

- Ir. Ruslan Hidayat, M.Si., M.T.
- Ir. Iwan Cahyono, M.T.
- Saiful Arfaah, S.T., M.T.
- Dr. Ir. Asnun Parwanti, M.T.



Kebutuhan Tulangan pada

BALOK T KOMPATIBILITAS

pada Gedung Bertingkat

EDITOR: Dr. Dwi Ajiatmo, S.T., M.T.



Kebutuhan Tulangan pada

BALOK T KOMPATIBILITAS

pada Gedung Bertingkat

Materi ini membahas analisis kebutuhan tulangan pada balok T yang sering digunakan dalam struktur gedung bertingkat. Fokus utama adalah pada kompatibilitas balok T dengan sistem lantai bangunan, yang mencakup aspek desain dan perhitungan tulangan untuk memastikan kekuatan dan stabilitas struktur. Penggunaan program komputer, seperti SAP 2000, dalam menganalisis dan mendesain tulangan balok T juga dibahas untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi perencanaan. Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman mendalam tentang distribusi beban dan perilaku material sangat penting untuk menentukan kebutuhan tulangan yang tepat, guna menghindari kegagalan struktur akibat lentur dan geser.

Anda adalah salah satu diantara banyak orang yang belum terlambat belajar kebutuhan tulangan pada balok T pada Gedung Bertingkat, mulailah membaca materi yang ada di bab buku ini yang anda senangi, tidak ada materi yang sulit kecuali Anda tidak memulai membacanya. Mulailah dari sekarang dari yang sedikit, kelak Anda akan berhasil menjadi insinyur yang kompeten dan handal.



✉ ganshakreasisemesta@gmail.com

🌐 www.ganshakreasisemesta.com

📞 0852 8000 2192

⚙️ Anggota IKAPI No. 281/JTE/2024

ISBN 978-634-7043-26-9



9 786347 043269

KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK T KOMPATIBILITAS PADA GEDUNG BERTINGKAT

Ir. Ruslan Hidayat, M.Si., M.T.

Ir. Iwan Cahyono, M.T.

Saiful Arfaah, S.T., M.T.

Dr. Ir. Asnun Parwanti, M.T.



PENERBIT PT. GANESHA KREASI SEMESTA

**KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK T
KOMPATIBILITAS PADA GEDUNG BERTINGKAT**

Penulis : Ir. Ruslan Hidayat, M.Si., M.T.
Ir. Iwan Cahyono, M.T.
Saiful Arfaah, S.T., M.T.
Dr. Ir. Asnun Parwanti, M.T.

Editor : Dr. Dwi Ajiatmo, S.T., M.T.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Via Maria Ulfah

ISBN : 978-634-7043-26-9

Diterbitkan oleh : **GANESHA KREASI SEMESTA,
DESEMBER 2024
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO.281/JTE/2024**

Redaksi:

Jalan Panongan, Desa Kutasari Kecamatan Baturraden Kabupaten
Banyumas Telp. 0852-8000-2192

Surel : ganeshakreasisemesta@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan materi berjudul "Kebutuhan Tulangan Pada Balok T: Kompatibilitas Pada Gedung Bertingkat". Materi ini disusun sebagai panduan akademis yang diharapkan dapat membantu para mahasiswa teknik sipil dalam memahami dan menerapkan metode analisis struktur yang efisien dan akurat.

Dalam dunia konstruksi, balok T merupakan elemen struktural yang sering digunakan karena kemampuannya menahan beban yang signifikan dengan efisiensi material. Namun, untuk memastikan keamanan dan kestabilan struktur, analisis kebutuhan tulangan yang tepat sangatlah penting. Pada materi ini, kami membahas dua metode analisis yang umum digunakan: perhitungan manual dan penggunaan perangkat lunak SAP 2000. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan kami berupaya untuk memberikan gambaran komprehensif tentang cara penggunaannya dalam proyek konstruksi nyata.

Perhitungan manual merupakan dasar dari semua analisis struktur. Pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip mekanika material dan teori struktur sangat diperlukan dalam melakukan perhitungan ini. Oleh karena itu, dalam bab pertama, kami menjelaskan secara rinci langkah-langkah perhitungan manual untuk balok T, mulai dari perhitungan momen inersia, gaya geser, momen lentur, hingga distribusi tegangan dan regangan pada elemen balok. Kami juga menyertakan contoh perhitungan untuk memudahkan pembaca dalam memahami konsep-konsep tersebut.

Di sisi lain, perkembangan teknologi komputer telah menghadirkan perangkat lunak analisis struktur yang sangat membantu dalam mempercepat dan mempermudah proses perancangan. SAP 2000 merupakan salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan di kalangan praktisi dan akademisi. Pada bab kedua, kami membahas penggunaan SAP 2000 dalam analisis

balok T. Langkah-langkah dalam menginput data, melakukan analisis, serta interpretasi hasil dianalisis secara terperinci. Dengan SAP 2000, analisis yang rumit dapat diselesaikan dengan cepat dan akurat, meskipun pemahaman tentang dasar-dasar teoritis tetap diperlukan untuk memastikan hasil yang diperoleh benar-benar valid dan dapat diandalkan.

Materi ini juga menyajikan perbandingan antara hasil yang diperoleh dari perhitungan manual dan hasil dari SAP 2000. Kami menyadari bahwa meskipun perangkat lunak menawarkan kemudahan, keakuratan hasil sangat tergantung pada ketepatan input data dan pemahaman pengguna terhadap teori dasar. Oleh karena itu, melalui studi kasus pada gedung bertingkat dua, kami menunjukkan bagaimana kedua metode ini diaplikasikan dan membandingkan hasil analisis yang didapatkan. Analisis perbandingan ini diharapkan dapat memberikan wawasan kepada pembaca tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing metode, serta membantu dalam memilih metode yang paling sesuai untuk proyek tertentu.

Penyusunan materi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan sejawat yang telah memberikan masukan berharga selama proses penulisan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada institusi pendidikan dan perusahaan konstruksi yang telah menyediakan data dan informasi yang diperlukan untuk studi kasus.

Akhir kata, kami berharap materi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam analisis struktur balok T. Kami menyadari bahwa materi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga materi ini bermanfaat dan dapat digunakan secara optimal dalam proses pembelajaran dan penerapan di lapangan. Terima kasih.

Jombang, November 2024
Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK BETON	
BERTULANG TAMPANG T	5
A. Kebutuhan Tulangan.....	5
B. Gempa.....	6
C. Struktur Beton.....	9
D. Balok.....	13
E. Tulangan.....	18
F. Program SAP (<i>Structural Analysis Program</i>) 2000.....	18
G. Pembebanan.....	19
H. Kombinasi Pembebanan.....	22
BAB 3 LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN	25
A. Metode Perencanaan.....	25
B. Flow Chart SAP 2000.....	26
C. Flow Chart Metode Perhitungan Manual.....	28
BAB 4 PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG BETON	
BERTULANG	33
A. Denah Gedung.....	33
B. Data Gedung.....	34
C. Perhitungan Manual.....	34
D. Perhitungan SAP 2000.....	46
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	66
TENTANG PENULIS	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa	21
Tabel 2.2	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa	22
Tabel 2.3	Faktor Keutamaan Gempa	22
Tabel 4.1	Koefisien Momen Plaat	35
Tabel 4.2	Total Beban Mati	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lebar Efektif Sayap.....	14
Gambar 2.2	Ketetapan Analisis Balok T Berdasarkan Zona Tekan Beton	15
Gambar 2.3	Garis Netral Jatuh di Flens	16
Gambar 2.4	Zona Tekan T Akibat Momen Positif	17
Gambar 4.1	Denah Penelitian di Lantai 2	33
Gambar 4.2	Momen Plat Lantai	34
Gambar 4.3	Momen Balok Memanjang Lantai	39
Gambar 4.4	Balok T.....	42
Gambar 4.5	New Model pada Aplikasi SAP 2000	47
Gambar 4.6	Input Dimensi.....	47
Gambar 4.7	Menu Input Data Dimensi.....	48
Gambar 4.8	Tampilan Desain Balok T.....	48
Gambar 4.9	Input Define Materials	49
Gambar 4.10	Input Material Property Data Balok.....	50
Gambar 4.11	Input Dimensi Material.....	51
Gambar 4.12	Tampilan Balok yang Sudah Diberi Nama.....	51
Gambar 4.13	Menentukan Jenis Perletakan.....	52
Gambar 4.14	Menentukan Tipe Beban	52
Gambar 4.15	Menentukan Beban Kombinasi.....	53
Gambar 4.16	Menentukan Beban Mati pada Balok	53
Gambar 4.17	Menentukan Beban Hidup pada Balok.....	54
Gambar 4.18	Mengaktifkan Kombinasi	55
Gambar 4.19	Run Data	55
Gambar 4.20	Animasi Output Sap 2000.....	56
Gambar 4.21	Cek Momen	57
Gambar 4.22	a). Momen Bidang D dan b). Momen bidang M.....	58
Gambar 4.23	a). Momen Bidang D dan b). Momen bidang M.....	59
Gambar 4.24	Tulangan Utama	60
Gambar 4.25	Display Concrete Design Results.....	61
Gambar 4.26	Tulangan Sengkang	62



**KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK T
KOMPATIBILITAS PADA GEDUNG
BERTINGKAT**

Ir. Ruslan Hidayat, M.Si., M.T.

Ir. Iwan Cahyono, M.T.

Saiful Arfaah, S.T., M.T.

Dr. Ir. Asnun Parwanti, M.T.



BAB

1

PENDAHULUAN

Sebagian besar wilayah di Indonesia memiliki gunung api aktif sebanyak 127. Dari 127 gunung api tersebut, hanya 69 gunung api aktif yang dipantau oleh PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi). Banyaknya gunung api yang aktif menimbulkan tingkat kerawanan terhadap bencana gempa bumi dan berdampak negatif seperti kerusakan struktur bangunan yang ada. Bencana gempa bumi mengakibatkan kerusakan sarana dan prasarana, sehingga perlu pemenuhan kaidah perencanaan dan pelaksanaan sistem struktur tahan gempa. Kaidah perencanaan dan pelaksanaan struktur bangunan tahan gempa dapat sepenuhnya diterapkan pada pelaksanaan struktur bangunan beton bertulang.

Berdasarkan hasil penelitian Badan Geologi, kejadian gempa bumi merusak pada 2022 sebagian besar bersumber dari sesar aktif. Namun beberapa gempa lainnya ada juga yang bersumber dari zona penunjaman. gempa bumi merusak merupakan kejadian yang telah mengakibatkan terjadinya korban jiwa dan kerusakan bangunan. Data BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) menginformasikan gempa bumi yang terjadi di Jayapura Papua, pada tanggal 09 Februari 2023 pada pukul 13.28 WIB titik gempa terjadi di 2,60 lintang selatan dan 140,66 bujur timur. Gempa tersebut berpusat di darat dengan *Magnitude* 5,4 dengan kedalaman 10 km. Gempa tersebut mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Hal ini menegaskan pentingnya perencanaan struktur tahan gempa sebagai antisipasi apabila terjadi gempa. Kerusakan akibat gempa di Jayapura Papua dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Terdapat kerusakan struktur bangunan yang diakibatkan gempa bumi.

Upaya menjamin struktur bangunan agar tetap stabil perlu *detailing* penulangan yang memadai. Pembangunan konstruksi gedung di Indonesia saat ini masih menggunakan metode konvensional, dimana kondisi tersebut dengan mudah menyebabkan terjadinya penyimpangan kualitas dan mutu hasil kerja akibat tenaga kerja yang tidak kompeten dan pengawasan yang kurang optimal[1]. Balok T merupakan satu kesatuan dengan pelat lantai atau atap dalam konstruksi bangunan. Akibat dari pembebanan pada balok ini akan terjadi lendutan pada bagian pelat dan balok. Tegangan tekan terjadi pada bagian badan balok dan sambungan pelat. Meskipun sederhana, balok T berbeda dengan balok Γ yang memiliki bagian *flens* bawah sehingga pembebanan pada balok T menjadi kelemahan sekaligus kelebihan pada jenis balok ini. Fitur ini berguna untuk menghemat bahan serta memberikan ruang yang cukup dan digunakan dalam bangunan, seperti bangunan gedung bertingkat. Balok T beton bertulang merupakan jenis konstruksi komposit. Material beton sangat mampu menahan beban tekan. Struktur balok T yang dapat menahan beban tekan adalah bagian *flens* dan badan balok. Ketentuan penulangan sesuai dengan kebutuhan dan beban yang direncanakan [2].

Perhitungan di sini studi kasus pada Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Terpadu Universitas Darul 'Ulum Jombang Lantai 2. Sesuai dengan peraturan perencanaan beban gempa, gedung ini termasuk dalam kategori resiko IV karena merupakan gedung sebagai fasilitas Pendidikan yang penting bagi mahasiswa. Dalam konstruksi bangunan, balok beton bertulang merupakan salah satu komponen utama yang harus diperhitungkan dengan baik. Penentuan kebutuhan tulangan pada balok, sangat penting untuk memastikan keamanan dan kekuatan konstruksi tersebut.

Perencanaan struktur beton bertulang didasarkan pada SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, mutu baja tulangan didasarkan pada SNI 2052-2017 Baja Tulangan

Beton. Kemudian dilakukan perhitungan pembebanan yang terdiri dari beban tetap dan beban tidak tetap. Perhitungan pembebanan didasarkan pada SNI 1727-2020 dan untuk beban gempa didasarkan pada SNI 1726-2019, kemudian dilanjutkan dengan analisa struktur menggunakan program SAP 2000.

Insinyur dan arsitek dalam merancang konstruksi bangunan membutuhkan analisis struktur konstruksi untuk mendapatkan informasi kebutuhan tulangan. Kebutuhan tulangan balok T akan diperoleh melalui proses dan tahapan perhitungan. Perhitungan yang dapat digunakan antara lain secara manual dan menggunakan program SAP 2000.

Berdasarkan permasalahan kebutuhan tulangan pada gedung di atas, maka untuk mengatasi dapat dilakukan perhitungan berapa Kebutuhan Tulangan Pada Balok Beton T kompatibilitas dengan menggunakan perhitungan manual dan Program SAP 2000, dan melakukan evaluasi perbedaan hasil analisis perhitungan manual dan program SAP 2000 untuk kebutuhan tulangan pada balok beton T kompatibilitas.

BAB 2

KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK BETON BERTULANG TAMPANG T

A. Kebutuhan Tulangan

Kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang tampang T menggunakan program SAP 2000 merupakan topik yang telah banyak diteliti. Program SAP 2000 dapat digunakan sebagai salah satu alat bantu untuk melakukan analisis kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang. Selain itu, SNI 03-2847-2013 menjadi referensi penting dalam perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung, termasuk perencanaan balok beton bertulang.

1. Konstruksi Beton Bertulang

Studi literatur ini akan membahas tentang pengertian, prinsip, dan metode pembuatan beton bertulang. Topik ini akan mencakup karakteristik beton bertulang, standar material, teknik perhitungan dan desain beton bertulang, serta konstruksi bangunan dengan beton bertulang.

2. Tulangan pada Balok Beton Bertulang Tampang T

Topik ini akan membahas tentang tulangan pada balok beton bertulang tampang T, termasuk jenis-jenis tulangan, fungsi dari tulangan, dan perhitungan kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang tampang T.

3. Program SAP 2000

Studi literatur ini akan membahas tentang penggunaan program SAP 2000 dalam analisis kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang tampang T. Topik ini akan membahas tentang prinsip kerja program SAP 2000, fitur-fitur yang ada

pada program tersebut, serta kelebihan dan kekurangan dari penggunaan program SAP 2000 dalam analisis kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang tampang T.

