



PENERAPAN MATEMATIKA DASAR PADA ANALISIS BALOK SEDERHANA DALAM TEKNIK SIPIL

Hilkia Permatasari Zai¹⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Sumatra Utara, Indonesia
Email: zaihilkia@gmail.com

Abstract

Basic mathematics is a fundamental foundation in the field of Civil Engineering, especially in structural analysis. One of the most frequently analyzed structural elements is the simple beam, as it is widely used in buildings, bridges, and other civil structures. A simple beam functions to resist applied loads and safely transfer them to the supports. This paper aims to explain in a more detailed and easy-to-understand manner the application of basic mathematics in simple beam analysis. The mathematical concepts discussed include arithmetic, algebra, and trigonometry, which are applied in static equilibrium analysis, support reaction calculations, shear force determination, and bending moment analysis. The discussion is systematically arranged using original wording to help students understand the relationship between mathematical calculations and the physical behavior of beams under loading conditions. The method used in this paper is a literature study based on engineering textbooks and relevant standards, combined with conceptual analysis grounded in basic engineering mechanics principles. The results show that mastery of basic mathematics greatly influences the accuracy of structural analysis and serves as an essential foundation for Civil Engineering students in learning more advanced structural systems. With proper understanding, students are expected not only to perform calculations correctly but also to comprehend the engineering meaning behind the analysis results.

Keywords: Basic mathematics, Simple beam, Structural analysis, Static equilibrium, Civil engineering

Abstrak

Matematika dasar merupakan fondasi utama dalam bidang Teknik Sipil, khususnya pada analisis struktur. Salah satu elemen struktur yang paling sering dianalisis adalah balok sederhana, karena elemen ini banyak digunakan pada bangunan gedung, jembatan, dan struktur lainnya. Balok sederhana berfungsi untuk menahan beban yang bekerja dan menyalurkannya ke tumpuan secara aman. Penulisan ini bertujuan untuk menjelaskan secara lebih rinci dan mudah dipahami mengenai penerapan matematika dasar dalam analisis balok sederhana. Konsep matematika yang dibahas meliputi aritmetika, aljabar, dan trigonometri yang digunakan dalam perhitungan keseimbangan statika, reaksi tumpuan, gaya geser, serta momen lentur. Pembahasan disusun secara sistematis dengan bahasa sendiri agar dapat membantu mahasiswa memahami hubungan antara perhitungan matematis dan perilaku fisik balok saat menerima beban. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi literatur dari buku teknik dan standar yang relevan, serta analisis konseptual berdasarkan prinsip dasar mekanika teknik. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa penguasaan matematika dasar sangat berpengaruh terhadap ketepatan analisis struktur dan menjadi bekal penting bagi mahasiswa Teknik Sipil dalam mempelajari struktur yang lebih kompleks. Dengan pemahaman yang baik, mahasiswa diharapkan tidak hanya mampu menyelesaikan perhitungan, tetapi juga memahami makna teknik dari setiap hasil analisis.

Kata Kunci: Matematika dasar, Balok sederhana, Analisis struktur, Keseimbangan statika, Teknik Sipil



PENDAHULUAN

Teknik Sipil merupakan salah satu bidang ilmu teknik yang berperan penting dalam perencanaan, perancangan, pelaksanaan, dan pemeliharaan berbagai infrastruktur yang menunjang kehidupan masyarakat. Dalam setiap tahapan pekerjaan Teknik Sipil, aspek perhitungan dan analisis menjadi bagian yang tidak terpisahkan. Oleh karena itu, matematika dasar memiliki peran strategis sebagai alat utama dalam menyelesaikan berbagai permasalahan teknik secara sistematis dan logis.

Matematika dasar menjadi fondasi awal dalam memahami konsep-konsep teknik yang lebih kompleks. Hampir seluruh perhitungan dalam analisis struktur, seperti perhitungan gaya, momen, dan deformasi, membutuhkan pemahaman yang baik terhadap aritmetika, aljabar, dan trigonometri. Tanpa penguasaan matematika dasar yang memadai, mahasiswa dan praktisi Teknik Sipil akan mengalami kesulitan dalam memahami perilaku struktur dan berpotensi melakukan kesalahan dalam analisis maupun perencanaan.

Salah satu elemen struktur yang paling sering dijumpai dan dianalisis dalam Teknik Sipil adalah balok. Balok merupakan elemen struktur yang berfungsi menahan beban transversal dan menyalurkan beban tersebut ke tumpuan. Balok banyak digunakan pada konstruksi bangunan gedung, jembatan, lantai, dan berbagai struktur lainnya. Oleh karena itu, pemahaman mengenai analisis balok menjadi hal yang sangat penting bagi mahasiswa Teknik Sipil.

