

PERENCANAAN RUMAH DUA LANTAI DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN RANGKA ATAP BAJA RINGAN PREFABRIKASI DI DAERAH RAWAN GEMPA

STRUCTURAL DESIGN OF TWO STORY REINFORCED CONCRETE RESIDENTIAL HOUSE WITH PREFABRICATED LIGHT STEEL ROOF FRAME IN EARTHQUAKE AREAS

Winda Fitria^{*1}, Oni Guspari², Roni Tri Putra³, Wahyu Arazka⁴, Effendi⁵, Sicilia Afriyani⁶, Riza Gusnita⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Dosen, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang
korespondensi: *winda@pnp.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mermbuat perencanaan struktu rumah tinggal dua lantai tahan gempa di Kota Padang dengan struktur beton bertulang pada kolom, balok dan pondasi, dilengkapi dengan penggunaan rangka atap baja ringan *prefabricated system*. SNI 2847 2019, SNI 1726 2020 dan SNI 1727 2020 digunakan sebagai acuan dalam perencanaan struktur, beban gempa dan beban minimum untuk struktur beton bertulang pada bangunan. Permodelan 3D struktur dibantu oleh aplikasi sap2000 sehingga dihasilkan gaya-gaya dalam serta reaksi perletakan bangunan. Sementara itu perencanaan pondasi tapak dianalisis menggunakan metode Terzhagi dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat. Hasil perencanaan menunjukan bahwa elemen struktur yang dirancang memenuhi persyaratan kekuatan bangunan tahan gempa di kota Padang. Penggunaan rangka atap baja ringan prefabrikasi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap berat total struktur, namun berkontribusi pada efisiensi waktu saat pelaksanaan konstruksi. Luaran berupa DED struktur diharapkan dapat menjadi acuan praktis dalam pembangunan rumah tinggal tahan gempa khususnya di Kota Padang. Penelitian ini menegaskan pentingnya penerapan standar seismik pada bangunan rumah tinggal sekalipun

Kata Kunci: rumah tahan gempa, beton bertulang, baja ringan prefabrikasi

ABSTRACT

This study aims to design a two-story earthquake-resistant house in Padang City with reinforced concrete structural system for columns, beams and foundations, combined with prefabricated lightweight steel roof frame. The design procedure refers to SNI 1727 2020 for minimum loads, SNI 2847 2019 on requirements for reinforced concrete and SNI 1726 2020 on seismic design procedures for buildings. 3D model was developed using sap2000 application to obtain internal forces and support reactions of the building. The foundation design was analyzed by Terzhagi's method with consideration of the local soil conditions. The result indicate that the designed structural elements meet the strength requirements for earthquake resistant house in Padang. The use of prefabricated light steel roof frame does not significantly affect the total structural weight, but contributes to time efficiency during construction. The structural DED produced in this study is expected to serve as a practical reference for earthquake- resistant housing development in Padang. This research highlights the importance of applying seismic standards even to residential buildings

Keywords: *earthquake-resistant house, reinforce concrete, prefabricated lightweight steel.*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan hunian atau tempat tinggal (Dharsono & Gilang, 2023). Hunian menjadi salah satu kebutuhan pokok dengan model dan tipe yang beragam. Untuk mengatasi keterbatasan dan memaksimalkan efisiensi lahan hunian tipe vertikal merupakan salah satu solusinya (Dwidayati, et al., 2022). Sebagai kebutuhan dasar manusia, rumah berfungsi untuk melindungi manusia dari cuaca, hewan buas serta bertahan hidup dari bencana alam. Tingginya frekuensi gempa bumi membuat perencanaan bangunan termasuk rumah tinggal, harus dibangun dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya gempa bumi (Syarif, et al., 2024)

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang masuk pada *ring of fire* gempa dan tsunami. Namun, hanya sedikit upaya yang dilakukan untuk mempersiapkan, mencegah maupun memitigasi dampak gempa bumi tersebut di masa depan (Fitria, et al., 2024). Di sisi lain, minimnya acuan teknis yang dapat dijadikan referensi oleh masyarakat menjadi kendala dalam pembangunan rumah dua lantai yang memenuhi standar keamanan. Banyak pemilik rumah dan pengembang masih bergantung pada metode konstruksi konvensional tanpa pertimbangan optimasi desain dan ketahanan gempa. Adanya pedoman teknis dapat membantu dalam meningkatkan kualitas konstruksi dan mengurangi potensi risiko kegagalan struktur akibat kesalahan desain atau eksekusi di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Sumatera Barat (Sumbar) penerapan bangunan tahan gempa masih berkisar antara 40.54 – 62.16%. Ini menandakan pengalaman gempa besar tahun 2009 serta sosialisai bangunan tahan gempa yang gencar diupayakan pemerintah tidak memberikan dampak yang berarti dalam penerapan bangunan tahan gempa di wilayah Sumbar (Prihantony, et al., 2020)

Peningkatan kebutuhan akan tempat tinggal disertai dengan peningkatan permintaan material bangunan, termasuk kayu sebagai material utama pada konstruksi kuda-kuda. Kayu termasuk kategori material alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga harus dicari material penggantinya. Saat ini untuk menjaga kelestarian alam, penertiban *illegal logging* telah dilakukan oleh pemerintah. Rangka atap baja

ringan menjadi salah satu material yang dijadikan pengganti kayu untuk konstruksi kuda-kuda. Perkembangan teknologi material, terutama rangka atap baja ringan ikut berkontribusi dalam mengurangi penggundulan sebagai paru-paru dunia (Rahayu, 2015). Penggunaan baja ringan dalam pekerjaan konstruksi rangka atap semakin digemari, hal ini ditandai dengan sudah masuk jenis rangka atap ini pada seluruh tipe bangunan, baik itu perkantoran, rumah sakit, tempat ibadah dan lainnya (Husnah, et al., 2019)

Metode *prefabrikasi* (*prefabricated*) pada pekerjaan rangka atap dilakukan dengan memproduksi komponen dan merakit komponen rangka atap secara *off site* atau secara langsung dipabrik sehingga material yang dikirim sudah berbentuk komponen siap pasang, tidak dalam bentuk satuan panjang batangan. Teknologi pabrikasi lebih presisi membuat pemasangan rangka atap. Selain itu juga lebih cepat, mengurangi kebutuhan tenaga kerja di lapangan, serta meningkatkan kualitas dan ketahanan sambungan struktur. Hal ini memungkinkan peningkatan optimasi dan efisiensi pada desain struktur. (Mashudi, et al., 2020).

Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk membuat perencanaan struktur yang menggunakan rangka atap baja ringan prefabrikasi, untuk bangunan rumah tinggal dua lantai, khususnya di kota Padang. Penelitian ini akan menghasilkan bangunan rumah dua lantai yang tahan gempa dengan waktu konstruksi yang lebih singkat. Penelitian ini akan fokus mengkaji desain elemen struktur beton bertulang untuk rumah dua lantai, meliputi perencanaan kolom, balok, plat lantai dan pondasi. Hasil akhir dari penelitian ini nantinya berupa gambar *Detail Engineering Design* (DED) yang dapat digunakan untuk rumah dua lantai.

TINJAUAN PUSTAKA

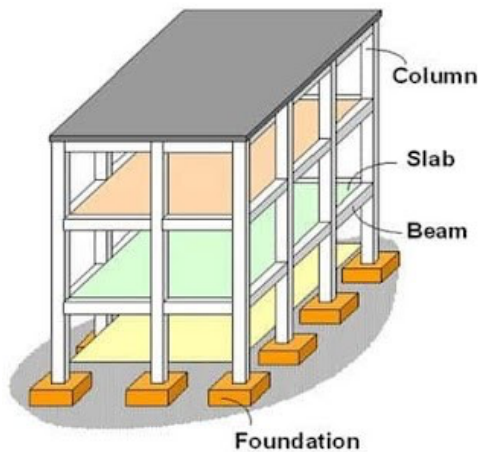
Konsep Desain Struktur Beton Bertulang

Struktur pada bangunan merupakan sarana untuk mentransfer beban yang disebabkan oleh penggunaannya. Komponen struktur berfungsi untuk memberikan kekakuan, kekuatan dan menahan bangunan tidak mengalami kegagalan (Sabila & Jamal, 2024).

Terdapat dua langkah utama dalam perencanaan struktur bangunan, 1) menentukan gaya yang bekerja pada bangunan dan 2) menetapkan

spesifikasi teknis penampang. Kedua tahap tersebut ditentukan dengan mempertimbangkan fungsi dari bangunan, faktor keamanan, stabilitas dan kemampuan layan dari bangunan. Pada struktur beton bertulang, lazimnya elemen struktur terdiri atas beberapa jenis, yaitu: kolom, balok, plat lantai dan pondasi (Rizky & Ryanto, 2022).

Elemen horizontal pada struktur yang berfungsi memikul beban dari plat lantai dan mendistribusikannya pada kolom yang dibawahnya. Sementara kolom, elemen vertikal yang berfungsi menahan beban aksial dan kemudian meneruskannya pada kolom yang berada dielevasi sebelumnya hingga nanti beban ini akan terdistribusi pada tanah melalui pondasi. Kolom dirancang kuat terhadap aksial dan lentur yang terjadi ada pada bangunan (Faizal & Jauhari, 2022). Elemen struktur yang berada paling bawah bangunan disebut pondasi yang berfungsi mentransfer beban dari bangunan pada lapisan tanah dibawahnya. Salah satu pondasi dangkal yang berperan mendistribusikan beban bangunan pada tanah dibawahnya adalah pondasi tapak (Fitria, et al., 2023). Gambar 1 mengilustrasikan elemen kolom, balok, plat dan pondasi pada bangunan.



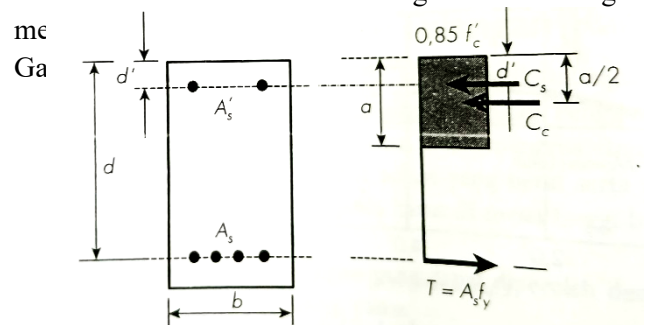
Gambar 1. Ilustrasi komponen struktur beton bertulang
Sumber: Aska (2022)

Genpa menjadi salah satu bencana alam yang tidak diprediksi dan sulit dihindari waktu dan kekuatannya. Rumah tinggal dirancang harus sesuai dengan prinsip tahan gempa, yang dapat dilakukan sendiri oleh masyarakat, mempertimbangkan kelayakan dalam aspek sosial, budaya, ekonomi,

politik dan batasan teknis lokal (Fitria, et al., 2024)

Penerapan standar bangunan tahan gempa di SumBar menjadi salah satu upaya mitigasi yang penting. Standar ini sudah harus diterapkan semenjak tahap perencanaan, tidak hanya pada saat konstruksi saja (Prihantony, et al., 2020).

