

Pengembangan *Single-Page Simulation* Visualisasi Komputasi Beban Terpusat pada Struktur Penyangga I-Beam

Systi Adi Rachmawati^{*1}, Sahid Triambudhi², Faisal Yusuf Fadhilah³

^{*1}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu, Lohbener Lama, Indramayu 45252, Indonesia

²Jurusan Teknik Informatika Politeknik Negeri Indramayu, Lohbener Lama, Indramayu 45252, Indonesia

³Jurusan Teknik Politeknik Negeri Indramayu, Lohbener Lama, Indramayu 45252, Indonesia

e-mail: systiara@polindra.ac.id^{*1}, sahid@polindra.ac.id², fyfadhilah@polindra.ac.id³

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi : 2 April 2026

Revisi Akhir : 13 Mei 2026

Diterbitkan Online : 29 Mei 2026

Kata Kunci:

I-Beam, pembebanan terpusat, reaksi tumpuan, analisis struktur, simulasi berbasis web

Korespondensi :

Telepon / Hp : 083830084603

E-mail : systiara@polindra.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan halaman interaktif sebagai alat bantu analisis awal untuk pemodelan pembebanan titik terpusat terhadap reaksi tumpuan sederhana pada struktur I-Beam. Permasalahan utama yang diangkat adalah proses analisis gaya reaksi yang seringkali masih dilakukan secara manual sehingga memakan waktu dan rentan akan kesalahan input. Metode penelitian yang digunakan meliputi formulasi matematis berbasis prinsip keseimbangan momen gaya yang diintegrasikan ke dalam pengembangan perangkat lunak berbasis web menggunakan teknologi HTML, CSS, dan JavaScript. Evaluasi kualitas perangkat lunak dilakukan melalui metode pengujian *black box* untuk memastikan seluruh fungsionalitas sistem berjalan sesuai rancangan tanpa kegagalan logika. Variasi beban diaplikasikan pada nilai 200 hingga 600 N pada batang sepanjang 5 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan nilai gaya reaksi yang identik dengan perhitungan manual, sehingga terbukti akurat dan valid secara komputasi. Kontribusi utama penelitian ini dalam bidang informatika terletak pada implementasi algoritma komputasi numerik ke dalam lingkungan berbasis web, serta penyediaan model arsitektur sistem yang mampu mentransformasi perhitungan mekanika teknik yang kompleks menjadi perangkat lunak simulasi yang efisien dan presisi.

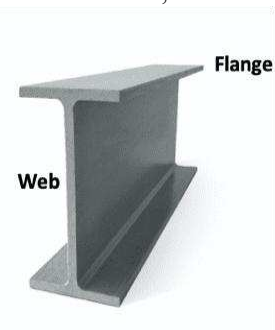
1. PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam bidang konstruksi maupun manufaktur. Kandungan dari material baja ini adalah besi (Fe) 97%, carbon (C) 0,2% - 2,1% sesuai gradenya, mangan (Mn) maksimal 1,65%, silicon (Si) maksimal 0,6%, sulfur (S) dan fosfor (P) dengan kadar yang ditentukan [1]. Sifat yang terbentuk oleh baja banyak dipengaruhi oleh sifat kimia dan proses manufakturnya.

Salah satu aplikasi baja yang digunakan di bidang konstruksi adalah I-Beam. I-Beam merupakan balok baja struktural berbentuk huruf I yang efisien untuk menahan beban vertikal dan tekukan. I-Beam terdiri dari flange dan web. Flange merupakan bagian sayap dari sisi horizontal untuk menahan gaya lentur (momen bending), selanjutnya web merupakan bagian badan pada sisi vertikal yang memberikan sifat kekakuan dan sebagai penahan gaya geser [2].

I-Beam saat dilakukan pemasangan di bidang struktur seperti kolom penyangga, struktur jembatan, maupun penyangga atap [3]. I-Beam ini saat diaplikasikan akan menerima gaya eksternal dari luar atau biasa disebut dengan gaya aksi. Setelah I-Beam menerima gaya aksi, tumpuan yang ada pada I-Beam memberikan perlawanan gaya yang diberi nama gaya reaksi. Gaya reaksi muncul akibat dari beberapa tumpuan. Beberapa jenis tumpuan yang paling sering

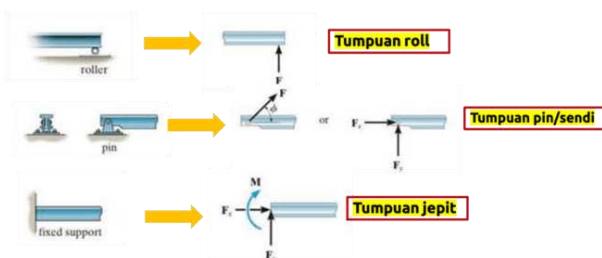
digunakan yaitu tumpuan roll, tumpuan pin/ sendi, dan tumpuan jepit [4]. Tumpuan roll merupakan tumpuan yang menerima gaya tekan yang tegak lurus bidang. Tumpuan pin/ sendi merupakan tumpuan yang menerima gaya tekan maupun tarik di arah sudut tertentu, horizontal, maupun vertikal asal garis kerjanya melewati garis kerja engsel. Tumpuan jepit merupakan tumpuan yang dapat memiliki 3 jenis reaksi, yaitu gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal, dan reaksi momen [5].



