

Workshop Pemahaman Karakteristik Material pada Pemodelan Struktur Dengan SAP2000 untuk Optimalisasi Analisis Konstruksi

Titiek Deasy Saptaryani¹, Muhammad Munawir Lasiyono², Budi Santoso³

^{1,2} Universitas Bima Sakapenta, Tegal, Indonesia

³ Politeknik Purbaya, Tegal, Indonesia

Received : 28 November 2025, Revised : 3 Desember 2025, Published : 12 Desember 2025

Corresponding Author

Nama Penulis: Titiek Deasy Saptaryani

E-mail: Ubisatitiekds@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi analisis struktur menuntut kemampuan praktisi dan peserta didik untuk memahami karakteristik material secara tepat sebelum melakukan pemodelan numerik. Kesalahan dalam menentukan parameter material seperti modulus elastisitas, berat jenis, rasio Poisson, dan koefisien muai panjang dapat menyebabkan deviasi signifikan dalam prediksi respons struktur. Kegiatan workshop Kerjasama Universitas Bima Sakapenta (UBisa) dan SMK N 1 Adiwerna bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan teknis peserta dalam menentukan, memvalidasi, dan mengimplementasikan karakteristik material sesuai standar SNI pada perangkat lunak SAP2000. Metode kegiatan meliputi penyampaian materi, demonstrasi langsung, serta praktik pemodelan kerangka beton dan baja menggunakan berbagai parameter material. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan pada kemampuan peserta dalam memasukkan properties material yang benar, memahami pengaruhnya terhadap gaya dalam, defleksi, serta kinerja struktur secara keseluruhan. Peserta juga mampu mengidentifikasi konsekuensi kesalahan input material melalui simulasi studi kasus yang diberikan. Workshop ini berhasil mendukung optimalisasi analisis struktur berbasis komputer dan meningkatkan kapasitas teknis peserta dalam perancangan konstruksi yang lebih akurat dan sesuai standar.

Kata kunci - Analisis Struktur, Karakteristik Material, SAP2000, Universitas Bima Sakapenta, SMKN1 Adiwerna

Abstract

The advancement of structural analysis technology increasingly requires practitioners and students to have an accurate understanding of material properties before performing numerical modeling. Errors in defining material parameters—such as modulus of elasticity, unit weight, Poisson's ratio, and coefficient of thermal expansion—can cause significant deviations in predicting how structures behave. These inaccuracies often lead to unsafe design choices, misinterpretation of analysis results, and differences between predictions and real-world performance. To address this, a collaborative workshop between Bima Sakapenta University (UBisa) and SMK N 1 Adiwerna was created to strengthen participants' fundamental understanding and technical skills in determining, validating, and applying material properties according to SNI standards within the SAP2000 structural analysis software. The program combined lectures, live demonstrations, and hands-on modeling activities involving concrete and steel structural frames using various material parameters. The results of the workshop show a notable improvement in participants' ability to accurately input and adjust material properties, as well as a better understanding of how these parameters impact internal forces, deflections, stiffness, and overall structural performance. Participants were also able to identify and evaluate the effects of incorrect material inputs through guided case studies using simulations. Overall, the workshop successfully enhanced participants' technical skills in computer-based structural analysis and helped promote more accurate, reliable, and standards-compliant structural design practices.

Keywords - Structural Analysis, Material Characteristics, SAP2000, Bima Sakpenta University, SMK N 1 Adiwerna

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

How To Cite : Saptaryani, T. D., Lasiyono, M. M., & Santoso, B. (2025). Workshop Pemahaman Karakteristik Material pada Pemodelan Struktur Dengan SAP2000 untuk Optimalisasi Analisis Konstruksi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4(2), 2656 - 2664. <https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i2.833>

Copyright ©2025 Titiek Deasy Saptaryani, Muhammad Munawir Lasiyono, Budi Santoso

PENDAHULUAN

Teknologi konstruksi menunjukkan perkembangan yang signifikan pada dekade terakhir dengan peningkatan penggunaan material berforma tinggi. Perencanaan dan analisis struktur bangunan, pemilihan dan pemodelan karakteristik material konstruksi (seperti beton dan baja) menjadi sangat penting. Hal tersebut menuntut kemampuan perencana dan praktisi untuk memahami karakteristik mekanik material secara lebih akurat, karena setiap jenis material memiliki perilaku struktural yang berbeda ketika menerima gaya, beban, ataupun aksi lingkungan. Pemilihan perangkat lunak analisis struktur menjadi penting sebagai alat simulasi untuk memprediksi struktur secara presisi, seperti SAP2000.

