

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Hasil
(Kartika, 2011)	Penerapan <i>Value Engineering</i> pada Proyek Pembangunan Puskesmas di Blitar	Dalam penerapan <i>value engineering</i> pada proyek pembangunan Puskesmas di Blitar, pekerjaan struktur beton bertulang yang memiliki persentase biaya tertinggi (39,71%) menjadi fokus analisis. Melalui analisis gagasan pondasi-kolom, matriks kelayakan, pembobotan metode <i>zero-one</i> , dan matriks evaluasi, dipilih pondasi plat setempat dan kolom beton biasa. Perhitungan struktur menggunakan <i>software</i> SAP 2000 menghasilkan dimensi efisien dan efektif. Biaya pekerjaan struktur beton bertulang yang semula Rp 1.500.944.417,34 turun menjadi Rp 1.178.623.090,82 setelah analisis <i>value engineering</i> , menghasilkan penghematan sebesar 8,53% dari total biaya proyek awal.

Penulis	Judul	Hasil
(Firda & Saputra, 2018)	Penerapan <i>Value Engineering</i> pada pekerjaan konstruksi studi kasus proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Provinsi Sumatera Utara	Analisis penerapan <i>value engineering</i> pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Provinsi Sumatera Selatan menunjukkan penghematan biaya signifikan sebesar Rp 3.737.843.286 atau 7,02% pada pekerjaan kolom dan balok. Penghematan ini dicapai melalui alternatif rekayasa nilai yang tidak hanya mengurangi anggaran biaya, tetapi juga meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan proyek. Selain itu, penerapan <i>value engineering</i> berkontribusi pada pengurangan penyebaran sampah konstruksi, minimalisasi penggunaan peralatan berat, dan penghematan bahan material. Dengan demikian, <i>value engineering</i> terbukti memberikan manfaat komprehensif bagi proyek, mencakup aspek ekonomi dan efisiensi operasional.
(Wahyu & Hartono, 2022)	Aplikasi Value Engineering Dengan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Terhadap	Dari penerapan <i>Value Engineering</i> pada proyek ini, didapati alternatif desain yakni mengganti tipe plat konvensional menjadi tipe full precast dimana dari

Penulis	Judul	Hasil
	Struktur Pelat Pada Proyek Pembangunan Hotel Aziza Solo	alternatif ini mendapatkan keuntungan sebagai berikut, menghemat biaya sebesar Rp.45.199.194,60, atau sebesar 12,82% dari biaya awal yang artinya terdapat perbedaan biaya sebesar 0,15% dari total biaya proyek, kekuatan struktur plat meningkat dengan tegangan maksimal yang lebih ringan yakni sebesar 14,62 kg/cm ² atau sebesar 33,94%, penyelesaian pekerjaan plat lebih cepat 13 hari atau sebesar 72,22% dari waktu awal.
(Muhammad Asyari Alfin Nuro, 2022)	Analisa Struktur Pada Pembangunan Masjid Al-Amin Bakalan Purwosari Pasuruan	Penerapan Value Engineering pada kolom dan balok menghasilkan penghematan volume total sebesar 22,56 m ³ dan penghematan biaya sebesar Rp112.790.233.287,10 atau 6,4% dari total biaya proyek. Hal ini menunjukkan bahwa Value Engineering efektif dalam mengurangi biaya proyek.
(Kusen, 2024)	Analisa Rekayasa Nilai (<i>Value Engineering</i>) Pekerjaan Struktur Kolom	Berdasarkan analisis penerapan <i>Value Engineering</i> pada proyek pembangunan Masjid Al Hidayah 2 Kranggan Pasuruan, dapat disimpulkan

Penulis	Judul	Hasil
	dan Balok Pada Pengembangan Masjid Al-Hidayah 2 Kranggan Pasuruan	bahwa penerapan <i>Value Engineering</i> dilakukan dengan menghilangkan kolom berdiameter 60 cm dan mengubah beberapa balok atap menjadi balok beton prategang berukuran 40/80 cm, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp. 115.914.241,56 dari biaya perencanaan awal Rp. 881.519.598,22, atau setara dengan penghematan sebesar 13,1%.

Sumber: Jurnal Penelitian

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Manajemen Konstruksi

Dalam bidang konstruksi, proyek memiliki karakteristik unik dan tidak berulang, seperti yang dijelaskan dalam buku Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Setiap proyek merupakan kegiatan sementara dengan batasan waktu, alokasi sumber daya, dan tujuan yang jelas. Oleh karena itu, proses yang terjadi dalam suatu proyek tidak akan terulang persis sama pada proyek lainnya. Manajemen Konstruksi, menurut (Irika, 2020), adalah proses nyata yang mencakup perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*), dan pengawasan (*controlling*), yang saling

memanfaatkan ilmu pengetahuan (*science*) dan seni (*art*) untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

2.2.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan estimasi total biaya yang diperlukan dalam suatu proyek konstruksi, mencakup biaya upah dan bahan material. RAB disusun dalam bentuk daftar yang merinci volume, harga satuan, dan total harga dari berbagai jenis bahan material serta upah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek. Secara ringkas, RAB adalah perhitungan biaya yang diperlukan dalam proyek konstruksi, terdiri atas biaya bahan material, upah tenaga kerja, dan biaya lain yang terkait, berdasarkan perhitungan volume pekerjaan yang telah dilakukan. Penyusunan RAB memerlukan lima komponen dasar, yaitu:

1. Bestek (dokumen spesifikasi teknis)
2. Gambar-gambar bestek
3. Daftar harga upah dan bahan material
4. Daftar analisis harga satuan pekerjaan
5. Daftar volume tiap jenis pekerjaan.

