

LAPORAN PENELITIAN

Optimasi Desain Struktur Jembatan Menggunakan SAP2000: Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Desa Kecubung, Nganjuk



Oleh:

April Gunarto, ST.,MT

Moch. Zaenuri Arifin, ST.,MT

Sumargono, ST.,MT

Sigit Winarto, ST.,MT

Rendy Kurnia Dewanta, ST.,MT

Fauzie Nursandah, ST.,MT

Bella Amiria Rahmahima, ST, MT

Ir. Herlan Pratikto, MT

Dita Riyanto Putro, S.E., S.T., M.M

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KADIRI

2024

HALAMAN PENGESAHAN

USULAN PENELITIAN UNIVERSITASKADIRI

Judul Penelitian : Optimasi Desain Struktur Jembatan Menggunakan SAP2000: Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Desa Kecubung,Nganjuk

Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : April Gunarto, ST.,MT
 - b. NIP/NIDN : 0727046701
 - c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - d. Program Studi : Teknik Sipil
- Jumlah Anggota Peneliti : Sumargono, ST.,MT
Moch. Zaenuri Arifin, ST.,MT
Sigit Winarto, ST.,MT
Rendy Kurnia Dewanta, ST.,MT
Fauzie Nursandah, ST.,MT
Bella Amiria Rahmahima, ST, MT
Ir. Herlan Pratikto, MT
Dita Riyanto Putro, S.E., S.T., M.M
- Nama Mahasiswa : Redyka Sefiyanti Salman
Alfaridh PasyaDiayu Puri
Herrdiana Ilham Fanani



Zendy Bima Mahardana, ST.,MT
NIDN. 0730019601

Ketua Penelitian

April Gunarto, ST.,MT NIDN.
0727046701

Optimasi Desain Struktur Jembatan Menggunakan SAP2000: Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Desa Kecubung, Nganjuk

Zaenuri, April Gunarto, Rendy Kurnia Dewanta, Sumargono, Sigit Winarto,
Dita Riyanto Putro

Abstrak

Jembatan Kecubung yang terletak di Nganjuk merupakan salah satu infrastruktur yang berada di jalur alternatif antara Surabaya dan Kediri, sering menjadi pilihan utama bagi pengendara terutama saat hari raya ketika volume lalu lintas meningkat drastis. Jembatan Kecubung mengalami berbagai permasalahan struktural yang serius salah satunya keadaan fisik jembatan yang telah menunjukkan keretakan serta paparan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain struktur Jembatan Kecubung yang menghubungkan Desa Kecubung dan Desa Jetis di Nganjuk menggunakan software SAP2000. Jembatan ini mengalami penurunan performa akibat peningkatan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan ekstrem. Evaluasi struktural menggunakan SAP2000 meliputi analisis beban statis dan dinamis serta optimasi desain. Hasil pengujian material menunjukkan kekuatan tekan beton bertulang sebesar 40 MPa dan kekuatan tarik baja tulangan sebesar 515 MPa, memenuhi standar yang diperlukan. Simulasi beban mengindikasikan bahwa jembatan mampu menahan beban operasional dengan margin keamanan yang memadai. Optimalisasi desain menghasilkan pengurangan biaya material hingga 10%, meningkatkan efisiensi proyek dan mempercepat waktu konstruksi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi analisis dan optimasi struktural seperti SAP2000 dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan proyek konstruksi, serta memberikan kontribusi signifikan dalam manajemen konstruksi di masa depan.