SAP2000 adalah perangkat lunak (software) analisis dan desain struktur yang dikembangkan oleh *Computers & Structures, Inc. (CSI)* dan menjadi salah satu software "general-purpose" terkemuka yang digunakan untuk analisis struktur sipil, mulai dari gedung, jembatan, dam, menara, hingga struktur *offshore* (CSI, 2025). Tujuan dan Fungsi Utama penggunaan SAP2000 adalah *modeling* (Pemodelan Struktur): SAP2000 memungkinkan pemodelan objek struktural seperti rangka batang (*frame*), pelat & dinding (*shell*), kabel, tendon, dan elemen padat (*solid*). SAP2000 pada analisis struktur berupa analisis statik linier, analisis nonlinier, analisis dinamik (misal spektrum gempa atau *time-history*), analisis P-Delta, analisis *buckling*, dan lainnya. Untuk desain struktur dilengkapi dengan *tools desain* (*design code checking*) untuk material seperti beton, baja, aluminium, dan profil lainnya menyesuaikan dengan kode desain internasional. Dapat sebagai Interoperabilitas dan Laporan dimana SAP2000 bisa ekspor-impor model dari/ke software BIM (seperti Revit), AutoCAD, Tekla, dan mendukung API untuk otomatisasi. Hasil analisis bisa diekspor ke Excel, HTML, dan lain-lain (CSI America, 2025).

Halim et al. (2022) menggunakan SAP2000 v22 untuk analisis struktur baja dan menyimpulkan bahwa pemilihan profil baja dan model material memainkan peran kunci dalam hasil analisis. Sedangkan Prasetyo & Pangestuti (2023) menunjukkan bahwa pemodelan 3-D dengan SAP2000 untuk gedung tinggi harus disertai penyesuaian standar SNI agar hasil analisis akurat. Hasil analisis SAP2000 untuk gedung bertingkat sangat dipengaruhi oleh metode spektrum respons dan ketepatan input parameter struktur (Andika & Roesdiana, 2025). Pradipta & Warastuti (2024) menerapkan analisis pushover di SAP2000 pada struktur baja dan menekankan pentingnya definisi material yang tepat untuk memperoleh kapasitas atas yang valid. Yazid et al. (2023) membandingkan analisis balok 2D antara metode matriks dan SAP2000, dan menemukan bahwa pemodelan yang akurat bergantung pada input yang tepat."

Keakuratan hasil analisis SAP2000 sangat bergantung pada pemahaman mendalam terhadap karakteristik material yang dimasukkan sebagai input. Parameter seperti modulus elastisitas (E), rasio Poisson (ν), berat jenis (ρ), koefisien muai panjang (α), dan damping merupakan komponen fundamental yang menentukan kekakuan, deformasi, getaran, serta respons dinamik struktur. Pada banyak kasus di lapangan, perbedaan hasil analisis yang signifikan sering kali bukan berasal dari kesalahan desain struktur, tetapi dari ketidaktepatan dalam pemilihan atau penginputan parameter material ke dalam model SAP2000. Studi-eksperimen menunjukkan bahwa variasi karakteristik tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap perilaku struktur, terutama pada beban dinamis maupun interaksi material. Penggunaan nilai material yang tidak sesuai memengaruhi hasil analisis, seperti prediksi momen maksimum, gaya geser, hingga besar deformasi yang dihasilkan pada elemen struktur (Santana, P. B., et al., 2025; Limkatanyu, S., & Kuntiyawichai, K., 2006).

