

Engineering Software Research Center

Jl. Situ Aksan 29, Bandung 40221, INDONESIA

Tel/Fax: 022-603595, 6041685, 6003596

E-mail: esrc.nathan@gmail.com, Web: www.esrcen.com

SANSPRO V.5.10 Tutorial

by
Nathan Madutujuh

The screenshot displays the SANSPRO V.5.10 software interface. The main window shows a 3D perspective view of a building frame with columns and beams. The frame is composed of yellow beams and blue columns. The dimensions of the frame are 6000 units by 6000 units. The columns are labeled with diameters: d10-225 and d10-300. The beams are labeled with diameters: d10-225 and d10-300. The frame is supported by four columns. The software interface includes a menu bar, a toolbar, and a status bar. The status bar shows the current view as 'SNAP ON ORTHO OF' and the coordinates of the selected object: x: 1910.8102, y: 1400.0012, z: ALL. The status bar also shows the current mode as 'EDIT: MODE=0, ACT=2, MOUSE: DRAW=3, DRAG=TRUE, ID=0, NP=0'. The status bar also shows the current time as 12:34 PM on 3/28/2017.

The 3D view is titled 'SANSPRO OpenGL Viewer, (C) Nathan Madutujuh, ESRC, 2005-...'. It includes a 'ViewAngle' section with 'rx 0', 'ry 0', and 'rz 0'. It also has a 'Objects' section with 'Column', 'Shirwal', 'Beams', and 'Slabs' checked. The 'Objects' section also shows 'Memory Usage: Camera (3300, 2325, 1600), Obj(1100, 725, -600), Dist= 3811, Dir(0.000,0.000,1.000)'. The 3D view also includes a 'Refresh' button and a 'NOTE: Right-Click your Mouse Button to Save/Print This Screen Image'.

The 2D view is titled 'MSG Capacity Design, Phase III, Column below floor 1'. It shows a rebar layout for a column. The rebar is shown as blue lines on a white background. The rebar is labeled with quantities: 3 x R 25, 4 x R 25, and 2 x R 25. The 2D view also includes a 'View Beam Dir' section with 'Hor' and 'Vert' options. It also has a 'View Col Option' section with 'Hide' and 'Above' options. The 2D view also includes a 'Slab View Option' section with 'Size', 'Cut Off', 'Thick', 'Rebar', 'DispNote', and 'Simplify' options. The 2D view also includes a 'Rebar Sketch' option.

The software interface also includes a 'Model View Option' section with 'Shrink', 'Exmtd', 'SetNo', 'Widht', 'Shirwal', 'Beam', 'Shell', 'Name', 'Wirefr', 'DispOut', 'StripFnd', 'JLoad', 'PhysEm', 'Beam Dag by Layout', and 'Auto-divide Segment' options. It also includes a 'View Beam Dir' section with 'Hor' and 'Vert' options. It also has a 'View Col Option' section with 'Hide' and 'Above' options. The software interface also includes a 'Slab View Option' section with 'Size', 'Cut Off', 'Thick', 'Rebar', 'DispNote', and 'Simplify' options. It also includes a 'Rebar Sketch' option.

The software interface also includes a 'Project' section with 'PROJECT: ABC Building', 'FILENAME: abc.mdl', 'VIEW: FL-1, Flr-1, 4.0 m', 'ENGINEER: Nathan', and 'APPROVED'. It also includes a 'LICENSEE' section with 'I. Nathan Madutujuh, M.Sc., Bandung'. The software interface also includes a 'Help' button and a 'TutorMaker' button.

Maret 2017

KATA PENGANTAR

Program SANSPRO adalah satu program terpadu untuk pemodelan struktur, Analisis Elemen Hingga Statik dan Dinamik, Disain Baja dan Beton, Disain Fundasi, Perhitungan RAB, dan Pembuatan Gambar Detail. Dengan menggunakan pendekatan terpadu, pemakai hanya perlu memasukkan satu model lengkap, dan proses selanjutnya untuk analisis, disain dan pelaporan dapat dilakukan pada model yang sama.

Buku ini merupakan Buku Tutorial Dasar untuk menggunakan Program SANSPRO V.5.10 dari ESRC. Dengan mengikuti petunjuk dari buk ini diharapkan fasilitas yang ada pada program SANSPRO dapat dikuasai dengan cepat.

Program SANSPRO yang merupakan produk ESRC telah dikembangkan sejak tahun 1989 dan sekarang telah mencapai revisi yang ke 510. Revisi ini diperlukan seiring dengan perkembangan teknologi hardware, software, analisis numerik dan elemen hingga, dan peraturan bangunan yang berlaku.