Gambar 1. Struktur I-Beam

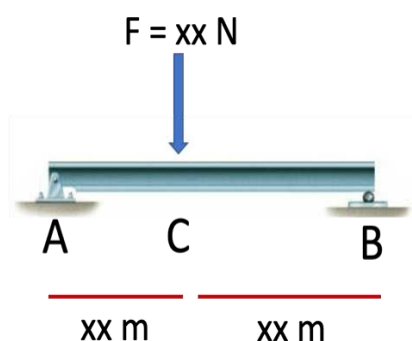
Pada sistem perancangan yang akan dilakukan pada penelitian ini digunakan pemberian beban terpusat (F_{aksi}) dengan dua titik tumpuan yaitu tumpuan pin/ sendi (titik A) dan tumpuan roll (titik B) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh tumpuan dalam menjaga I-Beam

supaya tetap setimbang dan tidak bergeser yang dinyatakan dalam gaya reaksi (F_{reaksi}). Meskipun solusi berbasis *web* seperti *online beam calculator* telah tersedia untuk menampilkan diagram *Shear Force* (SFD) dan *Bending Moment* (BMD)[6], mayoritas platform tersebut masih bersifat *black-box* yang hanya menyajikan hasil akhir tanpa transparansi alur komputasi. Dari perspektif sistem informasi, terdapat kesenjangan dalam ketersediaan alat simulasi yang ringan namun mampu mendemonstrasikan proses dekomposisi gaya secara sistematis dan bertahap (*step-by-step*). Kebanyakan perangkat lunak analisis struktur saat ini masih memerlukan instalasi spesifik dan memiliki kurva pembelajaran yang tinggi, sehingga diperlukan inovasi berupa *Single-Page Simulation* yang responsif untuk meningkatkan aksesibilitas data teknis secara *real-time*.



Gambar 2. Jenis – Jenis Tumpuan

Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan pada pengembangan simulasi visualisasi komputasi beban terpusat menggunakan teknologi HTML, JavaScript, dan CSS untuk menjembatani kebutuhan analisis cepat yang transparan. Sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengguna spesifik, mencakup mahasiswa teknik sebagai media pembelajaran interaktif untuk memvalidasi perhitungan manual, dosen sebagai alat bantu instruksional dalam memvisualisasikan konsep mekanika statis, serta praktisi konstruksi dan teknisi manufaktur sebagai instrumen verifikasi awal (*early-stage analysis*) untuk menentukan kapasitas beban pada struktur I-Beam di lapangan maupun di lantai produksi.



Gambar 3. Pemberian Beban Terpusat Pada Tumpuan Pin/Sendi (Titik A) dan Tumpuan Roll (Titik B)

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Metodologi Pengembangan Sistem

Pengembangan aplikasi ini menerapkan model Waterfall yang mencakup tahapan analisis kebutuhan,

perancangan sistem, implementasi kode menggunakan HTML/JS/CSS, dan pengujian. Tahap analisis difokuskan pada pemetaan parameter mekanika teknik (beban dan jarak) ke dalam variabel digital, sementara tahap perancangan memastikan sistem bersifat Single-Page agar komputasi berjalan sepenuhnya di sisi klien (*client-side*).

2.2. Arsitektur Aplikasi dan Struktur Modul

Simulasi dibangun dengan arsitektur berbasis komponen yang terbagi menjadi empat modul utama:

1. Input & Validasi
Menangani penangkapan data dari slider dan text field serta memastikan input bersifat numerik positif.
2. Calculation Engine
Unit logika pusat yang memproses algoritma keseimbangan momen.
3. Dynamic Visualization Module
Mengatur render visual I-Beam dan vektor gaya secara *real-time* melalui manipulasi DOM (Document Object Model).
4. Reporting Module
Menghasilkan representasi tekstual langkah demi langkah dari proses substitusi rumus.

2.3. Alur Logika Sistem (Flowchart)

Proses simulasi dimulai dari inisialisasi parameter oleh pengguna. Sistem kemudian melakukan validasi data; jika valid, Calculation Engine akan menghitung nilai L_{total} ($L_1 + L_2$), kemudian menghitung R_{AV} dan R_{BV} . Hasilnya secara simultan dikirim ke modul visualisasi dan modul pelaporan untuk ditampilkan kepada pengguna.