Daftar yang ada dapat saling memberikan gambaran dan petunjuk dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Dalam RAB bangunan, terdapat Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang merupakan analisis bahan dan upah untuk membuat suatu satuan jenis pekerjaan

tertentu. Semua hal ini diatur dalam aturan *BOW* (*Burgerlijke Openbare Werken*) maupun SNI (Standar Nasional Indonesia), yang masing-masing memiliki cara perhitungan berbeda namun dengan tujuan yang sama. Volume suatu pekerjaan adalah hitungan jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam suatu satuan. Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa:

$$\text{RAB} = \sum (\text{volume}) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$$

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis (Juansyah et al., 2017).

2.2.3 Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Rekayasa Nilai merupakan upaya sistematis dan terstruktur yang menggunakan teknik-teknik yang diakui untuk mengoptimalkan produk atau jasa agar memenuhi fungsi yang diperlukan dengan biaya serendah mungkin (Pontoh et al., 2013). Dengan kata lain, Rekayasa Nilai bertujuan mengoptimalkan biaya melalui analisis dan pengendalian biaya produk secara sistematis, membedakan antara kebutuhan esensial dan non-esensial, serta mengembangkan alternatif yang memenuhi kebutuhan dengan biaya minimal tanpa mengorbankan mutu. Penting untuk dicatat bahwa Rekayasa Nilai

bukanlah tinjauan desain yang mencari kesalahan, bukan pula proses pemotongan biaya yang mengorbankan kualitas. Selain itu, Rekayasa Nilai tidak wajib dilakukan oleh setiap perencana karena keterbatasan kemampuan dan waktu yang dimiliki, sehingga perbandingan alternatif di luar keahlian mereka menjadi tidak memungkinkan (Rumintang et al., 2008).

2.2.4 Prinsip Dasar Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Tujuan utama dalam menciptakan sebuah produk adalah memastikan produk tersebut laku di pasaran dengan cepat, menghasilkan keuntungan optimal, dan memenuhi kepuasan konsumen. Oleh karena itu, desainer produk perlu menghindari penambahan fungsi yang tidak diperlukan atau penggunaan material produksi yang berlebihan, karena hal tersebut dapat meningkatkan biaya dan mengurangi nilai produk (Pontoh et al., 2013). Dengan demikian, gagasan pengembangan produk harus didasarkan pada prinsip-prinsip berikut ini:

1. Penghematan biaya

Menggunakan biaya seminimal mungkin tanpa mengurangi fungsi dan kualitas produk. Prinsip ini menekankan efisiensi dalam penggunaan sumber daya, mulai dari pemilihan material yang tepat hingga proses produksi yang optimal. Dengan demikian, produk yang

dihasilkan dapat memiliki daya saing yang tinggi di pasaran.

2. Waktu

Memanfaatkan waktu dengan sebaik mungkin, ini dimaksudkan menggunakan waktu yang minimal dan mendapatkan hasil yang maksimal. Penggunaan waktu yang efisien dalam setiap tahap pengembangan produk, mulai dari riset, desain, hingga produksi, dapat mempercepat proses dan mengurangi biaya.

3. Bahan

Bahan yang digunakan harus mampu memenuhi fungsi dan kualitas yang telah direncanakan sebelumnya, memastikan produk akhir dapat beroperasi sesuai dengan ekspektasi dan memberikan nilai tambah bagi konsumen.

2.2.5 Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*)

Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*) adalah pendekatan sistematis dengan rencana kerja terarah yang krusial untuk keberhasilan studi Rekayasa Nilai. Melalui rencana kerja ini, seluruh tahapan penerapan Rekayasa Nilai dilaksanakan secara menyeluruh. Prosesnya dimulai dari identifikasi item kerja dalam proyek, dilanjutkan dengan

penemuan elemen-elemen yang berpotensi memiliki biaya tidak perlu, hingga pencarian alternatif kreatif untuk mencapai fungsi yang sama dengan desain sebelumnya. Rencana kerja ini juga membantu dalam menentukan bagian-bagian proyek yang memiliki biaya tinggi dibandingkan dengan fasilitas serupa (Khanifah et al., 2023).

2.2.6 Tahap – Tahap Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

1. Tahap Informasi

Tahap informasi merupakan fase awal dalam proses Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) yang bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai item-item pekerjaan yang akan dianalisis. Fokus utama pada tahap ini adalah mendefinisikan fungsi dasar dari masing-masing item dalam proyek, sehingga dapat diidentifikasi item kerja yang layak untuk dianalisis lebih lanjut (Mahyuddin, 2020).

2. Tahap Kreatif

Tujuan dari tahap kreatif adalah menghasilkan sebanyak mungkin ide atau alternatif yang mampu memenuhi fungsi dasar dari item kerja yang dianalisis. Pada fase ini, tim Rekayasa Nilai didorong untuk berpikir terbuka dan inovatif. Semua ide diterima tanpa penilaian awal agar tidak menghambat aliran kreativitas (Mahyuddin, 2020).

3. Tahap Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengevaluasi dan menyaring ide-ide yang dihasilkan pada tahap kreatif. Setiap alternatif dianalisis berdasarkan kelayakan teknis, manfaat fungsional, dan potensi penghematan biaya. Hasilnya adalah daftar ide yang paling layak untuk dikembangkan lebih lanjut (Mahyuddin, 2020).

4. Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi dalam metode *Value Engineering* merupakan tahapan akhir dari proses analisis alternatif yang bertujuan untuk menyampaikan usulan perubahan atau perbaikan yang dapat meningkatkan nilai suatu proyek tanpa mengurangi fungsi dan kualitasnya. Pada tahap ini, tim *Value Engineering* menyusun hasil evaluasi terhadap berbagai alternatif solusi yang telah dikembangkan dan dianalisis sebelumnya, kemudian memilih alternatif terbaik berdasarkan kriteria teknis, ekonomis, dan fungsional. Alternatif yang terpilih tersebut disampaikan dalam bentuk rekomendasi yang terstruktur dan didukung dengan data pendukung seperti analisis teknis, perbandingan biaya, serta dampaknya terhadap pelaksanaan proyek (Mahyuddin, 2020).