Buku Tutorial dan Advanced Tutorial tersedia dalam bahasa Indonesia dan English.

Kami mengucapkan terima kasih atas saran dan dukungan yang telah diberikan dalam mempersiapkan buku ini.

Hormat kami,

Nathan Madutujuh

Engineering Software Research Centre

ESRC Training Centre

Jl. Situ Aksan 29

BANDUNG 40221

INDONESIA

Tel: +62-22-6003595, 6041685

HP: +62-87825670070

Email: esrc.reg@gmail.com

www.esrcen.com

SANSPRO V.5.10 TUTORIAL

Daftar Isi

1. Instalasi Program SANSPRO
2. Mengenal ESRC
3. Mengenal Program SANSPRO
4. Program Layout
5. Design Code yang didukung
6. Prosedur Disain
7. Contoh Dasar:
 1. Example 1: Rangka Batang Sederhana
 2. Example 2: Portal Pabrik Sederhana
8. Perencanaan Gedung Dasar:
 1. Example 3: Disain Gedung (Analisis Beban Gravitasi dan Beban Gempa Statik Ekuivalen)
 2. Example 4: Disain Gedung (Analisis Beban Gravitasi dan Beban Gempa Dinamik)
 3. Example 5: Disain Pelat Lantai Beton
 4. Example 6: Perhitungan Volume dan RAB Gedung
 5. Example 7: Disain Pondasi Sederhana
 6. Example 8: Membuat Gambar Detail
 7. Example 9: Menggunakan Modify Floor Layout
9. Disain Pondasi Lanjut
 1. Example 10: Disain Pondasi Tiang
 2. Example 11: Analisis Lereng dan Soldier Pile

1. Instalasi Program SANSPRO

Proses Instalasi Program SANSPRO Step dengan step adalah sbb:

1. Masukkan CD atau copy USB
2. Run SANSPRO510.EXE
3. Ikuti instruksi selanjutnya, install ke direktori baru (untuk example : `c:\Program Files\SANSPRO510`)
4. Untuk Complete License, Copy file user license SANSPRO.UIF dari CD (ada didalam direktori dengan nama user)
5. Sorot direktori tempat install, Klik kanan mouse, (SANSPRO510), change properties : [] **Read Only**

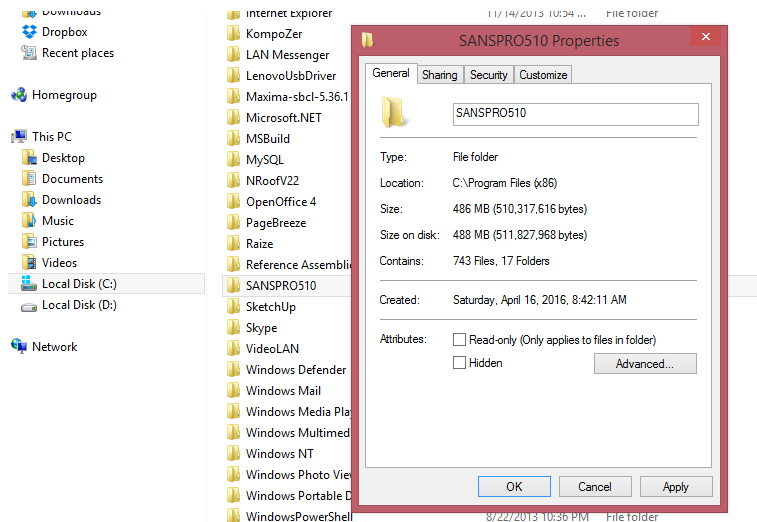


Fig.1. Set Directory untuk NOT Read Only

6. Sorot SANSPRO.EXE, Klik kanan, set [x] **RUN AS ADMINISTRATOR**

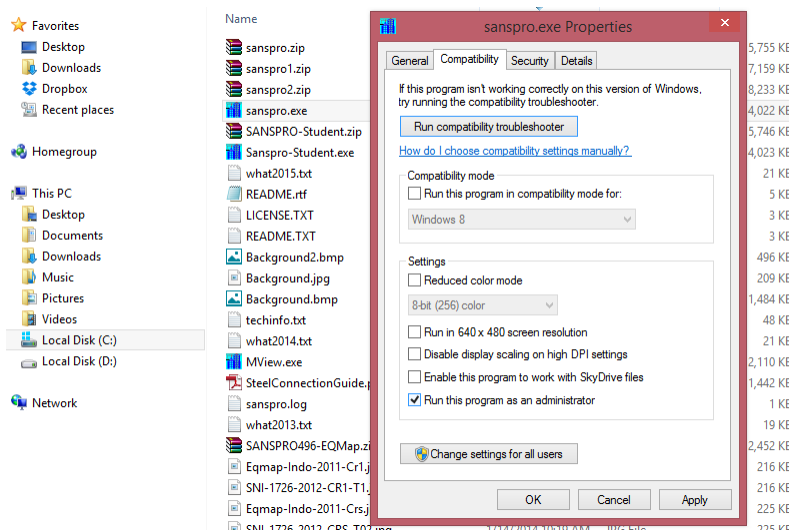


Fig.2. Set SANSPRO untuk “Run this program as an administrator”