Kata Kunci: Baja Tulangan, Beton Bertulang, Jembatan, SAP2000

Abstract

The Amethyst Bridge, located in Nganjuk, is one of the infrastructures on the alternative route between Surabaya and Kediri, often serving as the primary choice for motorists, particularly during holidays when traffic volume increases significantly. The Amethyst Bridge is experiencing various serious structural problems, one of which is the physical condition of the bridge, which has shown cracks and exposure to extreme environmental conditions. This research aims to optimize the design of the structure of the Amethyst Bridge that connects Amethyst Village and Jetis Village in Nganjuk using SAP2000 software. This bridge has experienced a decline in performance due to increased traffic load and extreme environmental conditions. Structural evaluation using SAP2000 includes static and dynamic load analysis and design optimization. The material test results show that the compressive strength of reinforced concrete is 40 MPa and the tensile strength of reinforcing steel is 515 MPa, meeting the required standards. Load simulations indicate that the bridge is able to withstand operational loads with an adequate margin of safety. Design optimization results in a reduction in material costs by up to 10%, improving project efficiency and accelerating construction time. This study shows that the use of structural analysis and optimization technologies such

as SAP2000 can improve the efficiency and reliability of construction projects, as well as make a significant contribution to construction management in the future.

Keywords: *reinforcement steel, reinforced concrete, bridge, SAP2000*

Pendahuluan

1. Latar Belakang

Jembatan Kecubung yang terletak di Nganjuk merupakan salah satu infrastruktur penting yang menghubungkan Desa Kecubung dengan Desa Jetis. Jembatan ini berada di jalur alternatif antara Surabaya dan Kediri, sering menjadi pilihan utama bagi pengendara, terutama saat hari raya ketika volume lalu lintas meningkat drastis. Sebagai jalur penghubung utama, Jembatan Kecubung memainkan peran vital dalam mendukung mobilitas dan aktivitas ekonomi masyarakat setempat, memastikan arus barang dan orang dapat berlangsung dengan lancar. Namun, seiring berjalannya waktu, Jembatan Kecubung mengalami berbagai permasalahan struktural yang serius. Penurunan performa akibat peningkatan beban lalu lintas yang terus menerus menjadi salah satu isu utama[1]. Selain itu, keadaan fisik jembatan yang telah menunjukkan keretakan serta paparan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti banjir dan perubahan suhu yang drastis, turut memperparah kondisi struktur jembatan. Permasalahan ini tidak hanya berpotensi menurunkan keamanan dan kenyamanan pengguna jembatan, tetapi juga meningkatkan risiko kegagalan struktural yang dapat mengakibatkan kecelakaan serius dan mengganggu aktivitas ekonomi di daerah tersebut[2]. Kebutuhan untuk segera melakukan evaluasi dan perencanaan ulang struktur jembatan menjadi semakin mendesak, guna memastikan bahwa Jembatan Kecubung tetap dapat berfungsi dengan baik dan aman dalam jangka panjang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi yang komprehensif, salah satunya melalui perencanaan ulang struktur jembatan. Perencanaan ulang ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas jembatan, memastikan bahwa struktur tersebut mampu menahan beban operasional yang diantisipasi, dan memperpanjang umur layanan jembatan. Perencanaan ulang dapat dilakukan secara manual atau dengan bantuan software analisis struktur seperti SAP2000. SAP2000 adalah software analisis struktur yang sering digunakan dalam bidang teknik sipil untuk melakukan simulasi dan optimasi desain. Software ini memiliki fungsi yang meliputi analisis beban statis dan dinamis, evaluasi kekuatan material, dan simulasi struktur kompleks. Penggunaan SAP2000 memungkinkan para insinyur untuk menganalisis berbagai kondisi beban dan respon struktur secara akurat, serta membuat desain yang efisien dan aman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Widarto Sutrisno (2021), penggunaan SAP2000 dalam desain struktur jembatan dapat meningkatkan akurasi analisis beban dan respon struktural, sehingga menghasilkan desain yang lebih efisien dan andal[3]. Metode manual biasanya memerlukan waktu dan tenaga yang lebih besar serta berisiko terhadap kesalahan perhitungan. Sebaliknya, penggunaan SAP2000 memungkinkan analisis yang lebih cepat dan akurat, memanfaatkan berbagai fitur canggih untuk simulasi beban dan optimasi desain struktur.