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) beban minimum bangunan, beban yang bekerja pada bangunan dibedakan menjadi beberapa kategori yaitu *Dead load* (beban mati)/DL, *Superdead* (beban mati tambahan/ SDL, *Live load* (beban hidup)/ LL, *Earthquake Load*/beban gempa (EQ) serta beban kombinasi (U). Beban minimum bangunan diatur dalam SNI 1727 2020. Untuk perencanaan penampang dari struktur beton bertulang mengacu kepada SNI 2847 2029, sementara untuk ketahanan gempa bangunan diatur dalam SNI 1726 2020. Perencanaan balok beton bertulang dilakukan dengan me



Gambar 2. Penampang persegi balok dalam kondisi seimbang

Sumber: Setiawan (2016)

Momen nominal (M_n) penampang kapasitasnya dapat ditentukan dengan persamaan 1 dibawah ini:

$$M_n = 0.85 f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s \cdot f_s' \cdot (d - d') \quad (1)$$

sedangkan kapasitas ultimit penampang (M_u) dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_u = 0.8 M_n \quad (2)$$

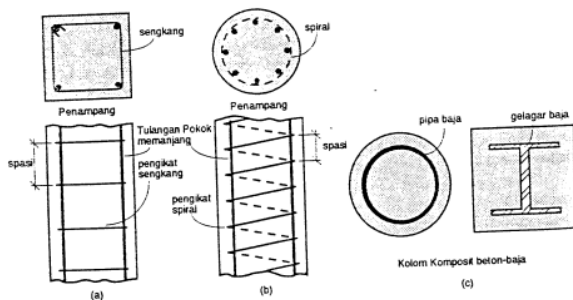
Untuk menghindari keruntuhan getas pada balok, maka beton didesain dalam kondisi keruntuhan seimbang (*balanced reinforced*) atau pada keruntuhan tarik (*under reinforced*). Nilai tegangan tekan beton pada kondisi layan (f_s') dapat dihitung dengan persamaan

$$f_s' = \epsilon_s' \times E_s \quad (3)$$

Sementara rengangan baja tulangan (ϵ_s) dihitung dengan persamaan:

$$\epsilon_s' = 0.003 \times \left(\frac{\beta x d - a}{a} \right) \quad (4)$$

Setelah perencanaan balok selesai, dilanjutkan dengan perencanaan kolom. Berdasarkan tulangan geser/sengkan yang mengikatnya secara umum olom dibedakan menjadi tiga tipe. Antara lain: kolom dengan sengkan lateral, kolom spiral dan kolom komposit (Dipohusodo, 1993). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara ketiga kolom lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jenis- jenis kolom
Sumber: Dipohusodo (1993)

Salah satu metode yang digunakan untuk merencanakan dan menentukan kekuatan kolom adalah diagram interaksi. Diagram interaksi merupakan gambaran antara hubungan kapasitas penampang (PN-Mn) kolom dibandingkan dengan gaya aksial dan momen akibat beban luar (PL-ML) yang bekerja pada kolom. Diagram ini dapat menjelaskan kapasitas penampang kolom pada berbagai eksentrisitas (e), mulai dari nilai $e=0$ sampai nilai $e=\infty$ (tak terhingga) (Setiawan, 2016). Untuk lebih jelasnya, diagram interaksi kolom ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk $e=0$, kasus lentur murni ($M_n=0$), maka nilai P_n adalah:

$$P_n = 0.8x(0.85x f_c x b x h) + A_s x (f_y - 0.85x f_c) \quad (5)$$

Untuk kolom dengan nilai e tak terhingga, atau kasus lentur murni ($P_n=0$), maka nilai M_n ditentukan sebagai berikut:

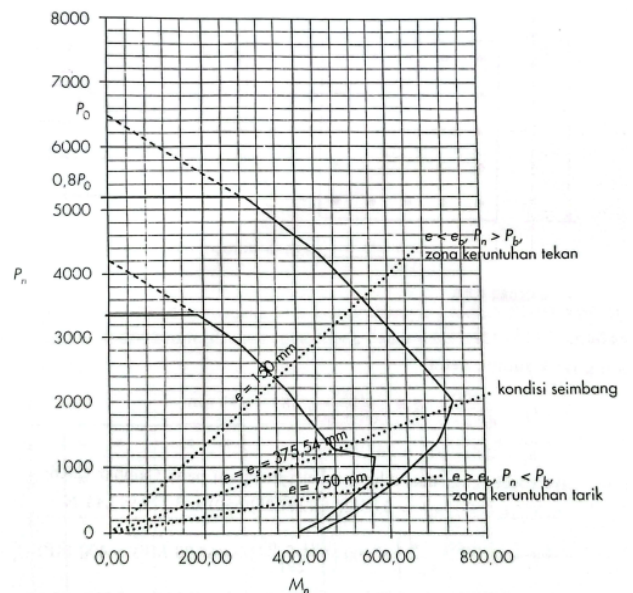
$$M_n = A_s x f_y x \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (6)$$

dengan mengabaikan tulangan tekan, maka nilai a dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{A_s x f_y}{0.85x f_c x b} \quad (7)$$

Pada perencanaan pondasi dangkal, 2 kategori utama yang harus dipenuhi, yaitu: 1) ketahanan dalam menahan beban sampai batas keamanan tertentu, 2) tetap tidak bergerak hingga batas toleransi tertentu. Tampak perspektif dari pondasi tampak ada pada Gambar 5.

Keterbatasan data pengujian tanah dilokasi penelitian, menjadikan metode Terzhagi sebagai pilihan yang tepat dalam merencanakan pondasi dangkal.



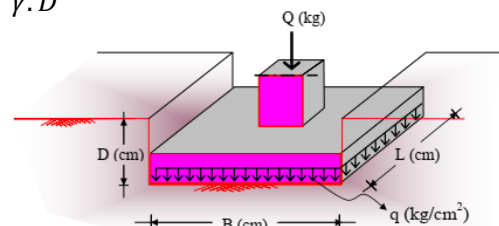
Gambar 4. Diagram interaksi kolom
Sumber: Hakam (2011)

Kapasitas pondasi tapak dihitung dengan:

$$q_u = c x N_c (S_c) + q' x N_q + \frac{1}{2} x \gamma (S_\gamma) \quad (8)$$

nilai tegangan efektif (q') ditentukan dengan persamaan 9

$$q = \gamma \cdot D \quad (9)$$



Gambar 5. Pondasi Tapak
Sumber: Hakam (2011)