Balok sederhana merupakan jenis balok yang ditumpu oleh dua tumpuan, umumnya berupa tumpuan sendi dan tumpuan rol. Meskipun termasuk struktur yang sederhana, analisis balok sederhana menjadi dasar dalam mempelajari struktur yang lebih kompleks. Melalui analisis balok sederhana, mahasiswa diperkenalkan pada konsep-konsep fundamental seperti keseimbangan statika, reaksi tumpuan, gaya geser, dan momen lentur.

Penerapan matematika dasar dalam analisis balok sederhana berperan penting dalam membantu memahami hubungan antara beban

yang bekerja dan respons struktur. Aritmetika digunakan untuk menghitung besaran gaya dan satuan yang terlibat, aljabar digunakan untuk menyusun dan menyelesaikan persamaan keseimbangan, sedangkan trigonometri digunakan untuk menguraikan gaya yang bekerja dengan arah tertentu. Dengan penguasaan matematika dasar yang baik, proses analisis balok dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan mudah dipahami.

Namun demikian, pada kenyataannya masih banyak mahasiswa Teknik Sipil yang mengalami kesulitan dalam memahami analisis balok sederhana. Kesulitan tersebut umumnya disebabkan oleh lemahnya pemahaman konsep matematika dasar, sehingga mahasiswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisik dari perhitungan yang dilakukan. Kondisi ini dapat menghambat kemampuan mahasiswa dalam menganalisis struktur secara menyeluruh.

Oleh karena itu, diperlukan pembahasan yang komprehensif mengenai penerapan matematika dasar pada analisis balok sederhana. Penulisan jurnal ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai peran matematika sebagai alat analisis dalam Teknik Sipil serta menjadi referensi bagi mahasiswa dalam mempelajari mata kuliah mekanika teknik dan analisis struktur.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Matematika Dasar dalam Teknik Sipil

Matematika dasar merupakan ilmu yang mempelajari konsep-konsep dasar seperti bilangan, operasi hitung, persamaan, dan fungsi. Dalam Teknik Sipil, matematika dasar berfungsi sebagai alat untuk memodelkan permasalahan teknik ke dalam bentuk matematis sehingga dapat dianalisis dan diselesaikan secara logis. Konsep aritmetika, aljabar, dan trigonometri menjadi dasar dalam berbagai perhitungan struktur.



2. Analisis Struktur dan Balok Sederhana

Analisis struktur merupakan proses untuk menentukan respons struktur terhadap beban yang bekerja. Balok sederhana merupakan salah satu elemen struktur yang paling sering dianalisis karena memiliki sistem tumpuan yang sederhana. Analisis balok sederhana meliputi perhitungan reaksi tumpuan, gaya geser, dan momen lentur dengan menggunakan prinsip keseimbangan statika.

3. Keseimbangan Statika

Keseimbangan statika merupakan kondisi di mana suatu sistem berada dalam keadaan seimbang, sehingga resultan gaya dan momen yang bekerja bernilai nol. Prinsip keseimbangan statika menjadi dasar dalam analisis balok sederhana dan membutuhkan penerapan aljabar dan aritmetika secara tepat.

4. Gaya Geser dan Momen Lentur

Gaya Geser dan Momen Lentur Gaya geser dan momen lentur merupakan dua besaran penting dalam analisis balok. Gaya geser menunjukkan kecenderungan balok untuk bergeser, sedangkan momen lentur menunjukkan kecenderungan balok untuk melengkung. Perhitungan gaya geser dan momen lentur sangat bergantung pada pemahaman matematika dasar.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif yang diperkuat oleh analisis kuantitatif sederhana. Penelitian deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran yang sistematis, faktual, dan akurat mengenai penerapan matematika dasar dalam analisis balok sederhana pada bidang Teknik Sipil. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menjelaskan konsep, prinsip, serta keterkaitan antara perhitungan matematis dan perilaku fisik balok secara mendalam dan naratif.

Pendekatan kuantitatif sederhana digunakan sebagai pendukung, khususnya dalam contoh perhitungan reaksi tumpuan, gaya geser,

dan momen lentur. Data kuantitatif ini tidak digunakan untuk pengujian statistik, tetapi untuk memperjelas proses analisis struktur secara matematis. Kombinasi kedua pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang komprehensif dan aplikatif bagi mahasiswa Teknik Sipil.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur (library research). Metode ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengkajian teori, konsep dasar, dan contoh penerapan matematika dasar dalam analisis balok sederhana. Sumber literatur yang digunakan meliputi buku teks Teknik Sipil, buku mekanika teknik, jurnal ilmiah, serta standar dan modul pembelajaran yang relevan.