Input sifat mekanik material menjadi faktor signifikan agar simulasi perilaku struktur dapat mendekati kondisi nyata di lapangan, seperti pada studi kasus Suharyanto, I. (2016), dalam menganalisis gaya dalam struktur pabrik plastik dengan elemen baja dan beton, menunjukkan bagaimana parameter material memengaruhi distribusi momen dan gaya geser dalam elemen struktur. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa modulus elastisitas beton memiliki kontribusi signifikan terhadap respons struktur, terutama dalam hal kekakuan dan defleksi. Wibowo W., dkk, 2022 membuktikan bahwa variasi modulus elastisitas pada beton mutu tinggi dengan penambahan *metakaolin* dan *steel slag* menghasilkan perubahan defleksi hingga lebih dari 20% pada elemen balok.

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



Demikian pula Zarkasi A, dkk, menunjukkan bahwa perbedaan nilai karakteristik beton hasil uji laboratorium dan nilai teoritis SNI dapat menghasilkan perbedaan signifikan pada respons struktur portal tiga dimensi yang dianalisis dengan SAP2000.

Selain beton, material baja struktural juga memiliki peran penting dalam analisis struktur. Studi kasus menegaskan bahwa variasi kuat tarik dan modulus elastisitas baja dapat memengaruhi pola distribusi gaya dalam pada struktur rangka baja Zhong Chena, et al (2016). Penelitian Andreotti, R., et al. (2021) memperlihatkan bahwa pemilihan jenis baja (*mild steel vs high strength steel*) memengaruhi kapasitas struktur dan perilaku *elastoplastis* yang diperoleh dari simulasi SAP2000. Parameter material lainnya seperti rasio Poisson, berat jenis, dan koefisien muai panjang juga tidak dapat diabaikan, dimana pada hasil penelitian menyebutkan bahwa variasi rasio Poisson pada beton serat performa tinggi memiliki pengaruh terhadap deformasi lateral, yang penting dalam pemodelan elemen kolom (Sutrisno., 2009). Rahardjo, S., & Hidayat, R. (2018) menekankan bahwa kesalahan input berat jenis material dapat berdampak pada akurasi analisis respon dinamik, seperti percepatan maksimum dan periode getar struktur.

Lestari S, Nurjanah (2021), dalam pemodelan numerik menggunakan SAP2000 menyatakan material tidak boleh hanya dianggap sebagai parameter *default*, tetapi diperlukan verifikasi terhadap standar nasional seperti SNI 2847:2019 untuk beton (mengatur nilai mutu beton, modulus elastisitas, kuat tekan, serta batasan regangan), SNI 2052:2017 untuk baja tulangan, SNI 1729:2020 untuk baja structural, dan lainnya agar model mencerminkan kondisi nyata lapangan. Misalnya, rumus empiris pada beton, menunjukkan bahwa modulus elastisitas beton sangat bergantung pada kuat tekan f'_c dan jenis agregat (Kong, L., et al., 2018). Tanpa validasi, hasil simulasi tidak signifikan. Sebagai contoh, jika modulus elastisitas beton yang lebih tinggi dari kenyataan digunakan dalam SAP2000, maka defleksi yang dihitung akan jauh lebih kecil dibanding realitas lapangan, sehingga ada risiko struktur mengalami lendutan yang tidak diprediksi. Begitu pula bila berat jenis (ρ) diinput terlalu kecil, perhitungan beban mati dan efek dinamik akan meremehkan respons struktur. Studi terhadap "SAP2000 menegaskan bahwa input sifat material seperti E dan f'_c memengaruhi hasil gaya dalam dan desain (Wibowo, Rahardjo, Lestari).