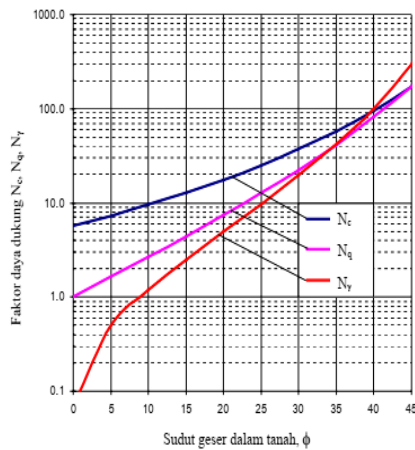
Bentuk pondasi memberikan pengaruh dalam daya dukung tanah, faktor bentuk S_c dan S_γ . Tabel 1 berikut ini menjelaskan nilai faktor bentuk Terzhagi

Tabel 1. Nilai S_c S_γ , faktor bentuk pada Terzhagi

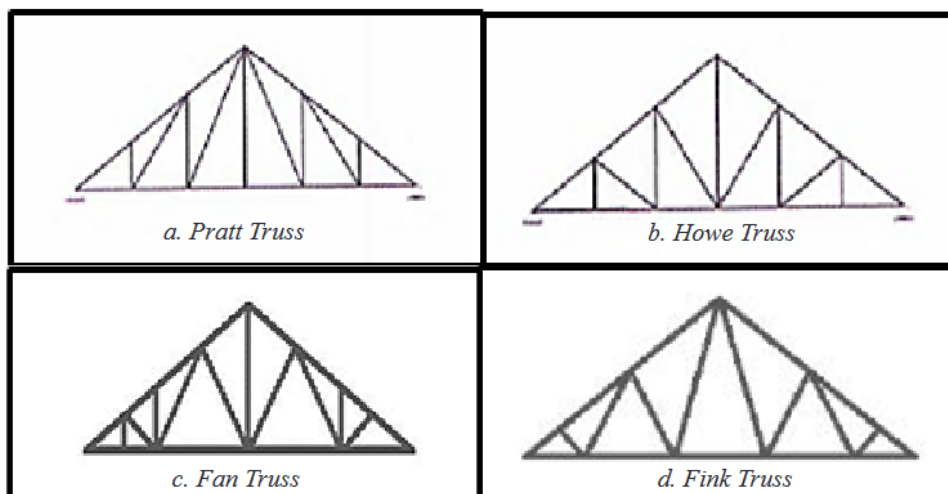
Faktor Bentuk	Bentuk Pondasi		
	Menerus ($L \gg B$)	Bujur Sangkar ($L=B$)	Lingkaran (diameter = B)
S_c	1.0	1.3	1.3
S_γ	1.0	0.8	0.6

Sumber: (Hakam, 2011)

Nilai faktor daya dukung (N_c , N_q dan N_γ) pondasi dengan metode Terzhagi ditentukan dengan seperti terlihat pada pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik N_c , N_q , N_γ daya dukung Terzhagi
Sumber: Hakam (2011)



Gambar 7. Tipe kuda-kuda baja ringan
Sumber: Mashudi, et al (2020)

Rangka Atap Baja Ringan

Atap sebagai elemen bangunan paling atas berfungsi melindungi penghuni dari hujan maupun panas. Struktur rangka atap berperan sebagai penyangga yang berperan menopang atap diatas kuda-kuda dengan fungsi utamanya menerima beban akibat berat sendiri, kuda-kuda serta beban dari material penutup atap. Beban ini selanjutnya disalurkan pada kolom yang berada dibawahnya dan akhirnya ke pondasi (Pangaribuan, 2014).

Baja ringan adalah material baja berkualitas tinggi dengan karakteristik tipis namun kuat dan ringan. Baja ini dibedakan berdasarkan nilai tegangan tariknya (*tensile strength*). sehingga rangka atap baja ringanpun terdiri atas beberapa tipe sesuai dengan tegangan tariknya. Kuda-kuda adalah elemen utama dari konstruksi atap baja ringan. Gording/ reng dan jurai merupakan beberapa elemen lain pada kosntruksi rangka atap. Beberapa tipe rangka atap ada pada Gambar 7.

Pelaksanaan pekerjaan rangka atap umumnya dilakukan setelah struktur bawah selesai. Jika terdapat keterlambatan pada pekerjaan struktur bawah, maka pemasangan rangka atap juga akan tertunda. Pekerjaan rangka atap yang dilakukan diatas bangunan membutuhkan kehati-hatian ekstra sehingga menyebabkan durasi pekerjaan lebih Panjang. Baja ringan yang digunakan biasanya dikirim dalam bentuk batang Panjang dan disimpan di lokasi proyek tanpa perlindungan memadai, yang dapat menyebabkan kerusakan maupun kehilangan material. Selain itu, metode pemasangan konvensional menghasilkan sisa potongan material dalam jumlah besar. Untuk mengatasi kondisi tersebut, sistem prefabrikasi rangka atap menjadi dapat menjadi solusi yang lebih efektif (Mashudi, et al., 2020).

Metode prefabrikasi baja ringan adalah metode konstruksi yang dilakukan dengan membuat rangka atap terlebih dahulu di luar lokasi proyek. Rangka atap ini kemudian diangkut dan dipasang dilokasi. Metode prefabrikasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional antara lain,

jadwal konstruksi yang lebih cepat, biaya pelaksanaan yang lebih efisien dan kualitas pekerjaan yang lebih terjamin (Dharsono & Gilang, 2023). Gambar 8 menampilkan penerapan perakitan kuda-kuda baja ringan secara prefabrikasi.

METODE

Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan analisis struktur bangunan dengan studi kasus rumah tinggal dua lantai. Struktur bangunan rumah tinggal terbuat dari beton bertulang yang dilengkapi dengan rangka atap pre-fabrikasi dan berlokasi di Kota Padang. Untuk lebih detailnya tahapan penelitian dijelaskan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 9.

Kegiatan perencanaan harus dilakukan secara jelas, sistematis dan terukur agar dapat dipertanggungjawabkan. Adapun tahapan yang akan dilakukan meliputi: 1) studi literatur, 2) *preliminary design*, 3) pembebanan, 4) permodelan struktur dan terakhir 5) analisa struktur.



