

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) SOFTWARE PADA PERANCANGAN GEDUNG BETON BERTULANG UNTUK Mendukung Industri 4.0 dalam Bidang Jasa Konstruksi

Partogi H. Simatupang¹, Tri M.W.Sir², Julius F.A.Kompas³ dan Very A.Wadu⁴

¹Dosen program Studi Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang
Email: partogihsimatupang@gmail.com

² Dosen program Studi Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang

³ Alumni program Studi Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang

⁴ Alumni program Studi Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang

ABSTRAK

Berkembangnya era Industri 4.0 berimbas juga pada bidang jasa konstruksi dalam hal ini perancangan konstruksi beton bertulang. Era ini menginginkan adanya integrasi kegiatan *Architect, Engineering and Construction* (AEC). Kegiatan AEC merupakan kegiatan yang memiliki item pekerjaan yang masif dan berulang, sehingga perlu software untuk membantu kegiatan AEC secara efektif dan efisien. Salah satu software tersebut adalah *Tekla Structures* yang berbasis *Building Information Modeling* (BIM). *Tekla structures* menyimpan semua informasi bangunan. Namun untuk informasi analisis diperlukan software pendukung yang dalam paper ini digunakan software *Structure Analysis Program 2000/SAP2000*. Integrasi antara *Tekla Structures* dan SAP2000 digunakan untuk memodelkan, menganalisis, menyimpan gambar kerja dan pelaksanaan konstruksi bangunan beton bertulang. Pemodelan dikerjakan pada *Tekla Structures* kemudian model tersebut diekspor ke SAP2000 untuk dilakukan analisis struktur dan desain komponen struktur. Hasil analisis dan desain kemudian diimpor kembali ke dalam *Tekla Structures* untuk dilakukan proses pendetailan dan penyiapan output dalam bentuk dokumen gambar kerja, volume pekerjaan dan manajemen pekerjaan. Dalam paper ini untuk menerapkan integrasi *Tekla Structures* dan SAP2000 pada gedung beton bertulang menggunakan obyek gedung 4 lantai *open frame*. Kemudahan dalam memodelkan struktur bangunan yang dilakukan pada *Tekla Structures* dengan penggunaan template software dimodelkan secara tiga dimensi (3D). Model pada *Tekla Structures* dianalisis menggunakan SAP2000 secara direct link menghasilkan komponen struktur yang memenuhi kapasitas analisis dan desain. Kapasitas komponen yang sesuai dengan analisis dan desain dibuat dalam bentuk gambar kerja dan laporan volume pekerjaan.

Kata kunci: Building Information Modeling , software, gedung beton bertulang, industri 4.0, jasa konstruksi

Author : Partogi H. Simatupang, Tri M.W.Sir, Julius F.A.Kompas dan Very A.Wadu

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang paling berkembang saat ini. Optimisme tersebut juga tertuang dalam Program Nawacita Presiden Indonesia yang berfokus salah satunya pada Infrastruktur. Pembangunan merupakan salah satu aspek penunjang yang penting bagi kehidupan manusia, baik dalam aspek ekonomi, sosial, kesehatan, pendidikan dan lain sebagainya. Pembangunan di Indonesia saat ini masih banyak menggunakan konstruksi beton struktural sebagai pilihan utama. Konstruksi beton sendiri telah berkembang pesat dalam proses perencanaannya, hal ini tidak terlepas dari adanya software – software yang dapat membantu proses perencanaan suatu konstruksi beton baik dalam tahap pemodelan dan analisis struktur.

Hadirnya teknologi informasi dan komunikasi, terlebih yang belakangan dikembangkan dalam format digital tengah menjadi trend di dunia Industri Konstruksi dan memberikan dampak peningkatan efisiensi serta produktivitas. Building Information Modeling (BIM), menjadi trend teknologi konstruksi digital terkini yang sudah diimplementasikan di beberapa negara dunia, antara lain, Jerman, Amerika Serikat, Austria, China Belanda, Inggris, Singapura dan masih banyak lagi. BIM merupakan suatu metodologi yang memanfaatkan data kedalam sebuah model dengan memanfaatkan data digital sebagaimana kondisi fisik sebenarnya, proyek dapat mengidentifikasi resiko dengan optimal. *Tekla Structures* merupakan salah satu software berbasis Building Information Modeling (BIM) yang berfungsi untuk memodelkan dan menyimpan informasi suatu bangunan. *Tekla Structures* juga merupakan salah satu teknologi di bidang Architect, Engineering, Construction (AEC) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi dalam proyek pembangunan ke dalam model 3 dimensi. *Tekla Structures* memiliki tampilan standar API (Application Programming Interface) untuk menghubungkan analisis dan desain software. Software ini

tidak perlu membuat dan memelihara berbagai analisa pemodelan secara terpisah (menggunakan software lain). Sedangkan Program SAP2000 dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik / dinamik, saat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, SAP2000 juga menyediakan metode interface (antarmuka) yang secara grafis mudah digunakan dalam proses penyelesaian analisis struktur.