Lestari dan Kong berpendapat sama bahwa kegagalan pemilihan atau implementasi karakteristik material juga telah dikaitkan dengan kerusakan struktur, seperti retak dini dan defleksi berlebih pada bangunan beton sering terjadi akibat kesalahan dalam memeriksa koefisien muai panjang (α) dan perubahan suhu. Demikian pula, kesalahan pemilihan nilai redaman atau damping bisa menyebabkan respons gempa yang tidak realistis dalam analisis. Ketidaksesuaian antara material yang digunakan di lapangan dengan material yang dimodelkan dalam SAP2000 dapat menghasilkan deviasi perilaku struktur yang berbahaya. Penggunaan nilai modulus elastisitas beton yang tidak akurat dapat menyebabkan perbedaan hasil defleksi yang signifikan, sehingga mengakibatkan balok mengalami lendutan berlebih yang tidak diprediksi pada tahap desain. Pada struktur baja, kesalahan dalam memasukkan nilai f_y atau f_u dapat menyebabkan salahnya penentuan kapasitas plastis elemen, yang berpotensi menghasilkan desain yang tidak aman atau terlalu boros material.

Kasus-kasus kegagalan struktural yang pernah terjadi juga menunjukkan bahwa kesalahan pemilihan material merupakan salah satu faktor terbesar kegagalan bangunan, baik pada tahap perencanaan maupun pelaksanaan (Wibowo, Kong). Contohnya:

1. Kegagalan struktur lantai akibat memasukkan nilai modulus elastisitas beton yang lebih tinggi dari kondisi aktual, sehingga defleksi lapangan jauh lebih besar dibanding perhitungan SAP2000.
2. Retak dini pada balok dan kolom akibat koefisien muai panjang yang tidak diperhitungkan secara tepat pada struktur yang terkena perbedaan temperatur signifikan
3. Kegagalan sambungan baja akibat perencana menggunakan nilai baja mutu tinggi pada SAP2000, tetapi kontraktor memasang baja mutu lebih rendah (Subramanian, 1996).



Gambar 1. Peserta pelatihan Guru dan Siswa SMK N 1 Adiwerna

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang karakteristik material konstruksi, persyaratan material sesuai SNI, serta teknik implementasinya dalam analisis struktur SAP2000 kepada Guru dan Siswa SMK N 1 Adiwerna, Kabupaten Tegal. Pemahaman ini diharapkan mampu meningkatkan akurasi perencanaan struktur, meminimalkan risiko kesalahan desain, dan mendukung penggunaan material konstruksi secara aman, efisien, dan sesuai standar nasional.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) ini Adalah Kerjasama Universitas Bima Sakapeta, Tegal dengan SMK Negeri 1 Adiwerna dilaksanakan melalui pendekatan *workshop* berbasis praktik yang berfokus pada peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta dalam mendefinisikan serta mengaplikasikan karakteristik material pada analisis struktur menggunakan SAP2000.

Metodologi pelaksanaan terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan kegiatan sebagai berikut:

a. Identifikasi Kebutuhan Peserta

Kebutuhan peserta (Guru dan Siswa) pada gambar 1 diidentifikasi melalui survei awal terkait kemampuan dasar mereka dalam kekuatan bahan dan penggunaan software SAP2000.

b. Penyusunan Modul *Workshop*

Tim pengabdian menyusun modul yang meliputi konsep dasar sifat mekanik material, standar SNI, serta langkah-langkah input material dan analisis SAP2000.

2. Persiapan Peralatan dan Perangkat Lunak

Komputer, SAP2000, proyektor presentasi, dan contoh data material dikonfigurasi untuk digunakan pada kegiatan *workshop*.

3. Tahap Pelaksanaan

Workshop dilaksanakan dalam bentuk kombinasi ceramah interaktif, demonstrasi, dan praktik mandiri, yang meliputi:

a. Penyampaian Konsep Teoritis

Materi diberikan terkait:

- Modulus elastisitas (E)
- Rasio Poisson (ν)
- Berat jenis dan massa jenis
- Koefisien muai panjang (α)
- Damping / redaman struktur
- Standar nilai material menurut SNI 2847, SNI 1729, dan SNI 1727

Penyampaian dilakukan menggunakan metode presentasi terlihat pada gambar 2 dan diskusi kelompok.