B. Gempa

Menurut BMKG Gempa bumi adalah peristiwa dimana bumi bergetar akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan pecahnya lapisan batuan di kerak bumi. Akumulasi energi yang menyebabkan gempa bumi terjadi akibat pergerakan lempeng tektonik. Indonesia disebut juga negara maritime dimana luas lautan lebih besar dari daratan, berdasarkan letak astronomis Indonesia terletak berada di 3 lempengan pertama di dunia yaitu lempengan Eurasia, Lempengan Indoaustralia dan Lempengan Pasifik. biasa dikenal dengan wilayah *Ring of Fire* (Cincin Api Pasifik) dengan bentang sejauh 40.000 Km. maka dari itu menyebabkan seringnya terjadi potensi gempa bumi di wilayah Indonesia. Salah satu dampak yang mengakibatkan ditimbulkan oleh gempa bumi adalah Tsunami, seringkali Tsunami menyebabkan kerusakan di wilayah Indonesia bahkan sampai menimbulkan korban jiwa contohnya di aceh pada tahun 2004[7].

1. Gedung Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan dalam perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa. tujuan dari perencanaan struktur bangunan tahan gempa yaitu menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi. Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726: 2019 adalah standar yang mengatur tentang perencanaan struktur tahan gempa di Indonesia. Standar ini memberikan pedoman tentang desain, analisis, dan konstruksi gedung tahan gempa.

SNI 1726: 2019 memuat berbagai aspek perencanaan tahan gempa, termasuk beban gempa, respons struktur terhadap gempa, perhitungan kekuatan struktur, dan aspek konstruksi. Standar ini juga mengatur tentang sistem penahan gempa, seperti sistem rangka pemikul momen, sistem dinding geser, atau sistem gabungan.

SNI 1726: 2019 memperkenalkan konsep Desain Tahan Gempa Berbasis Kinerja (DTGBK), yang memungkinkan perencana untuk mempertimbangkan tingkat keandalan, performa struktur, dan kinerja yang diharapkan dalam kondisi gempa yang berbeda. Untuk mendesain gedung tahan gempa sesuai dengan SNI 1726: 2019, langkah-langkah yang perlu dilakukan meliputi:

- a. Identifikasi zona gempa: Tentukan zona gempa tempat gedung akan dibangun, karena tingkat aktivitas gempa bervariasi di berbagai wilayah.
- b. Kategorisasi gedung: Tentukan kategori gedung berdasarkan tingkat kepentingan, tipe struktur, dan jumlah lantai.
- c. Perhitungan beban gempa: Hitung beban gempa yang bekerja pada gedung menggunakan metode yang dijelaskan dalam SNI 1726: 2019. Ini melibatkan analisis spektral respons spektrum desain respons spektral desain.
- d. Analisis struktural: Lakukan analisis struktural untuk memastikan bahwa gedung mampu menahan beban gempa yang dihitung sebelumnya. Ini meliputi pemodelan struktur, analisis dinamik, dan evaluasi kapasitas struktur.
- e. Desain sistem penahan gempa: Pilih dan desain sistem penahan gempa yang sesuai berdasarkan kategori gedung dan kondisi gempa yang diperhitungkan.
- f. Detail konstruksi: Rancang detail konstruksi yang memenuhi persyaratan kekuatan, deformasi, dan ketahanan gempa sesuai dengan SNI 1726: 2019.

2. Standarisasi Gempa

Standar SNI 1726:2019 untuk konstruksi bangunan tahan gempa telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) sebagai tanggapan atas Indonesia sebagai negara yang paling terpengaruh oleh gempa bumi. SNI wajib untuk Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dan mencakup persyaratan minimum untuk beban, tingkat bahaya, dan target kinerja. SNI juga menyarankan penggunaan bahan yang sesuai dengan standarnya untuk mengurangi risiko gempa. Bangunan gedung di daerah rawan gempa harus memiliki pondasi yang lebih kuat dari bangunan yang dimilikinya, dan harus didesain sesuai dengan pembebanan berdasarkan peraturan yang berlaku. Kategori risiko dibagi menjadi risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, dan perhitungan risiko bangunan didasarkan pada kategori risiko dan jenis bangunan. Jadi, penting untuk mematuhi persyaratan kualitas SNI, termasuk SNI 1726:2019, saat membangun rumah, gedung, atau jenis struktur lainnya di daerah rawan gempa. Berikut adalah beberapa poin penting yang perlu diperhatikan dalam standarisasi gempa:

- a. Zonasi Gempa: Sebelum mendesain struktur, penting untuk mengetahui tingkat aktivitas seismik di area tersebut. Untuk itu, suatu negara atau wilayah akan melakukan zonasi gempa, yang membagi wilayah tersebut menjadi beberapa zona berdasarkan tingkat aktivitas seismik yang diharapkan. Zonasi ini menjadi dasar penentuan parameter gempa yang digunakan dalam perencanaan struktur.
- b. Spektrum Desain Respon Gempa: Standarisasi gempa umumnya mencakup penggunaan spektrum respon gempa dalam desain struktural. Spektrum respons gempa adalah representasi grafis dari percepatan, kecepatan, atau perpindahan maksimum yang diharapkan pada struktur sebagai fungsi dari periode getaran struktur. Spektrum ini memperhitungkan karakteristik gempa

yang diharapkan di daerah tersebut dan menggambarkan respon yang diharapkan pada berbagai tingkat periode getaran.

- c. Analisis Gempa: Analisis gempa dilakukan untuk mengevaluasi perilaku struktur dalam menanggapi gempa. Analisis ini melibatkan perhitungan gaya inersia dan deformasi struktural yang disebabkan oleh gempa bumi. Ada beberapa metode analisis gempa yang biasa digunakan, seperti analisis statik ekuivalen, analisis dinamik linier, dan analisis dinamik nonlinier. Metode yang dipilih tergantung pada kompleksitas struktur dan akurasi yang diinginkan.
- d. Perilaku Struktural: Standardisasi gempa juga memberikan panduan tentang perilaku struktural dalam menghadapi gempa bumi. Struktur yang dirancang tahan gempa harus memiliki kemampuan untuk mendistribusikan kembali beban dan energi, deformasi yang terkendali, dan kekuatan yang memadai untuk menahan guncangan gempa. Pemilihan material, sistem struktur, dan detail konstruksi juga merupakan bagian penting dari desain struktur tahan gempa.
- e. Sistem Proteksi Gempa: Selain desain struktur tahan gempa, standarisasi gempa juga dapat mencakup penggunaan sistem proteksi gempa. Sistem proteksi gempa dirancang untuk mengurangi guncangan gempa yang diterima oleh struktur. Contoh sistem proteksi gempa termasuk isolator seismik, peredam kejut, dan perangkat kontrol respons gempa.

C. Struktur Beton

Beton adalah salah satu bahan konstruksi terpenting untuk bangunan. Menurut SNI 2847:2013 yang sering digunakan dalam kebanyakan struktur adalah beton, baja dan kayu. Beton terdiri dari campuran semen, agregat halus, air dan agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambahan. Karena beton memiliki kekuatan tarik yang rendah, sering dikombinasikan

dengan tulangan baja saat mewujudkan struktur[8]. Berikut macam-macam beton berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 2.2 sebagai berikut:

1. Beton Pracetak

Merupakan jenis beton yang diproduksi di pabrikan khusus dengan menggunakan cetakan beton. Proses ini melibatkan fabrikasi elemen struktural atau komponen beton dari lokasi konstruksi sebelum dipasang di lokasi yang akan dituju.

2. Beton Polos

Merupakan struktur beton tanpa tulangan atau dengan tulangan kurang dari jumlah minimum yang ditetapkan untuk beton bertulang.

3. Beton Prategang

Merupakan jenis beton yang memiliki kekuatan tarik internal yang telah dipredistensi sebelum dipasang di tempat yang dituju. Proses pembuatannya melibatkan pengencangan tendon atau kawat baja khusus yang tertanam di dalam beton sebelum beton mengeras sepenuhnya.

1. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang diperkuat dengan tulangan besi yang diletakkan di dalamnya. Beton bertulang juga memiliki tulangan lentur. Tulangan besi ini memberikan kekuatan tarik pada beton, sementara beton memberikan kekuatan tekan pada tulangan besi. Kombinasi antara beton dan tulangan besi ini menghasilkan suatu bahan konstruksi yang kuat dan tahan lama.

a. Kelebihan Beton Bertulang:

- 1) Kekuatan dan tahan lama: Kombinasi antara beton dan tulangan besi membuat beton bertulang memiliki kekuatan dan tahan lama yang tinggi. Bahan konstruksi ini mampu menahan beban yang cukup berat dan juga tahan terhadap kondisi cuaca yang ekstrem.

- 2) Mudah dibentuk: Beton bertulang dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan desain yang diinginkan. Hal ini membuat beton bertulang menjadi bahan konstruksi yang sangat fleksibel dan dapat digunakan untuk berbagai jenis struktur bangunan.
- 3) Biaya yang relatif rendah: Beton bertulang relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lain seperti baja dan kayu. Hal ini membuat beton bertulang menjadi pilihan yang lebih ekonomis dalam pembangunan bangunan.
- 4) Tahan terhadap kebakaran: Beton bertulang tahan terhadap api dan tidak mudah terbakar. Hal ini membuatnya menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan dalam pembangunan bangunan yang rentan terhadap risiko kebakaran.
- 5) Ramah lingkungan: Beton bertulang dapat didaur ulang dan digunakan kembali sebagai bahan konstruksi lainnya. Hal ini membuatnya menjadi bahan konstruksi

b. Kelemahan dari Beton Bertulang:

- 1) Korosi Baja: Jika tulangan terpapar kelembaban atau bahan kimia, maka baja tulangan dapat mengalami korosi yang dapat merusak beton dan mengurangi kekuatan struktur.
- 2) Retak: Beton bertulang masih rentan terhadap retak meskipun telah diperkuat dengan tulangan baja. Retakan dapat terjadi karena perubahan suhu atau tekanan yang berlebihan pada struktur beton.
- 3) Biaya: Beton bertulang biasanya lebih mahal daripada beton biasa karena menggunakan bahan tambahan seperti baja tulangan. Biaya tambahan ini dapat meningkatkan biaya konstruksi secara signifikan.
- 4) Sulit Dalam Perbaikan: Jika beton bertulang mengalami kerusakan atau retak, perbaikan dapat menjadi sulit dan mahal karena beton bertulang lebih kompleks dalam konstruksi dan perbaikannya.

- 5) Tidak Ramah Lingkungan: Produksi beton dan baja tulangan memiliki dampak lingkungan yang signifikan, seperti emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi fosil yang besar. Hal ini membuat beton bertulang kurang ramah lingkungan.

2. Kriteria Disain Struktur dan Elemen Struktur

Secara umum pada suatu struktur atau elemen struktur beton bertulang akibat beban luar akan bekerja gaya-gaya dalam struktur seperti momen lentur, geser aksial dan momen torsi. Elemen struktur balok, kolom, pelat dan pondasi akan memikul dua atau lebih gaya-gaya dalam tersebut, tergantung dari fungsinya. Elemen struktur balok dan pelat biasanya biasanya memikul momen lentur dan geser. Sedangkan elemen kolom dan pondasi akan memikul gaya aksial dan momen lentur. Dari kondisi tersebut diatas, agar struktur ataupun elemen struktur mampu memikul beban-beban yang bekerja, maka struktur atau elemen struktur tersebut harus memenuhi kriteria disain berikut:

a. Kriteria Disain Elemen Struktur Balok dan Pelat:

- 1) Untuk beban lentur:

$$M_R = \phi \cdot M_n \geq M_u$$

Dimana:

M_R = momen rencana untuk disain

M_n = momen nominal penampang

M_u = momen ultimate akibat beban terfaktor

ϕ = factor reduksi (untuk lentur $\phi = 0.8$)

- 2) Untuk beban geser:

$$V_R = \phi \cdot V_n \geq V_u$$

Dimana:

V_R = momen rencana untuk disain

V_n = momen nominal penampang

V_u = momen ultimate akibat beban terfaktor

ϕ = factor reduksi (untuk geser $\phi = 0.75$)

b. Kriteria Disain Elemen Struktur Kolom dan Pondasi

1) Untuk beban aksial

$$P_R = \phi \cdot P_n \geq P_u$$

Dimana:

P_R = momen rencana untuk disain

P_n = momen nominal penampang

P_u = momen ultimate akibat beban terfaktor

ϕ = factor reduksi (untuk aksial dengan tulangan spiral $\phi = 0.70$)

2) Untuk beban lentur

$$M_R = \phi \cdot M_n \geq M_u$$

c. Untuk Elemen Struktur yang Kemungkinan Menahan Momen Torsi, Dapat Ditambahkan

$$T_R = \phi \cdot T_n \geq T_u$$

Dimana:

T_R = momen rencana untuk disain

T_n = momen nominal penampang

T_u = momen ultimate akibat beban terfaktor

ϕ = factor reduksi (untuk torsi $\phi = 0.75$)

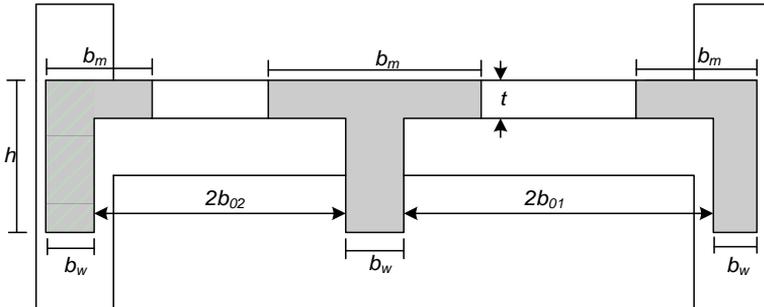
D. Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu elemen struktur portal dengan bentang horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser dan torsi (momen puntir), sehingga diperlukan baja tulangan untuk menahan beban tersebut[9].

1. Balok T

Balok cor monolitik dengan lempengan atau pelat atap, berdasarkan asumsi bahwa pelat dan balok berinteraksi satu sama lain menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara plaat dan Balok membentuk T, sehingga disebut balok T. Pelat akan digunakan untuk sayap

(*flange*) dan balok akan bertindak sebagai tubuh (*web*)[10]. Lebar efektif sayap sesuai dengan SNI 2847:2013 pada balok T dan L adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Lebar Efektif Sayap

- a. Untuk balok T: balok yang mempunyai flens kedua sisi balok

$$b_m = b_w + b_1 + b_2 < \frac{1}{4} l$$

Dimana:

b_m = lebar efektif balok

b_w = lebar badan balok persegi

b_1 = $8 h_1$ atau $\frac{1}{2} l_1$

b_2 = $8 h_2$ atau $\frac{1}{2} l_2$

- b. Sedangkan Untuk balok L: balok yang mempunyai flens hanya disatu sisi balok

$$B = b_w + 8l < \frac{1}{4} l$$

Dimana:

$b_1 = \frac{1}{12} l_0$

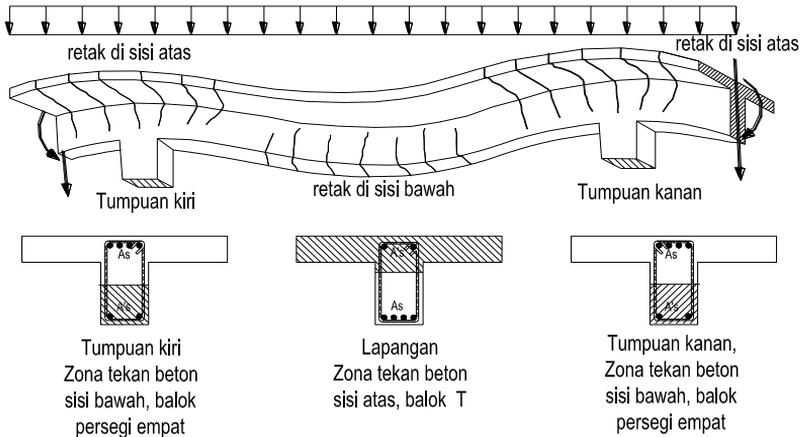
$b_1 = 6 h_1$

$b_1 = \frac{1}{2} l_1$

l_0 = jarak L antara kolom

Berdasarkan SK SNI T15. 03. 1991 pasal 3.1.10, Balok T dan L bisa terjadi pada konstruksi balok, plaat dan kolom di cor secara monolit. Syarat pada balok T antara lain:

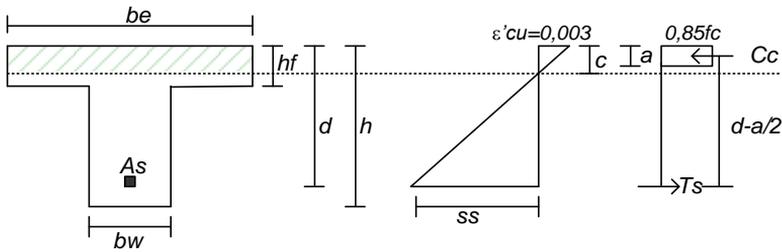
- 1) Pada lendutan balok akan mengakibatkan bagian plat lantai yang bersebelahan dengan balok harus ikut lendut.
- 2) Pada daerah momen positif penampang plat akan menambah luas di daerah tekan pada balok.
- 3) Pada daerah momen negatif penampang balok harus dianggap sebagai balok penampang persegi.