Sehingga Integrasi antara Tekla Structures dan Structure Analysis Program 2000 (SAP2000) dapat menghasilkan link pemodelan analisis dan detailing yang optimal dan efisien untuk tujuan yang maksimal. Paper ini menjelaskan penggunaan software BIM pada perancangan struktur beton bertulang dengan harapan dapat mendukung Industri 4.0 pada bidang konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Building Information Modeling (BIM)

BIM (Eastman, 2008) merupakan perubahan paradigma yang memiliki banyak manfaat, tidak hanya untuk mereka yang bergerak dalam bidang industri konstruksi bangunan tetapi juga untuk masyarakat yang lebih luas lagi, bangunan yang lebih baik adalah bangunan yang dalam tahap pembangunannya menggunakan energi, tenaga kerja dan modal yang lebih sedikit. BIM pada dasarnya adalah digital platform untuk pembangunan virtual. Jika BIM diterapkan, modelnya harus dapat berisi semua informasi bangunan tersebut, informasi tersebut digunakan untuk bekerjasama, memprediksi, dan membuat keputusan tentang desain, konstruksi, biaya, dan tahap pemeliharaan bangunan.

Tekla Structures

Tekla Structures memiliki sejarah yang panjang dimulai dari sekitar pertengahan tahun 1960-an di Finlandia. Dengan terus bertambahnya kebutuhan akan pekerjaan komputasi, dan di sisi lain semakin terbatasnya sumber dayanya, maka sekelompok kantor engineering mendirikan perusahaan perangkat lunak bersama. Perusahaan diberi nama *Teknillian Laskenta Oy* yang di daftarkan pada bulan February 1966. Dan pada musim semi yang sama nama perusahaan kemudian diberi nama Tekla yang merupakan singkatan dari *Teknillian Laskenta Oy* dengan kantor pertama Tekla di Helsinki, Finlandia. Dan sejak tahun 2011 menjadi bagian dari Trimble Group dan pada tahun 2016 di rebranding kembali menjadi Trimble.

Integrasi Tekla Structures dan SAP2000

Proses integrasi *Tekla Structures* dan *SAP2000* diawali dengan pembuatan model awal struktur yang dibuat dalam model 3 dimensi. Model yang dibuat berisi data dimensional bangunan, jenis struktur penopang, data dimensional, material, dan mutu material dari elemen struktur, juga beban gravitasi, jenis perletakkan dan kode desain yang diperlukan untuk proses analisis dan desain. Selanjutnya dilakukan proses analisis desain dengan mengeksplor model dari *Tekla Structures* ke *SAP2000*.

SAP2000

Structure Analysis Program 2000 (SAP2000) merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk dioperasikan. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain; yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara real time sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat.

Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang (BSN, 2002b) adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Desain Komponen Struktur Beton Bertulang

1. Desain Komponen Struktur Pelat
 - a. Penentuan Syarat Penulangan Pelat
 - Penulangan pelat satu arah jika $L_y/L_x > 2$
 - Penulangan pelat dua arah jika $L_y/L_x < 2$
 - Keterangan:
 - L_y = bentang panjang
 - L_x = bentang pendek
 - b. Penentuan Tebal Pelat

h_{min} pada pelat lantai ditetapkan sebesar 12 cm, sedangkan h_{min} pada pelat atap ditetapkan sebesar 9 cm.

c. Perhitungan Momen

$$\text{Momen lapangan arah } x (M_{lx}) = \text{koef.} \cdot W_u \cdot l_x^2 \quad (1)$$

$$\text{Momen lapangan arah } y (M_{ly}) = \text{koef.} \cdot W_u \cdot l_y^2 \quad (2)$$

$$\text{Momen tumpuan arah } x (M_{tx}) = \text{koef.} \cdot W_u \cdot l_x^2 \quad (3)$$

$$\text{Momen tumpuan arah } y (M_{ty}) = \text{koef.} \cdot W_u \cdot l_y^2 \quad (4)$$

d. Penulangan Pelat

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \quad (5)$$

2. Desain Komponen Struktur Balok

Pendimensian Balok

$$h = \frac{1}{10} l \text{ sampai dengan } \frac{1}{15} l \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{2} h \text{ sampai dengan } \frac{2}{3} h \quad (7)$$

Keterangan:

l = jarak antar kolom

h = tinggi balok minimum

b = lebar balok minimum

3. Desain Komponen Struktur Kolom

a. Nilai Kekakuan

$$E I_b = \frac{E_c \cdot 0.35 \cdot I_g b}{1 + \beta_d} \quad (8)$$

b. Nilai Faktor Panjang Efektif

$$\frac{k \cdot L_u}{r} < 22 \rightarrow \text{kolom pendek}$$

$$\frac{k \cdot L_u}{r} > 22 \rightarrow \text{kolom langsing}$$

$$L_u = 6 - \left[\left(\frac{r}{h_{\text{balok}}} \right) \right]$$

$$r = 0.3 \cdot h_{\text{kolom}}$$

c. Penulangan Kolom

$$\rho_{\min} = 1\%$$

$$\rho_{\max} = 8\% \text{ Ag}$$

Jenis Pembebanan

Jenis pembebanan dibagi atas beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup, dan beban lateral berupa beban gempa.