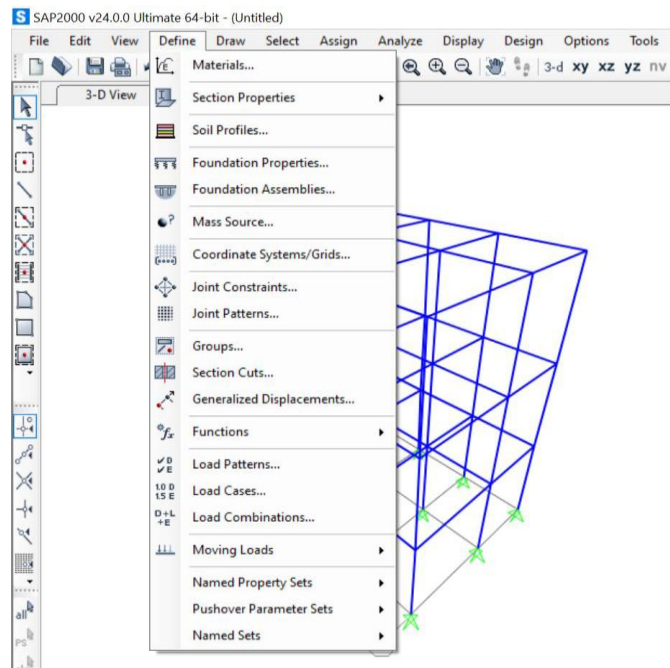


Gambar 2. Metode pemaparan materi dengan presentasi

b. Demo Input Material pada SAP2000

Pada tahap ini memperagakan:

- Pembuatan model sederhana (balok, kolom, portal 2D/3D)
- Definisi material beton & baja terlihat pada gambar 3.
- Pengaturan properti material (E , ν , ρ , α , redaman)
- Penentuan section properties elemen frame



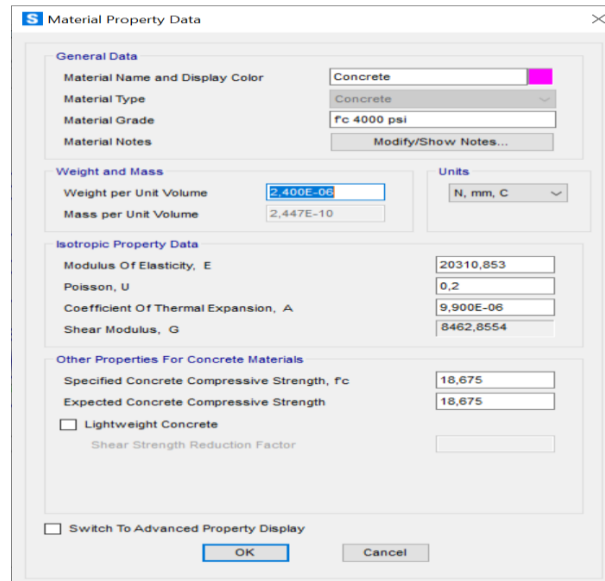
Gambar 3. Tampilan pada aplikasi SAP2000 saat mendefinisikan material

c. Praktik Mandiri Peserta

Peserta mengerjakan latihan berupa:

- Membuat model struktur sederhana
- Mengubah parameter material dan menganalisis perbedaannya terlihat pada gambar 4.
- Membandingkan output gaya dalam, defleksi, dan tegangan

Instruktur mendampingi dan memberikan koreksi terhadap kesalahan input maupun interpretasi hasil.



Gambar 4. Tampilan pada aplikasi SAP2000 saat mengubah *material properties*

4. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui:

- a. Pre-test dan Post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep material terlihat pada gambar 5.
- b. Penilaian Hasil Praktik berupa file SAP2000 dan laporan analisis.
- c. Kepuasan Peserta untuk menilai kualitas pelaksanaan workshop dan kebermanfaatannya.
- d. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat pemahaman dan keterampilan peserta meningkat secara signifikan setelah mengikuti *workshop*.



