

A. Pendahuluan

Analisa Struktur merupakan ilmu untuk menentukan efek dari beban pada struktur fisik dan komponennya. Adapun cabang pemakaiannya mencakup analisis konstruksi, jembatan, perkakas, mesin, tanah dan lain-lainnya. Analisis struktur menggabungkan bidang mekanika teknik, teknik materiil dan matematika teknik untuk menghitung deformasi struktur, daya internal, tekanan, reaksi tumpuan, percepatan dan stabilitas. Hasil analisis tersebut digunakan untuk memverifikasi daya struktur yang akan maupun telah dibangun. Dengan demikian analisis struktur merupakan bagian penting dari desain rekayasa struktur.

SAP 2000 merupakan software teknik sipil yang digunakan untuk menganalisa struktur bangunan dan telah dipakai secara luas di seluruh dunia. Program ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan tim yang dipimpin Profesor Edward L. Wilson dari University of California selama lebih dari 25 tahun (Sholeh, 2021). Program ini memiliki fitur antarmuka grafis intuitif, dapat menganalisis struktur 2D dan 3D, mengakomodasi berbagai material, menghitung deformasi dan kapasitas struktur, dan menampilkan hasil analisis secara visual. SAP 2000 pertama kali dikembangkan pada tahun 1975 dan saat ini merupakan salah satu program bantu analisis struktur terpopuler di dunia. Program ini sering digunakan untuk menganalisis struktur bangunan seperti gedung dan jembatan, menghitung konsumsi material struktur, dan menguji ketahanan struktur terhadap beban seismik. Sebelum menggunakan SAP 2000, pastikan komputer memenuhi persyaratan sistem minimum yang dibutuhkan.



Gambar 1.1 Tampilan SAP 2000 v22

Kegunaan SAP 2000 secara umum antara lain menghitung mekanika teknik pada struktur bangunan, menghitung konstruksi beton bertulang (kolom, pelat, dan tangga), menghitung konstruksi baja, menghitung konstruksi struktur jembatan, menghitung struktur kuda-kuda baja, menghitung bangunan berdasarkan SNI bangunan tahan gempa. Analisis yang dilakukan menggunakan SAP 2000 dengan analisis statik dan dinamik, dengan analisis model struktur dapat dilakukan dengan 2D maupun 3D.

B. Fasilitas SAP 2000

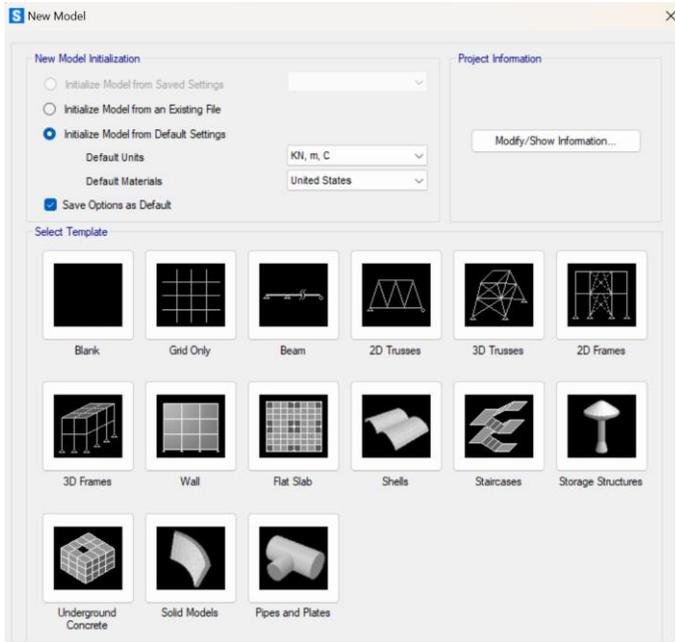
SAP 2000 merupakan salah satu perangkat lunak (software) yang sangat populer di bidang teknik struktur. Dikembangkan oleh perusahaan Computers and Structures, Inc., SAP 2000 digunakan untuk melakukan analisis struktural dan desain pada berbagai jenis struktur seperti bangunan, jembatan, menara, tangki, dan lain sebagainya. SAP 2000 menawarkan berbagai fasilitas yang kuat dan canggih untuk melakukan analisis dan desain struktural. Beberapa fasilitas utama yang dimiliki oleh SAP 2000 antara lain:

- Analisis struktural: SAP 2000 dapat melakukan analisis struktural yang lengkap, termasuk analisis statik dan dinamik, analisis gaya lateral, analisis beban angin dan gempa, analisis penampang geser, analisis kelelahan struktur, dan masih banyak lagi. Fasilitas ini membantu insinyur untuk memahami perilaku struktur dalam berbagai kondisi beban.