Studi literatur dilakukan secara sistematis dengan tahapan identifikasi sumber, pengelompokan materi, analisis isi, dan sintesis konsep. Melalui metode ini, penulis berupaya menyusun pembahasan dengan bahasa sendiri agar mudah dipahami dan terhindar dari plagiarisme.

3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini tidak dilakukan pada lokasi lapangan tertentu karena bersifat studi literatur. Namun demikian, kegiatan penelitian secara akademik dilaksanakan di lingkungan perguruan tinggi, khususnya pada program studi Teknik Sipil. Lokasi ini dipilih karena relevan dengan objek kajian serta mendukung ketersediaan sumber pustaka yang dibutuhkan.

Waktu penelitian meliputi seluruh proses penyusunan karya ilmiah, mulai dari pengumpulan referensi, analisis materi, penyusunan naskah, hingga penyempurnaan laporan. Penelitian dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu yang disesuaikan dengan kalender akademik.

4. Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian dalam penulisan ini adalah penerapan matematika dasar dalam analisis balok sederhana pada bidang Teknik Sipil. Fokus objek penelitian meliputi konsep matematika dasar seperti aritmetika, aljabar, dan



trigonometri yang digunakan dalam perhitungan struktur.

Subjek penelitian bersifat konseptual, yaitu teori-teori dan prinsip-prinsip dasar mekanika teknik serta analisis struktur yang dibahas dalam literatur. Subjek ini mencakup model balok sederhana, jenis pembebanan, serta kondisi tumpuan yang umum digunakan dalam pembelajaran Teknik Sipil.

5. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi dokumentasi. Data dikumpulkan dari berbagai sumber tertulis yang relevan dengan topik penelitian.

➤ Buku Teks

Buku teks digunakan sebagai sumber utama untuk memahami konsep dasar matematika dan mekanika teknik. Buku ini memberikan landasan teori yang kuat dan sistematis.

➤ Jurnal Ilmiah

Jurnal ilmiah digunakan untuk memperoleh perspektif akademik terbaru terkait penerapan matematika dalam analisis struktur.

➤ Standar dan Modul

Pembelajaran Standar dan modul pembelajaran digunakan sebagai acuan dalam memahami penerapan konsep secara praktis dalam dunia pendidikan Teknik Sipil.

Instrumen penelitian berupa lembar pencatatan literatur yang digunakan untuk mencatat poin-poin penting, rumus, serta konsep utama dari setiap sumber.

6. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif dengan tahapan sebagai berikut:

➤ Reduksi Data

Data yang telah dikumpulkan diseleksi dan difokuskan pada informasi yang relevan dengan tujuan penelitian

➤ Klasifikasi Data

Data dikelompokkan berdasarkan topik pembahasan, seperti konsep matematika dasar, jenis balok sederhana, dan tahapan analisis struktur.

➤ Penyajian Data

Data disajikan dalam bentuk uraian naratif, persamaan matematis, dan contoh perhitungan sederhana.

➤ Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan ditarik berdasarkan hasil analisis dan keterkaitan antar konsep yang telah dibahas.

7. Uji Keabsahan Data

Uji keabsahan data dilakukan dengan cara triangulasi sumber, yaitu membandingkan informasi dari berbagai literatur untuk memastikan konsistensi dan kebenaran konsep yang digunakan.

8. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya berfokus pada balok sederhana dan tidak membahas struktur yang lebih kompleks. Selain itu, penelitian ini bersifat teoritis sehingga belum mencakup analisis berbasis data lapangan.

9. Etika Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis menjunjung tinggi etika akademik dengan mencantumkan sumber referensi secara jelas dan menggunakan bahasa sendiri. Seluruh data dan informasi digunakan semata-mata untuk kepentingan akademik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Peran Matematika Dasar dalam Analisis Balok Sederhana

Hasil kajian menunjukkan bahwa matematika dasar memiliki peranan yang sangat dominan dalam setiap tahapan analisis balok sederhana. Konsep aritmetika digunakan dalam operasi hitung dasar seperti penjumlahan,



pengurangan, perkalian, dan pembagian yang muncul dalam perhitungan beban, panjang bentang, serta satuan gaya. Tanpa penguasaan aritmetika yang baik, kesalahan perhitungan sangat mudah terjadi dan dapat memengaruhi hasil analisis secara keseluruhan.