2.4. Algoritma Perhitungan (Pseudocode)

Algoritma inti dalam Calculation Engine dapat direpresentasikan dalam pseudocode berikut:

Tabel 1. Algoritma Calculation Engine

```
// Pseudocode Algoritma Reaksi Tumpuan I-Beam
FUNCTION calculateReactions():
  GET F from element 'forceF'
  GET dAC from element 'numAC'
  GET dBC from element 'numBC'

  IF (F, dAC, atau dBC <= 0) THEN:
    SHOW alert "Input harus lebih dari 0"
    RETURN

  SET L = dAC + dBC
  SET RAV = (F * dBC) / L
  SET RBV = (F * dAC) / L

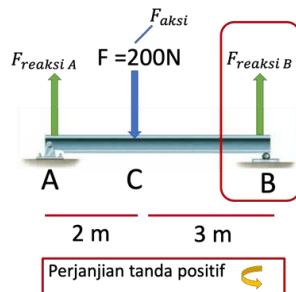
  RENDER htmlStepsRAV to element 'calcRAV'
  RENDER htmlStepsRBV to element 'calcRBV'
  SET display 'resultSection' to VISIBLE
END FUNCTION
```

2.5. Perhitungan Manual Melalui Momen Gaya

Perhitungan manual melalui momen gaya dapat dibuat diagram benda bebasnya (*free body diagram*) seperti ilustrasi pada gambar dibawah ini.

Berdasarkan diagram benda bebas pembebanan terpusat, maka perhitungan momen di titik A maupun B dapat diperoleh melalui persamaan :

$$\Sigma M = 0 \quad (1)$$

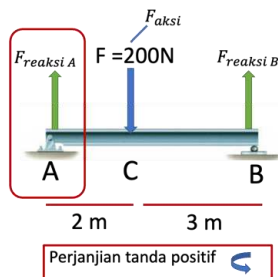


Gambar 4. Diagram Benda Bebas Pembebanan Terpusat Pada I-Beam Pada Titik A dengan Pusat Momen di Titik B

Selanjutnya mencari reaksi tumpuan di titik A arah vertikal (R_{AV}) melalui momen di titik B seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4 dengan penjabaran seperti perhitungan seperti berikut [4] :

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 200\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ R_{AV} &= 120\text{ N}\end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai reaksi tumpuan di titik A, kemudian dicari reaksi tumpuan di titik B arah vertikal (R_{BV}) melalui momen di titik A seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Benda Bebas Pembebanan Terpusat Pada I-Beam Pada Titik B dengan Pusat Momen di Titik A

dengan penjabaran seperti perhitungan seperti berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ R_{BV}(5\text{ m}) - F_C(2\text{ m}) &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} - 200\text{ N}(2\text{ m}) &= 0 \\ R_{BV} &= 80\text{ N}\end{aligned}$$

2.6. Pemodelan Berbasis Web

Pemodelan berbasis *web* dalam penelitian ini berfungsi sebagai platform interaktif yang

mengotomatisasi perhitungan reaksi tumpuan pada struktur balok sederhana (I-Beam). Sistem ini dikembangkan menggunakan arsitektur Single Page Application (SPA) yang mengintegrasikan representasi visual dinamis dengan algoritma komputasi mekanika teknik [7]. Secara fungsional, simulasi ini memungkinkan pengguna untuk memanipulasi variabel gaya beban aksi serta bentang jarak antar titik tumpuan secara real-time. Interaksi masukan tersebut kemudian diterjemahkan oleh sistem ke dalam proses perhitungan matematis yang komprehensif. Selain menampilkan besaran akhir dari gaya reaksi pada tumpuan pin dan roller, sistem ini secara otomatis merender tahapan penyelesaian persamaan momen statis secara terstruktur, sehingga alur penyelesaian masalah dapat diobservasi selangkah demi selangkah secara transparan.

Tujuan utama dari pengembangan simulasi berbasis *web* ini adalah untuk meningkatkan efektivitas pemahaman konsep dan efisiensi analisis teknis. Dari perspektif pedagogis, pemodelan ini dirancang sebagai instrumen alat bantu pembelajaran interaktif yang menjembatani transisi antara teori kesetimbangan benda tegar dengan visualisasi praktisnya. Pengguna dapat dengan mudah mengevaluasi dan memvalidasi hasil perhitungan manual mereka melalui perbandingan langsung dengan rincian sistematis yang disajikan oleh perangkat lunak. Sementara itu, dari aspek utilitas praktis, pendekatan berbasis *web* ini bertujuan untuk menyediakan kalkulator teknis yang mudah diakses (aksesibilitas tinggi) melalui berbagai perangkat gawai tanpa memerlukan instalasi khusus, sekaligus secara signifikan mereduksi potensi galat manusia (human error) dalam rutinitas perhitungan analisis struktur konvensional.

