. In *Materials Science Forum* (Vol. 1029, pp. 97-103). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., Hadipramana, J., Rahman, I. A., & Faisal, A. (2021). Particle Size and Microstructure Characterization of Uncontrolled Burning Rice Husk Ash (RHA) as Pozzolanic Material. In *Materials Science Forum* (Vol. 1029, pp. 97-103). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., & Rahman, I. A. (2014). The Properties of Compressed Earth-Blocks (CEB) Masonry Blocks. *J. Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability*, 17, 379-392.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., Ahmad Mujahid, A. Z., & Loo, L. Y. (2013). Effect of Soil Type in Compressed Earth Brick (CEB) with Uncontrolled Burnt Rice Husk Ash (RHA). In *Advanced Materials Research* (Vol. 626, pp. 971-975). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., & Zaidi, A. M. A. (2012). Influence of unground palm oil fuel ash (UPOFA) in compressed earth brick (CEB) properties. In *Advanced Materials Research* (Vol. 488, pp. 188-193). Trans Tech Publications Ltd.
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Ahmad Mujahid, A. Z., & Mohamad, N. (2014). Investigation on energy absorption of slab foamed concrete reinforced by polypropylene fibre subjected to impact loading. In *Advanced Materials Research* (Vol. 831, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- Sri, F., & Rhini, W. D. (2019, November). Stiffness analysis comparison of masonry full infills frame and masonry open middle span frame using Lubuk Pakam Bricks with pushover analysis. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Sri Frapanti, S. T., & Fahrizal Zulkarnain, S. T. (2021). Dasar-Dasar Desain dan Analisa Beton Prategang. umsu press.