Gambar 2.2 Ketetapan Analisis Balok T Berdasarkan Zona Tekan Beton

Gambar di atas menjelaskan bahwa, beban bekerja pada balok menyebabkan balok membentuk sebuah defleksi atau yang disebut lendutan. Defleksi dapat menyebabkan keretakan pada sayap. Di bagian atas penampang mendapat tekanan dan penampang bagian bawah penampang berada di bawah tekanan. Ini berarti bahwa pelat yang bertindak sebagai sayap berperilaku sebagai bagian yang bertindak dalam dua arah tekukan yang saling tegak lurus. perilaku ini dapat terjadi dengan asumsi ketika beton dan baja tulangan memiliki daya rekat yang baik untuk mencegah selip baja tulangan dan beton. Untuk mendapatkan kombinasi yang baik, baja berulir digunakan.

a. Balok T Palsu $C < ht$



Gambar 2.3 Garis Netral Jatuh di Flens

Balok akan berperilaku sebagai balok T palsu jika bagian yang tertekan hanya pada bagian sayap saja Gambar 2.3, Keseimbangan gaya-gaya horisontal:

$$C_c = T_s$$

$$0,85 f'_c a b_e = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b_e}$$

Dimana

dengan lebar bagian tekan b_f . Sehingga Momen nominal balok tersebut adalah:

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot jd \text{ Atau } M_n = A_s \cdot f_y (d - 0,5a)$$

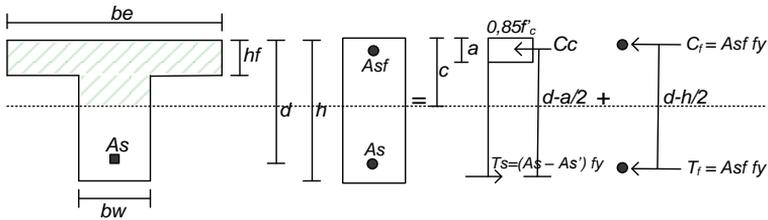
b. T Asli $C > ht$

Balok akan berperilaku sebagai balok T asli jika bagian yang tertekan meliputi sayap dan badan balok T Gambar 2.4. Bagian pelat yang mentransfer kekuatan pada balok sebesar:

- 1) $b_f = 1/4$ bentang baloknya sendiri.
- 2) $b_f < 8$ kali tebal pelat.
- 3) $b_f < 1/2$ jarak bersih antara badan-badan balok bersebelahan.

Dalam kondisi ini bisa terjadi 2 kemungkinan yaitu:

- 1) $c > h_f$ tetapi $a \leq h_f$: balok dianalisis dengan analisis balok persegi (sama seperti kasus 1).
- 2) c dan $a > h_f$: balok dianalisis dengan analisis balok T.



Gambar 2.4 Zona Tekan T Akibat Momen Positif

Analisis balok T dapat diidentikkan dengan analisis balok persegi dengan tulangan rangkap. Adanya flens disisi kiri dan kanan badan balok yang mengalami tekan dapat dianalogikan adanya tulangan tekan imajiner seluas A_{sf} yang kapasitas gayanya ekuivalen dengan kapasitas gaya flens disisi kiri dan kanan balok (C_f).

Komponen gaya tekan : $c_f = 0,85 f'_c (b_e - b_w) h_f$

2. Balok T Kompatibilitas

Balok kompatibilitas adalah yang mana sayap pada balok T yang lebarnya tidak seimbang. Pada prinsipnya momen puntir bekerja terhadap sumbu longitudinal balok atau elemen struktur. Di sebabkan gaya bekerja beban transversal yang tidak segaris dengan posisi garis penampang. Dalam perhitungan beton bertulang momen torsi ada dua antara lain:

- a. Torsi keseimbangan yang dimana momen torsi timbul karena kebutuhan untuk keseimbangan. Yang artinya jenis puntiran pada elemen beton bertulang disebabkan oleh bekerjanya aksi primer, yaitu tangkap beban bekerja pada elemen yang ditinjau secara individual memang tidak segaris dengan posisi garis berat penampang.
- b. Torsi keselarasan struktur kompatibilitas yaitu momen torsi yang timbul di karenakan kompatibilitas deformasi antara elemen-elemen struktur yang bertemu pada sambungan atau jenis puntiran pada elemen beton bertulang disebabkan bekerjanya aksi sekunder. Torsi ini terjadi adanya kesinambungan antara elemen struktur tang disatukan secara monolit pada sambungan yang

terdapat pada struktur sehingga dalam system struktur terjadi mengikuti prinsip keselarasan (*Compatibility*). Terdapat contoh fenomena dari Gedung yaitu puntir yang terjadi pada balok tepi.

Pengaruh pada tegangan geser yang berlebihan dapat mengakibatkan pengaruh torsi pada suatu penampang yang tidak di beri tulangan secara khusus.

$$V_{te} = (T_e \times r)/J$$

Dimana:

T_e = Momen Torsi Elastis

J = Momen inersia polar untuk penampang bundar

Pada beton bertulang retak akibat torsi, maka kekuatan beton tersebut menahan gaya torsi dan ditahan oleh Sengkang tertutup dan tulangan longitudingal yang berada di sekitar luar permukaan pada penampang[11].

E. Tulangan

Tulangan adalah elemen struktural yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan daya tahan struktur beton terhadap beban lentur, geser, dan tarik[12].

F. Program SAP (*Structural Analysis Program*) 2000

SAP 2000 adalah salah satu program perangkat lunak analisis struktur yang digunakan dalam bidang teknik sipil. Pada perhitungan struktur yang rumit membutuhkan alat perhitungan untuk memudahkan pekerjaan dan meminimalkan risiko kesalahan. Alat yang disebutkan di sini tidak lebih dari program komputer. Program SAP adalah salah satu program analisis dan perancangan struktur yang digunakan secara luas di seluruh dunia[13]. Program ini dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak komputer asal Amerika Serikat bernama Computers and Structures Inc. (CSI). SAP2000 menawarkan berbagai macam fungsi untuk memodelkan, menganalisis, dan mendesain berbagai jenis struktur, seperti gedung bertingkat, jembatan, bangunan industri, dan lain

sebagainya[14]. Berikut adalah beberapa fitur utama dari program SAP2000:

1. Pemodelan Struktur 3D

Program SAP2000 memungkinkan pengguna untuk membuat model struktur tiga dimensi secara intuitif. Pengguna dapat menambahkan elemen struktur seperti balok, kolom, pelat, dinding, dan elemen lainnya dengan mudah.

2. Analisis Struktur

SAP2000 menyediakan berbagai opsi analisis struktur, termasuk analisis beban dinamis, analisis non-linier, dan analisis dinamik. Program ini juga menyediakan laporan hasil analisis secara detail yang membantu pengguna dalam mengevaluasi hasil analisis dan menemukan masalah.

3. Optimasi Desain

SAP2000 dapat menghasilkan desain struktur secara otomatis berdasarkan parameter yang ditentukan pengguna. Program ini dapat memperhitungkan beban, kekuatan material, dan persyaratan desain lainnya dalam menghasilkan desain yang optimal.

4. Integrasi dengan Program Lain

Program SAP2000 dapat diintegrasikan dengan program lain seperti AutoCAD dan Revit, sehingga memudahkan pengguna dalam mengimpor dan mengekspor data antar program.

5. Penggunaan Mudah

Program SAP2000 dirancang dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan. Program ini juga menyediakan tutorial dan bantuan online yang membantu pengguna dalam memahami fitur-fitur dan penggunaannya.

G. Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan standart SNI 1726:2019, dengan judul tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Beban yang digunakan antara lain:

1. Beban Mati (DL)

Menurut SNI 1727: 2013 Pasal 3.1, beban mati adalah berat semua bahan struktur bangunan yang dipengaruhi besar kecilnya dimensi struktur dan besar kecilnya struktur. Berat terbagi menjadi dua yaitu beban statis struktural dan beban statis tambahan (*Superimposed Dead Load*)[15].

2. Beban Hidup (LL)

Menurut SNI 1727: 2013 Pasal 3.1, Beban hidup pada bangunan merujuk pada beban yang timbul dari kegiatan atau aktivitas manusia dan pergerakan benda lainnya di sekitar atau di atas bangunan tersebut. Beban hidup ini dapat berubah dalam jangka waktu yang pendek sesuai dengan pergerakan atau perpindahan benda, seperti gerakan manusia, kendaraan, dan furniture, serta dapat juga berubah dalam jangka waktu yang cukup lama[16]

3. Beban Hujan (R)

Menurut SNI 1727:2013 pasal 8.3, beban hujan adalah beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem 17 drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

4. Beban Gempa (EQ)

Menurut PPIUG pasal 1.0.4, beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam perencanaan gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan analisa respons sepektrum. Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

5. Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Dalam SNI 1726:2019 dijelaskan bahwa untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan Gedung dan nongedung sesuai pada tabel 2.1 pengaruh gempa rencana harus

dikalikan dengan suatu faktor keutamaan Ie menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Tabel 2.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_r
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

H. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan adalah kekuatan perlu yang dibutuhkan suatu komponen struktur untuk menahan beban terfaktor yang bekerja dengan berbagai kombinasi efek beban disebutkan kuat perlu (U), kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dengan gaya dalam, faktor keamanan kombinasi pembebanan yang diisyaratkan oleh SNI 1726:2019 adalah:

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

Keterangan:

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

BAB 3

LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN

Dalam menentukan kebutuhan tulangan pada balok T kompatibilitas dengan metode perhitungan menggunakan program SAP 2000 adalah sebagai berikut:

A. Metode Perencanaan

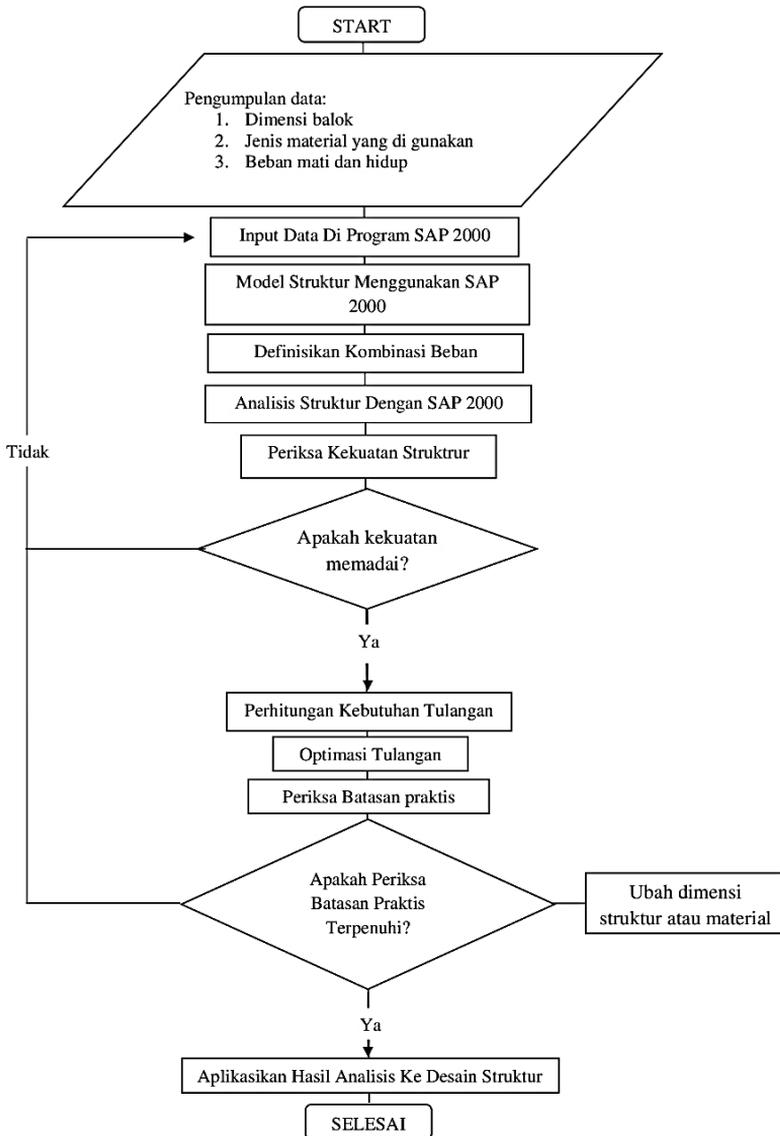
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analitik. Sampel yang digunakan adalah balok beton T kompatibilitas dengan variasi dimensi dan beban yang sama. Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dianalisis menggunakan program SAP 2000 dan perhitungan manual, untuk menentukan kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang tampang T.

1. **Studi literatur:** Melakukan pencarian dan studi literatur terkait dengan konstruksi beton bertulang, analisis kebutuhan tulangan pada balok beton bertulang, dan penggunaan program SAP 2000.
2. **Pengumpulan data:** Mengumpulkan data yang diperlukan seperti dimensi balok, beban yang bekerja pada balok, dan jenis material yang digunakan.
3. **Analisis awal:** Melakukan analisis awal terhadap dimensi balok dan beban yang bekerja pada balok untuk menentukan besaran tulangan yang dibutuhkan secara manual.
4. **Analisis menggunakan program SAP 2000:** Melakukan analisis kebutuhan tulangan pada balok beton T kompatibilitas menggunakan program SAP 2000.

5. **Perbandingan hasil:** Membandingkan hasil analisis kebutuhan tulangan pada balok beton T kompatibilitas menggunakan program SAP 2000 dengan perhitungan manual yang dilakukan pada tahap analisis awal.
6. **Evaluasi hasil:** Melakukan evaluasi terhadap hasil analisis kebutuhan tulangan pada balok beton T kompatibilitas menggunakan program SAP 2000, termasuk analisis perbedaan hasil dengan perhitungan manual serta penilaian atas keterbatasan dan kelebihan dari kedua metode.
7. **Penarikan kesimpulan:** Menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan.
8. **Rekomendasi:** Memberikan rekomendasi dan solusi atas masalah yang mungkin timbul dalam melakukan analisis kebutuhan tulangan pada balok beton T kompatibilitas menggunakan program SAP 2000.