Gambar 8. (a) Proses prefabrikasi kuda-kuda baja ringan dengan mesin JIG di workshop (b) salah satu contoh hasil prefabrikasi kuda-kuda baja ringan yang siap dipasang

Sumber: Dokumentasi Penulis (2025)

Tahapan pertama kegiatan penelitian diawali dengan menetapkan model rumah yang akan digunakan. Gambar denah, tampak dan potongan merupakan gambar arsitektur yang memberi gambaran umum tentang spesifikasi teknis model rumah. Tahap selanjutnya adalah *preliminary design* penampang dan menghitung beban yang bekerja pada

bangunan. *Preliminary design* merupakan perkiraan dimensi awal dan mutu material dari elemen struktur yang akan digunakan. (Huseiny, et al., 2024).

Selanjutnya dilakukan analisa pada masing-masing elemen struktur, meliputi balok, kolom, plat lantai dan pondasi. Hasil akhir dari analisa penampang ini adalah DED yang dapat digunakan pada bangunan yang dijadikan studi kasus tersebut.

Gambar dan Data Teknis Penelitian

Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan data arsitek yang memuat denah, tampak dan potongan dari bangunan rumah dua lantai yang akan direncanakan.

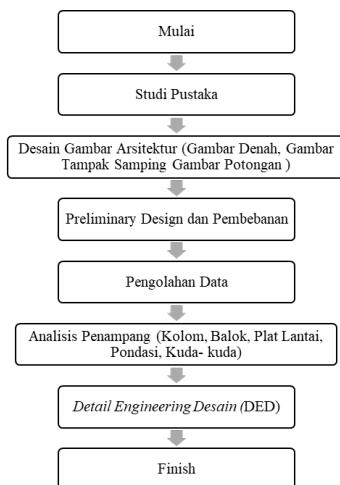
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Desain

Spesifikasi material yang digunakan antara lain:

Kuat Tekan beton (f_c) = 20.75 Mpa
 Mutu baja polos (f_y) = 240 (BJTP)
 Mutu baja ulir (f_y) = 320 (BJTD)
 Selimut beton (d') = 25 mm

Asumsi dimensi dan penulangan penampang pada balok dan kolom dipaparkan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Sementara itu plat lantai pada bangunan ini direncanakan memiliki ketebalan 120 mm



Gambar 9. Diagram alir tahapan penelitian
 Sumber: Penulis (2025)

Tabel 2. Preliminary design penampang

Elemen	Elevasi (m)	Dimensi (mm)	
		Lebar	Tebal
BS	+0.00	250	350
B1	+4.00	250	350
RB	+8.00	200	300
K1	+0.00	300	300
K2	+4.00	250	250

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

Pembebanan

Beban mati tambahan/ SD yang bekerja pada

bangunan dapat dilihat pada **Tabel 3**, beban hidup / LL dapat dilihat pada **Tabel 4**. Sementara beban mati bangunan berupa berat sendiri dari penampang bangunan.

Tabel 3. Rencana penulangan

Elemen	Elevasi (m)	Tulangan Utama	
		Tumpuan	Lapangan
BS	+0.00	3D13	3D13
B1	+4.00	3D13	3D13
RB	+8.00	2D12	2D12
K1	+0.00	6D13	6D13
K2	+4.00	4D13	4D13

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

Tabel 4. Beban mati tambahan pada plat lantai

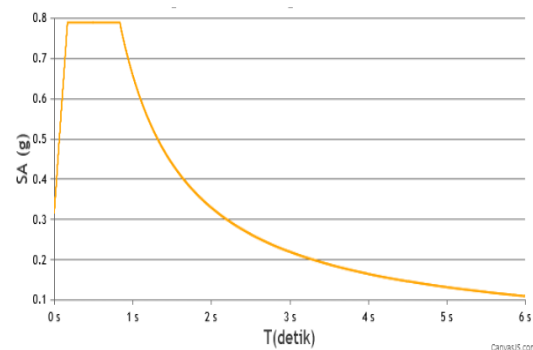
Parameter	Beban	Satuan
Plafond	20	Kg/m ²
Instalasi MEP	25	Kg/m ²
Adukan semen spesi	21	Kg/m ²
Waterproofing	14	Kg/m ²
Penutup lantai	24	Kg/m ²
Total SD	104	Kg/m²

Tabel 5. Beban hidup pada lantai dan atap

Parameter	Beban	Satuan (kg/m ²)
Beban hidup pada lantai bangunan (+4.00 m)	250	Kg/m ²
Beban hidup atap (+10.00 m)	100	Kg/m ²
Beban air hujan pada atap	20	Kg/m ²

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

Beban gempa dihitung dengan menggunakan metode respon spektrum diambil dari website puskim seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain respon spektrum kota Padang
 Sumber: Puskim (2017)

Tabel 6. Rekap P, V2, Torsi dan Momen yang bekerja pada balok

Tipe Balok	Jenis Beban	Aksial (P) KN	Geser (V2) KN	Torsi (T) KN-m	M3 KN-m
BS	Minimal	-0.229	-18.704	-0.845	-13.216
	Maksimal	0.229	18.583	0.696	12.726
B1	Minimal	-3.895	-24.470	-2.737	-17.498
	Maksimal	6.808	24.859	2.766	12.769
RB	Minimal	-1.364	-8.825	-0.209	-7.665
	Maksimal	17.218	9.163	0.215	5.155
K1	Minimal	-180.002	-6.579	-0.560	-13.165
	Maksimal	2.536	6.229	0.499	13.153
K2	Minimal	-53.463	-3.967	-0.396	-7.860
	Maksimal	-0.409	3.362	0.414	8.007

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

- b. Tinggi blok tegangan (a)

$$a = \frac{(Asx fy)}{0.85 x fc x b}$$

$$= \frac{397.995 \text{ mm}^2 x 320 \text{ Mpa}}{0.85 x 21 \text{ Mpa} x 250 \text{ mm}} = 28.88 \text{ mm c.}$$