Penelitian terdahulu telah menunjukkan keberhasilan penggunaan software seperti SAP2000 dalam perencanaan ulang struktur jembatan. Misalnya, studi oleh Achmad Rafi'ud Darajat (2021) menunjukkan bahwa penggunaan SAP 2000 dapat meningkatkan akurasi analisis beban dan respon struktural, sehingga menghasilkan desain yang lebih efisien dan andal [4].

Meskipun telah ada penelitian yang menggunakan SAP2000, masih terdapat beberapa gap yang perlu dijabatani. Penelitian ini akan fokus pada optimasi desain struktur jembatan dengan mempertimbangkan kondisi spesifik Jembatan Kecubung, termasuk beban lalu lintas lokal dan kondisi lingkungan setempat. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih tepat dan efisien untuk permasalahan yang dihadapi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam perencanaan ulang dan optimasi struktur jembatan. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi proyek-proyek serupa di masa depan, memberikan kontribusi pada peningkatan efisiensi biaya dan waktu konstruksi, serta memastikan keamanan dan keandalan infrastruktur. Selain itu, penelitian ini juga dapat mendorong penggunaan teknologi canggih seperti SAP2000 dalam proses desain dan analisis struktural, meningkatkan kualitas dan efektivitas manajemen konstruksi secara keseluruhan.

Metodologi

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus pada proyek pembangunan Jembatan Kecubung di Nganjuk. Metode studi kasus dipilih karena memungkinkan analisis mendalam dan komprehensif terhadap desain dan konstruksi jembatan ini. Data yang dikumpulkan mencakup spesifikasi teknis jembatan, hasil pengujian material, serta dokumentasi proses konstruksi. Spesifikasi teknis mencakup dimensi jembatan, jenis dan kualitas material yang digunakan, serta desain struktural yang direncanakan. Hasil pengujian material melibatkan uji laboratorium untuk memastikan kekuatan dan keandalan material yang digunakan, seperti beton dan baja tulangan. Dengan menggabungkan data-data ini, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain struktur jembatan menggunakan SAP 2000 dan mengevaluasi implikasinya terhadap efisiensi dan keamanan proyek konstruksi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Pengumpulan Data

Data berikut akan digunakan untuk merencanakan ulang desain struktur jembatan yang memerlukan data spesifikasi teknis dan material utama pada pembangunannya[5][6].

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Perencanaan Jembatan Lama dan Baru

Spesifikasi Teknis	Perencanaan Lama	Perencanaan Baru
Panjang Jembatan	20 meter	50 meter
Lebar Jembatan	5 meter	7 meter
Tinggi Jembatan	4 meter (dari permukaan tanah)	5 meter (dari permukaan tanah)
Tipe Jembatan	Jembatan beton bertulang	Jembatan beton bertulang dengan struktur rangka
Jumlah Bentang	2	2
Material Utama	Beton Bertulang	Beton Bertulang

Sumber: Data Pribadi

Tabel 2. Spesifikasi Material yang digunakan Perencanaan Baru

Material Beton	
Kekuatan Tekan (F_c')	40 MPa
Modulus Elastisitas (E)	30.000 MPa
Berat Jenis	24 KN/m ³
Material Baja Tulangan	
Kekuatan Tarik (f_y)	500 MPa
Modulus Elastisitas (E)	200.000 MPa

Sumber: Data Pribadi

Spesifikasi material diatas adalah acuan atau ketentuan yang harus sesuai dalam perencanaan jembatan baru. Material Jembatan nantinya akan dilakukan dengan pengujian Laboratorium yaitu Kuat Tekan dan Kuat Tarik[7][8].