1. Beban Mati

Jenis beban mati terdapat pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 tentang Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.

Tabel 1. Beban Mati berdasarkan PPIUG 1983

Bahan bangunan		
1	Baja	7850 kg/m ³
2	Beton bertulang	2400 kg/m ³
Komponen gedung		
1	Adukan per cm tebal	21 kg/m ²
2	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku)	11 kg/m ²
3	Penutup atap	50 kg/m ²

2. Beban Hidup

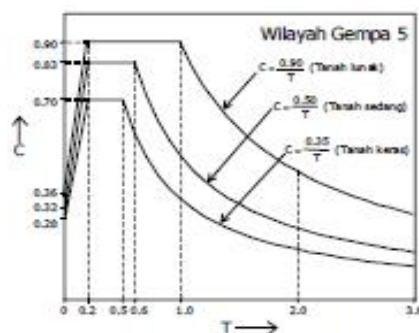
Beban hidup pada bangunan dikategorikan sesuai dengan PPIUG tahun 1983, diambil berat per satuan luas.

Tabel 2. Beban Mati Menurut PPIUG Tahun 1983

Beban hidup pada lantai gedung		
1	Beban pada lantai gedung dengan fungsi sebagai ruang kuliah	250 kg/m ²
Beban hidup pada atap		
1	Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatananya	100 kg/m ²

3. Beban lateral

Beban lateral akibat gempa menggunakan pedoman SNI 03-1726-2002 (BSN, 2002a), dengan pembagian zonasi spektrum respon gempa rencana yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Respon Gempa Rencana Wilayah Gempa 5 (BSN, 2002a)

Dengan besarnya beban gempa dasar nominal horizontal dinyatakan sebagai berikut :

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t \quad (9)$$

Dimana :

- V = Beban gempa dasar nominal (beban gempa rencana)
- C = Koefisien gempa yang besarnya tergantung wilayah gempa dan waktu getar struktur. Harga C ditentukan dari diagram respon spektrum, setelah terlebih dahulu dihitung waktu getar dari struktur.
- W_t = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi
- I = Faktor keutamaan struktur
- R = Faktor reduksi gempa

Kombinasi Pembebanan

Untuk keperluan desain, analisis dan sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

1. 1.4 DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL + 0.5 (A atau R)
3. 1.2 D + 1.0 L ± 1.6 W + 0.5 (A atau R)
4. 0.9 D ± 1.6 W
5. 1.2 D + 1.0 L ± 1.0 E

3. METODE PENELITIAN

Teknik Analisis Data

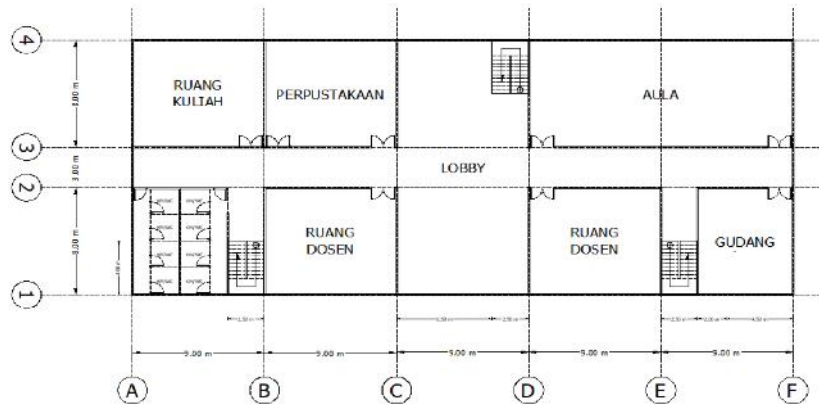
Data-data primer dan sekunder yang telah ditentukan kemudian dianalisa dengan cara berikut:

1. Memahami konsep perencanaan konstruksi gedung beton struktural.
2. Memahami analisa struktur beton pada SNI 03-2847-2002 (BSN, 2002b) untuk digunakan pada SAP2000.
3. Mengemukakan hasil penelitian berupa gambar kerja dan volume pekerjaan.

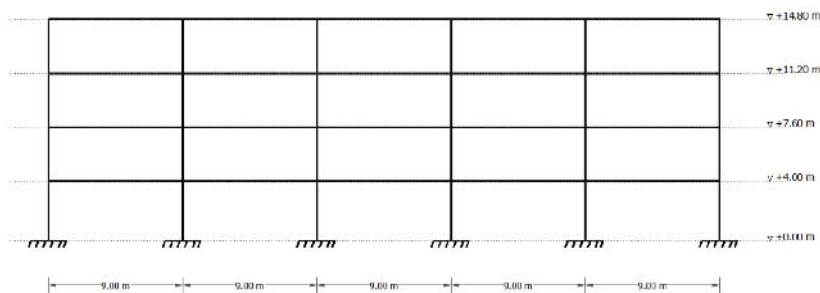
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Umum Perencanaan