B. Flow Chart SAP 2000

Berikut ini adalah contoh flowchart yang menggambarkan metodologi analisis kebutuhan tulangan dengan menggunakan software SAP2000:



Penjelasan langkah-langkah dalam *flowchart* tersebut:

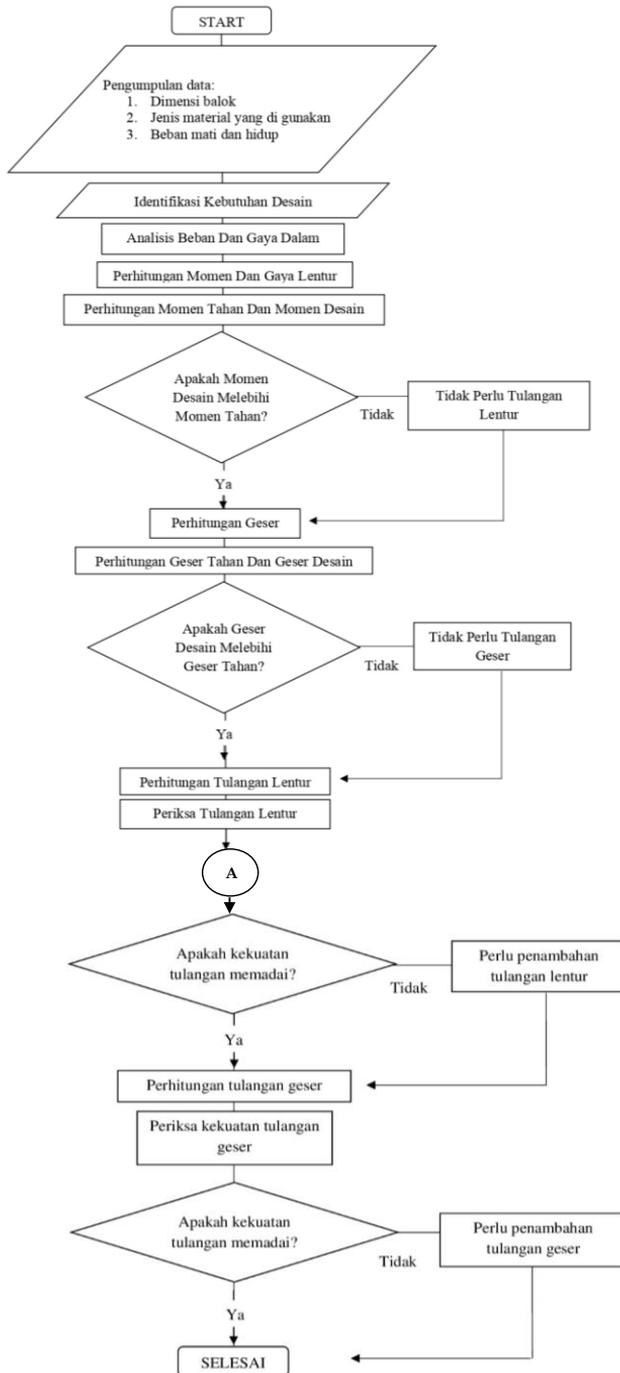
1. Langkah awal adalah memasukkan data struktur dan beban yang diperlukan untuk analisis ke dalam software SAP2000.
2. Selanjutnya, model struktur dibangun menggunakan SAP2000 dengan memasukkan elemen-elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat.

3. Setelah itu, kombinasi beban yang relevan ditentukan, seperti beban mati, beban hidup.
4. Struktur kemudian dianalisis menggunakan SAP2000 untuk mendapatkan respons struktural seperti deformasi, momen, atau gaya geser.
5. Kekuatan struktur diperiksa dengan membandingkan respons struktural yang dihasilkan dengan kapasitas kekuatan material yang digunakan.
6. Apabila kekuatan memadai, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan kebutuhan tulangan untuk setiap elemen struktur, seperti balok atau kolom.
7. Tulangan dapat dioptimalkan dengan mempertimbangkan kekuatan dan ekonomi struktur.
8. Batasan praktis seperti batas deformasi atau batas praktis lainnya diperiksa untuk memastikan kelayakan struktur secara praktis.
9. Jika batasan praktis terpenuhi, hasil analisis dapat diterapkan pada desain struktur secara keseluruhan.
10. Jika batasan praktis tidak terpenuhi, dimensi atau material struktur dapat diubah dan proses analisis dapat diulang.
11. Proses ini terus berlanjut hingga memenuhi kebutuhan desain dan Batasan yang ditentukan.
12. Akhirnya, analisis kebutuhan tulangan dengan metode SAP2000 selesai.

Harap diingat bahwa flowchart ini hanya memberikan gambaran umum tentang metodologi analisis kebutuhan tulangan dengan menggunakan SAP2000. Pada praktiknya, langkah-langkah yang lebih rinci dan tergantung pada kompleksitas proyek serta spesifikasinya.

C. Flow Chart Metode Perhitungan Manual

Berikut ini adalah contoh flowchart yang menggambarkan metodologi umum untuk analisis kebutuhan tulangan dengan metode perhitungan manual:



Berikut adalah penjelasan langkah-langkah dalam flowchart tersebut:

1. [Start]: Langkah awal dalam proses analisis kebutuhan tulangan.
2. [Identifikasi kebutuhan desain]: Tahap ini melibatkan pengidentifikasian persyaratan desain berdasarkan jenis struktur, beban yang diterima, dan kode-kode desain yang berlaku.
3. [Analisis beban dan gaya dalam struktur]: Dilakukan analisis terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur, baik beban mati, beban hidup, beban angin, atau beban gempa. Selain itu, juga dianalisis gaya-gaya dalam struktur seperti momen lentur dan gaya geser.
4. [Perhitungan momen dan gaya lentur]: Dilakukan perhitungan momen lentur yang terjadi di elemen struktur seperti balok atau kolom. Hal ini melibatkan perhitungan momen tahanan, yaitu momen maksimum yang dapat ditahan oleh elemen struktur.
5. [Perhitungan momen tahanan dan momen desain]: Perhitungan momen tahanan dilakukan berdasarkan kekuatan material yang digunakan, sedangkan momen desain diperoleh dari analisis beban dan gaya dalam struktur.
6. [Apakah momen desain melebihi momen tahanan?]: Langkah ini memeriksa apakah momen desain yang dihasilkan melebihi momen tahanan yang dapat ditahan oleh elemen struktur.
 - a. Jika momen desain tidak melebihi momen tahanan, berarti tidak perlu menambahkan tulangan lentur pada elemen struktur.
 - b. Jika momen desain melebihi momen tahanan, lanjut ke langkah selanjutnya.
7. [Perhitungan geser]: Dilakukan perhitungan gaya geser yang terjadi di elemen struktur seperti pelat atau dinding. Hal ini melibatkan perhitungan geser tahanan, yaitu gaya geser maksimum yang dapat ditahan oleh elemen struktur.

8. [Perhitungan geser tahanan dan geser desain]: Perhitungan geser tahanan dilakukan berdasarkan kekuatan material yang digunakan, sedangkan geser desain diperoleh dari analisis beban dan gaya dalam struktur.
9. [Apakah geser desain melebihi geser tahanan?]: Langkah ini memeriksa apakah geser desain yang dihasilkan melebihi geser tahanan yang dapat ditahan oleh elemen struktur.
 - a. Jika geser desain tidak melebihi geser tahanan, berarti tidak perlu menambahkan tulangan geser pada elemen struktur.
 - b. Jika geser desain melebihi geser tahanan, lanjut ke langkah selanjutnya.
10. [Perhitungan tulangan lentur]: Dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan lentur berdasarkan momen desain yang dihasilkan. Hal ini melibatkan perhitungan jumlah dan letak tulangan yang diperlukan.
11. [Periksa kekuatan tulangan lentur]: Dalam langkah ini, kekuatan tulangan lentur yang dihitung sebelumnya dibandingkan dengan kekuatan tulangan yang memadai untuk mem
12. [Apakah kekuatan tulangan memadai?]: Setelah perhitungan kebutuhan tulangan lentur, dilakukan pemeriksaan terhadap kekuatan tulangan yang telah dihitung. Hal ini melibatkan perbandingan antara kekuatan tulangan yang telah dihitung dengan kekuatan tulangan yang memadai berdasarkan persyaratan desain dan standar yang berlaku.
 - a. Jika kekuatan tulangan memadai, berarti tulangan yang dihitung sudah cukup kuat untuk menahan momen lentur yang terjadi pada elemen struktur.
 - b. Jika kekuatan tulangan tidak memadai, berarti perlu dilakukan penambahan tulangan lentur untuk memenuhi kebutuhan kekuatan. Langkah ini dapat melibatkan penambahan jumlah tulangan, peningkatan diameter tulangan, atau perubahan konfigurasi tulangan.

13. [Perhitungan tulangan geser]: Jika pada langkah sebelumnya teridentifikasi bahwa geser desain melebihi geser tahan, dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan geser. Hal ini melibatkan perhitungan jumlah dan letak tulangan yang diperlukan untuk meningkatkan kekuatan geser struktur.
14. [Periksa kekuatan tulangan geser]: Dalam langkah ini, kekuatan tulangan geser yang dihitung sebelumnya dibandingkan dengan kekuatan tulangan geser yang memadai berdasarkan persyaratan desain dan standar yang berlaku.
 - a. Jika kekuatan tulangan geser memadai, berarti tulangan geser yang dihitung sudah cukup kuat untuk menahan gaya geser yang terjadi pada elemen struktur.
 - b. Jika kekuatan tulangan geser tidak memadai, berarti perlu dilakukan penambahan tulangan geser untuk memenuhi kebutuhan kekuatan. Langkah ini dapat melibatkan penambahan jumlah tulangan, peningkatan diameter tulangan, atau perubahan konfigurasi tulangan.
15. [Selesai]: Proses analisis kebutuhan tulangan dengan metode perhitungan manual selesai.

Pada tahap ini, telah ditentukan kebutuhan tulangan lentur dan/atau tulangan geser yang memadai untuk struktur yang dianalisis. Harap diingat bahwa flowchart tersebut hanya memberikan gambaran umum tentang metodologi analisis kebutuhan tulangan dengan metode perhitungan manual. Dalam praktiknya, langkah-langkah tersebut dapat bervariasi tergantung pada jenis struktur, persyaratan desain, dan kode-kode yang berlaku. Selain itu, penting untuk mengacu pada referensi desain yang sesuai dan berkonsultasi dengan ahli struktur untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur.

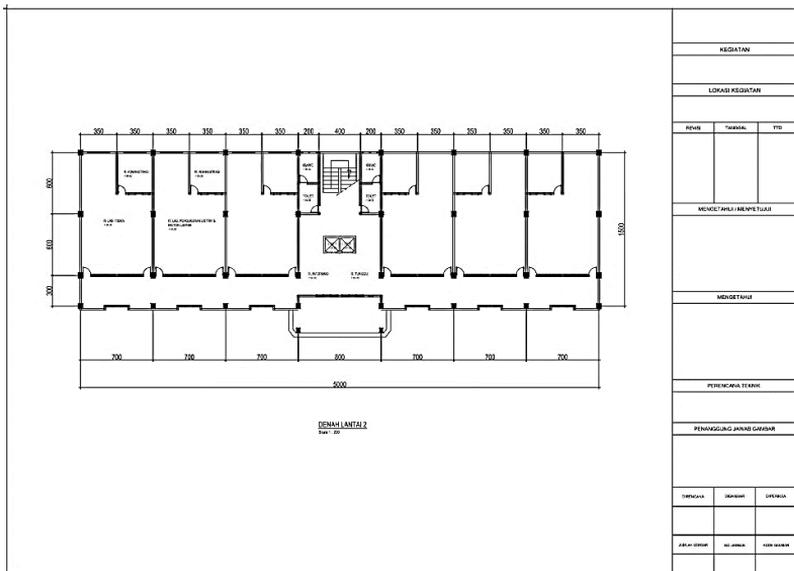
BAB 4

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG

Perhitungan beton bertulang dengan studi kasus pada Perhitungan Struktur Gedung Terpadu Universitas Darul 'Ulum lantai 2 dengan menggunakan 2 metode perbandingan yaitu menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual, sebagai berikut:

A. Denah Gedung

Denah penelitian terletak di lantai 2 gedung Gedung Terpadu.



Gambar 4.1 Denah Penelitian di Lantai 2

B. Data Gedung

Data Penelitian yang di gunakan yaitu:

1. Fungsi bangunan : Gedung terpadu (fasilitas mahasiswa)
2. Bahan bangunan : Beton bertulang
3. Mutu beton : K 200
4. Tegangan Leleh Baja : F_y 240 MPa
5. Tebal plaat lantai : 12 cm
6. Kombinasi Pembebanan : $1,2*D + 1,6*L$

C. Perhitungan Manual

Perhitungan plat lantai

Plat lentur dua arah (twoway slab)

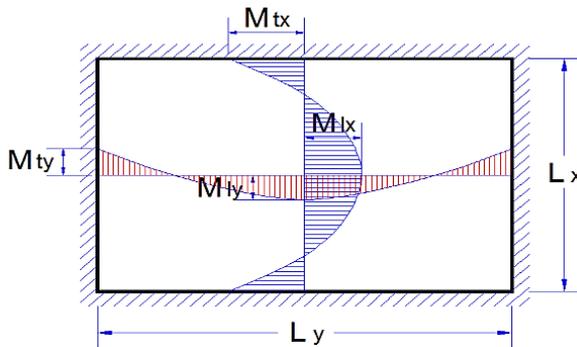
1. Data Bahan Struktur

Kuat tekan beton,

$f_c' = 17$ MPa

Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur, $f_y = 240$ MPa

2. Data Plat Lantai



Gambar 4.2 Momen Plat Lantai

Panjang bentang plat arah x, $L_x = 3,00$

Panjang bentang plat arah y, $L_y = 3,50$

Tebal plat lantai, $h = 120$

Koefisien momen plat untuk, $L_y/L_x =$

Tabel 4.1 Koefisien Momen Plaat

1.2	KOEFSISIEN MOMEN PLAT	
Lapangan x	$C_{lx} =$	34
Lapangan y	$C_{ly} =$	22
Tumpuan x	$C_{tx} =$	63
Tumpuan y	$C_{ty} =$	54

Koef Momen Plat 1.2 (SK.SNI-T15-03-1991)

Diameter tulangan yang digunakan, $\varnothing = 10$ mm

Tebal bersih selimut beton, $t_s = 20$ mm

3. Beban Plat Lantai

a. Beban Mati (Dead Load)

Tabel 4.2 Total Beban Mati

No	Jenis Beban Mati	Berat satuan	Tebal (m)	Q (kN/m ²)
1	Berat sendiri plat lantai (kN/m ³)	24.0	0.12	2.880
2	Berat <i>finishing</i> lantai + Ubin (kN/m ³)	22.00	0.05	1.100
3	Berat plafon dan rangka (kN/m ²)	0.2	-	0.200
4	Berat instalasi ME (kN/m ²)	0.5	-	0.500

Total beban mati $Q_D = 4.680$

b. Beban Hidup (Live Load)

PPI untuk gedung '1983

Beban hidup pada lantai bangunan = 300.00 kg/m²

$$Q_L = 3\,000 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban Rencana Terfaktor

$$\begin{aligned} \text{Beban rencana terfaktor, } Q_u &= 1.2 * Q_D + 1.6 * Q_L \\ &= 10.416 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

d. Momen Plat Akibat Beban Terfaktor

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan arah } x, \text{ Mulx} &= \text{Clx} * 0.001 * \text{Qu} * \text{Lx}^2 \\ &= 3,187 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan arah } y, \text{ Muly} &= \text{Cly} * 0.001 * \text{Qu} * \text{Lx}^2 \\ &= 2,062 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan arah } x, \text{ Mutx} &= \text{Ctx} * 0.001 * \text{Qu} * \text{Lx}^2 \\ &= 5,906 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan arah } y, \text{ Muty} &= \text{Cty} * 0.001 * \text{Qu} * \text{Lx}^2 \\ &= 5,062 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

$$\text{Momen rencana (maksimum) plat, Mu} = 5,906 \text{ kNm/m}$$

4. Penulangan Plat

Untuk: $f_c' \leq 16.6 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.85$

Untuk: $f_c' > 16.6 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.85 - 0.05 * (f_c' - 30) / 7 = -$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1 = 0.85$

Rasio tulangan pada kondisi balance,

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0357$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$\begin{aligned} R_{\max} &= 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * \\ &= 4,9622 \\ &f_y / (0.85 * f_c')] \end{aligned}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan lentur, } f = 0,80$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset / 2 = 25,0 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif plat lantai, } d = h - d_s = 95,0 \text{ mm}$$

$$\text{Ditinjau plat lantai selebar } 1 \text{ m, } b = 1000$$

$$\text{Momen nominal rencana, } M_n = M_u / f = 7,382 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) = 0,81799$$

$$\text{Kontrol } R_n < R_{\max} = (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{ 1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c') }] = 0,0035$$