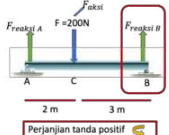
2.7. Perbandingan Kesesuaian Perhitungan Manual Matematis Dengan Hasil Pemodelan

Perhitungan manual matematis melalui momen gaya pada pembebanan terpusat memiliki tiga variabel utama, yaitu titik A, titik B, dan titik C. Titik A merupakan tumpuan sendi/ pin atau nilai (F_{reaksi}) titik A arah vertikal (R_{AV}). Titik B merupakan tumpuan roll atau nilai (F_{reaksi}) titik B arah vertikal (R_{BV}). Titik C merupakan pembebanan eksternal atau nilai beban terpusat (F_{aksi}). Berdasar ketiga variabel tersebut, dibuat 5 data perhitungan mencari (F_{reaksi}) di titik A dan B dengan variasi pembebanan eksternal di titik C (F_{aksi}) sebesar 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; dan 600 N yang bekerja pada sebuah batang I-Beam yang memiliki panjang 5 meter. Kondisi ini diperkuat dengan nilai jarak I-Beam titik A-C dan titik C-B yang konstan berturut – turut dengan nilai 2 meter dan 3 meter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Analisis Secara Manual

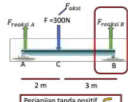
Perhitungan detail nilai pembebanan di titik C dengan gaya aksi 200 N menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A dan B sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 200\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 600\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} &= -600\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{AV} &= \frac{600\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{AV} &= 120\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

Gambar 6. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi di Titik A dan B dengan Gaya Aksi di Titik C sebesar 200 N

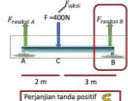
Selanjutnya perhitungan detail nilai pembebanan di titik C dengan gaya aksi 300 N menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A dan B sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 300\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 900\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} &= -900\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{AV} &= \frac{900\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{AV} &= 180\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

Gambar 7. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi di Titik A dan B dengan Gaya Aksi di Titik C sebesar 300 N

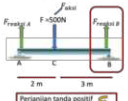
Kemudian perhitungan detail nilai pembebanan di titik C dengan gaya aksi 400 N menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A dan B sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 400\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 1200\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} &= -1200\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{AV} &= \frac{1200\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{AV} &= 240\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

Gambar 8. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi di Titik A dan B dengan Gaya Aksi di Titik C sebesar 400 N

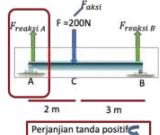
Pada variabel selanjutnya, perhitungan detail nilai pembebanan di titik C dengan gaya aksi 500 N menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A dan B sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 500\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 1500\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} &= -1500\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{AV} &= \frac{1500\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{AV} &= 300\text{ N}\end{aligned}$$


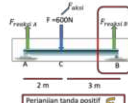
Perjanjian tanda positif

Gambar 9. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi di Titik A dan B dengan Gaya Aksi di Titik C sebesar 500 N

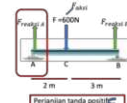
Pada variabel terakhir, perhitungan detail nilai pembebanan di titik C dengan gaya aksi 600 N menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A dan B sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ R_{BV}(5\text{ m}) - F_C(2\text{ m}) &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} - 200\text{ N}(2\text{ m}) &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} - 400\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} &= 400\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{BV} &= \frac{400\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{BV} &= 80\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= 0 \\ -R_{AV}(5\text{ m}) + F_C(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 600\text{ N}(3\text{ m}) &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} + 1800\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ -5\text{ m} \cdot R_{AV} &= -1800\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{AV} &= \frac{1800\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{AV} &= 360\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ R_{BV}(5\text{ m}) - F_C(2\text{ m}) &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} - 600\text{ N}(2\text{ m}) &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} - 1200\text{ N} \cdot \text{m} &= 0 \\ 5\text{ m} \cdot R_{BV} &= 1200\text{ N} \cdot \text{m} \\ R_{BV} &= \frac{1200\text{ N} \cdot \text{m}}{5\text{ m}} \\ R_{BV} &= 240\text{ N}\end{aligned}$$


Perjanjian tanda positif

Gambar 10. Hasil Perhitungan Gaya Reaksi di Titik A dan B dengan Gaya Aksi di Titik C sebesar 600 N

Melalui perhitungan matematis manual dengan variabel pembebanan eksternal di titik C (F_{aksi}) sebesar 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; dan 600 N, diperoleh nilai F_{reaksi} di titik A dan B sebesar dibawah ini:

Tabel 2. Nilai F_{reaksi} di titik A dan B

$F_{aksi\ C\ (N)}$	$F_{reaksi\ A\ (N)}$	$F_{reaksi\ B\ (N)}$
200	120	80
300	180	120
400	240	160
500	300	200
600	360	240

Berdasarkan perhitungan manual kelima variabel pemberian pembebanan di titik C yang tertera di tabel, diperoleh nilai (F_{reaksi}) di titik A dan B yang sesuai dengan perhitungan momen pada persamaan 1 [4].