Aljabar berperan penting dalam pembentukan persamaan keseimbangan statika. Variabel-variabel yang merepresentasikan reaksi tumpuan, gaya geser, dan momen lentur dianalisis menggunakan persamaan aljabar linier. Hasil kajian menunjukkan bahwa mahasiswa yang memahami aljabar dengan baik cenderung lebih mudah menyusun dan menyelesaikan persamaan struktur.

Trigonometri digunakan terutama pada balok yang menerima beban miring atau gaya yang membentuk sudut tertentu. Fungsi sinus, cosinus, dan tangen membantu dalam menguraikan gaya menjadi komponen horizontal dan vertikal. Hal ini membuktikan bahwa matematika dasar tidak berdiri sendiri, tetapi saling terintegrasi dalam analisis struktur.

2. Tahapan Analisis Balok Sederhana

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis balok sederhana secara umum terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu identifikasi jenis balok dan tumpuan, penentuan jenis dan besar beban, perhitungan reaksi tumpuan, penentuan gaya geser, serta perhitungan momen lentur. Setiap tahapan tersebut membutuhkan penerapan konsep matematika dasar secara sistematis.

Perhitungan reaksi tumpuan diperoleh dari persamaan keseimbangan statika, yaitu “ $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$, dan $\Sigma M = 0$ “. Hasil kajian menunjukkan bahwa kesalahan paling sering terjadi pada tahap ini apabila mahasiswa kurang teliti dalam menyusun persamaan momen.

3. Hubungan Perhitungan Matematis dengan Perilaku Fisik Balok

Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap hasil perhitungan matematis memiliki makna fisik yang nyata. Gaya geser yang bernilai positif atau negatif menunjukkan arah gaya internal pada balok, sedangkan momen lentur menggambarkan kecenderungan balok untuk

melengkung. Dengan memahami hubungan ini, mahasiswa tidak hanya sekedar menghitung, tetapi juga mampu menafsirkan kondisi struktur secara teknik.

4. Pentingnya Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur

Diagram gaya geser dan diagram momen lentur merupakan hasil visual dari perhitungan matematika dasar. Hasil kajian menunjukkan bahwa penyusunan diagram ini sangat membantu dalam memahami distribusi gaya dan momen sepanjang balok. Kesalahan dalam perhitungan matematis akan langsung terlihat pada bentuk diagram yang tidak logis.

PEMBAHASAN

1. Signifikansi Penguasaan Matematika Dasar bagi Mahasiswa Teknik Sipil

Pembahasan menunjukkan bahwa penguasaan matematika dasar merupakan kunci utama dalam memahami mata kuliah analisis struktur. Matematika tidak hanya berfungsi sebagai alat hitung, tetapi juga sebagai bahasa teknik yang digunakan untuk menjelaskan perilaku struktur.

Mahasiswa yang memiliki dasar matematika yang kuat cenderung lebih mudah memahami konsep lanjutan seperti analisis balok statis tak tentu, struktur rangka, dan mekanika bahan. Hal ini menunjukkan bahwa matematika dasar memiliki peran strategis dalam keberhasilan akademik mahasiswa Teknik Sipil.

2. Integrasi Konsep Matematika dan Mekanika Teknik

Hasil penelitian menegaskan bahwa analisis balok sederhana merupakan bentuk integrasi antara matematika dan mekanika teknik. Konsep keseimbangan statika yang bersifat fisik hanya dapat dianalisis secara kuantitatif melalui pendekatan matematika. Oleh karena itu, pembelajaran seharusnya tidak memisahkan kedua bidang ini secara kaku.

3. Implikasi terhadap Proses Pembelajaran

Pembahasan ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang menekankan



keterkaitan antara rumus matematika dan makna tekniknya. Penyajian contoh soal yang disertai penjelasan fisik balok akan membantu mahasiswa memahami konsep secara lebih mendalam dan aplikatif.