- Desain struktural: SAP 2000 juga menyediakan fasilitas untuk desain struktural yang meliputi desain penampang, desain tulangan, desain plat, dan desain elemen struktural lainnya. Dengan menggunakan peraturan desain yang berlaku, SAP 2000 dapat menghasilkan desain yang efisien dan memenuhi persyaratan keamanan struktural.
- Integrasi BIM (Building Information Modeling): SAP 2000 mendukung integrasi dengan model BIM yang memungkinkan insinyur untuk mengimpor model struktur dari perangkat lunak BIM lainnya seperti Revit. Hal ini mempermudah proses transfer data dan kolaborasi antara berbagai aplikasi dalam proses perancangan dan konstruksi.
- Antarmuka pengguna yang intuitif: SAP 2000 memiliki antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan. Dengan antarmuka yang sederhana namun kuat, pengguna dapat dengan cepat mempelajari dan menguasai perangkat lunak ini untuk melakukan analisis dan desain struktural.
- Visualisasi dan laporan: SAP 2000 menyediakan berbagai fasilitas visualisasi yang membantu pengguna untuk memahami perilaku struktur secara grafis. Selain itu, perangkat lunak ini juga dapat menghasilkan laporan yang lengkap dan profesional untuk dokumentasi dan presentasi.
- Analisis dan desain lanjutan: SAP 2000 memiliki fasilitas lanjutan seperti analisis dinamik spektrum respons, analisis nonlinier, analisis pushover, analisis seismik, dan banyak lagi. Fasilitas ini memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis yang lebih rinci dan akurat sesuai dengan kebutuhan proyek. Fasilitas-fasilitas tersebut membuat SAP 2000 menjadi salah satu perangkat lunak yang sangat digunakan oleh insinyur struktur di seluruh dunia. Namun, penting untuk dicatat bahwa penggunaan SAP 2000 membutuhkan pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip analisis struktur dan desain struktural.

Terdapat template yang sudah disediakan pada aplikasi SAP 2000 untuk mempermudah pemodelan, dengan melakukan modifikasi sehingga analisis cepat dan mudah dilakukan. Proses

analisis dan desain dengan hasil yang akurat, sehingga dapat langsung mendesain profil atau tulangan baja dengan dimensi yang diinginkan. Apabila terdapat kesalahan atau modifikasi dapat dilakukan dengan redesain dengan mudah pada aplikasi SAP 2000.



Gambar 1.2 Tampilan menu dialog new model SAP 2000 v22

Pada *software* ini model struktur yang diilustrasikan dalam elemen yaitu: elemen titik (join), pelat (shell), elemen solid pias 3D untuk pemodelan elemen hingga (finite element) seperti: balok, kolom pada bangunan bertingkat dimodelkan elemen frame, tubuh bending dibagi dalam pias kecil sebagai elemen solid dan dinding geser dan pelat jembatan sebagai shell.

C. Langkah-Langkah Analisa Struktur Pada SAP 2000

Berikut adalah langkah-langkah umum untuk melakukan analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP 2000:

➤ **Membuat Model Struktur:**

Buat model struktur menggunakan antarmuka SAP 2000. Anda dapat memasukkan elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, dinding, pelat, dan elemen lainnya ke dalam model.

➤ **Menentukan Properti Material:**

Tentukan properti material yang relevan untuk elemen struktur. Ini termasuk parameter seperti modulus elastisitas, kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan lain-lain. Anda harus merujuk ke spesifikasi bahan untuk memperoleh nilai-nilai yang tepat.

➤ **Mengatur Kondisi Batas:**

Atur kondisi batas pada model struktur. Ini mencakup penempelan, penyangga, dan sambungan struktur. Anda perlu menentukan bagaimana struktur terhubung dengan elemen luar seperti dinding, lantai, dan kolom penopang.

➤ **Memasukkan Beban:**

Masukkan beban yang bekerja pada struktur. Beban ini dapat berupa beban mati (misalnya, berat sendiri struktur) dan beban hidup (misalnya, beban lantai, beban salju, beban angin, atau beban hidrostatis). Anda juga dapat memasukkan beban gempa sesuai dengan kode desain yang berlaku.

➤ **Menentukan Kombinasi Beban:**

Tetapkan kombinasi beban yang sesuai untuk analisis struktur. Ini bisa termasuk kombinasi beban utama, kombinasi beban terkecil, atau kombinasi beban beban terbesar. Anda harus mengacu pada kode desain yang berlaku untuk menentukan kombinasi beban yang relevan.

➤ **Menjalankan Analisis:**

Jalankan analisis struktur dengan menggunakan SAP 2000. Perangkat lunak akan menghitung respons struktur terhadap beban yang diberikan, termasuk deformasi, tegangan, momen, dan gaya-gaya lainnya.

➤ **Mengevaluasi Hasil Analisis:**

Tinjau hasil analisis struktur yang diberikan oleh SAP 2000. Periksa deformasi, tegangan, momen, dan gaya-gaya lainnya pada elemen-elemen struktural. Pastikan bahwa struktur memenuhi persyaratan keamanan, kekuatan, dan kekakuan yang ditetapkan oleh kode desain yang berlaku.