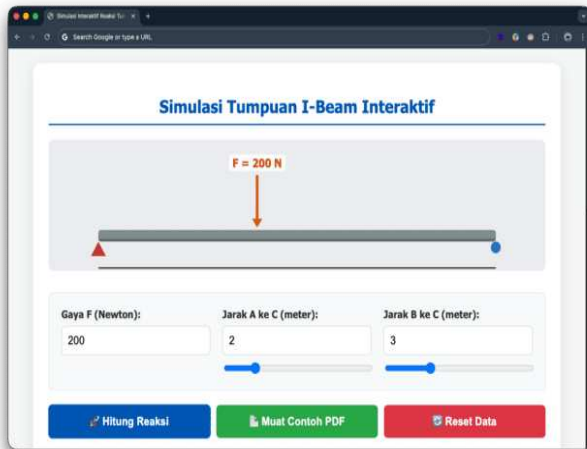
Perhitungan ini dapat dijadikan landasan dalam menentukan pemilihan material I-Beam yang akan digunakan dari baja berjenis apa yang diinginkan dan perkiraan biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan suatu I-Beam pada aplikasi tertentu [8]. Perhitungan manual secara matematis ini apabila digunakan untuk menganalisis struktur tahap pertama material I-Beam pada pekerjaan proyek pembuatan gedung di lapangan atau pembuatan rangka mesin dalam jumlah banyak di industri manufaktur akan memakan waktu yang cukup lama.

3.2. Simulasi Pembebanan Titik Terpusat

Pengembangan sistem simulasi perhitungan reaksi tumpuan I-Beam ini dibangun dalam bentuk Single Page Application (SPA) menggunakan kombinasi bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript. Sistem ini dirancang dengan antarmuka yang responsif, memastikan tata letak elemen dapat menyesuaikan secara otomatis dengan berbagai ukuran layar perangkat pengguna, baik pada komputer meja maupun telepon seluler. Pendekatan ini dipilih untuk memaksimalkan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan [9].

Salah satu fitur utama dari sistem ini adalah representasi visual dinamis dari struktur I-Beam yang dibangun sepenuhnya menggunakan manipulasi elemen CSS. Visualisasi ini mencakup penggambaran tumpuan pin di titik A, tumpuan roller di titik B, serta panah gaya penunjuk beban yang posisinya dapat berubah secara real-time. Pergerakan titik henti panah gaya tersebut dikalkulasi berdasarkan persentase jarak input pengguna terhadap panjang total balok, sehingga memberikan

gambaran spasial yang akurat terhadap letak pembebanan.



Gambar 11. Simulasi Data ke-1

Untuk memfasilitasi interaksi pengguna, sistem menyediakan mekanisme masukan ganda (dual input mechanism) pada pengisian parameter jarak tumpuan. Pengguna diberikan keleluasaan untuk memasukkan nilai numerik secara langsung melalui kolom teks atau menggunakan komponen interaktif berupa slider yang dapat digeser. Kedua elemen masukan ini disinkronisasi melalui algoritma JavaScript, sehingga perubahan pada salah satu elemen akan secara otomatis memperbarui nilai pada elemen lainnya tanpa adanya jeda waktu komputasi.

Selain sinkronisasi masukan, sistem dilengkapi dengan fungsi pembaruan visual secara langsung yang terpicu setiap kali terjadi modifikasi pada parameter gaya maupun jarak. Fungsi ini bertugas mengubah teks label informatif pada gambar visualisasi secara otomatis, seperti besaran beban, panjang segmen A-C, dan panjang segmen B-C. Mekanisme ini dirancang untuk memastikan bahwa visualisasi yang ditampilkan di layar selalu valid dan selaras dengan data parameter yang sedang dianalisis oleh pengguna.

Guna mencegah terjadinya kesalahan komputasi (computational error), sistem menerapkan fungsi validasi data masukan secara ketat sebelum proses perhitungan matematis dieksekusi. Algoritma akan memeriksa apakah nilai yang dimasukkan oleh pengguna berupa angka yang valid dan bernilai lebih dari nol. Apabila sistem mendeteksi adanya masukan yang tidak sesuai prosedur, bernilai negatif, atau dibiarkan kosong, sebuah kotak dialog peringatan akan muncul untuk menginstruksikan pengguna agar memperbaiki data tersebut.