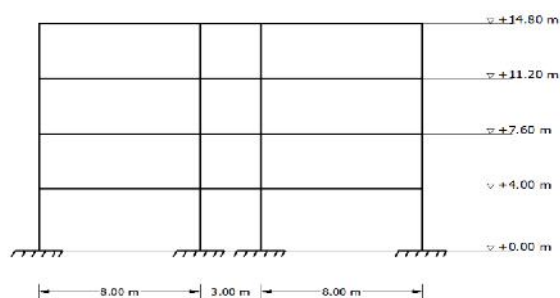
Pada penelitian ini dilakukan perencanaan sebuah gedung perkuliahan berstruktur beton yang berlokasi di Kota Kupang. Gedung ini direncanakan memiliki panjang 45 m, lebar 19 m, dan tinggi 14.8 m dan memiliki 5 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang.



Gambar 2. Denah organisasi ruang pada lantai 1.



Gambar 3. Struktur portal memanjang bangunan



Gambar 4. Struktur portal melintang bangunan

Idealisasi Pembebanan

Beban yang dipikul struktur terdiri dari beban mati (D), beban hidup pada lantai (L), dan beban hidup pada atap (La). Berikut ini akan dijabarkan pembebanan pada tiap lantai.

1. Pembebanan pada lantai 2,3 dan 4

a. Beban mati (Dead Load)

Beban merata linear yang membebani balok

Berat pasangan dinding batako

$$= 200 \text{ kg/m}^2$$

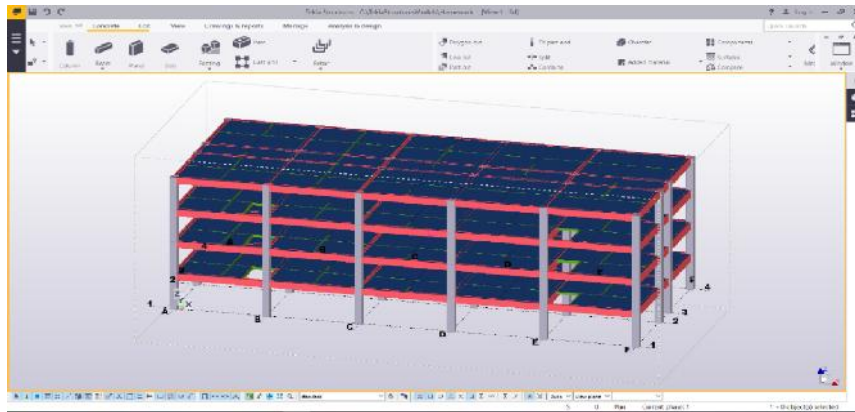
Tinggi dinding

$$= 200 \times 3.6$$

		$= 720 \text{ kg/m}^2$ $= 7.2 \text{ kN/m}^2$
Beban merata areal yang membebani pelat		
Beban spesi tebal 3 cm	$= 3 \times 21 \text{ kg/m}^2$ $= 63 \text{ kg/m}^2$	
Beban keramik	$= 21 \text{ kg/m}^2$	
Beban plafon dan penggantung	$= 18 \text{ kg/m}^2$	
Beban instalasi ME	$= 25 \text{ kg/m}^2$ +	
	$= 127 \text{ kg/m}^2$ $= 1.27 \text{ kN/m}^2$	
b. Beban Hidup (Live Load)		
Beban hidup untuk sekolah	$= 250 \text{ kg/m}^2$ $= 2.50 \text{ kN/m}^2$	
2. Pembebanan Pada Lantai Atap		
a. Beban Mati (Dead Load)		
Beban merata linear yang membebani balok		
Berat pasangan dinding batako	$= 200 \text{ kg/m}^2$	
Tinggi dinding = 1 m	$= 200 \times 1$ $= 200 \text{ kg/m}^2$ $= 2 \text{ kN/m}^2$	
Beban merata areal yang membebani pelat		
Beban spesi tebal 3 cm	$= 3 \times 21 \text{ kg/m}^2$ $= 63 \text{ kg/m}^2$	
Beban keramik	$= 21 \text{ kg/m}^2$	
Beban plafon dan penggantung	$= 18 \text{ kg/m}^2$	
Beban instalasi ME	$= 25 \text{ kg/m}^2$ +	
	$= 127 \text{ kg/m}^2$ $= 1.27 \text{ kN/m}^2$	
b. Beban Hidup (Live Load)		
Beban hidup akibat air hujan	$= 0.2 \times 1000 \text{ kg/m}^3$ $= 200 \text{ kg/m}^2$ $= 2 \text{ kN/m}^2$	