Gambar 5. *Post test* mengukur peningkatan pemahaman peserta

5. Tahap Tindak Lanjut

Untuk menjaga keberlanjutan kegiatan, dilakukan:

- a. Pemberian modul *workshop* kepada peserta.
- b. Pembentukan grup diskusi daring bagi peserta untuk konsultasi lanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test* yang diberikan sebelum dan setelah *workshop*, terjadi peningkatan signifikan pada pemahaman peserta terkait konsep dasar material konstruksi. Sebelum *workshop*, sebagian besar peserta hanya memahami konsep umum material seperti kuat tekan beton

dan kuat tarik baja. Namun, setelah *workshop*, peserta mampu menjelaskan dengan benar konsep penting tentang:

- Modulus elastisitas (E) dan hubungannya dengan kekakuan elemen struktur
- Rasio Poisson (ν) dan pengaruhnya terhadap deformasi lateral
- Berat jenis dan massa jenis (ρ) sebagai komponen utama dalam analisis beban gravitasi dan respons dinamik
- Koefisien muai panjang (α) dan pengaruhnya terhadap ekspansi termal
- Redaman struktural (damping) dalam analisis dinamik

Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *workshop* secara langsung efektif dalam meningkatkan pengetahuan peserta.

Selama sesi praktik, peserta mampu melakukan pembuatan definisi material baru untuk beton dan baja; mengatur parameter mekanik seperti E , ν , ρ , dan α ; dan mengimplementasikan nilai material pada elemen frame (balok dan kolom). Hasil pengamatan instruktur terhadap kemampuan peserta dalam menginput parameter material pada SAP2000 menunjukkan bahwa lebih dari 85% peserta dapat menginput parameter material dengan benar tanpa pendampingan setelah latihan kedua. Peserta juga mampu mendeteksi kesalahan input, seperti penggunaan satuan yang tidak konsisten atau nilai modulus elastisitas yang terlalu kecil.

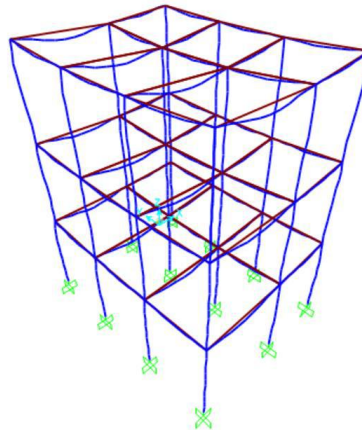
Dalam sesi simulasi dimana peserta diminta untuk memodifikasi parameter material (E dan ρ) pada model balok sederhana untuk melihat perubahan respons struktur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa:

- Perubahan Modulus Elastisitas (E)

Ketika nilai E ditingkatkan dari 20.5 GPa menjadi 30 GPa, maka defleksi maksimum menurun hingga 32%; momen lentur meningkat karena kekakuan bertambah dan tegangan tekan pada serat ekstrem meningkat. Hal ini konsisten dengan teori elastisitas, yakni kekakuan struktur meningkat berbanding lurus dengan modulus elastisitas. Hasil *trial error* pada visual defleksi terlihat pada gambar 6.

- Perubahan Berat Jenis (ρ)

Ketika nilai ρ dinaikkan 15% untuk simulasi beban mati, maka beban gravitasi total meningkat, momen dan gaya geser pada tumpuan juga meningkat dan pada analisis dinamik, periode getar struktur mengalami penurunan sekitar 5–7%.



Gambar 6. *Trial error* visual defleksi yang terlihat pada SAP2000

Pada sesi simulasi tentang dampak perubahan parameter material terhadap respons struktur memperkuat pemahaman peserta bahwa massa struktur sangat berpengaruh pada analisis. Dalam hal membandingkan nilai parameter material pada SAP2000 dengan standar SNI menunjukkan hasil bahwa:

- 92% peserta mampu menyesuaikan nilai E beton menggunakan rumus SNI 2847 (berbasis $\sqrt{f'c}$)
- 85% peserta mampu membedakan material baja f_y 240 MPa, 300 MPa, hingga 400 MPa dalam pemodelan

- c. 78% peserta mampu meninjau kembali satuan material (kN/m^3 , MPa) agar konsisten pada pemodelan

Peserta juga dilatih membandingkan nilai parameter material yang digunakan dalam SAP2000 dengan standar SNI. Setelah validasi, ditemukan bahwa peserta mampu menyesuaikan nilai E beton menggunakan rumus SNI 2847 (berbasis $\sqrt{f'c}$); peserta mampu membedakan material baja f_y 240 MPa, 300 MPa, hingga 400 MPa dalam pemodelan dan peserta mampu meninjau kembali satuan material (kN/m^3 , MPa) agar konsisten pada pemodelan.