3. Analisis Data Awal

Penggunaan SAP2000 dengan kategori model berikut:

- Model Struktur: Membuat model 3D jembatan berdasarkan spesifikasi teknis.
- Simulasi Beban: Menerapkan beban statis dan dinamis pada model untuk mengevaluasi performa struktur.
- Analisis Kekuatan: Mengevaluasi kekuatan material dan stabilitas struktur jembatan berdasarkan hasil simulasi.

Hasil Pembahasan dan Diskusi

1. Analisis Kekuatan Material

Analisis kekuatan material yang telah dilakukan pengujian material beton bertulang dan baja tulangan dengan sampel Beton berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Dan untuk baja tulangan menggunakan jenis baja tulangan ulir. Berikut adalah hasil dari Pengujian beton bertulang (Tabel 4) dan Baja Tulangan (Tabel 5).

Tabel 4. Hasil Pengujian Beton Bertulang

No	Berat (Kg)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (MPa)
1	8,7	28	40,1
2	8,6	28	40
3	8,7	28	39,9
Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)			40

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil dari Tabel 4 Pengujian Beton Bertulang mendapatkan kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 40.0 MPa, yang memenuhi standar kekuatan tekan minimum yang ditetapkan. Penggunaan beton dengan kekuatan tekan yang sesuai standar memastikan bahwa struktur jembatan mampu menahan beban operasional dengan aman, mengurangi risiko kegagalan struktural.

Tabel 5. Hasil Pengujian Baja Tulangan

No	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)
1	16	500	520	200
2	16	500	510	200
3	16	500	515	200
Rata-Rata Kuat Tarik (MPa)			515	200

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil dari Tabel 5 menunjukkan pengujian baja tulangan ulir dengan kekuatan tarik rata-rata 515 MPa dan modulus elastisitas 200 GPa memenuhi standar kekuatan yang diperlukan untuk proyek ini. Baja tulangan yang memiliki kekuatan tarik tinggi dan modulus elastisitas yang memadai memberikan tambahan keamanan dan kestabilan pada struktur jembatan, memungkinkan penyerapan beban tarik yang dihasilkan oleh beban lalu lintas dan lingkungan.