Pemodelan Struktur Pada Tekla Structures

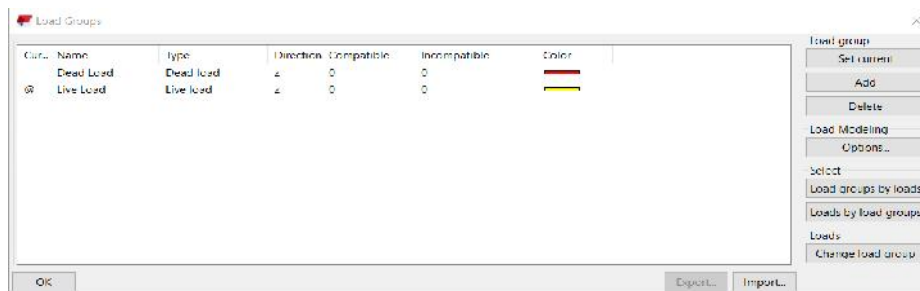
1. Pemodelan grid
Grid merupakan bantuan untuk meletakkan objek pada model, terdiri dari plane vertical dan horizontal, di tampilkan dengan dash dot line. Pada kondisi default, telah terdapat sebuah grid ketika membuat model, untuk mendapatkan grid yang sesuai, dapat dengan modifikasi grid default atau hapus terlebih dahulu grid default lalu membuat kembali grid baru
 2. Pemodelan kolom
Kolom harus didefinisikan terlebih dahulu agar ukuran dan materialnya sesuai dengan yang ingin digunakan. Dengan mengklik 2 kali pada *Sub Menu Column* maka akan muncul *Dialog Box Concrete Column Properties* lalu kolom digambar pada grid sesuai dengan denah organisasi struktur.
 3. Pemodelan balok
Balok harus didefinisikan terlebih dahulu agar ukuran dan materialnya sesuai dengan yang ingin digunakan. Dengan mengklik 2 kali pada *Sub Menu Beam* maka akan muncul *Dialog Box Concrete Beam Properties* lalu balok digambar pada grid sesuai dengan denah organisasi struktur.
 4. Pemodelan pelat
Properti elemen pelat didefinisikan dalam menu *Concrete Slab Properties* lalu pelat digambar pada balok tiap lantai sesuai dengan denah organisasi struktur.
- Hasil pemodelan struktur bangunan ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Model Bangunan Pada Tekla Structures

Pemodelan Beban Pada Tekla Structures

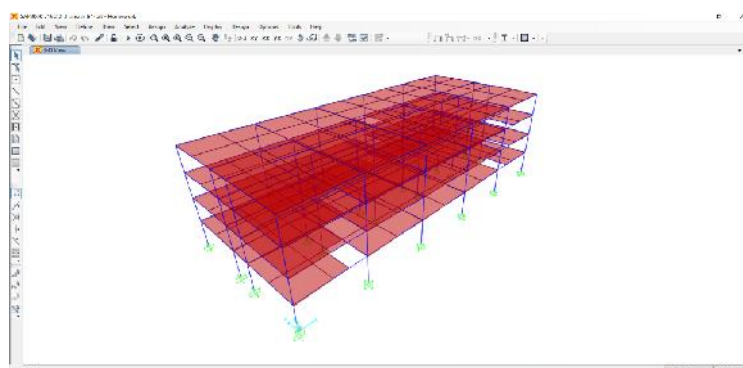
Jenis beban yang ada dimasukkan lebih dulu dalam *Menu Analysis & Design, Sub Menu Load Groups* pada Tekla Structures untuk membedakan beban hidup dan beban mati.



Gambar 6. Dialog Box Jenis Beban

Integrasi Tekla Structures dan SAP2000

Integrasi program Tekla structures dan SAP2000 dilakukan pada menu Analysis & Design Models, sub menu A&D Models. Model terlebih dahulu dikonversi menjadi file ekspor SAP2000 pada New dalam kotak dialognya. Setelah itu akan muncul Dialog Box Analysis Model Properties, pada Tab Analysis Model kolom Analysis Application pilihlah SAP2000 kemudian klik OK. Sebelum diekspor ke SAP2000 perhatikan menu *Display Warning*, jika ada kesalahan maka akan muncul tanda seru dalam segitiga berwarna kuning jika tidak ada maka bisa langsung diekspor ke SAP2000 dengan mengklik *Export*.



Gambar 7. Hasil Ekspor Pada SAP2000

Definisi Beban Gempa Pada SAP2000

Beban gempa yang belum didefinisikan pada *Tekla Structures* perlu didefinisikan dahulu pada *SAP2000*. Definisi dilakukan pada menu *Define Load Pattern*. Beban gempa yang telah didefinisi selanjutnya dijabarkan sebagai berikut.