- c. Regangan baja tulangan tekan (ϵ_s')

$$\epsilon_s' = 0.003 x \left(\frac{a - \beta \cdot d'}{a} \right)$$

$$= 0.003 x \left(\frac{28.8 - (0.85 x 25)}{28.8} \right) = 0.00079$$

- d. Pengecekan kondisi keruntuhan penampang
Pada penelitian ini keruntuhan penampang diasumsikan berada pada kondisi *under reinforce* sehingga nilai f_s dapat ditentukan dengan persamaan 3.

$$f_s' = \epsilon_s' x E_s$$

$$= 0.00079 x 200000 \text{ Mpa} = 158.57 \text{ Mpa}$$

- e. Momen nominal penampang BS

$$Mn = 0.85 f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + As' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 0.85 x 20.75 x 28.88 x 250 x (325 - 14.44)$$

$$+ 397.995 x 158.57 x (325 - 25)$$

$$= 58.49 \text{ KN.m}$$

- f. Momen ultimit penampang

$$\mu_u = 0.8 Mn$$

$$= 0.8 x 58.49 \text{ Mpa}$$

$$= 46.79 \text{ KN.m}$$

- g. Resume perhitungan BS

$$\mu_u = 46.79 \text{ KN.m}$$

$$ML = 13.216 \text{ KN.m}$$

$$\text{Rasio} = 3.54$$

$$\mu_u > ML \dots \text{ penampang OK}$$

Analisa B1

Data dan spesifikasi teknis penampang B1

sama dengan BS, ini membuat nilai A_s , ϵ_s , f_s , M_n dan μ_u B1=BS. Perbedaan B1 dengan BS terletak pada nilai beban maksiman yang bekerja pada penampang akibat beban luar.

$$\mu_u = 46.79 \text{ KN.m}$$

$$ML = 17.50 \text{ KN.m}$$

$$\text{Rasio} = 2.67$$

$$\mu_u > ML \dots \text{ penampang OK}$$

Analisa RB

Berikut data *preliminary design* penampang RB:

b	= 200 mm
h	= 300 mm
β	= 0.85
ES	= 200000 Mpa
d'	= 25 mm
d	= 275 mm
Tul. Utama	= 2D13 (Atas)
	= 2D13 (Bawah)

dengan cara yang sama didapatkan nilai a , ϵ_s , f_s sebagai berikut:

$$A_s = 226.08 \text{ mm}^2$$

$$a = 25.636 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = 0.0051$$

$$f_s = 102.66 \text{ Mpa}$$

- a. Nilai M_n untuk RB dapat dihitung sebagai berikut:

$$Mn = 0.85 f_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + As' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 0.85 x 20.75 x 25.64 x 200 x (275 - 12.82)$$

$$+ 226.08 x 102.66 x (275 - 25)$$

$$= 29.51 \text{ KN.m}$$

- b. Kapasitas μ_u penampang RB sebagai berikut:

$$\mu_u = 0.8 Mn$$

$$= 0.8 x 29.51 \text{ KN.m} = 23.61 \text{ KN.m}$$

- c. Resume perhitungan RB dapat dituliskan sebagai berikut:

ML = 7.67 KN.m
Mu = 23.61 KN.m
Rasio = 3.08
Mu > ML.... Penampang OK

Analisa Kolom

Ada dua tipe kolom yang digunakan pada bangunan rumah tinggal dua lantai ini, yaitu K1 dan K2.

Analisa K1

Data teknis yang digunakan untuk perencanaan K1 sebagai berikut:

b = 300 mm, fy = 320 Mpa
h = 300 mm β = 0.85
d' = 25 mm Es = 200000 Mpa
d = 275 mm Tul = 6D13
fc = 20.75 Mpa As = 795.99 mm²

- a. Daya dukung aksial nominal pada kondisi sentris (Pn)

$$P_n = 0.8x(0.85x f_c x b x h) + A_s x (f_y - 0.85x f_c)$$

$$P_n = 0.8x(0.85x 20.75x 300x 300) + 795.99 x (320 - 0.85x 20.75)$$

$$= 1462.44 \text{ KN.}$$

- b. Tinggi blok tegangan (a)

Dengan mengabaikan luas tulangan tekan, maka nilai a dapat dihitung sebagai berikut:

$$a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f_c x b}$$

$$= \frac{795.55 x 320}{0.85 x 20.75 x 300} = 48.14 \text{ mm}$$

- c. Momen nominal dengan e= 0

$$M_n = A_s x f_y x (d - \frac{a}{2})$$

$$= 795.55 x 320 x (275 - \frac{48.14}{2})$$

$$= 63.92 \text{ KN.m}$$

- d. Resume perhitungan

Pn = 1462.44 KN
PL = 180.002 KN
Rasio = 8.12
Pn > P... Penampang Oke

Mn = 63.92 KN.m
ML = 13.165 KN.m
Rasio = 4.86
Mn > ML... Penampang OK

Analisa K2

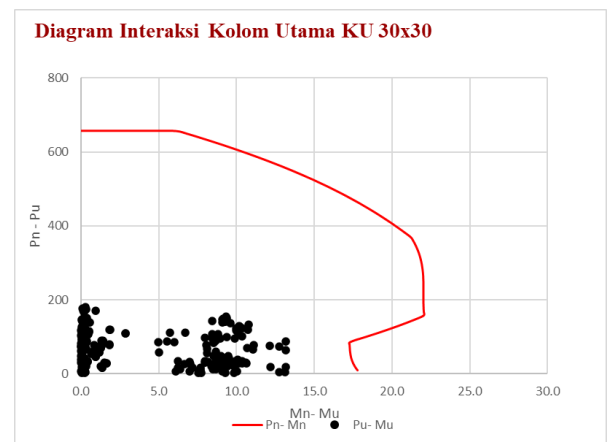
Data teknis yang digunakan pada perencanaan K2 sebagai berikut:

b = 250 mm, fy = 320 Mpa
h = 250 mm β = 0.85
d' = 25 mm Es = 200000 Mpa
d = 225 mm Tul = 4D13
fc = 20.75 Mpa As = 530.66 mm²