2.2.7 Struktur Atas

Menurut Standar Nasional Indonesia, struktur atas sebuah gedung merujuk pada keseluruhan elemen struktur yang terletak di atas permukaan tanah. Struktur ini terdiri dari komponen-komponen penting seperti kolom, pelat, balok, dinding geser, dan tangga. Setiap elemen tersebut memiliki fungsi spesifik dan saling berkaitan dalam menopang beban serta menjaga kestabilan bangunan secara keseluruhan (Astri Gusfita et al., 2022).

2.2.8 Kolom

Kolom merupakan elemen struktural krusial yang berfungsi menahan gaya aksial dan momen lentur. Secara prinsip, kolom berperan sebagai batang tekan vertikal dalam rangka struktural yang menanggung beban dari balok, kemudian meneruskan beban tersebut dari bagian atas bangunan ke bagian bawah hingga akhirnya dialirkan ke tanah melalui fondasi. Kegagalan pada kolom dapat berakibat fatal, menyebabkan runtuhnya komponen struktur lain yang terhubung atau bahkan seluruh bangunan. Mengingat kegagalan komponen tekan sering terjadi secara tiba-tiba tanpa peringatan, perencanaan struktur kolom memerlukan cadangan kekuatan yang lebih besar dibandingkan komponen struktur lainnya. Selain itu, kolom tidak hanya menahan beban aksial vertikal, tetapi juga kombinasi beban aksial dan momen lentur, sehingga

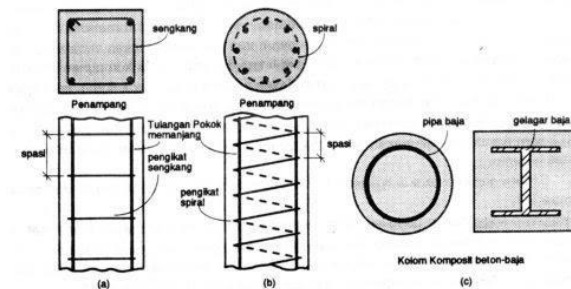
harus dirancang untuk menahan beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu (Nasikhin, 2023).

A. Jenis – jenis kolom

Menurut, (Limbongan et al., 2016) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu:

- a. Kolom ikat (*tie coloumn*)
- b. Kolom spiral (*spiral coloumn*)
- c. Kolom komposit (*composite coloumn*)

Masing-masing jenis kolom yang telah disebutkan diatas digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis-jenis kolom

Sumber: (CV.YUFA KARYA Mandiri, 2012)

1. Kolom dengan pengikat sengkang lateral

Kolom dengan pengikat sengkang lateral adalah kolom beton bertulang yang terdiri dari batang tulangan pokok memanjang yang diikat secara lateral oleh pengikat sengkang pada jarak spasi tertentu. Pengikat sengkang ini berfungsi untuk menjaga tulangan pokok memanjang agar tetap pada posisinya.

2. Kolom dengan pengikat spiral

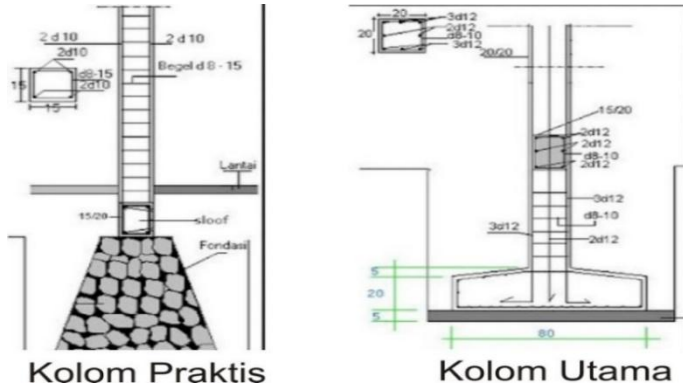
Kolom dengan pengikat spiral memiliki bentuk yang serupa dengan kolom konvensional, namun perbedaannya terletak pada pengikat tulangan pokok memanjang yang berupa tulangan spiral. Tulangan spiral ini dililitkan secara heliks di sepanjang kolom, memberikan kemampuan kolom untuk menyerap deformasi yang signifikan sebelum terjadi keruntuhan. Fungsi utama tulangan spiral adalah mencegah kehancuran struktur secara menyeluruh sebelum proses redistribusi momen dan tegangan dapat berlangsung. Dengan demikian, kolom dengan pengikat spiral memberikan tambahan kekuatan dan stabilitas struktural pada bangunan.

3. Struktur kolom komposit

Struktur kolom komposit adalah komponen struktur tekan memanjang yang diperkuat dengan gelagar baja profil atau pipa, baik dengan maupun tanpa tambahan batang tulangan pokok memanjang, yang berfungsi sebagai elemen penahan beban tekan.

Selain berbagai macam pengikat kolom, bangunan gedung juga memiliki bentuk kolom yang berbeda.

Kolom ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu kolom utama dan kolom praktis.