Rasio tulangan minimum,

(Tabel 7, hal. 51, SKSNI T-15-1991-03 seri 1) $\rho_{min} = 0,0025$

Rasio tulangan maksimum,

(Tabel 8, hal. 52, SKSNI T-15-1991-03 seri 1) $\rho_{ma} = 0,0042$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0,0042$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = r * b * d = 396 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 * \phi^2 * b / A_s = 198,42 \text{ mm}$$

$$= 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum, $s_{max} = 2 * h$

Jarak tulangan maksimum, $s_{max} = 200 \text{ mm}$

Jarak sengkang yang harus digunakan, $s = 198 \text{ mm}$

Diambil jarak sengkang $s = 190 \text{ mm}$

Digunakan tulangan, $\phi 10-190$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = \pi / 4 * \phi^2 * b / s = 413 \text{ mm}^2$$

5. Kontrol Lendutan Plat

Modulus elastis beton, $E_c = 4700 * \sqrt{f_c'}$ = 19149 MPa

Modulus elastis baja tulangan, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Beban merata (tak terfaktor) padaplat,

$$Q = Q_D + Q_L = 7,680 \text{ N/mm}$$

Panjang bentang plat, $L_x = 3000 \text{ mm}$

Batas lendutan maksimum yang diijinkan, $L_x / 240 = 12.500 \text{ mm}$

Momen inersia brutto penampang plat,

$$I_g = 1/12 * b * h^3 = 14400 \text{ mm}^3$$

Modulus keruntuhan lentur beton,

$$f_r = 0.7 * \sqrt{f_c'} = 2.852 \text{ MPa}$$

Nilai perbandingan modulus elastis,

$$n = E_s / E_c = 10.44$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, = 4.317 mm

$$c = n * A_s / b$$

Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sbb:

$$I_{cr} = 1/3 * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 = 35529661 \text{ mm}^4$$

$$y_t = h / 2 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Momen retak: } M_{cr} = f_r * I_g / y_t = 6844840 \text{ Nmm}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban):

$$M_a = 1 / 8 * Q * Lx^2 = 8640000 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = (M_{cr} / M_a)^3 * I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] * I_{cr} = 89463303 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup:

$$\delta_g = 5 / 384 * Q * Lx^4 / (E_c * I_e) = 4,728 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio tulangan slab lantai: } \rho = A_s / (b * d) = 0,0044$$

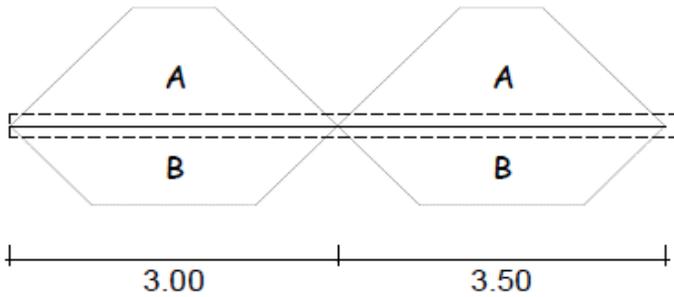
Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai:

$$\delta_g = \lambda * 5 / 384 * Q * Lx^4 / (E_c * I_e) = 7,767 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan total, } \delta_{tot} = d_e + d_g = 12,495 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat: } \delta_{tot} \leq Lx/240 \quad 12,495 < 12,500 = (\text{OK})$$

6. Perhitungan Balok Memanjang Lantai



Gambar 4.3 Momen Balok Memanjang Lantai

7. Distribusi Pembebanan Balok

Distribusi plat

$$L_x = 3,0 \text{ m}$$

$$L_y = 3,5 \text{ m}$$

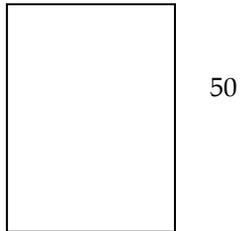
$$q = 10,416 \text{ KN/m}^2$$

$$p = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L_x = 15,624 \text{ KN/m}$$

$$q_{eqw} = P \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{L_x^2}{L_y^2} = 11,798 \text{ KN/m}$$

8. Data Balok Memanjang (Lantai)

Dimensi balok



$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$q_{total} = b \cdot h \cdot 24 = 4,80 \text{ KN/m}$$

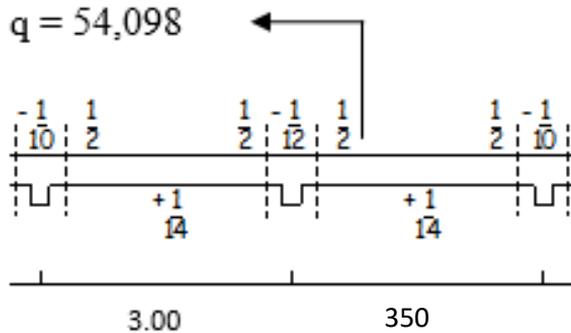
9. Pembebanan Balok

a. Beban Mati

Berat tembok = $12,5 \times 300 = 38$ m, PPI untuk gedung '1983

Total Pembebanan

$$\begin{aligned} Q &= q_{eqw} + q_{balok} + q_{tembok} \\ &= 11,798 + 4,800 + 37,5 \\ &= 54,098 \text{ KN/m} \end{aligned}$$



b. Perhitungan Momen Balok

Momen - momen max

$$M_{\text{tum}} = -1/10 \cdot q \cdot l^2 = -1/10 \cdot 54,1 \cdot 3,50^2 = 66,3 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{lap}} = +1/14 \cdot q \cdot l^2 = 1/14 \cdot 54,1 \cdot 3,50^2 = 66,3 \text{ KNm}$$

$$D_{\text{max}} = +\frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 54,1 \cdot 3,50 = 94,7 \text{ KN}$$

$$M_{\text{puntir}} = \frac{1}{2} \cdot M_{\text{txa}} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 5,906 \cdot 3,50 = 10,34 \text{ KNm}$$

10. Data Perhitungan untuk Balok T

Direncanakan:

Tulangan Utama = $\varnothing 16$ mm

Tulangan Sengkang = $\varnothing 10$ mm

$B_w = 400$ mm

$L_1 = 3000 \text{ mm} - 400 \text{ mm} = 2600$ mm

$L_2 = 3500 \text{ mm} - 400 \text{ mm} = 3100$ mm

$b_1 = 8 \times h$ atau $\frac{1}{2} L_1$

$b_2 = 8 \times h$ atau $\frac{1}{2} L_2$

$L = 5700$ mm

$h = 120$ mm

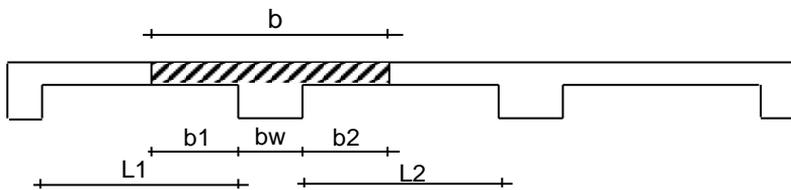
$$\begin{aligned}
 b &= b_w + b_1 + b_2 \leq \frac{1}{4} L \\
 b_1 &= 8 \times 120 = 960 \text{ mm atau } \frac{1}{2} \times 2600 = 1300 \text{ mm} \\
 b_2 &= 8 \times 120 = 960 \text{ mm atau } \frac{1}{2} \times 3100 = 1550 \text{ mm} \\
 b_m &= 400 + 960 + 1550 = 2910 \text{ mm} \\
 \frac{1}{4} L &= \frac{1}{4} \cdot 5700 = 1425 \text{ mm (} b > \frac{1}{4} L \text{)}
 \end{aligned}$$

Tebal efektif balok (d)

$$\begin{aligned}
 &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ tul Sengkan} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul utama} \\
 &= 500 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 10 - 16 \\
 &= 439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

11. Perhitungan Penulangan Balok

a. Dihitung sebagai Balok T



$$F'_c = 17 \text{ MPa}$$

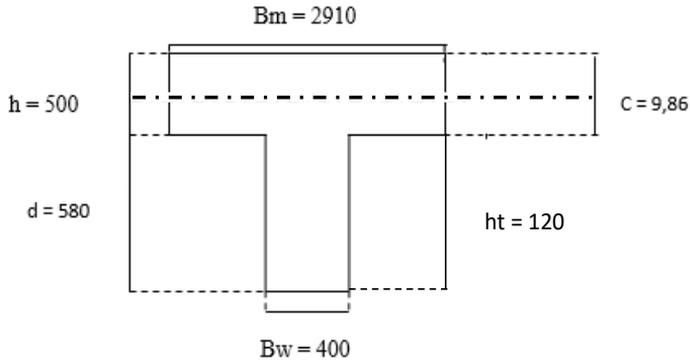
$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$K = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{66.270}{1,425 \cdot (0,439)^2} = 241 \text{ KN/m}^2$$

$$c/d = 0,017$$

c/d = Tabel 5.1.b, Hal 45 Buku grafik dan table perencanaan Beton bertulang

$$d = h_t + h - \text{selimut beton} = 120 + 500 - 40 = 580 \text{ mm}$$



Gambar 4.4 Balok T

$$\begin{aligned}
 C &= d \times 0,017 \\
 &= 580 \times 0,017 \\
 &= 9,86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$C = 9,86 < ht = 120 \text{ mm (Balok Biasa)}$$

Dari table di peroleh: Tabel 5.1.b, Hal 45 Buku grafik dan tabel perencanaan Beton bertulang.

$$P = 0,0016$$

$$P_{min} = 0,0058$$

$$P_{max} = 0,0484$$

Syarat $p_{min} < p < p_{max}$, maka digunakan $P = 0,0058$

$$Asl = p \cdot b \cdot h \cdot 10^6$$

$$= 0,0016 \cdot 1,425 \cdot 0,5 \cdot 10^6$$

$$= 1140 \text{ mm}^2 \quad \text{Dipakai tulangan 6 D 16}$$

b. Dihitung sebagai Balok "Normal"

1) Penulangan Tumpuan (Lentur Positif)

$$K = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{66,270}{0,400 \cdot (0,04)^2} = 103546 \text{ KN/m}^2$$

$$P = 0,0064$$

$$P_{min} = 0,0058$$

$$P_{max} = 0,0404$$

Syarat $p_{min} < p < p_{max}$, maka digunakan $P = 0,0064$

$$\begin{aligned}Asl &= p \cdot b \cdot h \cdot 10^6 \\ &= 0,0064 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \\ &= 1280 \text{ mm}^2 \text{ Dipakai tulangan 7 D 16}\end{aligned}$$

2) Penulangan Tumpuan (Lentur Negatif)

$$K = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{66,270}{0,400 \cdot (0,04)^2} = 103546 \text{ KN/m}^2$$

$$P = 0,0064$$

$$P_{min} = 0,0058$$

$$P_{max} = 0,0404$$

Syarat $p_{min} < p < p_{max}$, maka digunakan $P = 0,0064$

$$\begin{aligned}Asl &= p \cdot b \cdot h \cdot 10^6 \\ &= 0,0064 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \\ &= 1280 \text{ mm}^2 \text{ Dipakai tulangan 7 D 16}\end{aligned}$$

12. Perhitungan Geser dan Puntir

Data - data perhitungan

$$F'_c = 17 \text{ MPa}$$

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$V_u = 94,7 \text{ KN}$$

$$= 94,7 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$T_u = 10,335 \text{ KN/m}$$

$$= 10,335 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

a. Perhitungan Geser

$$V_c = \frac{\left(\frac{f'_c}{6}\right) \cdot b \cdot w \cdot d}{\sqrt{\left\{1 + \left(2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u}\right)^2\right\}}} \text{ dengan } C_t = \frac{b \cdot w \cdot d}{\Sigma x^2 y} \text{ atau}$$

$$C_t = \frac{b \cdot d}{b^2 \cdot d} = \frac{d}{b \cdot h}$$

$$= \frac{\sqrt{f'_c}}{6} = 0,679 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
B_w &= 400 \text{ mm} \\
d &= 439 \text{ mm} \\
h &= 500 \text{ mm} \\
\Sigma x^2y &= (400^2 \cdot 439 + 400^2 \cdot 439) \\
&= 70240000 + 70240000 \\
&= 140480000 = 140,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3
\end{aligned}$$

$$Ct = \frac{bw \cdot d}{\Sigma x^2y} = \frac{400 \cdot 439}{140480000} = 0,0013$$

$$\begin{aligned}
V_c &= \frac{0,679 \cdot 400 \cdot 439}{\sqrt{\left\{1 + \left(2,5 \cdot 0,0013 \cdot \frac{10,335 \cdot 10^6}{94,7 \cdot 10^3}\right)^2\right\}}} \\
&= \frac{119241,466}{\sqrt{1 + 0,116}} = 112855
\end{aligned}$$

$$N = 112,85 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_c &= 0,6 \cdot 112855 \\
&= 67712,81 < V_u = 94,7 \cdot 10^3 = 94671 \text{ (perlu tulangan geser)}
\end{aligned}$$

b. Perhitungan Puntir

$$\begin{aligned}
T_c &= \frac{\left(\frac{\sqrt{f'_c}}{15}\right) \Sigma x^2y}{\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{Ct \cdot T_u}\right)^2\right\}}} = \frac{\left(\frac{\sqrt{17}}{15}\right) \cdot 140480000}{\sqrt{\left\{1 + \left(\frac{0,4 \cdot 94,7 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 10,335 \cdot 10^6}\right)^2\right\}}} \\
&= \frac{0,272 \cdot 140480000}{\sqrt{1+12919}} = 335694,6578 \text{ Nmm} \\
&= 0,336 \cdot 10^6 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi T_c &= 0,6 \cdot 0,336 \cdot 10^6 \\
&= 0,201 \cdot 10^6 < T_u = 10,335 \cdot 10^6 \text{ perlu tulangan puntir (Torsi)}
\end{aligned}$$

c. Perhitungan Tulangan Sengkang (Geser)

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ sengkang} &= \frac{(Vu - \phi Vc) \text{ rata - rata}}{b \cdot d} \\
 &= \frac{(94671 - 67713)}{400 \cdot 439} \\
 &= \frac{26958}{175600} = 0,15 \text{ Mpa} < \phi V_{smax} \\
 &= 1,63 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Y = Jarak Sengkang, y max = 0,5. d = 0,5. 539 = 220, dipakai
y = 150 mm

$$A_s \text{ sengkang} = \frac{0,15 \cdot 400 \cdot 150}{0,6 \cdot 240} = 64,0 \text{ mm}^2$$

$$x_1 = 400 - 2 \cdot 46 = 308$$

$$y_1 = 500 - 2 \cdot 46 = 408$$

Jarak Sengkang

$$s = \frac{\alpha t \cdot A_t \cdot x_1^1 \cdot y_1^1 \cdot \phi f_y}{\phi T_s}$$

αt dari grafik $h_1 / b_1 = y_1 / x_1$ $\alpha = 1,3247$

$$\begin{aligned}
 \phi T_s &= T_u - \phi T_c \\
 &= 10,335 \cdot 10^6 - 0,201 \cdot 10^6 \\
 &= 10,134 \cdot 10^6 \text{ KNm} \\
 &= 0,62 \cdot 400^2 \cdot 500
 \end{aligned}$$

$$\phi T_s \text{ max} = 49600000 \text{ Nmm} = 49,60 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\phi T_s < \phi T_s \text{ max}$$

Dipakai $\emptyset D = 10 \text{ mm} / A_t = 79 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{1,32 \cdot 79 \cdot 308 \cdot 408 \cdot 0,6 \cdot 240}{10,134 \cdot 10^6} = 187 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan sengkang D 3 - 10

d. Perhitungan Punter (Torsi)

$$\begin{aligned} A &= \frac{x1 + y1}{x1 \cdot y1} \cdot \frac{2 \cdot (Tu - \phi Tc)}{at \cdot fy} \\ &= \frac{308 + 408}{308 \cdot 408} \cdot \frac{2 \cdot (10,134 \cdot 10^6)}{1,324675 \cdot 0,6 \cdot 240} \\ &= 0,0056977 \cdot 106251 \\ &= 605,38975 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan memanjang balok untuk gaya punter 7 D 16

Cek minimum lebar balok yang diperlukan sebagai berikut:

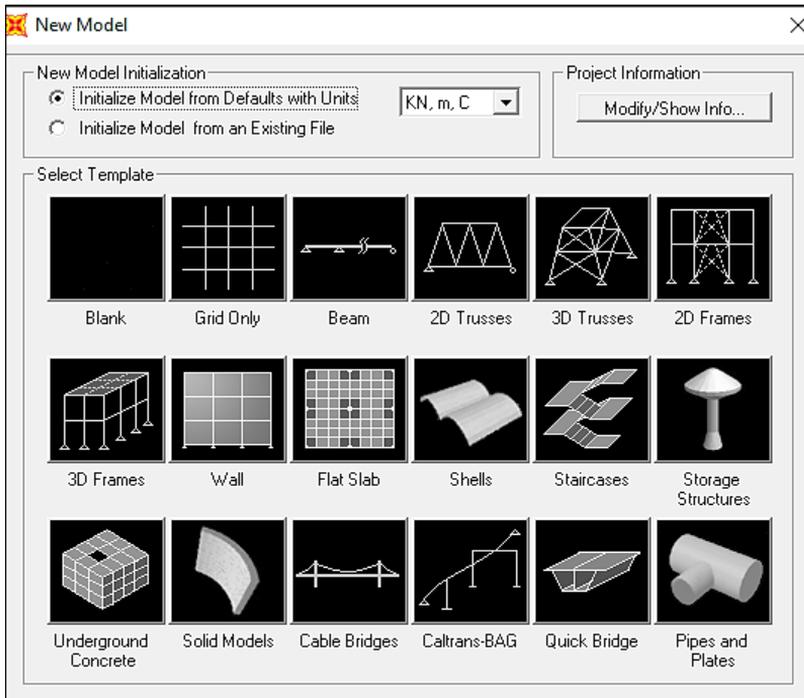
2 x selimut beton (40 mm)	: 80 mm
2 x sengkang, ϕ sengk (3 mm)	: 6 mm
7 x ØD 16 mm	: 112 mm
6 x kali jarak antara tulagn (25 mm)	: 150 mm
Total 348 < 400 lebar balok (cukup memadai).	