7. Ikon SANSPRO akan muncul di desktop dan siap untuk di run
8. User dapat memilih 1 dari 7 bahasa utk menu dari menu **Param – User preferences** menu

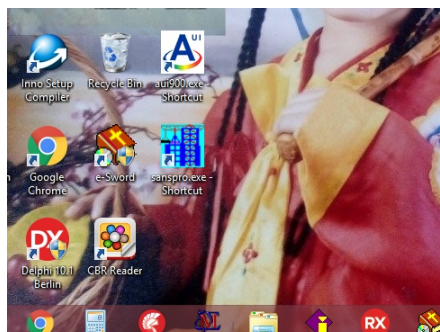


Fig. 3. Short-cut untuk SANSPRO.EXE pada desktop

2. Mengenal ESRC

ESRC adalah suatu pusat riset yang didirikan oleh Dr. Nathan Madutujuh pada tahun 1989 di Bandung, INDONESIA. ESRC melakukan kegiatan penelitian yang berfokus pada pengembangan software teknik dengan menggunakan metode numerik terbaru, alat pengembangan software terbaru, dan teknologi hardware yang tersedia. Sejak 1990 ESRC menyediakan software teknik yang terjangkau untuk melengkapi para insinyur untuk mendisain lingkungan yang lebih baik bagi dunia.

Jasa yang disediakan

Kami menyediakan software teknik umum dan juga software untuk tujuan khusus yang didisain untuk keperluan dunia industri. ESRC juga berkolaborasi dengan badan penelitian dan universitas lain untuk mengembangkan software dengan tujuan khusus. Dengan pengetahuan kami yang luas dan database jutaan baris code computer yang terkumpul selama bertahun-tahun, untuk numerik dan grafis 2D/3D, ESRC dapat menyelesaikan software baru dalam waktu singkat. Beberapa klien kami antara lain industri precast, industri metal deck, industri tower, konsultan jembatan, dsb.

Produk ESRC:

Building Design:

SANSPRO - Integrated Building Design
DSGWIN - Concrete Section Designers
BEAMCOL - Beam Column Joint Design
CONBRIDGE - Concrete Bridge Design
CAMBER - Bridge Camber Analysis

Steel Structures:

STEELCON - Steel Connection Design
TOWERWIN - Steel Lattice Tower Design
PURLIN - Steel Purlin Design
NROOF - Light Steel Roof Design
NBRIDGE - Steel Composite Bridge Design
GABLE - Preliminary Gable Frame Design
MATPLAN - Steel Material Planning

Foundation Design:

RETWALL - Retaining Wall Design Program
GRAVWALL - Gravity Wall Design Program
BASEMENT - Concrete Basement Design
PILECAP - Concrete Pilecap Design
TOWERPAD - Tower Foundation Design
FOOT - Spread Footing Program

Geotechnics:

SOILAB - Soil Laboratory Data Processing
BORLOG - Boring Log Program
NSLOPE - Slope Stability Analysis Program
NPILE - Static Pile Capacity Program
REESE - Pile Lateral Capacity Design

Transportation:

WinCANDE - Nonlinear Box Culvert Design
BRASDAT - BRASS Post-Processing
SapBRIDGE - SAP Bridge Post-Processing
INSPECT - Bridge Inspection Program

Retrofitting dan Evaluation:

TDS302 - Data Acquisition System
SFRS - Fiber Wrap Strengthening Design

ALAMAT KONTAK:

ESRC Office:

Jl. Situ Aksan 29
Bandung 40221
INDONESIA
Web: www.esrcen.com
E-mail: esrc.nathan@gmail.com

ESRC Training Centre:

Jl. Situ Aksan 29
Bandung 40221
INDONESIA
E-mail: esrc.reg@gmail.com

3. Introduction to SANSPRO Program

SANSPRO adalah satu program terpadu untuk pemodelan struktur, Analisis Elemen Hingga Statik dan Dinamik, Disain Baja dan Beton, Disain Fundasi, Perhitungan RAB, dan Pembuatan Gambar Detail.