Gambar 2.2 Kolom praktis dan kolom utama

Sumber: (Aska, 2022)

a. Kolom Praktis (Kolom Non Struktur)

Kolom praktis adalah elemen struktural yang ditempatkan di antara dinding, berfungsi sebagai pendukung kolom utama dan penguat struktur bangunan secara keseluruhan. Selain itu, kolom praktis berperan sebagai pengikat dinding untuk menjaga stabilitasnya. Dimensi standar kolom praktis adalah 15/15 cm, dengan tulangan beton 4 d 10 dan begel d 8-20.

b. Kolom Utama (Kolom Struktur)

Kolom utama pada struktur bangunan gedung berperan sebagai elemen vertikal yang menopang beban aksial, kemudian menyalurkan beban tersebut ke fondasi. Kolom utama didefinisikan sebagai kolom yang fungsi utamanya adalah menahan beban utama

dari struktur di atasnya. Dimensi kolom utama yang umum digunakan untuk rumah tinggal 2 lantai adalah 20 cm x 20 cm, dengan tulangan pokok sebanyak 8 batang besi beton berdiameter 12 mm (8 d 12 mm) dan begel (sengkang) berdiameter 8 mm dengan jarak antar begel 10 cm (d 8-10 cm).

2.2.9 Balok

Balok adalah elemen struktur yang berfungsi untuk mentransfer momen ke kolom. Sebagai elemen lentur, balok terutama menanggung gaya berupa momen lentur dan gaya geser. Balok beton, dalam konteks ini, juga berfungsi untuk menyalurkan momen ke kolom dan dikenal sebagai elemen lentur yang dominan dalam menanggung beban momen lentur dan gaya geser (Nuh, 2016).

Beton memiliki sifat rangka yang memengaruhi perilaku beton ketika dibebani secara terus-menerus dalam jangka waktu lama. Oleh karena itu, pada balok beton dikenal istilah short-term (immediate), deflection dan long-term deflection, yang merujuk pada lendutan yang terjadi. Short-term deflection adalah lendutan yang terjadi segera setelah beban diterapkan, sedangkan long-term deflection adalah lendutan yang berkembang seiring berjalannya waktu akibat faktor seperti creep dan penyusutan beton. Lendutan adalah fungsi dari kekakuan,

yang merupakan hasil perkalian antara modulus elastisitas beton E_c dan inersia penampang I . Lendutan perlu dibatasi karena berkaitan dengan kenyamanan dan aspek estetika dalam desain arsitektur. Telah disebutkan pada SNI beton 2013 dalam butir 9.5 terhadap kontrol lendutan.

Perilaku keruntuhan yang dominan pada struktur balok umumnya adalah lentur, terutama jika rasio bentang (L) terhadap tinggi balok (h) cukup besar. Namun, jika rasio ini kecil, maka balok tersebut digolongkan sebagai balok tinggi (deep beam), di mana keruntuhan geser menjadi dominan.

1. Fungsi Balok

Balok berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar tetap bersatu dan mempertahankan bentuk serta posisinya jika terjadi pergerakan. Balok biasanya dibuat dari bahan yang sama dengan kolom, sehingga hubungan antara balok dan kolom menjadi kaku.

2. Jenis – Jenis Balok

- a. Balok sederhana bertumpu pada kolom di kedua ujungnya, dengan salah satu ujung bebas untuk berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai semua reaksi, pergeseran, dan momen pada balok sederhana tidak tergantung pada

bentuk penampang dan material yang digunakan.

- b. Kantilever adalah balok atau struktur kaku lainnya yang didukung hanya pada satu ujung tetap, sementara ujung lainnya bebas untuk memanjang tanpa dukungan tambahan.
- c. Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya, dengan bagian balok yang melampaui kolom tersebut menonjol di luar titik tumpuan.
- d. Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh balok teritisan dari dua bentang, dengan sambungan pin pada titik momen nol, sehingga memungkinkan balok untuk tergantung di antara dua dukungan tanpa mengalami momen lentur pada sambungan.

3. Macam – Macam Balok

- a. Balok kayu berfungsi untuk menopang papan atau dek struktural. Balok ini dapat ditopang oleh balok induk, tiang, atau dinding penopang beban.
- b. Balok baja berfungsi untuk menopang dek baja atau papan beton pracetak. Balok ini

dapat ditopang oleh balok induk (girder), kolom, atau dinding penopang beban.

- c. Balok beton pelat beton yang dicor di tempat dikategorikan berdasarkan bentangan dan bentuk cetakannya.

2.2.10 Pembebanan

Dalam perencanaan struktur, beban-beban yang diperhitungkan meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Beban horizontal dapat berupa beban angin dan beban gempa, di mana struktur portal direncanakan khusus untuk beban horizontal akibat beban gempa karena dalam perencanaan struktur beton bertulang, beban gempa lebih dominan dibandingkan beban angin. Beban vertikal meliputi beban mati dan beban hidup. Dari analisis pembebanan ini, direncanakan konstruksi yang mampu menahan beban tersebut sehingga dapat digunakan dengan aman. Jenis pembebanan yang digunakan dalam perencanaan gedung adalah:

1. Beban mati

Menurut (Doli, 2018), beban mati dalam struktur bangunan terdiri dari dua jenis:

- a. Beban mati material: Beban ini berasal dari berat material yang digunakan dalam struktur itu sendiri. Berdasarkan Peraturan Pembebanan

Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1987) contoh berat jenis material bangunan adalah:

- Baja: 7850 kg/m^3
- Batu alam: 2600 kg/m^3
- Beton bertulang: 2400 kg/m^3
- Pasangan bata merah: 1700 kg/m^3

b. Beban mati tambahan: Beban ini mencakup beban dari lapisan finishing lantai (misalnya, keramik atau plester), beban dinding, dan beban tambahan lainnya yang diterapkan pada struktur. Berdasarkan PPIUG 1987, contoh berat jenis bahan tambahan adalah:

- Beban finishing (keramik): 24 kg/m^3
- Spesi 2,5 cm: 53 kg/m^2 (perhitungan: $2,5 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$)
- Beban plafon dan penggantung: 18 kg/m^3
- Beban dinding = 250 kg/m^3

2. Beban hidup

Beban hidup, yang mencakup semua beban yang timbul akibat penggunaan fungsi gedung, termasuk beban di lantai dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin, serta peralatan yang menjadi bagian dari gedung selama masa penggunaannya, berpotensi menyebabkan perubahan

dalam pembebanan lantai dan atap Gedung (Doli, 2018).

Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum, **L0** dan beban hidup terpusat minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{d,e} tidak boleh direduksi	^{e,f,g}
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsai dansa dan Ruang dansa		
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^a	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	100 (4,79) ^{a,k} 60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ⁿ dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^g	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^g	

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2020)

3. Beban angin

Beban angin merupakan beban yang timbul pada struktur bangunan akibat tekanan dari pergerakan angin, yang besarnya sangat dipengaruhi oleh lokasi dan ketinggian struktur tersebut. Tekanan angin minimum yang harus diperhitungkan adalah 25 kg/m², kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:

- a. Tekanan tiup ditepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40kg/m².
- b. Untuk bangunan didaerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m², harus diambil sebesar $P = V^2/16$ (kg/m²), dengan V adalah kecepatan angin m/det.
- c. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m² harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6 h)$, dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter.

Nilai tekanan tiup yang diperoleh dari hitungan diatas harus dikalikan dengan koefisien angin, untuk

mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut (Pottu, 2014).

4. Beban gempa

Menurut (Pottu, 2014), beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi, baik pergerakan vertikal maupun horizontal. Namun, karena percepatan tanah arah horizontal umumnya lebih besar daripada arah vertikal, pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan beban statik ekuivalen dibandingkan gempa vertikal.

Besarnya gaya geser dasar (statik ekuivalen) ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{C \times 1}{R} \times W_t$$

Dengan:

C = Faktor keutamaan gedung

R = Faktor reduksi gempa (Yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan)

W_t = Berat total bangunan (Termasuk beban hidup yang bersesuaian)

2.2.11 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan standar beban yang ditetapkan oleh (Badan Standardisasi Nasional, 2020) (BSN) dalam SNI 03-1729-2002, struktur baja wajib dirancang untuk

menahan semua kombinasi pembebanan yang relevan.
kombinasi pembebanan dibawah ini:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6 L + 0,5(L_0 \text{ atau } H)$
- $1,2D + 1,6 (L_0 \text{ atau } H) + (\gamma LL \text{ atau } 0,8W)$
- $1,2D + 1,3 W + \gamma LL + 0,5 (L_0 \text{ atau } H)$
- $1,2D \pm 1,0 E + \gamma LL$
- $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0 E)$

Keterangan:

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan layang tetap. L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

L_0 adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W adalah beban angin.

E adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI

03–1726–1989, atau penggantinya.

Dengan,

$\gamma L = 0,5$ bila $L < 5 \text{ kPa}$, dan $\gamma L = 1$ bila $L \geq 5 \text{ kPa}$.

Kecuali: Faktor beban L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 6.2-3, 6.2-4 dan 6.2-5 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

2.2.12 SAP 2000

Structure Analysis Program 2000 (SAP2000) adalah program analisis struktur komprehensif yang mudah dioperasikan. Prinsip utama program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain yang terintegrasi dalam satu antarmuka. Tampilan model secara waktu nyata (real time) memungkinkan pengguna untuk melakukan pemodelan menyeluruh dengan cepat dan akurat (Simatupang et al., 2020).

A. Permodelan struktur

Berdasarkan panduan penggunaan perangkat lunak SAP2000, model geometri dalam program tersebut dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu model geometri *template* dan model geometri koordinat. Model geometri *template* diterapkan ketika jarak antar elemen struktur seragam pada sumbu X dan sumbu Z,

sementara model geometri koordinat digunakan apabila jarak antar elemen tidak seragam, baik pada arah sumbu X maupun sumbu Z (Nuh, 2016).

1. Model template Koordinat.

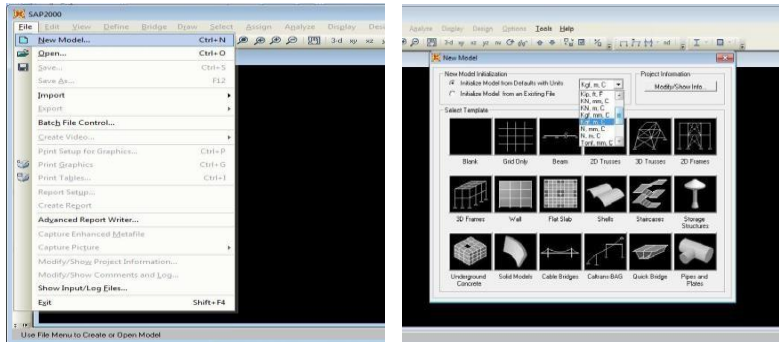
- Jalankan aplikasi SAP 2000.
- Pilih menu File → New Model...
- Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog New Model.
- Kemudian pilih 3D Frames.
- Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog 3D Frames.
- Number of Stories diartikan jumlah dari tingkat suatu frame.
- Number of Bays diartikan jumlah dari bentang suatu frame.
- Story of Height diartikan tinggi tiap tingkat dari suatu frame.
- Bay Width diartikan lebar bentang dari suatu frame.
- Klik Ok.
- Selanjutnya akan ditampilkan antarmuka SAP 2000.