D. Perhitungan SAP 2000

Perhitungan struktur dimodelkan dalam bentuk 2 dimensi dengan memasukkan elemen pada struktur yang berupa balok. Balok dimodelkan 2 dimensi dengan tumpuan sendi. Untuk membuat pemodelan pada struktur balok T digunakan prangkat lunak yaitu aplikasi SAP 2000. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

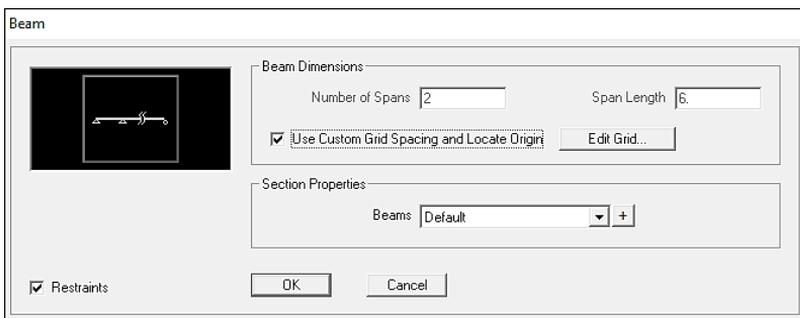
1. Tahap Awal SAP 2000

Buka program SAP 2000, kemudian klik menu file > *New Model*, maka akan keluar tampilan layer seperti gambar 4.5 di bawah ini. Sebelum mulai membuat model, terlebih dahulu satuan harus didefinisikan di awal, hal ini diperlukan agar mempermudah kita dalam menampilkan satuan secara seragam pada hasil yang kita kerjakan. Setelah menentukan satuan klik beam.



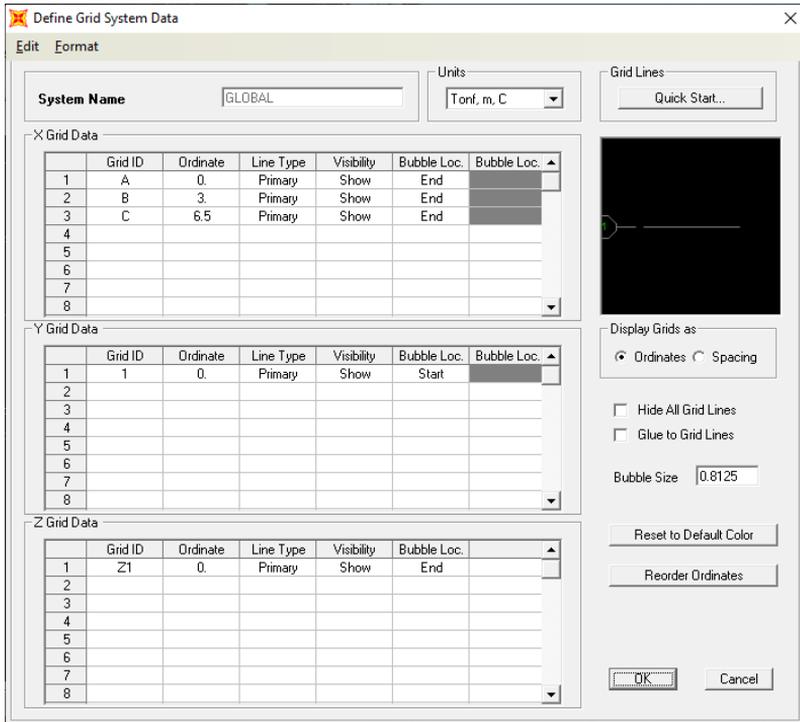
Gambar 4.5 New Model pada Aplikasi SAP 2000

Setelah itu lanjut menentukan dimensi pada balok yang akan dipakai pada perhitungan. Jika balok lebarnya berbeda klik menu *Use Custom Grid Spacing And Locate Origin*.



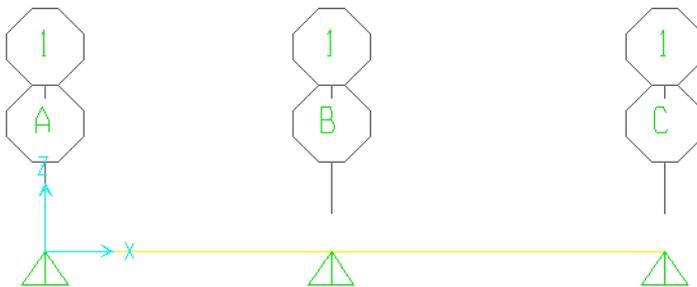
Gambar 4.6 Input Dimensi

Sek kembali lebar balok dengan tampilan menu pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Menu Input Data Dimensi

Geometri yang didefinisikan di sini adalah mencangkup panjang bentang dalam arah X dan Z sesuai dengan diinginkan > Ok.

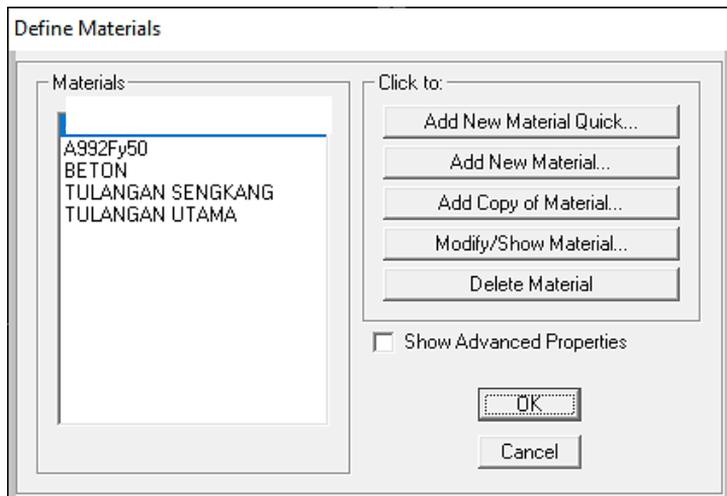


Gambar 4.8 Tampilan Desain Balok T

2. Penginputan Data dan Material

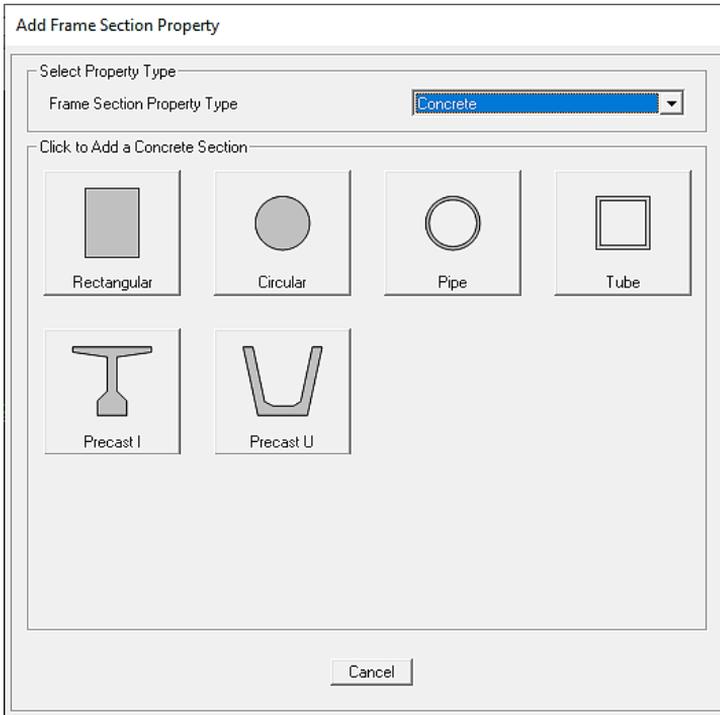
Untuk menentukan jenis material yang akan di gunakan Klik *Define > Materials > Add New Material > Klik Tab Material Type* dengan *Concrete > Weight per Unit Volume > Klik tab Units* dengan N, mm, C > *Modulus Of Elasticity = 4700*SQR (fc) = 21019,039 > Poison Ratio = 0,2 > Coefficient of Thermal Expantion = 1,170E-05 > Specified Concrete Compressive Strenght = 20 > Ok.*

Untuk langkah-langkah input material tulangan yang akan di gunakan, *Add Copy of Material > Klik Tab Material Type* dengan *Rebar > Weight per Unit Volume > Klik tab Units* dengan N, mm, C > *Modulus Of Elasticity = 4700*SQR (fc) = 21019,039 > Poison Ratio = 0,2 > Coefficient of Thermal Expantion = 1,170E-05.* Langkah- langkah tersebut jga diinputkan pada tulangan utama dan tulangan Sengkang, hasil input material seperti pada gambar 4.9 > Ok.



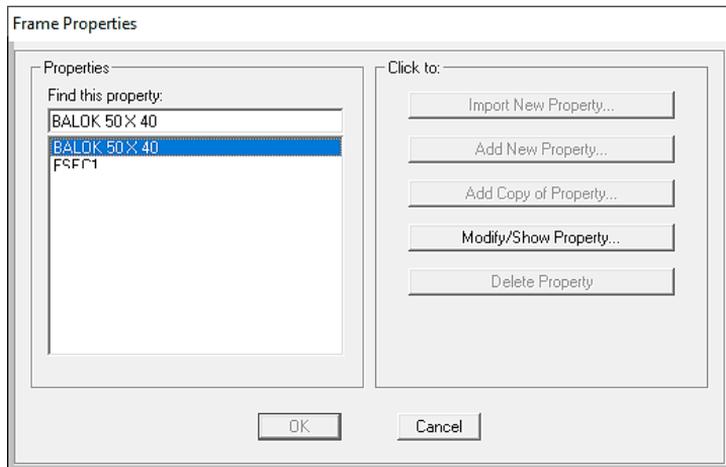
Gambar 4.9 Input Define Materials

Untuk input data kolom klik *Define > Section Properties > Frame Section > Add New Property > Concrete > klik Rectangular > Ok.*



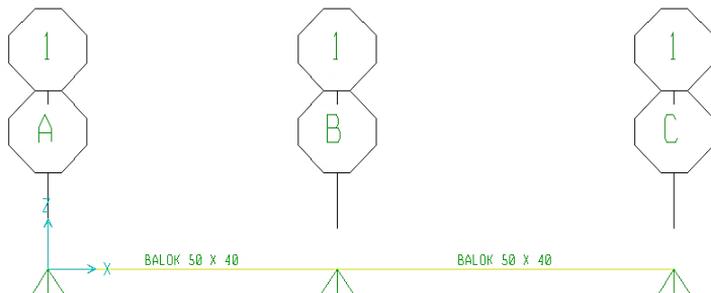
Gambar 4.10 Input Material Property Data Balok

Selanjutnya isi tab section name dengan Beton beserta ukuranyang akan di tentukan > klik Concrete Reinforcement lalu ubah material dengan beton, > Rebar Material Longitudinal Bars = Tulangan utama, Confinement Bars (Ties) = Tulangan Sengkan > Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center, Top = 0,06 dan Bottom = 0,06 > Ok. Tampilan hasil input material seperti di gambar 4.11.



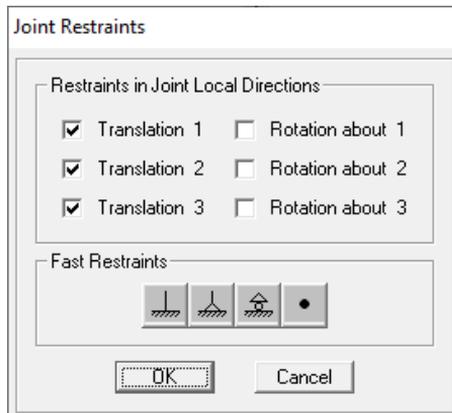
Gambar 4.11 Input Dimensi Material

Untuk menggambar balok dengan cara, blok area balok yang akan di beri nama, > Assign > Frame Section > klik dimensi balok yang akan di beri nama pada beton > OK.



Gambar 4.12 Tampilan Balok yang Sudah Diberi Nama

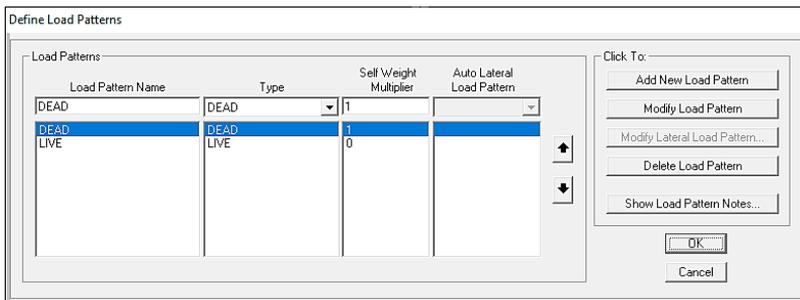
Karena pada tumpuan kita menggunakan tumpuan sendi, maka perlu dilakukan penyesuaian tumpuan dengan cara klik semua titik yang akan diberi tumpuan. Selanjutnya Klik Assign > Joint > Restraints > Pilih tumpuan jepit > Ok.



Gambar 4.13 Menentukan Jenis Perletakan

3. Input Pembebanan

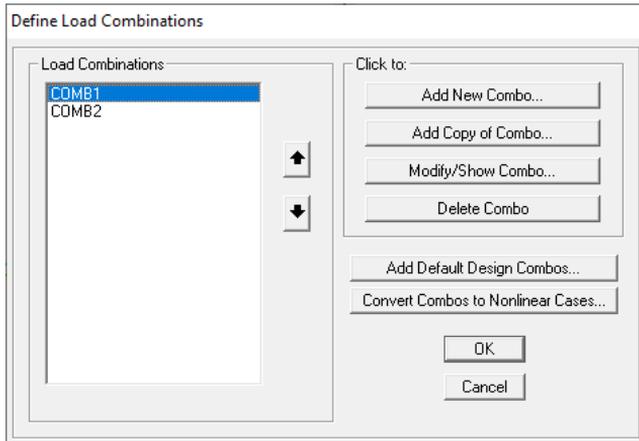
Untuk membuat type beban klik Define > Load Patterns > pada Load Patterns Name diberi nama sesuai yang diinginkan > pada tab Self Weight Multiplier dengan angka 0 untuk beban hidup > add Load Patterns Name > untuk beban mati dengan angka 1 > Ok.