➤ **Melakukan Perbaikan dan Pengoptimalan:**

Jika diperlukan, lakukan perubahan pada model struktur, seperti penyesuaian dimensi elemen atau modifikasi kondisi batas. Jalankan kembali analisis untuk memeriksa efek perubahan tersebut. Mengekspor hasil: Setelah analisis selesai, Anda dapat mengeksport hasilnya dalam bentuk tabel, grafik, atau laporan yang dapat digunakan untuk dokumentasi atau presentasi. Langkah-langkah ini memberikan gambaran umum tentang bagaimana melakukan analisis struktur menggunakan SAP 2000. Namun, penting untuk diingat bahwa setiap proyek dan jenis struktur dapat memiliki langkah-langkah yang lebih rinci dan persyaratan khusus yang harus dipertimbangkan.

D. Dasar-Dasar SAP 2000

Tentunya dalam menganalisa struktur dengan SAP 2000, harus terlebih dahulu memahami sistem koordinat dan derajat kebebasan.

Sistem Koordinat

Semua geometri model struktur yang dibuat dalam program SAP 2000 selalu didefinisikan dalam sistem koordinat global, sedangkan setiap bagiannya dapat memiliki sistem sumbu koordinat tersendiri yang disebut dengan sistem koordinat lokal (Saifullah, 2019)

1) Sistem Koordinat Global

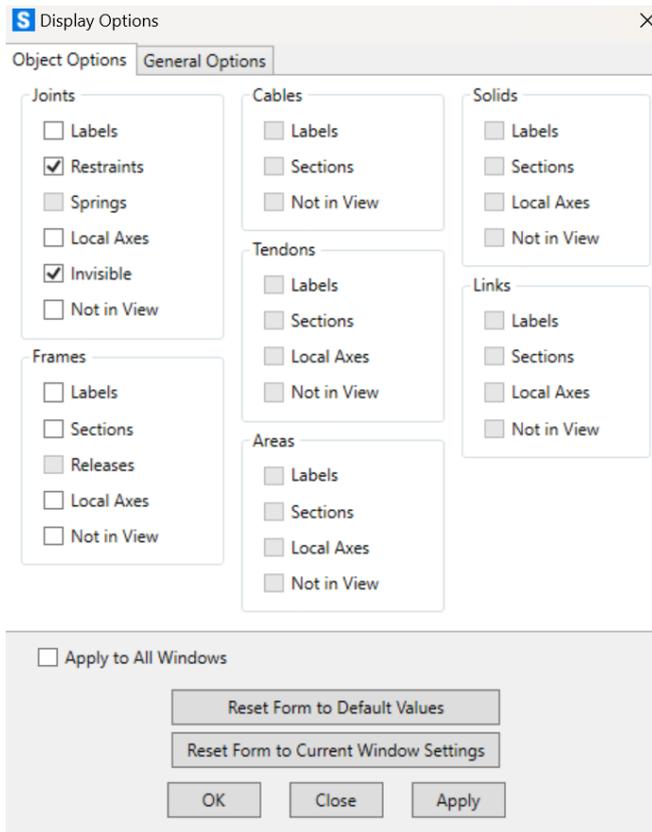
Sistem koordinat yang digunakan untuk mendefinisikan nodal-nodal yang mewakili struktur secara keseluruhan. Sistem arah sumbu global selalu ditampilkan pada layar kerja dalam bentuk petunjuk arah X, Y dan Z. Secara default, SAP 2000 selalu mengasumsikan sumbu Z merupakan sumbu vertikal dengan nilai positif mengarah keatas. Kaidah tangan kanan adalah prinsip penting dalam analisis struktural yang digunakan untuk menentukan arah positif gaya, momen, dan vektor. Dalam SAP 2000, kaidah tangan kanan diterapkan dengan menggunakan tiga sumbu utama: sumbu X, Y, dan Z dengan ilustrasi verbal kaidah tangan kanan:

Sumbu X: Anda dapat menganggap sumbu X sebagai arah horizontal positif, yang biasanya berjalan dari kiri ke kanan.

Sumbu Y: Sumbu Y digunakan sebagai arah vertikal positif, yang biasanya berjalan dari bawah ke atas.

Sumbu Z: Sumbu Z merupakan sumbu yang menentukan arah positif kedalaman, yang biasanya berjalan dari dalam ke luar struktur. Dengan menerapkan kaidah tangan kanan ini, Anda dapat menentukan arah positif gaya, momen, atau vektor tertentu pada model struktur, misalnya jika Anda menginginkan arah positif momen lentur pada balok, Anda dapat menentukan bahwa putaran searah jarum jam di sekitar sumbu positif Z akan menghasilkan momen positif.

2) Sistem Koordinat Lokal



Gambar 1.3 Tampilan koordinat lokal di *display options*