2. Model Geometri Koordinat

Model geometri koordinat dipakai apabila salah satu sumbu saja yang memiliki ukuran tidak sama. Hal itu

dapat dilakukan dengan langkah- langkah sebagai berikut:

- Jalankan aplikasi SAP 2000
- Pilih menu File → New Model

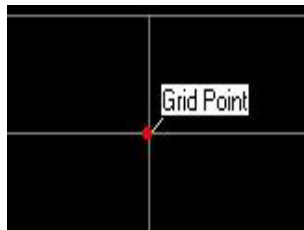
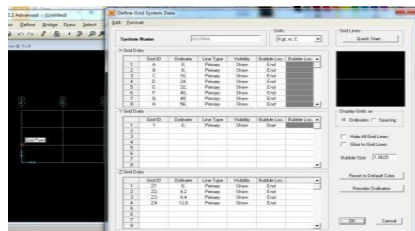


Gambar 2.3 Model geometri koordinat

Sumber: (Nuh, 2016)

- Selanjtnya akan ditampilkan kotak dialog New Model
- Pilih Grid Only
- Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog Quick Grid Lines
- X direction diartikan jumlah panjang dari arah sumbu X dari suatu frame
- Z direction diartikan jumlah panjang dari arah sumbu Z dari suatu frame

- Sedangkan untuk Y direction tidak perlu diisi karena sumbu yang aktif pada SAP 2000 versi 14 adalah XZ
- Klik Ok
- Selanjutnya akan ditampilkan antarmuka SAP 2000
- Tutup jendela 3-D View dan perbesar jendela X- Y Plane
- Klik ikon XZ pada toolbar untuk mengubah tampilan sumbu X-Y menjadi tampilan sumbu X-Z
- Selanjutnya akan ditampilkan antarmuka SAP 2000 dengan X-Z Plane



Gambar 2.4 Define grid System data grid

Sumber: (Nuh, 2016)

Setelah mengetahui batas-batas gambar, mulailah menggambar yang dimulai dengan pembuatan kolom-kolomnya kemudian baru balok-baloknya.

- Pilih menu Draw → Draw Frame/Cable /Tendon
- Gambarlah dari titik ke titik dengan cara mengklik tiap titik yang dilewati sehingga akhir dari gambar tersebut.
- Untuk menggambar plat, lakukan langkah berikut:
 - a. Pilih menu Draw > Draw Poly area, untuk menggambar plat dari joint - joint
 - b. Pilih menu Draw > Draw Rectangular Area, untuk menggambar dengan bentuk persegi/persegi panjang.
 - c. Pilih menu Draw > Quick Draw area, untuk menggambar cepat dengan menklik didalam area plat.

B. Memberikan label batang pada titik

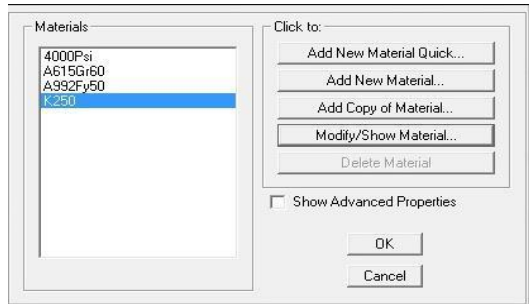
Pada setiap gambar struktur terdiri dari batang dan titik. Untuk mempermudah proses identifikasi gaya – gaya yang bekerja pada setiap elemen struktur maka setiap batang dan titik diberi nomor urut. Untuk memberikan label pada elemen struktur dapat dilakukan dengan cara berikut:

- Pilih menu View > Set Display Options
- Selanjutnya ditampilkan kotak dialog Display Options for Active Window
- Aktifkan kotak periksa Labels pada kelompok Joints dan Frames / Cables / Tendons
- Klik Ok
- Selanjutnya struktur akan diberi nomor titik dan nomor batang

C. Input data material

Pada proses ini, masukan data-data material untuk beton atau material baja atau material lain sesuai perencanaan. Langkah-langkah sebagai berikut:

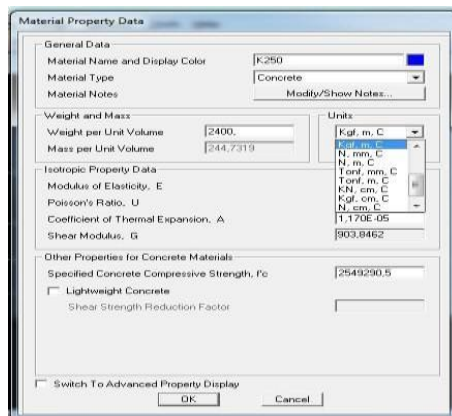
- Pilih menu Define > Materials....
- Selanjutnya ditampilkan kotak dialog Define Materials
- Pilih salah satu pilihan untuk menentukan material baik beton atau baja
- Biasanya dalam SAP sudah ada pilihan untuk beton dan baja
- Klik add new material jika belum ada pilihan
- Klik Modify/show material jika sudah ada pilihan di dalam



Gambar 2.5 Kotak define material

Sumber: (Nuh, 2016)

- Selanjutnya akan muncul Kotak dialog Material Property data.
- Kemudian masukan data-data material.
- Lakukan langkah yang sama untuk menentukan material yang lain.
- Klik oke.