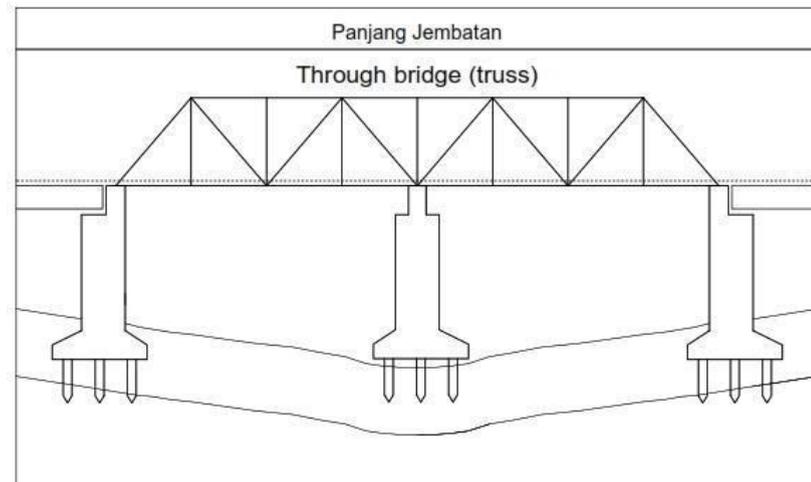
2. Simulasi Beban

Tabel 6. Pembebanan pada Perencanaan Jembatan Baru

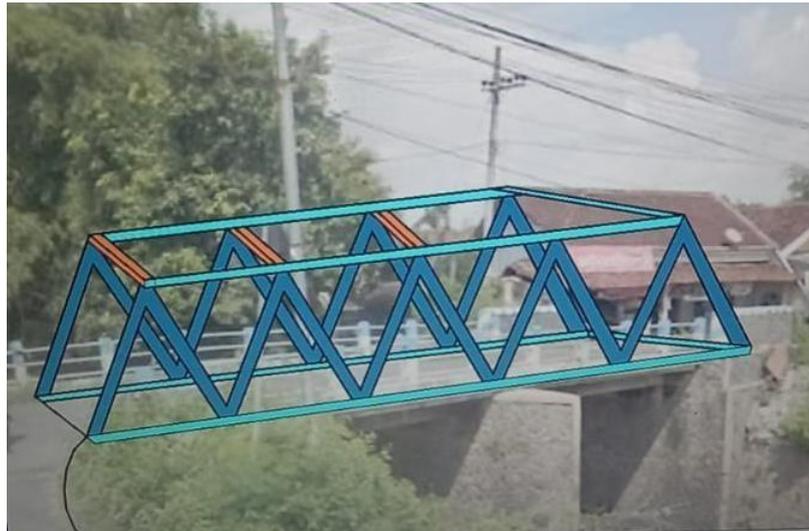
Beban Lalu Lintas	Parameter			
	Beban Maksimum	Deformasi Maksimum	Tegangan Maksimum	Faktor Keamanan
	300 KN	15 mm	25 MPa	1,6
Beban Angin	Beban Lateral	Deformasi Maksimum	Tegangan Maksimum	Faktor Keamanan
	50 KN/m ²	5 mm	10 MPa	2
Beban Gempa	Gaya Inersia	Deformasi Maksimum	Tegangan Maksimum	Faktor Keamanan
	200 KN	20 mm	30 MPa	1,5

Sumber: Hasil Penelitian

Simulasi beban maksimum menunjukkan bahwa jembatan dapat menahan beban lalu lintas yang diantisipasi dengan margin keamanan yang memadai. Faktor keamanan yang memadai memastikan bahwa struktur jembatan dapat menahan beban operasional dan kondisi lingkungan yang berat, meningkatkan keandalan dan umur panjang jembatan.



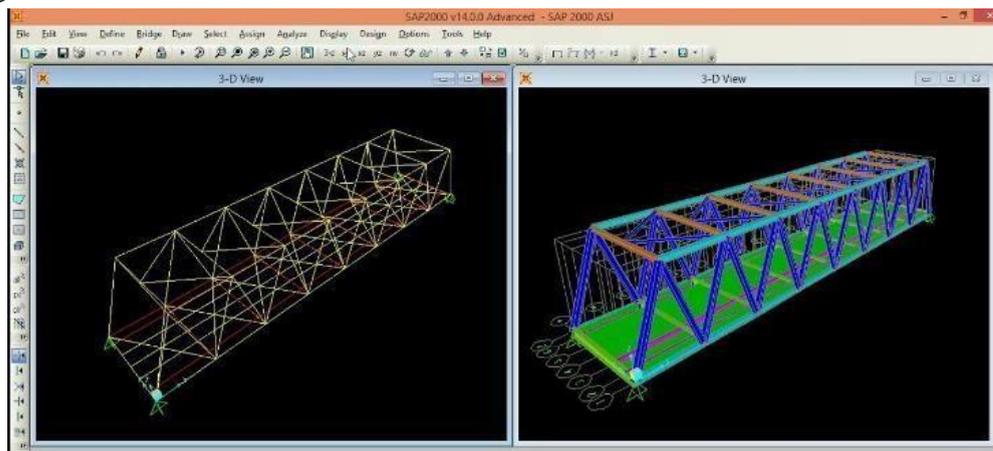
(a)



(b)

Gambar 2. (a) Tampak Samping Desain Jembatan Baja; (b) Desain Perencanaan Baru Jembatan

Berikut Simulasi desain jembatan Baja yang telah diaplikasikan SAP2000 dengan beban-beban diatas:



Gambar 3. Hasil Desain Perencanaan Jembatan Baru versi SAP2000

Hasil simulasi beban menggunakan SAP 2000 menunjukkan bahwa Jembatan Kecubung di Nganjuk mampu menahan beban operasional dan lingkungan yang diantisipasi dengan margin keamanan yang memadai. Data simulasi ini memberikan keyakinan bahwa desain yang dioptimalkan akan memberikan kinerja yang diharapkan, mengurangi risiko perubahan desain yang mahal, serta meningkatkan efisiensi dan keamanan proyek konstruksi.