Dengan menggunakan pendekatan terpadu, pemakai hanya perlu memasukkan satu model lengkap, dan proses selanjutnya untuk analisis, disain dan pelaporan dapat dilakukan pada model yang sama.

SANSPRO dapat digunakan untuk mendisain struktur 2D dan 3D dan memiliki pemodelan gedung interaktif yang lengkap menggunakan pendekatan Layout Oriented. Program SANSPRO memiliki kemampuan untuk melakukan analisis statik, dinamik spektrum respons, dan juga analisis Integrasi Langsung (Riwayat Waktu). Untuk building dengan konstruksi bertahap, analisis beban sekuens dapat dilakukan untuk menghasilkan respons terhadap distribusi beban gravitasi yang lebih akurat, khususnya untuk gedung tinggi, gedung dengan transfer beam, dan dengan bracing.

Elemen Truss/Rangka batang, Frame, dan shell tersedia untuk memodelkan balok, kolom, pelat lantai, shearwall dan struktur shell. Untuk untukmulasi elemen shell, ada beberapa opsi : untukmulasi Hybrid, advanced ANDES, dan elemen Discrete Kirchoff dengan Drilling DOF.

Program SANSPRO juga menyediakan berbagai tabel beban dan generator beban untuk berat sendiri, beban Pelat lantai (DL,LL), Beban gempa statik ekuivalen, Beban respons spektrum, perhitungan massa, dan juga beban angin.

Setelah analisis, dapat dipilih untuk melakukan disain baja atau beton atau disain kapasitas beton sesuai dengan peraturan terbaru. Hasil disain termasuk, jumlah tulangan, tulangan pelat dan sketsa tulangannya, tulangan shearwall dan detail tulangannya yang dapat dicek secara visual. Juga dapat dikeluarkan gambar detail untuk Layout lantai, detail tulangan kolom, dan detail tulangan balok.

Metode disain pondasi cara sederhana maupun detail juga disediakan, bersama dengan generator gambar denah dan detail pondasi tiang. Dengan menggunakan fasilitas ini, disain pondasi suatu gedung dapat diselesaikan dalam beberapa menit saja.

Untuk model gedung, pemakai dapat menghitung volume total dan biaya per lantai dengan menggunakan harga satuan yang digunakan. Program juga menyediakan volume dan berat beton, baja, dan luas bekisting. Hasil akhir adalah rasio volume beton, rasio berat baja, dan harga total per m2 lantai.

Laporan lengkap untuk model, analisis dan disain dapat di hasilkan dengan untukmat PDF.