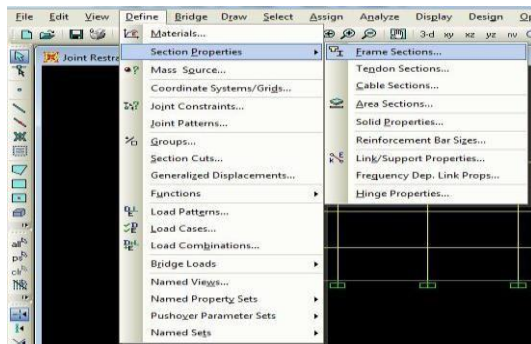


Gambar 2.6 Kotak Material Property data

Sumber: (Nuh, 2016)

D. Input data dimensi elemen balok, kolom dan plat
 Proses ini yaitu untuk menentukan dimensi kolom dan juga balok pada struktur. Untuk kolom, Langkah-langkahnya sebagai strukturi berikut:

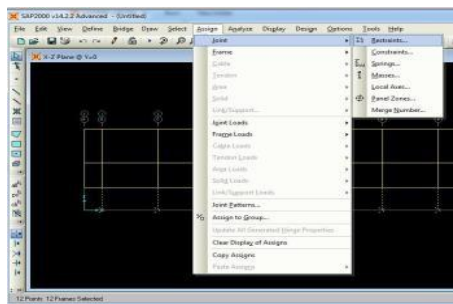
- Klik Define > Section properties > Frame Section
- Selanjutnya akan muncul kotak Frame Properti



Gambar 2.7 Kotak frame section

Sumber: (Nuh, 2016)

- Klik add new property...> pilih material concrete untuk beton dan Rectangular sesuai data bentuk

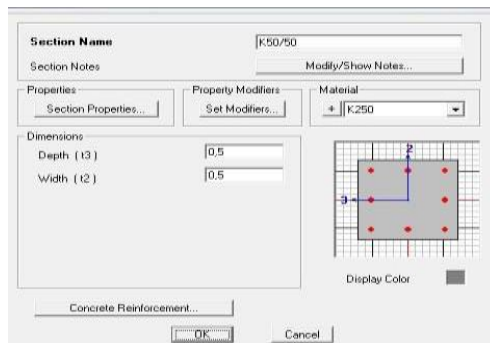




Gambar 2.8 Kotak joint restraints

Sumber: (Nuh, 2016)

- kemudian akan muncul tampilan rectangular section > dilanjutkan dengan pengisian data untuk nama material, ukuran lebar dan tinggi penampang

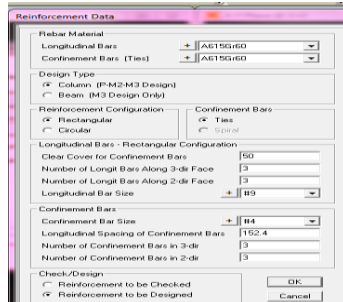


Gambar 2.9 Kotak rectangular section

Sumber: (Nuh, 2016)

- Klik concrete Reinforcement
- Pada Kelompok Design Type, pilih tombol Column.
- Kelompok Reinforcement Configuration, pilih tombol Rectangular.

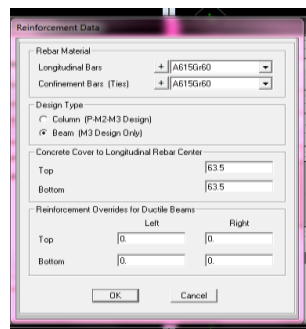
- Kelompok Longitudinal Bars - Rectangular Configuration, Tentukan Selimut beton pada kotak Clear Cover to Confinement



Gambar 2.10 Kotak reinforcement data untuk kolom

Sumber:(Nuh, 2016)

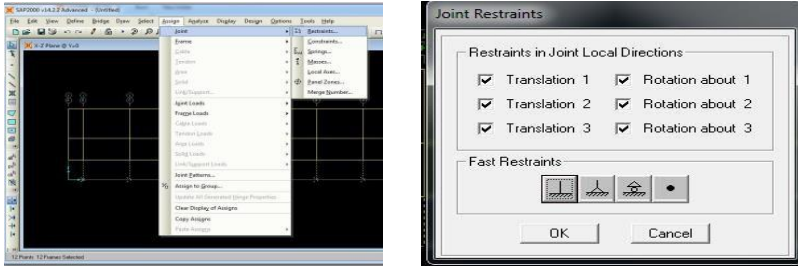
- Setelah selesai, klik oke 2 kali.
- Untuk penampang balok lakukan langkah No 1 sampai No 5
- Pada Kelompok Design Type, pilih tombol Beam.



Gambar 2.11 Kotak Reinforcement data untuk balok

Sumber: (Nuh, 2016)

- Tentukan Selimut beton pada kotak Clear Cover to Longitudinal Rebar Centre.
- Setelah selesai, klik oke 2 kali.
- Menentukan tumpuan



Gambar 2.12 Menentukan tumpuan

Sumber: (Nuh, 2016)

E. Input data-data beban

Beban yang ada pada SAP semuanya berdasarkan pada teori-teori yang ada, diantaranya, beban mati (DL), beban Hidup (LL) beban angin, beban salju dan beban gempa (QL). Berikut adalah langkah-langkah memasukan data beban:

- Klik menu Define > load patterns
- Kemudian akan muncul kotak dialog Define Load Patterns
- Kemudian klik beban yang sudah tersedia pada kolom Type, untuk beban mati klik DEAD, untuk beban Hidup klik LIVE, untuk beban gempa klik QUAKE.

- Berikan nama untuk setiap beban pada kolom Load Patterns Name.
- Klik Add/New Load Patterns untuk menambahkan beban
- Untuk bagian beban mati, Pada kelompok Self Weight Multiplier ketik angka 1 yang lainnya 0, dikarenakan SAP akan menghitung berat beban mati yang ada pada elemen-elemen struktur.
- Klik oke



Gambar 2.13 Kotak define load patterns

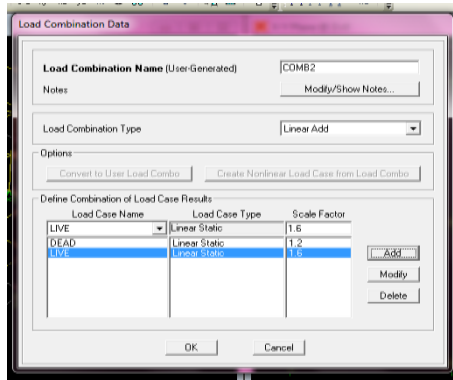
Sumber:(Nuh, 2016)

F. Input kombinasi beban

SAP dalam hal ini akan mengkombinasikan beban antara beban mati, beban hidup dan beban Gempa sesuai perencanaan, langkah-langaknya sebagai berikut:

- Klik menu Define > Load Combination.