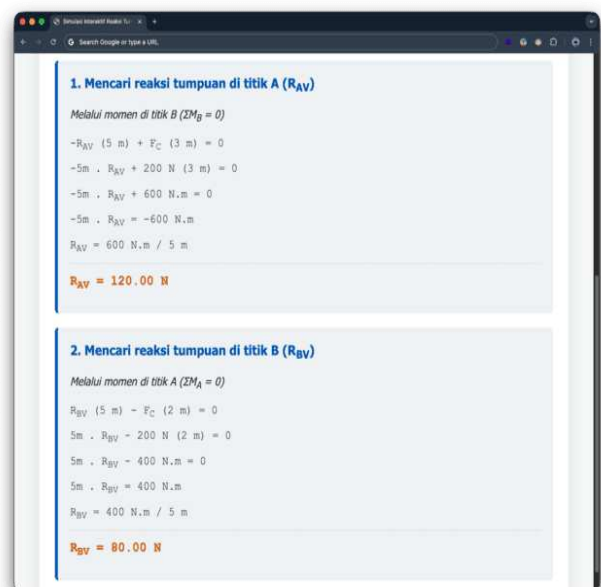
Inti pemrosesan dari simulasi ini terletak pada mesin kalkulasi (calculation engine) yang menerjemahkan prinsip dasar kesetimbangan benda tegar ke dalam blok kode program. Mesin ini mengotomatisasi penyelesaian persamaan total momen pada titik tumpuan. Jarak bentang total dihitung dengan menjumlahkan jarak segmen A-C dan B-C, yang kemudian diolah sebagai lengan momen untuk

menghitung besaran reaksi tumpuan vertikal di titik A dan titik B sesuai dengan hukum mekanika teknik.

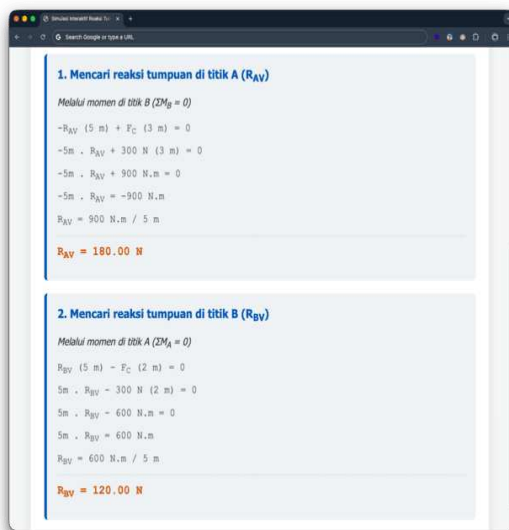
Keunggulan lain dari sistem ini adalah kemampuannya untuk tidak hanya menyajikan nilai akhir, tetapi juga menampilkan rincian langkah-langkah penyelesaian matematis (*step-by-step rendering*). Fungsi ini merangkai variabel masukan ke dalam format representasi rumus secara terstruktur, mulai dari persamaan dasar, proses substitusi nilai operasional, hingga dekomposisi hasil akhir dalam satuan Newton. Pendekatan algoritmik yang transparan ini secara khusus dirancang untuk mendemonstrasikan proses kognitif penyelesaian masalah, sehingga sangat ideal untuk mendukung keperluan pedagogis.

Untuk mempermudah demonstrasi dan pengujian fungsionalitas, sistem mengintegrasikan fitur pemuatan data otomatis melalui tombol “Muat Contoh PDF”. Saat fitur ini diaktifkan, algoritma akan secara otomatis mengisi parameter masukan dengan studi kasus standar yang merujuk pada materi pembelajaran dasar, yaitu dengan parameter beban gaya sebesar 200 N, jarak A-C sejauh 2 m, dan jarak B-C sejauh 3 m. Setelah data termuat, sistem akan langsung mengeksekusi kalkulasi dan merender hasil perhitungannya secara instan.

Untuk memverifikasi tingkat akurasi dan keandalan sistem simulasi yang telah dikembangkan, dilakukan analisis komparatif antara keluaran komputasi aplikasi dengan hasil perhitungan analitis yang dilakukan secara manual. Proses validasi ini menggunakan skenario pengujian dengan konfigurasi jarak tumpuan yang dijaga konstan (jarak A-C sejauh 2 m dan jarak B-C sejauh 3 m), sementara beban gaya aksi (F_{aksi}) yang diaplikasikan pada titik C divariasikan dalam rentang 200 N hingga 600 N dengan interval kenaikan 100 N. Parameter pengujian ini dirancang untuk melihat konsistensi algoritma dalam merespons perubahan variabel bebas secara proporsional.