1. Definisi fungsi respon spektrum
Dengan zona wilayah gempa 5 dan percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,25g. Jenis tanah dimana struktur gedung direncanakan berada adalah tanah keras. Berdasarkan gambar 1. Diperoleh data faktor respon gempa (C) dengan periode waktu (T). Mendefinisikan kurva spektrum respon gempa dilakukan pada menu *Define Function> Respon Spectrum*.
2. Sumber massa analisis dinamik
Massa tambahan yang di input pada *SAP2000* meliputi massa akibat beban mati tambahan dan beban hidup yang direduksi dengan faktor reduksi 0,3. Input sumber massa dalam analisis dinamik pada menu *Define Mass Source*.
3. Analisis modal pada *SAP2000*
Perhitungan struktur gedung ini analisis modal dilakukan dengan analisis *Ritz-Vector*, waktu getar yang akan ditinjau adalah 10 ragam getar (*mode shape*) dengan asumsi tiap lantai berdeformasi dalam 2 arah. Efektifitas penentuan jumlah mode yang akan ditinjau pada model dianggap efektif jika jumlah partisipasi massa yang bekerja sudah lebih dari 90%. Jumlah partisipasi massa sebesar:
Pada arah x : $1 \times 100 = 100\%$
Pada arah y : $1 \times 100 = 100\%$
4. Definisi beban respon spektrum
Jenis beban RQx dan RQy didefinisikan sebagai *Spectrum Case* pada menu *Define> Load Case*. Parameter yang mempengaruhi beban RQx dan RQy berupa redaman struktur sebesar 5%, kombinasi modal dengan metode CQC, dan faktor skala untuk arah utamanya adalah 1.1541 dan 0.3642 pada arah tegak lurus nya.
5. Gaya geser dasar nominal gempa
Dengan nilai periode (Tmax) tersebut, akan didapat nilai C berdasarkan grafik respon spektra SNI 03-1726-2002 (BSN, 2002a), yaitu:

$$C_x = \frac{0.35}{T} = \frac{0.35}{0.6552} = 0.53$$

$$C_y = \frac{0.35}{T} = \frac{0.35}{0.6095} = 0.57$$

Berat bangunan efektif (W_i) dihitung dengan bantuan *SAP2000*, dari data tersebut dihitung gaya geser dasar nominal (V_1) sebagai berikut:

$$V_{1-x} = \frac{0.53 \times 1}{8.5} \times 35114,58 = 2189.4957 \text{ kN}$$

$$V_{1-y} = \frac{0.57 \times 1}{8.5} \times 35114,58 = 2354.7407 \text{ kN}$$

Kontrol pengaruh analisis dinamik sebagai berikut:

$$V_{\text{Dinamik}} > 0.8V_1$$

Pada arah X:

$$1852.87 > 0.8 (2206.43)$$

$$1605.465 > 1765.144 \text{ (telah memenuhi syarat SNI-1726-2002 Pasal 7.1.3)}$$

Pada arah Y:

$$1725.622 > 0.8 (2372.09)$$

$$1992 > 1897.67 \text{ (telah memenuhi syarat SNI-1726-2002 Pasal 7.1.3)}$$

Definisi Kombinasi Pembebanan

Definisi kombinasi pembebanan pada menu *Defines> Load Combinations> Add New Combo*. Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 03-2847-2002 (BSN, 2002b), dimana untuk beban lateral menggunakan beban gempa yang diasumsikan memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan dengan beban angin. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah sebagai berikut:

1. 1.4 DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL
3. 1.2 DL + 1.0 LL + 1E_x
4. 1.2 DL + 1.0 LL + 1.0 E_y
5. 0.9 DL + 1.0 E_x
6. 0.9 DL + 1.0 E_y

Run Analisis *SAP2000*

Setelah semua kelengkapan telah didefinisi, proses dilanjutkan dengan running analisis untuk memperoleh gaya dalam dan perilaku struktur. Proses analisis gaya dalam dari kombinasi beban yang bekerja digunakan sebagai gaya ultimit untuk mencari kekuatan penampang elemen struktur. Proses analisis dilakukan pada menu *Analyze > Run Analysis*.

Desain Kecakupan Elemen Struktur Pada SAP2000

Jenis kombinasi pembebanan yang digunakan perlu didefinisikan lagi dalam tahap desain pada menu *Design> Concrete Frame Design> Select Design Combos*. Gambar 4.30 menunjukkan definisi kombinasi pembebanan pada tahap desain. Selanjutnya untuk mencari kecakupan penampang elemen struktur dilakukan pada menu *Design> Concrete Frame Design> Start Design/Check of Structure*. Proses desain berulang pada *Start Design/Check of Structure* menghasilkan penampang dalam bentuk luasan tulangan.

Desain Tulangan Balok

1. Tulangan Utama Balok
 - a. Tulangan Utama Daerah Tumpuan

Luas tulangan bagian atas	= 1847 mm ² ,
maka jumlah tulangan	$= 1847 / 379.94 = 4.86 \approx 5$ buah
Luas tulangan bagian bawah	= 1203 mm ² ,
Maka jumlah tulangan	$= 1203 / 379.94 = 3.16 \approx 4$ buah
 - b. Tulangan Utama Daerah Lapangan

Luas tulangan bagian atas	= 595 mm ² ,
maka jumlah tulangan bagian atas	$= 595 / 379.94 = 1.56 \approx 2$ buah
Luas tulangan bagian bawah	= 1241 mm ² ,
maka jumlah tulangan bagian bawah	$= 1241 / 379.94 = 3.26 \approx 4$ buah
2. Tulangan Geser Balok
 - a. Tulangan Geser Daerah Tumpuan

Luas tulangan geser daerah tumpuan	= 0.825 mm ²
Asumsi sengkang 2 kaki	
maka luas tulangan per 1m	$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 = 157$ mm ²
Jarak sengkang	= 157 / 0.825 = 190.30 mm $\approx$ 150 mm
Jadi tulangan geser adalah 2P10 – 150.	
 - b. Tulangan Geser Daerah Lapangan

Luas tulangan geser daerah tumpuan	= 0.607 mm ²
Asumsi sengkang 2 kaki	
maka luas tulangan per 1m	$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 = 157$ mm ²
Jarak sengkang	= 157 / 0.607 = 258.64 mm $\approx$ 200 mm
Jadi tulangan geser adalah 2P10 – 200.	