Gambar 4.14 Menentukan Tipe Beban

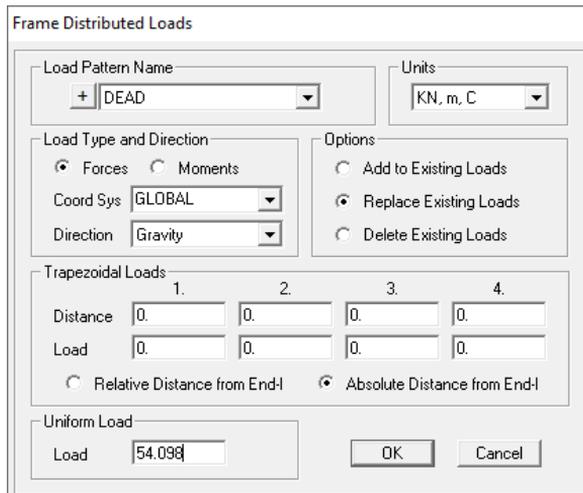
Setelah itu menentukan beban kombinasi, untuk penelitian ini menggunakan 2 beban yaitu beban mati dan beban hidup, untuk kombinasi 1 yaitu beban mati dengan langkah-langkah berikut klik Define > Load Combinations > Add New Combo > Load Combinations Name = kombinasi 1 > Define Combination Of Load Case Results = beban mati menggunakan Scale Factor 1,2 > Add. Dan kombinasi 2 yaitu beban hidup dengan langkah-langkah berikut klik Add New

Combo > Load Combinations Name = kombinasi 2 > Define Combination Of Load Case Results = beban hidup menggunakan Scale Factor 1,6 > Ok.



Gambar 4.15 Menentukan Beban Kombinasi

Setelah itu menentukan beban pada balok Klik Assign > Frame Loads > Distributed > Klik Dead pada tab Load Pattern Name > Klik KN, m, C pada tab Units untuk satuannya dan Uniform Load = 54,098



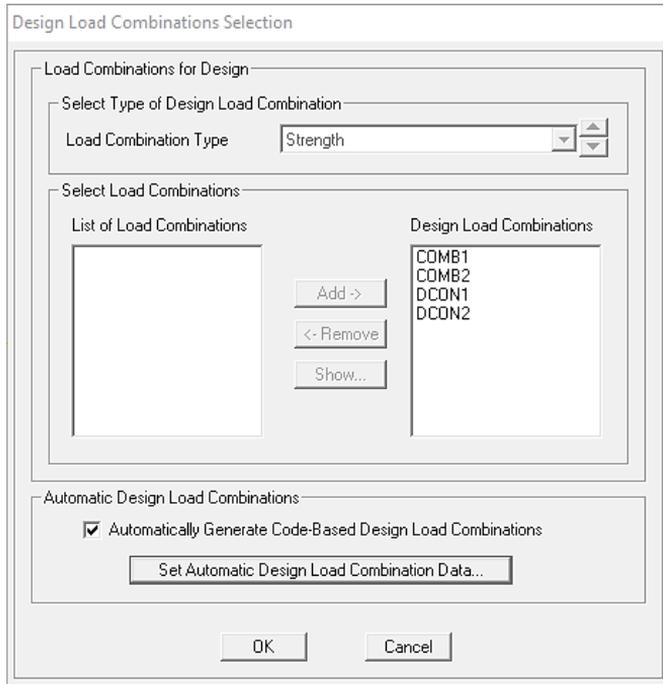
Gambar 4.16 Menentukan Beban Mati pada Balok

Setelah itu menentukan beban pada balok Klik Assign > Frame Loads > Distributed > Klik Live pada tab Load Pattern Name > Klik KN, m, C pada tab Units untuk satuannya dan Uniform Load = 250

Load Pattern Name		Units		
<input type="button" value="+"/>	LIVE	Kgf, m, C		
Load Type and Direction		Options		
<input checked="" type="radio"/> Forces <input type="radio"/> Moments		<input type="radio"/> Add to Existing Loads		
Coord Sys: GLOBAL		<input checked="" type="radio"/> Replace Existing Loads		
Direction: Gravity		<input type="radio"/> Delete Existing Loads		
Trapezoidal Loads				
	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.	0.	0.
Load	0.	0.	0.	0.
<input type="radio"/> Relative Distance from End-I		<input checked="" type="radio"/> Absolute Distance from End-I		
Uniform Load				
Load	250			
		OK	Cancel	

Gambar 4.17 Menentukan Beban Hidup pada Balok

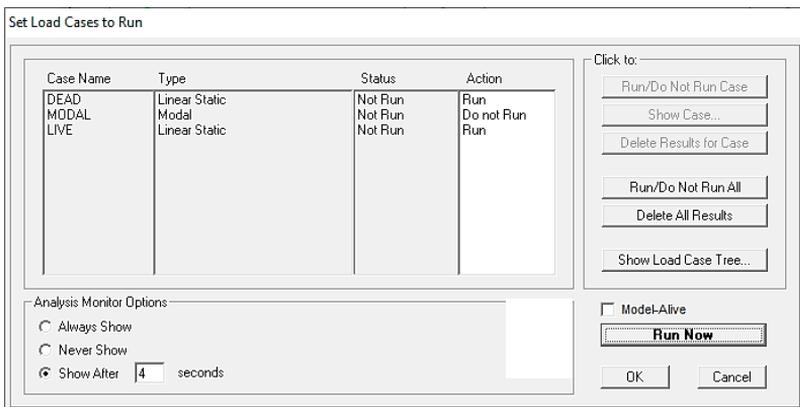
Setelah memberikan beban pada balok, kemudian mengaktifkan kombinasi yang sudah di input di Load Combination dengan cara Klik > Design > Concrete Frame Design > Select Design Combos > Design Load Combinations Selection > Kombinasi 1 dan Kombinasi 2 > Add > akan pindah ke kolom Design Load Combinations > Ok.



Gambar 4.18 Mengaktifkan Kombinasi

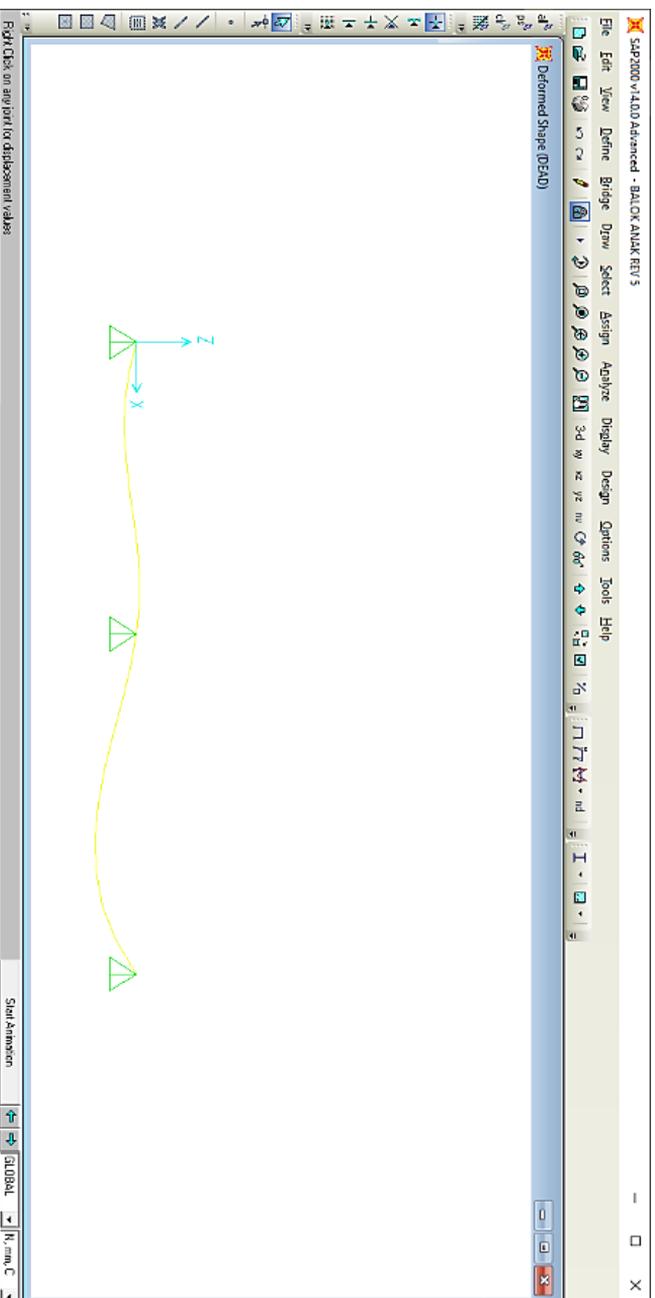
4. Run Data

Setelah mengaktifkan kombinasi lanjut di *Run* dengan tahapan sebagai berikut, Klik > Analyze > Run Analyze > Run Now > Start Animation.



Gambar 4.19 Run Data

Setelah di Run Analyze akan keluar animasi seperti gambar



Gambar 4.20 Animasi Output Sap 2000

Jika untuk menampilkan momen klik > Show Forces > Shear 2-2 untuk bidang D dan Moment 3-3 > Ok.

Member Force Diagram for Frames

Case/Combo

Case/Combo Name COMB1

Multivalued Options

Envelope (Range)