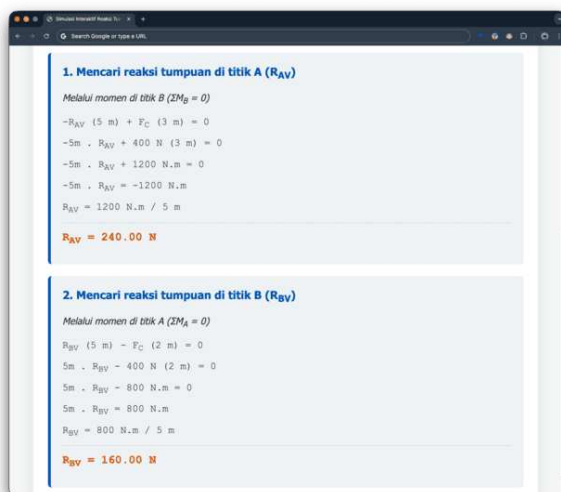


Gambar 12. Hasil Simulasi Data ke-1



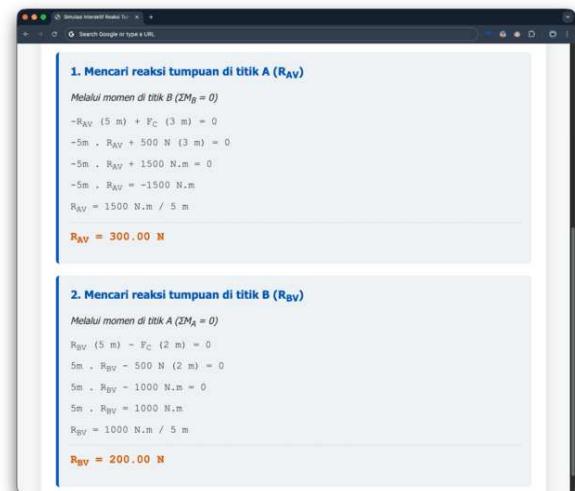
Gambar 13. Hasil Simulasi Data ke-2

Berdasarkan pengujian komprehensif yang telah dilakukan, hasil simulasi berbasis *web* ini terbukti sangat akurat dan presisi, menunjukkan kesesuaian mutlak dengan rincian data komputasi manual yang direpresentasikan pada Tabel 1. Sebagai contoh pembandingan, ketika sistem diberikan masukan gaya aksi sebesar 200 N, algoritma secara tepat menghasilkan nilai gaya reaksi di titik A (F_{reaksi}) sebesar 120 N dan gaya reaksi di titik B (F_{reaksi}) sebesar 80 N. Konsistensi komputasi ini juga berlanjut secara linear pada seluruh variasi uji lainnya, seperti pada pemberian beban maksimal 600 N yang secara akurat memproyeksikan gaya reaksi sebesar 360 N di titik A dan 240 N di titik B.



Gambar 14. Hasil Simulasi Data ke-3

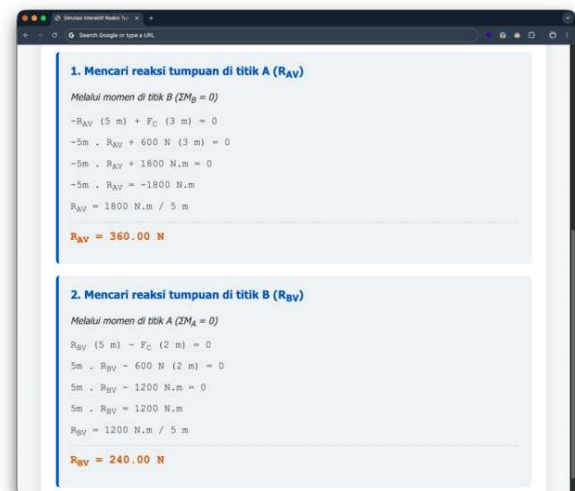
Keselarasan data ini secara empiris mengonfirmasi bahwa rumusan matematika dan logika pemrograman yang ditanamkan ke dalam mesin kalkulasi sistem telah valid, fungsional, dan terbebas dari galat komputasi (*computational error*).



Gambar 15. Hasil Simulasi Data ke-4

Hasil pengujian terhadap lima variasi beban aksial (200 N, 300 N, 400 N, 500 N, dan 600 N) menunjukkan bahwa nilai gaya reaksi yang dihasilkan oleh sistem memiliki akurasi yang sepenuhnya selaras dengan hasil perhitungan manual.

Pencapaian akurasi mutlak ini menegaskan bahwa integritas struktur logika dalam sistem telah mencapai standar reliabilitas tertinggi. Dengan tidak adanya celah antara prediksi teoritis dan hasil komputasi, model ini siap digunakan untuk analisis yang lebih kompleks tanpa risiko deviasi teknis.



Gambar 16. Hasil Simulasi Data ke-5

3.3. Simulasi Pembebanan Titik Terpusat

Pengujian Black Box dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas sistem dari sisi antarmuka pengguna (UI) dan akurasi logika perhitungan tanpa melihat struktur kode internal [10]. Fokus utama pengujian ini adalah memastikan bahwa setiap input memberikan respon yang sesuai dan hasil komputasi sistem selaras dengan perhitungan teoretis (manual).