- Klik Add/New Combination.
- Kemudian akan muncul kotak Load Combination Data.
- Pada kotak Load Combination Data, berikan nama pada kelompok Load Combination name.



Gambar 2.14 Kotak load combination data

Sumber: (Nuh, 2016)

- Contoh untuk beban COMB2, Klik Load Case Name untuk beban mati (DEAD) Pada kelompok Define Combination Of Load Case Result dan Scale factor 1.2 kemudian klik Add.
- Klik kembali beban Hidup (LIVE) dan Scale Factor 1.6
- Klik Oke.

Untuk proses selanjutnya adalah memasang data- data yang sudah dilakukan dikarenakan data-data tersebut

bisa dikatakan belum terpasang dalam elemen-elemen struktur.

G. Input data-data elemen struktur kolom, balok dan plat
Untuk kolom, Berikut adalah langkah-langkah Memasang data-data yang sudah ada ke elemen-elemen Struktur diantaranya:

- Klik objek/batang untuk kolom
- Klik menu Assign > Frame > Frame Sections....
- Kemudian akan muncul kotak Frame Properties.
- Klik data kolom yang akan dipasang pada objek.
- Klik Oke.

Untuk Balok dan plat, lakukan kembali langkah-langkah seperti diatas dengan memilih data balok dan kemudian klik Oke.

H. Running analysis

Running analysis adalah tahap terakhir yang bertujuan untuk menganalisis gaya gaya yang terjadi dalam struktur.

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

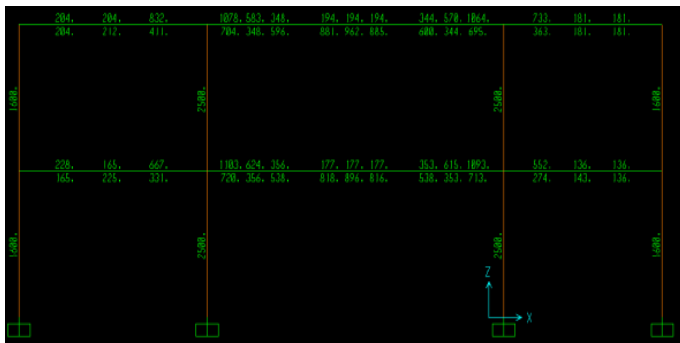
- Klik menu Analyze > Set analyze option...
- Kemudian akan muncul kotak Analysis Option.
- Kelik pilihan analisis untuk 2d atau 3d pada kelompok pada Fast DOFs

- Klik Oke, diteruskan dengan tekan F5

I. Mengecek kebutuhan tulangan struktur

Pada tahap ini, SAP akan mengeluarkan Luas Tulangan yang diperlukan baik itu kolom atau Balok. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Klik menu Design > Concrete Frame Design.
- Klik Start Design/Check Structure.
- Kemudian SAP akan menampilkan Nilai-nilai disekitar Batang-batang elemen struktur yang disebut As/ Luas tulangan yang diperlukan.



Gambar 2.15 Tampilan as pada elemen struktur

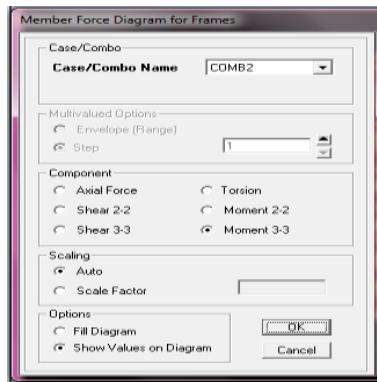
Sumber: (Nuh, 2016)

J. Output data

Pada proses ini SAP akan mengeluarkan data-data yang diperlukan untuk perencanaan contohnya, Beban maksimum (Pu), Momen maksimum (Mu) ataupun Gaya geser maksimum (Vu). Adapun SAP

mengeluarkan data-data tersebut dengan berupa tampilan-tampilan, Diagram, dan dalam bentuk tabel. Setelah hasil proses perhitungan selesai, maka SAP akan memberikan hasil berupa momen, lintang dan normal untuk setiap jenis beban. Untuk menampilkan masing-masing gaya dalam struktur, langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Klik menu Display > Show Forces/stresses > Frame/Cables,
- Selanjutnya akan muncul kotak dialog Members Forces Diagram For Frame



Gambar 2.16 Kotak dialog member forces diagram for frame

Sumber: (Nuh, 2016)

- Pada kelompok Case/Combo, ganti beban kombinasi sesuai yang diinginkan.
- Pada kelompok component, ganti sesuai kebutuhan perencanaan,

- Shear untuk gaya geser,
- Axial Forces untuk gaya Aksial dan Momen.
- Pada kelompok option ganti Fill diagram untuk tampilan diagram,
- Show Value on Diagram untuk tampilan nilai.
- Klik Oke

Adapun SAP akan memudahkan para teknisi dengan mengeluarkan data-data berbentuk Tabel yang bisa langsung dibuka dalam bentuk file Microsoft Word.

Langkah-langkanya sebagai berikut:

- Klik menu File > Print Table/Ctrl I...
- Kemudian akan muncul kotak dialog Choose Table for Printing
- Pada kelompok Out type, centang RTF file
- Pada kelompok Edit, Centang data-data yang ingin dikeluarkan.
- Klik Oke.