Dampak Workshop terhadap Keterampilan dan Kemandirian Peserta, menurut Analisa instruktur menunjukkan:

- 94% peserta merasa lebih percaya diri dalam menggunakan SAP2000.
- 91% peserta menilai kegiatan sangat relevan untuk kompetensi mereka.
- 89% peserta mampu membuat model struktur sederhana secara mandiri

Peserta menyatakan bahwa sesi praktik memberikan pemahaman langsung mengenai kesalahan umum pada input material, yang sebelumnya sering terjadi ketika mereka bekerja dengan SAP2000.

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat melalui Workshop Pemahaman Karakteristik Material Pada Pemodelan Struktur Dengan Sap2000 Untuk Optimalisasi Analisis Konstruksi merupakan bentuk Kerjasama antara Universitas Bima Sakapenta, Tegal dengan SMK Negeri 1 Adiwerna terlihat pada gambar 7. Penulis menyampaikan terima kasih atas keberhasilan Kerjasama dan kelancaran kegiatan *workshop* tersebut kepada Rektor dan Lembaga Penelitian Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bima Sakapenta, kepada SMK N 1 Adiwerna khususnya Program Studi DPIB (Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan), para peserta *workshop*, rekan-rekan dosen dan mahasiswa Universitas Bima Sakapenta.



Gambar 7. Kerjasama *workshop* antara UBisa dan SMK N 1 Adiwerna

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan *Workshop* SAP2000 yang diselenggarakan dalam rangka peningkatan pemahaman mengenai karakteristik material dalam analisis struktur telah memberikan dampak yang signifikan bagi peserta. Berdasarkan rangkaian kegiatan pembelajaran, praktik langsung, diskusi studi kasus, dan evaluasi pemodelan, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa pemahaman konseptual tentang karakteristik material meningkat, dimana yang paling dipahami peserta antara lain: hubungan modulus elastisitas (E) terhadap kekakuan dan defleksi, Dampak berat jenis (ρ) terhadap beban mati dan respons dinamik, Peran rasio Poisson (ν) dalam distribusi tegangan serta pentingnya koefisien muai panjang (α) pada analisis suhu. Peningkatan kemampuan teknis input material sesuai SNI juga meningkat, peserta mampu membuat pemodelan struktur lebih akurat, memahami konsekuensi kesalahan pemilihan material, peningkatan kemandirian peserta dalam mengoperasikan SAP2000. Dampak terhadap mitra bahwa *workshop* mampu meningkatkan kapasitas SDM dalam analisis struktur, mendukung pembelajaran praktikum berbasis teknologi, memberikan template modeling SAP2000 yang siap diaplikasikan pada proyek lokal kecil.

Saran pengembangan kegiatan *Workshop* SAP2000 selanjutnya berupa validasi lapangan (*Field Verification*) terhadap mutu beton sebenarnya, modulus elastisitas, berat jenis, kuat tarik baja melalui