3. Optimasi Desain Struktur

Berikut adalah Optimasi Biaya dari Perencanaan Lama dan Perencanaan Baru.

Tabel 7. Perencanaan Lama (Sebelum Optimasi)

Komponen	Material	Dimensi Awal	Volume Material (m³)	Biaya Material (Rp/m³)	Total Biaya (Rp)
Balok Utama	Beton Bertulang	0,5 m x 0,8 m x 66,67 m	26,67	1.000.000	26.670.000
Kolom	Beton Bertulang	0.6 m x 0.6 m x 15 m	5,4	1.000.000	5.400.000
Slab Lantai	Beton Bertulang	0.2 m x 10 m x 200 m	400	1.000.000	400.000.000
Baja Tulangan	Baja Tulangan	500 MPa	50	10.000.000	500.000.000
Total Biaya Material Awal (Rp)					932.070.000

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 8. Perencanaan Baru (Sesudah Optimasi)

Komponen	Material	Dimensi Awal	Volume Material (m³)	Biaya Material (Rp/m³)	Total Biaya (Rp)
Balok Utama	Beton Bertulang	0,45 m x 0,75 m x 66,67 m	22,5	1.000.000	22.500.000
Kolom	Beton Bertulang	0,55 m x 0,55 m x 15 m	4,54	1.000.000	4.540.000
Slab Lantai	Beton Bertulang	0,18 m x 10 m x 200 m	360	1.000.000	360.000.000
Baja Tulangan	Baja Tulangan	515 MPa	45	10.000.000	450.000.000
Total Biaya Material Baru (Rp)					837.040.000

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 9. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Optimasi

Komponen	Dimensi Awal	Volume Material (m³)	Pengurangan Volume (%)	Biaya Awal (Rp)	Biaya Optimasi (Rp)
Balok Utama	26,67	22,5	15%	26.670.000	22.500.000
Kolom	5,4	4,54	16%	5.400.000	4.540.000
Slab Lantai	400	360	10%	400.000.000	360.000.000
Baja Tulangan	50	45	10%	500.000.000	450.000.000

Sumber: Hasil Penelitian

Penggunaan SAP2000 memungkinkan identifikasi area yang membutuhkan penguatan tambahan. Optimalisasi penggunaan material berdasarkan hasil simulasi dapat mengurangi biaya material hingga 10,2%. Adanya area penguatan tambahan yang dilakukan oleh balok utama dengan penambahan baja tulangan di area tertentu untuk mengurangi tegangan maksimum. Dengan mengoptimalkan dimensi elemen struktur, volume total beton dan baja tulangan dapat dikurangi hingga 10,2%, yang secara langsung mengurangi biaya material.

Optimasi desain mengarah pada penggunaan material yang lebih efisien, mengurangi biaya proyek, dan mempercepat waktu konstruksi. Optimalisasi ini mengurangi volume material beton dan baja tulangan hingga 10%, yang berdampak langsung pada pengurangan biaya material sebesar sekitar Rp 95,030,000. Dengan mengurangi volume material, efisiensi penggunaan material meningkat dan waktu konstruksi berkurang, yang pada akhirnya mempercepat penyelesaian proyek[9]. Optimasi ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dan simulasi dapat memberikan manfaat signifikan dalam manajemen konstruksi, baik dari segi efisiensi biaya maupun waktu[10]. Secara keseluruhan, kombinasi hasil pengujian material, simulasi beban, dan optimasi desain struktur memberikan keyakinan bahwa Jembatan Kecubung akan berfungsi dengan aman dan efisien. Penggunaan SAP2000 terbukti efektif dalam memastikan kekuatan dan stabilitas jembatan sambil mengoptimalkan penggunaan material dan biaya. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi praktik manajemen konstruksi, menunjukkan bahwa pendekatan berbasis simulasi dan optimasi dapat menghasilkan proyek yang lebih efisien dan ekonomis.