Step 1

Component

Axial Force Torsion

Shear 2-2 Moment 2-2

Shear 3-3 Moment 3-3

Scaling

Auto

Scale Factor

Options

Fill Diagram

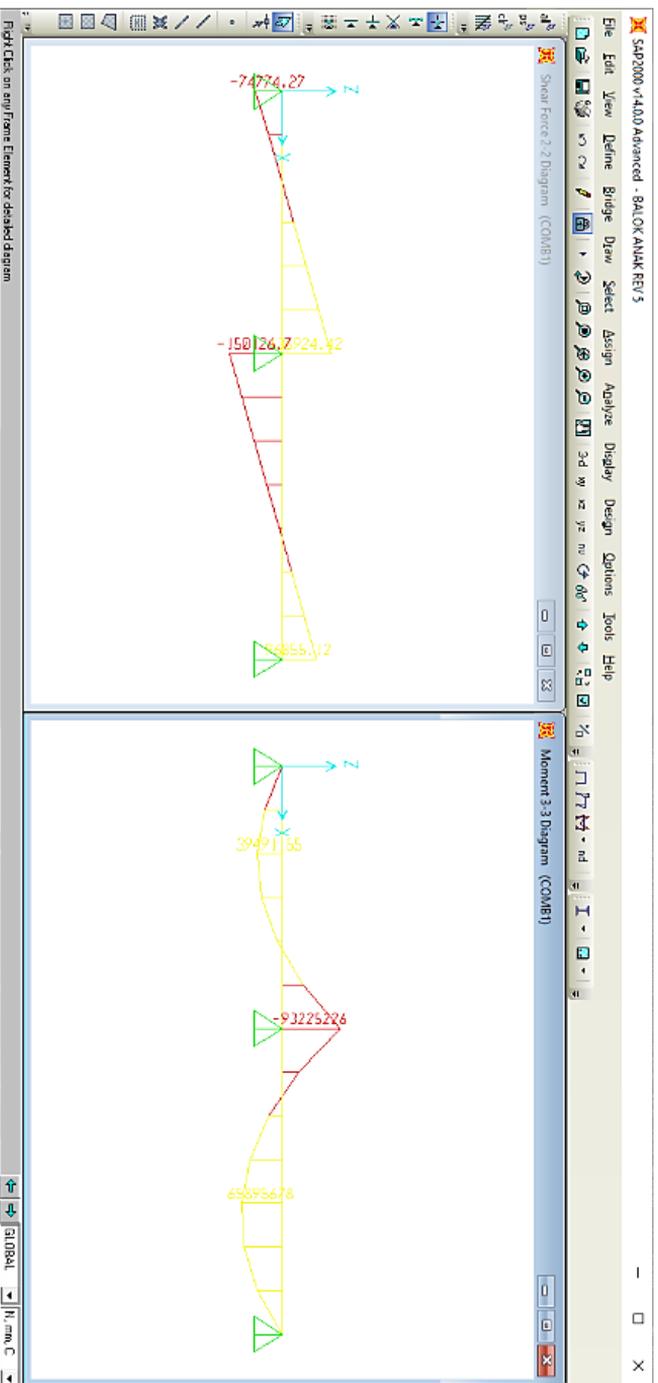
Show Values on Diagram

OK

Cancel

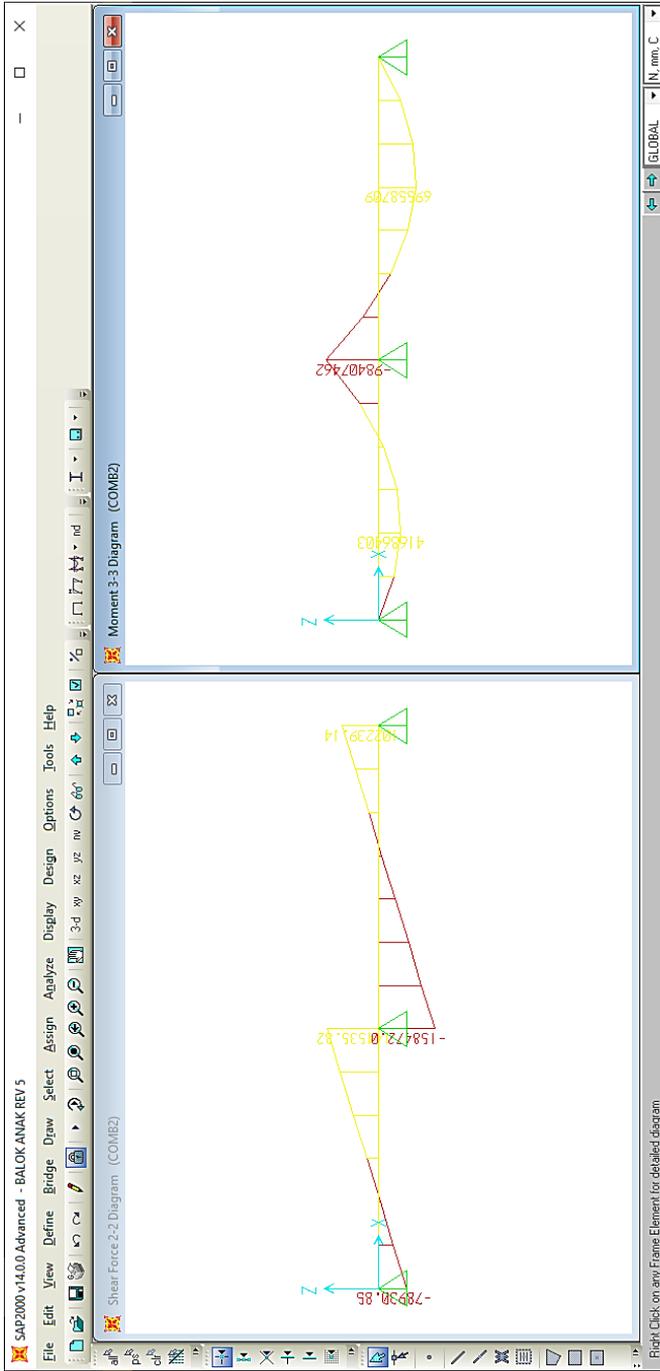
Gambar 4.21 Cek Momen

a. Menggunakan Kombinasi 1



Gambar 4.22 a). Momen Bidang D dan b). Momen bidang M

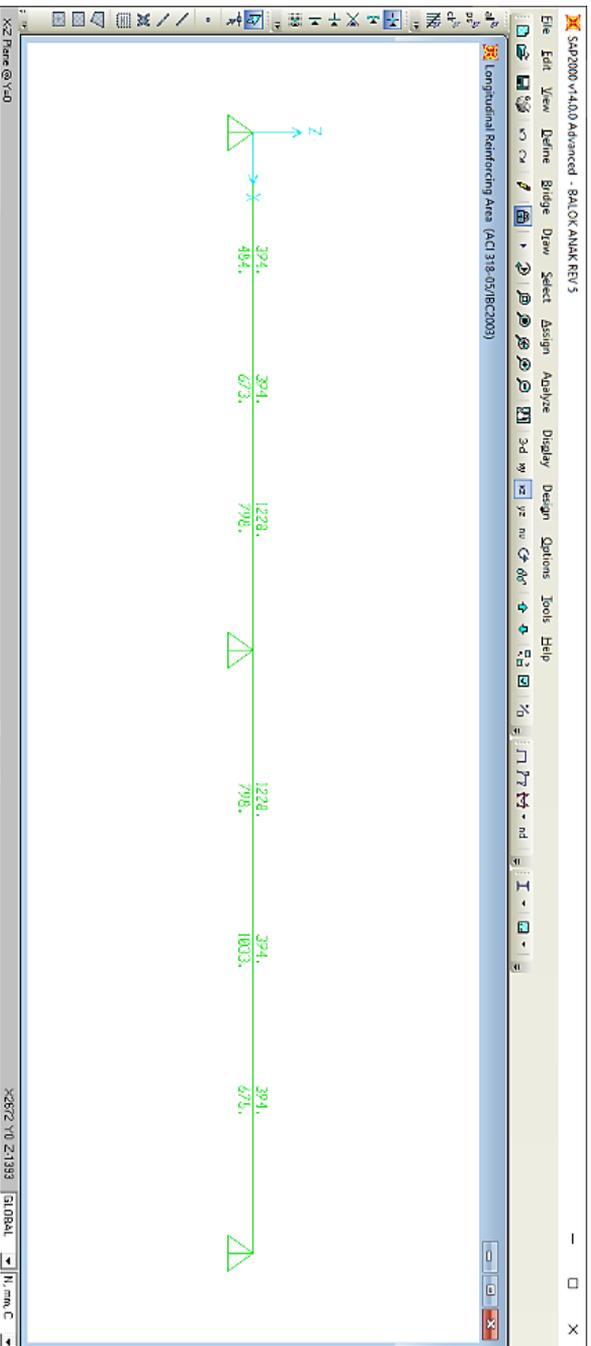
b. Menggunakan Kombinasi 2



Gambar 4.23 a). Momen Bidang D dan b). Momen bidang M

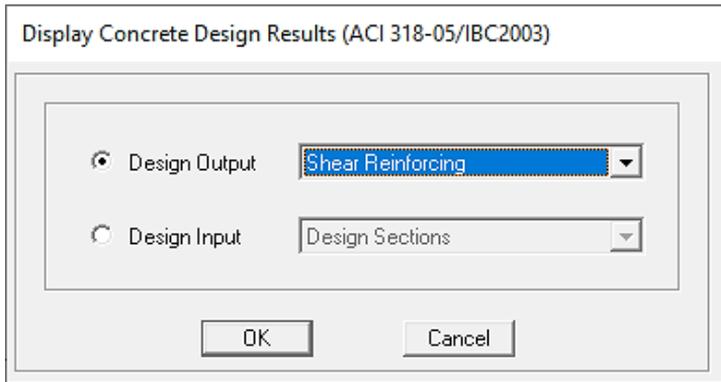
5. Hasil Penulangan SAP 2000

Hasil dari penulangan utama menggunakan software SAP 2000 dengan berikut > Design > Concrete Frame Design > Start Design atau Check of Structure. Akan keluar tampilan seperti di gambar 4.24,



Gambar 4.24 Tulangan Utama

Hasil dari penulangan sengkang menggunakan software SAP 2000 dengan berikut > Design > Concrete Frame Design > Start Design atau Check of Structure > Display Design Info. Akan keluar tampilan seperti pada gambar 4.25,



Gambar 4.25 Display Concrete Design Results

Maka dari hasil Analisa di SAP 2000, data yang akan di gunakan diambil dari hasil yang terbesar:

- a. Tulangan tumpuan : Tekan = 1228 mm dengan jumlah tulangan 7 D 16
Tarik = 798 mm dengan jumlah tulangan 4 D 16
- b. Tulangan sengkang : 994 mm dengan jumlah tulangan 20 D 8.
- c. Tulangan lapangan : Tekan = 394 mm dengan jumlah tulangan 2 D 16
Tarik = 1033 mm dengan jumlah tulangan 6 D 16
- d. Tulangan Sengkang : 587 mm dengan jumlah tulangan 12 D 8.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Munandar, Abdullah, and S. Bermansyah, "Perilaku lentur panel pracetak ferrofoam concrete dengan satu titik pembebanan," *J. Civ. Eng. Student*, vol. 4, no. 2, pp. 162-168, 2022.
- [2] N. A. Prasetya, A. Hernadi, and A. Nugroho, "Studi Komparasi Perancangan Balok Struktural Berdasarkan SNI 2847-2002, SNI 2847-2013 Dan SNI 2847-2019," *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 3, pp. 294-306, 2021, doi: 10.35334/be.v5i3.1874.
- [3] T. Widorini, P. Purwanto, and M. Wiwoho, "Analisis Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang Tampang T Menggunakan Response-2000," *Teknika*, vol. 10, no. 1, pp. 1-6, 2015, [Online]. Available: <https://156.67.218.228/index.php/teknika/article/view/750%0Ahttps://156.67.218.228/index.php/teknika/article/download/750/464>
- [4] Y. Haryanto, I. Satyarno, and D. Sulisty, "Analisis Daya Dukung Beban Balok Beton Bertulang Tampang T Dengan Perkuatan Wire Rope Pada Daerah Momen Negatif Menggunakan Program Response-2000 Dan Metode Pias," *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 3, pp. 173-180, 2015, doi: 10.24002/jts.v13i3.873.
- [5] S. N. I. SNI 2847, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*. 2013.
- [6] B. Haposan and S. Benclin, "Optimasi Volume Tulangan Jembatan Box Culvert dan Jembatan Beton Balok-T," *J. Tek. Sipil USU*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 2016.
- [7] D. P. Utomo and B. Purba, "Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia," *Pros. Semin. Nas. Ris. Inf. Sci.*, vol. 1, no. September, pp. 846-853, 2019, doi: 10.30645/senaris.v1i0.91.

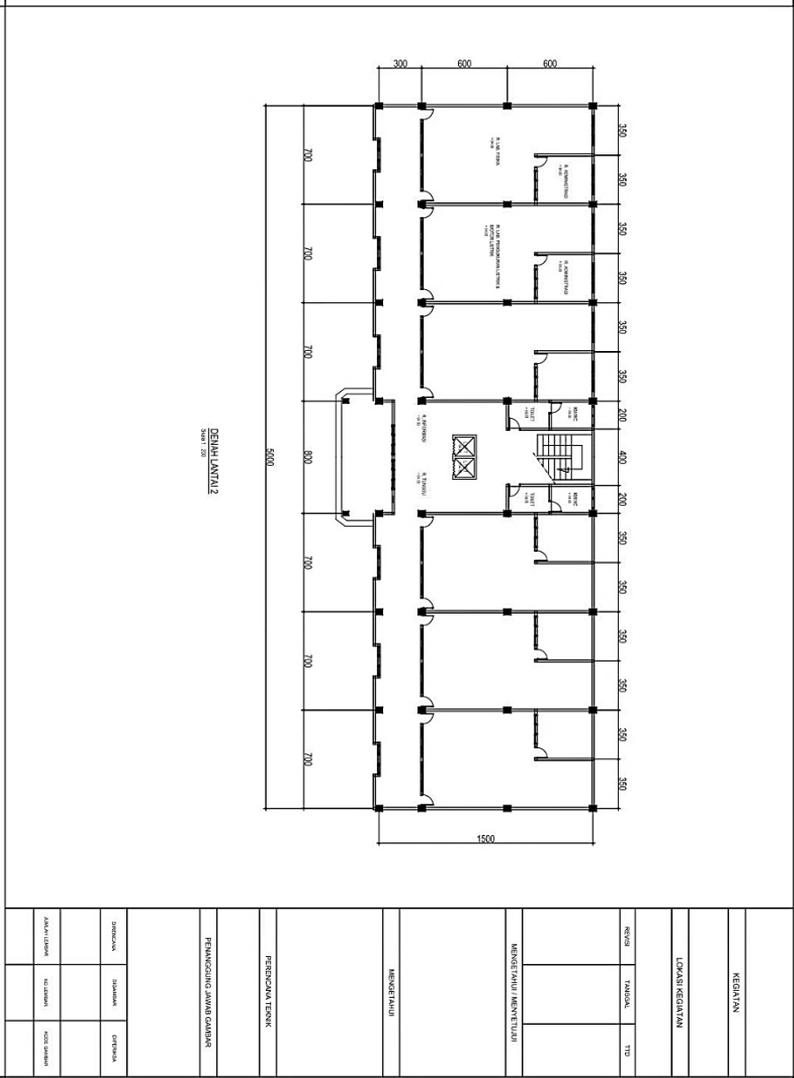
- [8] M. W. Ubaidillah and E. Walujodjati, "Eksperimen Uji Lentur Balok Beton dengan Bundel Tulangan," *J. Konstr.*, vol. 20, no. 1, pp. 202–213, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.itg.ac.id/>
- [9] A. Ansori, *Balok dan plat beton bertulang*. Yogyakarta, 2010.
- [10] R. A. Setyawanto, "Pengaruh Letak Sambungan Beton Dan Tulangan Longitudinal Terhadap Balok T Pada Jarak Seper Empat Bentang," Institut Teknologi Nasional Malang, 2015.
- [11] E. Tuwanakotta and Y. Bernard, "Analisis Torsi Tak Terduga Dan Ketidakberaturan Torsi Akibat Gaya Gempa," *J. Karkasa*, vol. 8, no. 1, pp. 43–48, 2022, [Online]. Available: <https://www.poltekstpaul.ac.id/jurnal/index.php/jkar/article/view/462>
- [12] H. Benclin, "Optimasi Volume Tulangan Jembatan Box Culvert dan Jembatan Beton Balok-T," vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [13] N. H. Crista, T. Widorini, and B. Purnijanto, "Analisis Kebutuhan Tulangan Pada Balok Beton Bertulang Tampang T Menggunakan Program Sap 2000," *Teknika*, vol. 14, 2019, doi: 10.26623/teknika.v14i1.1514.
- [14] M. R. Rambe and R. F. Pohan, "WORKSHOP PENERAPAN SAP2000 UNTUK KONSULTAN PERENCANA DI KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA," vol. 2, no. 2, pp. 86–92, 2023, doi: 10.35957.
- [15] M. galuh K. S. A. H. Muhamad Farham Zulfikri, "Evaluasi balok beton bertulang dengan variasi bentang terhadap dimensi tulangan," *J. Ris. Tek. sipil dan sains*, vol. 1, no. 2, pp. 75–80, 2023.
- [16] B. W. Algazt Aryad Masagala, "Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Warren Truss Menggunakan Suspension Bridge Studi Kasus Jembatan Sebio, Sendangdawung, Kecamatan Studi Kasus Jembatan Sebio, Sendangdawung, Kecamatan," *J. Renov.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023.

LAMPIRAN

1. Lokasi Bangunan Gedung



3. Denah Lantai 2



TENTANG PENULIS



Ir. Ruslan Hidayat, M.Si., M.T.

Lahir di Sumenep, tahun 1964. Lulus S1 pada Program Studi Teknik Sipil pada tahun 1989 di Universitas Darul 'Ulum (Undar) Jombang. Lulus S2 pada Program Studi Magister Ilmu Ekonomi Undar pada tahun 2010, dan Lulus S2 pada Program Studi Teknik Sipil di Universitas Tujuh Belas Agustus 1945 (UNTAG) Surabaya tahun 2011. Penulis meniti karir sebagai dosen Program Studi Teknik Sipil di Universitas Darul 'Ulum Jombang sejak tahun 1994 sampai sekarang. Banyak jabatan telah diemban antara lain: Dekan Fakultas Teknik Undar Jombang, periode tahun 2019 - 2023; Sebagai wakil ketua I Persatuan Insiyur Indonesia (PII) Jombang, periode tahun 2020 - sekarang; Sekretaris Konsorsium Perguruan Tinggi di Kabupaten Jombang, tahun 2021 - sekarang; Sebagai Tenaga Ahli (TA) PUPR Kabupaten Jombang periode 2021 - sekarang. Penulis juga aktif meneliti dan menulis di bidang konstruksi gedung, jembatan, transportasi, dan saat ini penulis masih aktif mengajar di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDAJ Jombang untuk mata kuliah, Rekayasa Pondasi, Struktur Beton Prategang, Perencanaan Jembatan, Matematika Rekayasa, Analisa Struktur Metode Matrik, Dinamika Struktur dan Teknik Gempa, Aplikasi Komputer Teknik Sipil. Identitas Online penulis; Google Scholar ID: TXZoHZcAAAAJ, email: ruslanh.1964@gmail.com



Ir. Iwan Cahyono, M.T.

Penulis bekerja sebagai Dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Darul Ulum (Undar) Jombang sejak Tahun 1994. Putra daerah Jombang ini lulusan S1 jurusan Teknik Sipil Universitas Darul Ulum pada tahun 1993. Pada tahun 2002 ia menyelesaikan program pendidikan Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil bidang Rekayasa Transportasi di ITS Surabaya. Selain itu ia juga terdaftar sebagai

anggota pada beberapa perkumpulan atau lembaga profesional seperti Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI), Persatuan Insinyur Indonesia (PII), dan Gabungan Ahli Teknik Nasional Indonesia (GATENSI). Iwan sekarang ini mengajarkan mata kuliah Perencanaan Perkerasan Jalan, Perencanaan Lalulintas dan Transportasi, serta beberapa mata kuliah lain di bidang transportasi, dan aktif terlibat dalam berbagai macam kegiatan penelitian yang berkaitan dengan transportasi, konsultasi, dan pegabdian pada masyarakat. Identitas Online penulis; SINTA ID: 6147143, email: cahyonoiwan15@gmail.com.

Saiful Arfaah, S.T., M.T.,



Penulis lahir di Bangkalan pada tahun 1971 dan telah menamatkan Pendidikan S1 Teknik Sipil di Universitas Darul Ulum pada tahun 1995 serta S2 di FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) bidang Manajemen dan Rekayasa Sumber Air pada tahun 2013. Setelah menyelesaikan Pendidikan S2 disamping mengajar mata kuliah hidrolika dan hidrologi, penulis juga aktif dalam penelitian dan publikasi di bidang sumber daya air selain itu juga penulis juga banyak pengalaman dibidang organisasi dan manajeral perguruan tinggi. Pada tahun 2010 sampai dengan 2018 penulis menjabat sebagai Kepala Biro Administrasi Umum Universitas Darul Ulum Jombang. Dan pada saat ini penulis masih menjabat Ketua Program Studi Teknik Sipil di perguruan tinggi yang sama.



Dr. Ir. Asnun Parwanti, MT.

Penulis merupakan Dosen Fakultas Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul 'Ulum Jombang yang konsentrasi mengajar pada bidang Sumber Daya Air. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Sipil (S1) di Fakultas Teknik Universitas Darul 'Ulum tahun 1990, pendidikan Magister Teknik Sipil (S2) di

Fakultas Teknik UNTAG Surabaya tahun 2004, pendidikan Doktor (S3) Teknik Sipil di Fakultas Teknik UNISSULA Semarang tahun 2022. Selain itu juga terdaftar sebagai anggota pada perkumpulan atau lembaga professional Persatuan Insinyur Indonesia (PII). Sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil tahun 2004 - 2014, sekretaris prodi tahun 2014 -2018, wakil dekan III tahun 2024 - 2028, dan asesor BKD mulai tahun 2012 sampai sekarang. Aktif pada kegiatan sosial sebagai Pembina KSR PMI unit Universitas Darul 'Ulum tahun 2016 - 2018, sebagai Ketua Pokja 1 TP PKK Kab. Jombang sejak tahun 2004 sampai sekarang, aktif dalam kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di LPPM Universitas Darul 'Ulum Jombang, aktif di bidang penelitian dan pengabdian masyarakat, serta sebagai pengurus forum Puspa Arimbi Kabupaten Jombang. Saat ini juga merupakan Ketua Pusat Studi Wanita (PSW) Universitas Darul 'Ulum Jombang. Identitas online penulis SINTA ID:6044706 dan SCOPUS ID:57209975373, email: asnunparwanti@gmail.com.