Dengan cara yang sama, didapatkan nilai Pn, a dan Mn sebagai berikut:

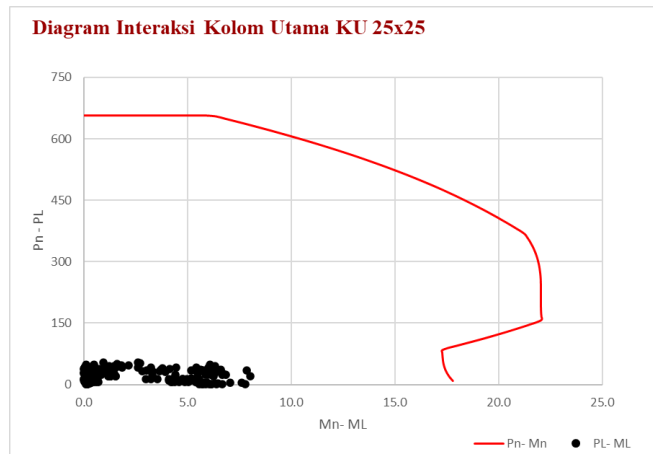
a. Pn = 1010.24 KN
b. a = 38.51 mm
c. Mn = 34.94 KN.m
d. Resume perhitungan
Pn = 1010.24 KN
PL = 53.46 KN
Rasio = 18
Pn > P... Penampang Oke
Mn = 34.94 KN.m
ML = 8.07 KN.m
Rasio = 4.33
Mn > ML... Penampang OK

Jika diplotkan dalam diagram interaksi, akan didapatkan diagram interaksi kolom K1 dan K2 seperti terlihat pada Gambar 13 Gambar 14.



Gambar 13. Diagram interaksi kolom K1 25x25cm

Sumber: Hasil Analisis (2025)



Gambar 14. Diagram interaksi kolom K1 25x25 cm
Sumber: Hasil Analisis (2025)

Perencanaan Struktur Bawah Bangunan

Struktur bawah pada bangunan rumah tinggal berupa pondasi tapak.

Kedalaman rencana (D) = 1.45 m
Berat isi, γ = 1.6 t/m³ (asumsi)
Sudut geser dalam Φ = 30 derajat (asumsi)
Kohesi, c = 0 t/m² (asumsi)
Lebar (B) = 1 m
Panjang (L) = 1 m

Sifat atau properties tanah diasumsikan berdasarkan buku rekayasa pondasi. Sehingga didapatkan:

- Nc, Nq dan Nq
Gambar 5 merupakan grafik faktor daya dukung tanah, didapatkan nilai Nc = 37, nilai Nq = 22 dan nilai $N\gamma$ = 19.
- Tegangan efektif (q')
 $q' = \gamma \times D$
 $= 1.6 \text{ t/m}^3 \times 1.5 \text{ m}$
 $= 2.4 \text{ t/m}^2$
- Tegangan air pori (u) = 0 diasumsikan muka air tanah yang dalam

sehingga tidak berpengaruh terhadap daya dukung pondasi

- Faktor bentuk pondasi
Berdasarkan Tabel 1 diketahui nilai $L=B$, sehingga didapatkan nilai $Sc = 1.3$ dan $Sy = 0.8$
- Kapasitas/ daya dukung tanah (qu)
 $qu = c \times Nc \times Sc + q' \times Nq + \frac{1}{2} \gamma \times B \times Sy$
 $= 0 \times 37 \times 1.3 + 2.4 \times 22 + \frac{1}{2} \times 1.6 \times 1 \times 0.8$
 $= 63.2 \text{ t/m}^2$
- Beban batas (ultimate) yang mampu ditahan pondasi (Qu)
 $Qu = (B \times L) \times qu$
 $= (1 \times 1) \times 63.20$
 $= 63.2 \text{ Ton}$
- Beban izin (Qa), dengan $SF = 2.5$
 $Qa = \frac{Qu}{SF} = \frac{63.2}{2.5} = 25.28 \text{ Ton}$
- Rekap eaksi perletakan (QL)
Rekap nilai maksimal dan minimal reaksi perletakan pada bangunan dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Reaksi perletakan

	F1	F2	F3
	Ton	Ton	Ton
Max	0.675	0.646	21.656
Min	-0.639	-0.645	-1.288

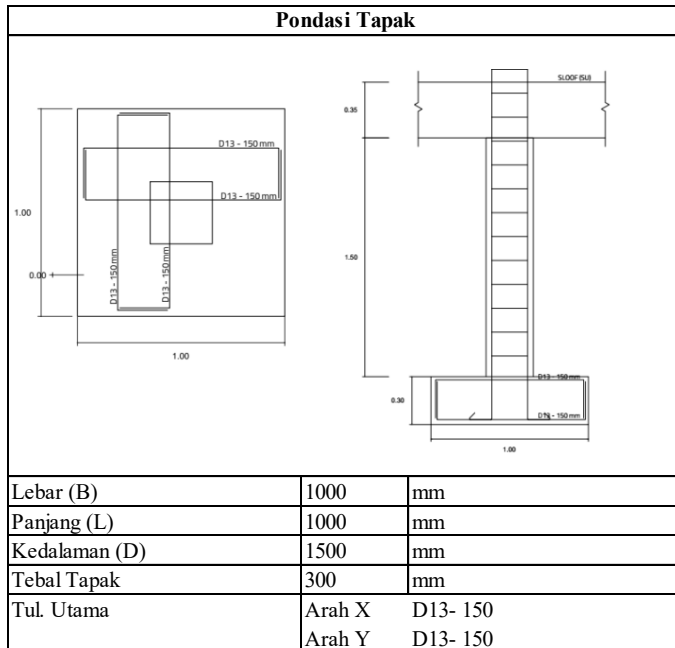
- Resume perhitungan
 $Qa = 25.28 \text{ Ton}$
 $QL = 21.656 \text{ Ton}$
 $Qa > QL \dots$ Penampang Oke