Tabel 3. Nilai Simulasi Pengujian Black Box

Skenario	Input Data	Hasil yang Diharapkan (Manual)	Hasil Output	Status
Sinkronisasi Input	Menggeser <i>Slider</i> L_1 ke 2.5	Nilai pada <i>Text Field</i> L_1 berubah menjadi 2.5	Nilai tersinkronisasi otomatis	Berhasil
Validasi Input Kosong	Gaya (F) = 0 / Kosong	Muncul peringatan (<i>alert</i>) "Input harus lebih dari 0"	Muncul pesan peringatan	Berhasil
Akurasi Kasus 1	F = 200N, $L_1=2m$, $L_2=3m$	$R_{AV}=120N$, $R_{BV}=80N$	$R_{AV}=120.00N$, $R_{AB}=80.00N$	Berhasil
Akurasi Kasus 2	F = 300N, $L_1=2m$, $L_2=3m$	$R_{AV}=180N$, $R_{BV}=120N$	$R_{AV}=180.00N$, $R_{AB}=120.00N$	Berhasil
Akurasi Kasus 3	F = 400N, $L_1=2m$, $L_2=3m$	$R_{AV}=240N$, $R_{BV}=160N$	$R_{AV}=240.00N$, $R_{AB}=160.00N$	Berhasil
Akurasi Kasus 4	F = 500N, $L_1=2m$, $L_2=3m$	$R_{AV}=300N$, $R_{BV}=200N$	$R_{AV}=300.00N$, $R_{AB}=200.00N$	Berhasil
Akurasi Kasus 5	F = 600N, $L_1=2m$, $L_2=3m$	$R_{AV}=360N$, $R_{BV}=240N$	$R_{AV}=360.00N$, $R_{AB}=240.00N$	Berhasil
Fungsi Tombol Reset	Klik "Reset Halaman"	Seluruh input kembali ke 0 dan panel hasil tersembunyi	Form bersih & hasil hilang	Berhasil

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan seluruh rangkaian tahapan penelitian dapat disimpulkan bahwa perhitungan analisis struktur penyangga pada batang baja I-Beam melalui pembebanan terpusat dapat dihitung secara matematis manual menggunakan persamaan momen dan telah berhasil dimodelkan melalui simulasi berbasis *web*. Hasil komputasi terhadap persamaan yang diimplementasikan pada lima data uji menunjukkan adanya kesesuaian, sehingga hasil simulasi tersebut dapat dijadikan sebagai landasan acuan pengambilan keputusan tahap pertama dalam pemilihan material I-Beam yang digunakan pada pembuatan gedung maupun rangka mesin pada industri manufaktur.

Saran agar penelitian ini semakin berkembang kedepannya, yaitu dengan menambahkan pembebanan baru seperti pembebanan terdistribusi pada simulasi *web*. Seperti yang kita ketahui pada analisis struktur, I-Beam tidak hanya menerima satu beban terpusat saja tapi memperoleh berbagai beban yang terdistribusi secara merata dari batang Beam lain yang bekerja di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nofri, M., & Taryana, A. (2017). ANALISIS SIFAT MEKANIK BAJA SKD 61 DENGAN BAJA ST 41 DILAKUKAN HARDENING DENGAN VARIASI TEMPERATUR. *Bina*

- Teknika*, 13(2), 189.
<https://doi.org/10.54378/bt.v13i2.218>
- [2] Sayed-Ahmed, E., Mustafa, H., Elserwi, A., & Dessouki, A. (2014). Design of Steel I-Beams: A proposed equation. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 14, 20–28.
<https://doi.org/10.56748/ejse.14177>
- [3] Santos, A. F., Lemma, M. S., Conde, J., & da Silva, L. S. (2026). Face plate component model in I-beam to concrete-filled tubular column steel joints. *Journal of Constructional Steel Research*, 242, 110300.
<https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2026.110300>
- [4] Hibbeler, R. C. (2017). *Mechanics of materials* (10th ed.). Pearson.
- [5] Endriatno, N.-. (2022). PENGARUH JENIS TUMPUAN TERHADAP PERPINDAHAN GETAR BALOK ALUMINIUM. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(2), 87.
<https://doi.org/10.33772/djitm.v13i2.25411>
- [6] Sakti, B., Agus Salim Siregar, J. H., Baru, K., Medan Tembung, K., Deli Serdang, K., & Utara, S. (2025). Analisis Struktur Sederhana Rel Kereta Api: Studi Kasus Balok Rangkaian Rel dengan Beban Merata Roda Kereta. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 17, Number 2).
- [7] Triambudhi, S., Irawan, I. D., & Fadhilah, F. Y. (2025). ANALYSIS OF CONTENT MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT FOR TAMAN MINI ONLINE TICKETING LANDING PAGE. *Jurnal Riset Informatika*, 8(1), 1–10.
- [8] Callister, W. D. (2020). *MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING : an introduction*. (10th ed.). Wiley.
- [8] Kothapalli, M. (2022). Performance analysis of single page applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 11(1), 1631–1635.
<https://doi.org/10.21275/sr24529184457>
- [9] Triambudhi, S., Irawan, I. D., & Fadhilah, F. Y. (2025, November). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN LIBRARY TENSORFLOW DAN APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE KERAS UNTUK KLASIFIKASI MULTI-OBJEK FOTO. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 11, No. 1, pp. 769–777).