Desain Tulangan Kolom

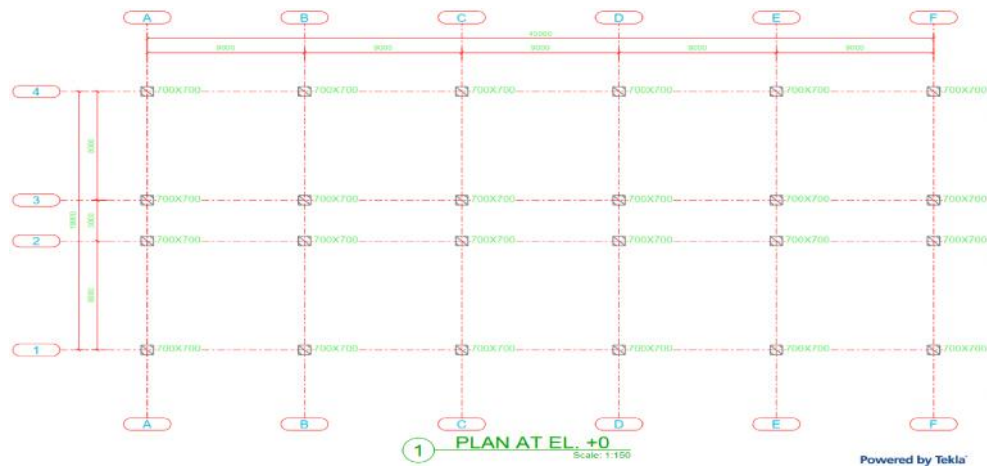
1. Desain Tulangan Utama Kolom

Luas tulangan utama	= 4900 mm ²
Digunakan ulir D22, As	$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22^2 = 379.94$ mm ²
Maka jumlah tulangan yang dibutuhkan	= 4900 / 379.94 = 12.89 $\approx$ 14 buah
Digunakan 14 buah agar dapat tersebar disemua sisi kolom, jadi tulangan utama kolom adalah 14D22	
2. Desain Tulangan Geser Kolom

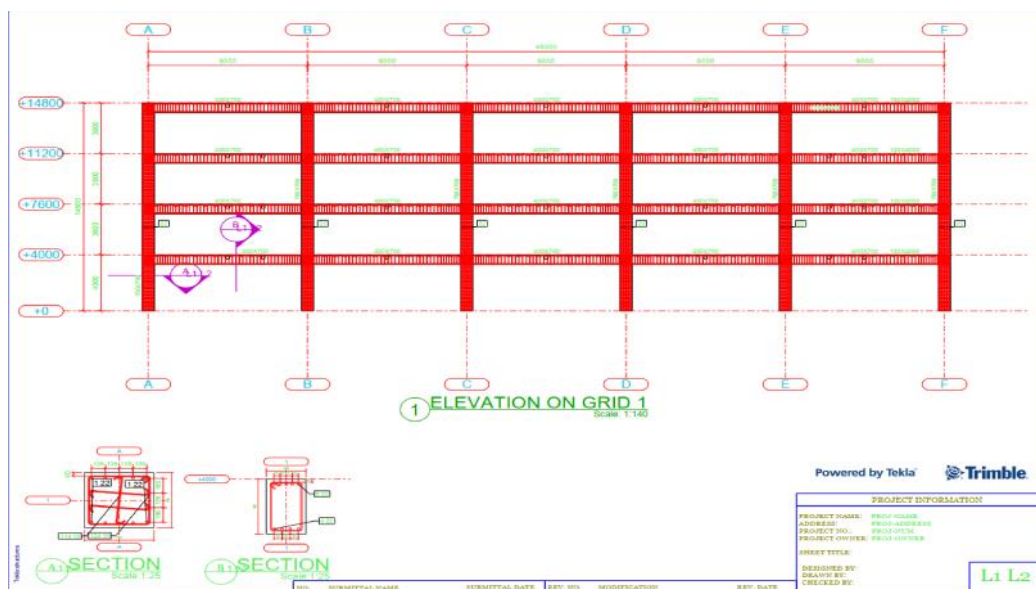
Digunakan tulangan polos D10 dengan 3 kaki	
Luas tulangan geser (sengkang)	= 1.615 mm ²
As	$= 3 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 = 235.5$ mm ²
Jarak sengkang	= 235.5 / 1.615 = 145.82 mm $\approx$ 120 mm
Jadi tulangan geser (sengkang kolom) adalah 3P10 – 120.	