Detail Engineering Design (DED)

Output akhir yang didapatkan berupa gambar DED rumah dua lantai di wilayah Sumatera Barat. DED tersebut dapat dilihat di Gambar 15, Gambar 16 dan Gambar 17

BS 250x350		B1 250x350		RB 200x300	
Tul. Atas	3D13	Tul. Atas	3D13	Tul. Atas	3D13
Tul. Bawah	3D13	Tul. Bawah	3D13	Tul. Bawah	3D13
Tul. Pinggang	2D10	Tul. Pinggang	2D10	Tul. Pinggang	2D10
Tul. Geser	Tump. D10-150 mm Lap. D10-175 mm	Tul. Geser	Tump. D10-150 mm Lap. D10-175 mm	Tul. Geser	Tump. D10-150 mm Lap. D10-175 mm
Mutu Beton	Fc 20.75 Mpa K 250	Mutu Beton	Fc 20.75 Mpa K 250	Mutu Beton	Fc 20.75 Mpa K 250

Gambar 15. DED Balok
Sumber: Data Proyek (2025)



Gambar 16. DED Pondasi Tapak
Sumber: Data Proyek (2025)

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem struktur yang dirancang kuat menahan keseluruhan beban yang bekerja pada bangunan rumah tinggal. Sementara penggunaan rangka atap baja ringan prefabrikasi tidak menambah berat signifikan pada struktur, melainkan lebih berkontribusi pada efisiensi durasi pelaksanaan konstruksi. Luaran berupa DED pondasi, kolom dan balok diharapkan dapat menjadi acuan dalam pembangunan rumah tinggal dua lantai tahan gempa di daerah rawan gempa, khususnya kota Padang. Kedepannya akan dibahas tentang rencana struktur bawah pondasi tapak, khususnya pada bagian penulangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aska. (2022). ARSITUR.COM Studio. <https://www.arsitur.com>
- Dharsono, M. S., & Gilang, A. (2023). Comparative study of light steel roof frame construction methods with conventional methods and prefabricated methods. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(8), 148–156.
- Dipohusodo, I. (1993). *Struktur beton bertulang*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Dwidayati, K. H., Sari, A. R., & Yosita, L. (2022).

K1 300x300		K2 250x250	
Tul. Atas	3D13	Tul. Atas	2D13
Tul. Bawah	3D13	Tul. Bawah	2D13
Tul. Pinggang		Tul. Pinggang	-
Tul. Geser	Tump. D10-150 mm Lap. D10-150 mm	Tul. Geser	Tump. D10-150 mm Lap. D10-150 mm
Mutu Beton	Fc 20.75 Mpa K 250	Mutu Beton	Fc 20.75 Mpa K 250

Gambar 17. DED Kolom
Sumber: Data Proyek (2025)

Faktor-faktor preferensi hunian vertikal untuk kaum dewasa muda: Studi kasus di Kota Bandung. *Jurnal Arsitektur Zonasi (JAZ)*, 5(1), 209–213.

- Faizal, F., & Jauhari, Z. A. (2022). Perencanaan ulang struktur balok dan kolom Gedung Kuliah Terpadu (GKT) III Politeknik Negeri Bengkalis dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, Politeknik Negeri Bengkalis.
- Fitria, W., et al. (2024). Design of non-engineered earthquake resistant housing in West Sumatera. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, 5(2), 226–237.
- Fitria, W., Misriani, M., & Sofyan, E. R. (2023). Review desain struktur bawah bangunan: Studi kasus pengecekan daya dukung pondasi tapak SDN 12 Muntei, Mentawai. *Fropil*, 11(2), 94–101.
- Hakam, A. (2011). *Rekayasa pondasi* (1st ed.). Kota Padang: CV Bintang Grafika.
- Huseiny, M. S. A., Nursani, R., & Hidayah, R. R. (2024). Kajian redesign struktur gedung 5 lantai Balai Pengobatan Universitas Siliwangi. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(2), 9–19.
- Husnah, H., Darfia, E. N., & Hidayat, F. (2019). Analisis struktur rangka baja ringan dan baja

- berat dengan menggunakan aplikasi Bricscad. Siklus: Jurnal Teknik Sipil, 5(2), 87–96.
- Mahendra, A. A. B., & Ridwan, M. (2023). Perencanaan konstruksi bangunan gedung enam lantai. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(1), 66–73.
- Mashudi, I. A., Santoso, E., & Nindyawati, N. (2020). Optimasi bentuk rangka atap struktur kuda-kuda baja ringan canai dingin. *Jurnal Bangunan*, 25(1), 9–20.
- Pangaribuan, M. R. (2014). Baja ringan sebagai pengganti kayu dalam pembuatan rangka atap bangunan rumah masyarakat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(4), 648–655.
- Prihantony, D. I., Afrizal, A., Hadiguna, R. A., & Ophiyandri, T. (2020). Penerapan standar bangunan tahan gempa dalam detailed engineering design di Sumatera Barat. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(3), 166–177.
- Rahayu, S. A. (2015). Analisis perbandingan rangka atap baja ringan dengan rangka atap kayu terhadap mutu, biaya dan waktu. *Fropil*, 3(2), 116–120.
- Rizky, R., & Ryanto, M. (2022). Desain dan analisis struktur tahan gempa beton bertulang elemen balok dan kolom pada gedung bertingkat 10 dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847 2019 & 1726 2019. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 2(2), 268–280.
- Sabila, A., & Jamal, M. (2024). Analisis struktur penulangan balok pada proyek rehabilitasi Gedung Kantor Dinas Sosial Kota Samarinda. *Jurnal Teknologi Sipil*, 8(1), 8–17.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847 2013 (1st ed.)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2018). Basic criteria design of earthquake resistant building structures. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(4), 1426–1436.
- Syarif, M., Imran, A., Migo, M. M., & Astika, S. (2024). Evaluation of compatibility of simple residential structures with earthquake-resistant residential technical guidelines. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023 (iCAST-ES 2023), Advances in Engineering Research*, 230.