pengambilan data lapangan sederhana, misalnya uji palu pantul (*hammer test*) untuk dibandingkan dengan input SAP2000. Ruang lingkup peserta di perluas dengan menghadirkan teknisi lapangan dan operator konstruksi. Lanjutan kegiatan *workshop* dapat berupa pelatihan penyusunan laporan analisis professional berupa ringkasan desai, output SAP2000 dilengkapi dengan table perbandingan model.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, R., & Roesdiana, T. (2025). *Interpretation of SAP2000 analysis results using the design response spectrum method in earthquake resistance in the structural performance of high-story buildings according to SNI 1726:2019*. *Journal of World Science*, 4(2), 196-213.
- Andreotti, R., et al. (2021), "Experimental investigation of steel frames equipped with easily replaceable components", *Journal Ceba* 1499, Erns & Sohn.
- CSI (Computers and Structures Inc) (2025), "SAP2000 Integrated Structural Analysis & Design Software".
- CSI America, "SAP2000 Product Overview".
- Halim, M. A., Rutama, D., & Sari, R. N. (2022). *Steel structure analysis of workshop facility in PT Pamapersada Nusantara*. *Journal of Global Engineering Research and Science*, 1(1), 59-68.
- Lestari S, Nurjanah (2021); "Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Beton Bertulang Sni 2013 Dan Rangka Atap Baja Sni 2015 Menggunakan Sap 2000 Pada Bangunan Gedung Pertanahan Kabupaten Blitar", *Jurnal QuaTeknika*, Vol. 11 No. 2 September 2021; ISSN 2088-2424 (cetak); ISSN 2527-3892 (elektronik)
- Limkatanyu, S., & Kuntiyawichai, K. (2006). "Effect of material uncertainties on dynamic response of segmental box girder bridge" ring), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand.
- Pradipta, D., & Warastuti, N. (2024). *Evaluasi dan optimasi kemampuan kinerja struktur baja dengan analisis pushover menggunakan program SAP2000*. *Jurnal Infrastruktur*, 5(1).
- Prasetiyo, A., & Pangestuti, E. K. (2023). *Analisis struktur bangunan hotel 17 lantai daerah Kemayoran Jakarta dengan pemodelan 3D software SAP2000*. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 3(2).
- Rahardjo, S., & Hidayat, R. (2018), "Pengaruh Massa Jenis Material terhadap Respons Dinamik Struktur Beton Bertulang", *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 20(1), 55–62.
- Santana, P. B., et al. (2025); "On the influence of material property uncertainties for a comprehensive assessment of structural performance. *Engineering Structures*", *Journal of Composite Structures*, Volume 366, 15 August 2025, 119209, ScienceDirect_Elsevier.
- SNI 1729 (2020), "Baja structural", Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 2051 (2017), "Baja tulangan beton", Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 2847 (2019), "Mengatur Nilai Mutu Beton, Modulus Elastisitas, Kuat Tekan, Serta Batasan Regangan", Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Subedi, A.; Kim, H.; Lee, M.-S.; Lee, S.-J (2025), "Thermal Behavior of Concrete: Understanding the Influence of Coefficient of Thermal Expansion of Concrete on Rigid Pavements", *Appl. Sci.* 2025, 15, 3213, Licensee MDPI, Basel, Switzerland.
- Subramanian (1996), "Elastic modulus of concrete" , FNAE Gaithersburg, Maryland, USA
- Suharyanto, I. (2016), "Pembahasan struktur baja dan struktur beton pada bangunan pabrik plastik (Studi kasus: Gudang plastik Ngemplak, Caturharjo, Sleman Yogyakarta)", *Jurnal Teknik Sipil UCY*, P-ISSN: 1907-2368; Vol. XI No.1, Februari 2016.
- Sutrisno. (2009), "Tinjauan Modulus Elastisitas dan Poisson Ratio Beton Serat Performa Tinggi dengan Penambahan Silica Fume, Fly Ash, dan Serat Baja", Program Pascasarjana Teknik Sipil, UNS.
- Wibowo, W., Purwanto, & Syuja, M. N. (2022), "Kajian kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton memadat mandiri mutu tinggi dengan metakaolin dan steel slag", *Jurnal Matriks Teknik Sipil UNS*, ISSN: 2354-8630 E-ISSN: 2723-4223, Vol. 10 No 3, September 2022.
- Yazid, M., Basri, D. R., Kurnain, A., & Wahyudi, M. D. (2023). *Analysis of 2D beam structure using the matrix method and SAP2000 applications*. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 5(1).
- Zarkasi A, dkk., "Studi Perbandingan Kapasitas Portal Beton Dinding Pengisi Bata Ringan Pengujian Laboratorium dan SAP2000 terhadap Gaya Lateral".
- Zhong Chena, et al (2016), "Variation and consistency of Young's modulus in steel", *Journal of Materials Processing Technology* 227-243, ScienceDirect_Elsevier.