Kesimpulan

Penggunaan SAP2000 efektif dalam mengoptimalkan desain Jembatan Kecubung, menghasilkan efisiensi dan pengurangan biaya material hingga 10%. Analisis struktur yang komprehensif meningkatkan efisiensi dan keamanan proyek, memastikan beton bertulang dan baja tulangan memenuhi standar, serta menunjukkan

jembatan mampu menahan beban operasional yang diantisipasi. Integrasi hasil analisis SAP 2000 dalam desain menghasilkan penghematan biaya dan peningkatan kualitas struktur. Metode serupa sebaiknya diterapkan pada proyek infrastruktur lainnya untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengembangkan model optimasi yang lebih komprehensif, mempertimbangkan faktor lingkungan dan kondisi lapangan. Penggunaan teknologi simulasi dan optimasi seperti SAP 2000 harus diperluas dalam manajemen konstruksi untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan proyek.

Referensi

- [1] S. F. Dwi Desharyanto, Anita Intan Nura Diana, “Perbandingan Struktur Rangka Batang Statis Tertentu Menggunakan Metode Mekanika Klasik dan Program SAP2000,” *J. “MITSU” Media Inf. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 1, pp. 63–72, 2021.
- [2] S. P. Tedi Hermawan, “Perencanaan Struktur Atas Jembatan Tipe Warren Panjang 100 meter di Grand Wisata Kabupaten Bekasi dengan Metode Load and Resistance Factor Design menggunakan Pendekatan Software SAP2000 V.21,” *Struct. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 100–109, 2022.
- [3] W. Sutrisno, L. Chandra, and A. Deonanda, “Perbandingan Frekuensi Alami Jembatan Karangsemut Menggunakan Accelerometer Dan Sap2000,” *J. Rekayasa dan Inov. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 13–18, 2021.
- [4] T. Sipil, F. Teknik, U. Kadiri, and J. Timur, “Peningkatan Workability Pasta Beton Modifikasi Dengan Pemanfaatan Abu Sekam Padi Menggunakan Superplasticizer,” vol. 21, no. 1, pp. 93–102, 2024.
- [5] Direktorat Jenderal Bina Marga, “Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2),” *Kementeri. Pekerj. Umum dan Perumah. Rakyat*, no. Oktober, p. 1036, 2020.
- [6] D. P. Bina marga, A. Untuk, P. Jalan, M. Bahan, A. Untuk, and P. Lentur, “Diklat Penggunaan Bahan & Alat Untuk Pekerjaan Jalan & Jembatan,” pp. 1–84.
- [7] P. M. Beton, “PENGARUH UMUR BETON TERHADAP NILAI KUAT TEKAN PADA MUTU BETON (Effect of Age on the Value of Concrete Strength Press the Quality of Concrete) Yayuk Sri Sundari,” vol. 4, no. April, pp. 55–61, 2012.
- [8] Badan Standardisasi Nasional (BSN), “SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan,” *Standar Nas. Indones.*, no. 8, p. 720, 2019, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [9] D. Fachrurrazi, C. Anwar, and A. Hasan, “Rencana Anggaran Biaya dan Metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Jembatan Lamnyong Kota Banda Aceh,” *J. Sipil Sains Terap.*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [10] T. S. T. Imany, Y. M. Hadi, and A. Zakaria, “Analisis Harga Satuan Pekerjaan Jalan dan Jembatan Menggunakan Program Lazarus (studi kasus devisi 3, 5, 6 & 7),” *J. Rekayasa Sipil Dan Desain*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2016.