Output Gambar Kerja Pada Tekla Structures

Output gambar kerja pada Tekla Structure dibuat pada menu *Create Drawing> GA Drawing*, dimana *General Arrangement Drawing* adalah metode penggambaran dasar menurut *grid* yang telah dibuat saat pemodelan. Hasil *GA drawing* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. GA Drawing Pada Lantai Dasar



Gambar 9. Gambar Representatif Penampang Melintang

Output Volume Pada Tekla Structures

Output volume pada Tekla Structures ada pada menu *Drawing & Reports > Reports*. Rebar Quantity Takeoff adalah rapor untuk tulangan dan no 2 CIP (Cast In Place) Bill of Material adalah rapor untuk material beton yang digunakan ditempat. Pilih *Create from all*, kemudian hasil laporan akan tersimpan pada folder Tekla Structures.

Tabel 3. Report Tulangan

QTY	NAME	REBAR	GRADE	SHAPE	LENGTH	WEIGHT	Kg
6544	STIRRUP	10	Undefined	T1	1956	7950	Kg
2976	TIE	10	Undefined	T1	2565	4717.2	Kg
8928	STIRRUP	10	Undefined	TS57	762	4248.9	Kg
984	REBAR	22	Undefined	STR	3175	28719.7	Kg
720	REBAR	22	Undefined	TS2_2	8636	19379	Kg

Total Rebar For This Report	65	mT
------------------------------------	-----------	-----------

Tabel 4. Report Material

No.	Qty	Name:	Material:	Length:	Profile:	Volume (m3)	Weight (kg)
1	20	BEAM	K-300	3000	200X300	0.18	432
2	9	BEAM	K-300	4000	200X300	0.24	576
3	80	BEAM	K-300	4500	200X300	0.27	648
4	40	BEAM	K-300	8000	200X300	0.48	1152
5	24	BEAM	K-300	3000	400X700	0.84	2016
6	48	BEAM	K-300	8000	400X700	2.24	5376
7	80	BEAM	K-300	9000	400X700	2.52	6048
Jumlah						6.77	16248
No.	Qty	Name:	Material:	Length:	Profile:	Volume (m3)	Weight (kg)
1	24	COLUMN	K-300	14800	700X700	7.25	17404.8
No.	Qty	Name:	Material:	Length:	Profile:	Volume (m3)	Weight (kg)
1	2	SLAB	K-300	3000	100X3000	1.35	3240
2	8	SLAB	K-300	4500	100X3000	1.35	3240
3	15	SLAB	K-300	4000	100X4000	1.8	4320
4	25	SLAB	K-300	4500	100X4000	1.8	4320
5	6	SLAB	K-300	2000	120X2000	0.96	2304
6	3	SLAB	K-300	4000	120X2000	0.96	2304
7	6	SLAB	K-300	3000	120X3000	1.62	3888
8	24	SLAB	K-300	4500	120X3000	1.62	3888
9	42	SLAB	K-300	4000	120X4000	2.16	5184
10	69	SLAB	K-300	4500	120X4000	2.16	5184
Jumlah						15.78	37872

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Struktur gedung beton struktural virtual Tekla Structures menggunakan menu dari tiap elemen yaitu column, beam, slab, dengan dimensional dan penulangan dari tiap elemen dapat diubah sesuai keinginan.
2. Cara kerja dari integrasi program secara direct link dari model virtual pada Tekla Structures ke dalam SAP2000 menghasilkan elemen struktur yang memenuhi kapasitas desain secara satu arah. Satu arah dalam hal ini adalah perubahan elemen struktur dilakukan langsung pada SAP2000, dan hasil yang diperoleh dari SAP2000 secara otomatis merubah model pada Tekla structures.
3. Output desain elemen secara umum berupa kuantitas tulangan dengan berat total dan data dimensional struktur hasil perencanaan gedung kampus Teknik Sipil Undana sebagai berikut:
 - a. Kolom 700 mm x 700 mm
 - b. Balok Induk 700 mm x 400 mm
 - c. Balok Anak 300 mm x 200 mm
 - d. Berat total tulangan adalah 65000 Kg
 - e. Volume total balok = 6.77 m³ dan berat total balok = 16248 Kg
 - f. Volume total kolom = 7.25 m³ dan berat total kolom = 17404.8 Kg

Saran

Beberapa saran yang terkait penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk bisa bersaing di era globalisasi ini penulis menyarankan agar sebagai calon perencana konstruksi kedepannya, pembaca bisa meningkatkan pengetahuannya tentang penggunaan aplikasi *BIM* untuk memperoleh kemudahan dan efisiensi dalam perencanaan konstruksi.
2. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian dengan penggunaan aplikasi *Tekla Structures*, agar dapat memaksimalkan kegunaan aplikasi dalam memanfaatkan *tool schedule*.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN (2002a). (2002). SNI – 03 – 1726 – 2002: *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.
- BSN .(2002b). SNI 03 – 2847 - 2002: *(Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung)*. BSN, Jakarta.
- Viz, W. C dan H. Kusuma, Gideon. (1993). *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang*: Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Eastman, C. M, Eastman, C, Teicholz, P, Sacks, R, & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling of Owners, Manegers, Designer, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, Inc, USA.