4. Relevansi Analisis Balok Sederhana dalam Praktik Teknik Sipil

Analisis balok sederhana masih sangat relevan dalam praktik Teknik Sipil karena menjadi dasar dalam perencanaan struktur yang lebih kompleks. Kesalahan pada tahap dasar dapat berdampak besar pada keselamatan dan efisiensi struktur. Oleh karena itu, hasil kajian ini menegaskan pentingnya penguasaan matematika dasar sejak tahap awal pendidikan Teknik Sipil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa matematika dasar memiliki peranan yang sangat fundamental dalam analisis balok sederhana pada bidang Teknik Sipil. Konsep-konsep matematika dasar seperti aritmetika, aljabar, dan trigonometri terbukti menjadi landasan utama dalam proses perhitungan reaksi tumpuan, gaya geser, dan momen lentur. Tanpa penguasaan yang baik terhadap konsep-konsep tersebut, analisis struktur tidak dapat dilakukan secara akurat dan sistematis.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis balok sederhana tidak hanya berfungsi sebagai latihan perhitungan matematis, tetapi juga sebagai sarana untuk memahami perilaku fisik struktur secara teknik. Hubungan antara hasil perhitungan matematis dengan respons balok terhadap beban memperlihatkan bahwa matematika berperan sebagai bahasa utama dalam menjelaskan fenomena mekanika struktur. Dengan demikian, pemahaman matematika dasar yang kuat akan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menafsirkan kondisi struktur secara logis dan rasional.

Selain itu, analisis balok sederhana memiliki kontribusi yang signifikan dalam membentuk pola pikir teknik (engineering thinking) mahasiswa Teknik Sipil. Pemahaman yang baik terhadap konsep dasar ini akan

mempermudah mahasiswa dalam mempelajari sistem struktur yang lebih kompleks pada mata kuliah lanjutan. Oleh karena itu, penguasaan matematika dasar dan analisis balok sederhana perlu mendapat perhatian serius dalam proses pembelajaran Teknik Sipil.

Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi antara matematika dasar dan mekanika teknik merupakan aspek penting dalam pendidikan Teknik Sipil. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi akademik bagi mahasiswa dan pendidik dalam mengembangkan metode pembelajaran yang lebih efektif, aplikatif, dan berorientasi pada pemahaman konsep. Ke depan, penelitian lanjutan dapat dikembangkan dengan mengkaji penerapan matematika dasar pada analisis struktur yang lebih kompleks atau dengan pendekatan berbasis studi kasus lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. (2020). Pedoman penulisan karya ilmiah perguruan tinggi. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). Mekanika tanah 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.



- Hibbeler, R. C. (2017). Mekanika teknik: Statika (Terjemahan Indonesia). Jakarta: Erlangga.
- Hibbeler, R. C. (2017). Mekanika teknik: Dinamika (Terjemahan Indonesia). Jakarta: Erlangga.
- Jurnal CIVeng (Civil Engineering Journal Indonesia). (2022). Studi perhitungan gaya dalam balok sederhana pada struktur bangunan gedung. Jakarta: Perguruan Tinggi Teknik Sipil Indonesia.
- Jurnal Media Teknik Sipil. (2020). Analisis gaya geser dan momen lentur pada balok sederhana dengan pembebanan terpusat. Malang: Universitas Brawijaya.
- Jurnal Rekayasa Sipil. (2019). Penerapan prinsip statika dalam analisis struktur balok beton bertulang. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. (2021). Kajian matematis gaya dalam pada struktur balok sederhana. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Jurnal Teknik Sipil Universitas Indonesia. (2020). Analisis struktur balok statis tertentu menggunakan pendekatan matematika dasar. Depok: Universitas Indonesia.
- Jurnal Infrastruktur. (2021). Studi perhitungan gaya dalam balok sederhana pada bangunan gedung. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Jurnal Konstruksia. (2020). Aplikasi perhitungan statika pada struktur balok sederhana. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. (2022). Analisis balok sederhana berdasarkan konsep kesetimbangan gaya dan momen. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. (2021).
- Jurnal RekaRacana. (2020). Penerapan konsep matematika teknik dalam analisis struktur balok statis tertentu. Bandung: Fakultas Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Munir, R. (2019). Matematika teknik. Bandung: Informatika.
- Popov, E. P. (2016). Mekanika teknik untuk insinyur (Terjemahan Indonesia). Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, A. (2017). Statika struktur. Bandung: ITB Press.
- Skripsi Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Medan. (2020). Analisis balok sederhana menggunakan pendekatan statika. Medan: UNIMED.
- Skripsi Program Studi Teknik Sipil Universitas Nias. (2021). Penerapan matematika dasar dalam analisis struktur bangunan. Gunungsitoli: Universitas Nias.
- Suhendro, B. (2018). Analisis struktur bangunan. Yogyakarta: UGM Press.
- Sunggono, K. H. (2016). Teknik sipil dasar. Bandung: Nova.
- Wangsadinata, W. (2017). Analisis struktur. Bandung: Nova.