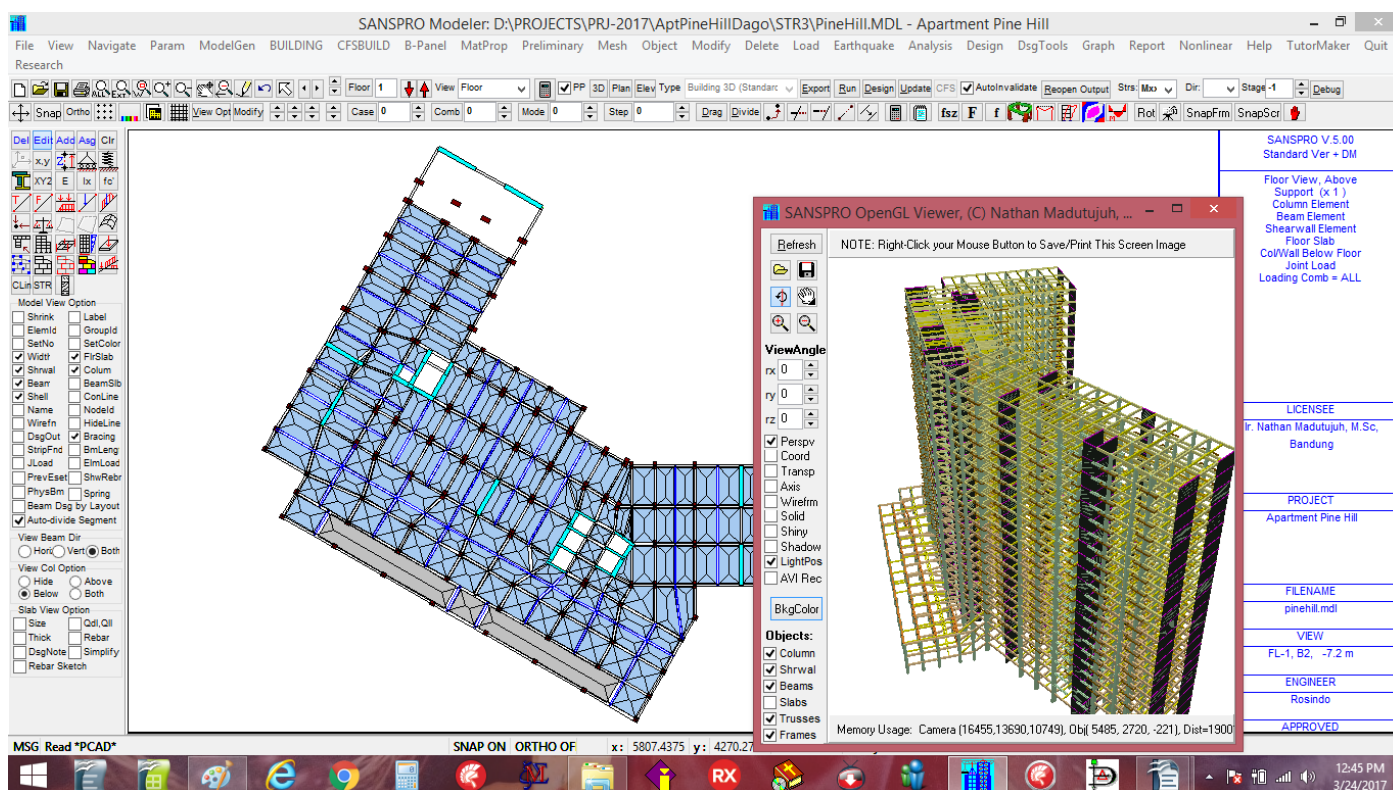
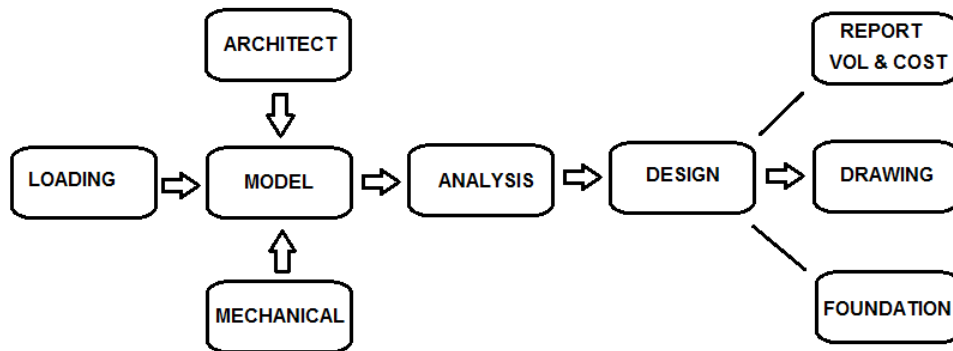


Fig. 4. Menu utama Program SANSPRO V.5.10

4. Program Layout



5. Design Code yang didukung

SANSPRO mendukung design codes terbaru, diantaranya:

Earthquake Load Generator : Indonesian Code 1726-2012, UBC-94, UBC-97, IBC-2003, IBC-2009, ASCE-7-10 Mexico-1993

Concrete Design Code : Indonesian Code 2847-2013, ACI-2015

Steel Design Code : Indonesian Code 1729-2013, AISC-2010

Foundation Design Code : Indonesian Code 2847-2013

Building Design code lainnya dapat didukung dengan merubah parameter disain yang sesuai:

Faktor beban

Faktor reduksi kekuatan Material

Faktor Zona Gempa (Ss, S1)

6. Prosedur Disain

SANSPRO adalah program komputer yang dapat digunakan untuk merencanakan berbagai jenis struktur : Balok menerus, Portal bidang, Gedung pabrik, dan juga Gedung tinggi. SANSPRO memiliki kemampuan sbb:

- a. Pemodelan Struktur
- b. Analisis Struktur
- c. Disain Beton dan Baja
- d. Disain Sambungan Baja
- e. Disain Pelat Lantai Beton
- f. Disain Pondasi
- g. Generator Gambar detail
- g. Perhitungan Volume dan Biaya
- h. Generator Report

Prosedur penggunaan SANSPRO adalah sbb:

1. Pembuatan Model (File *.MDL)

- a. Menggunakan **Model Generator (untuk menghasilkan contoh model untuk latihan)**
 1. Continuous beams
 2. Plane truss
 3. Portal + bracing
 4. Gable frame
 5. Simple Building
 6. General Building
- b. Menggunakan **Garis As**
- c. Menggunakan **Import Mesh** dari File DXF AutoCad
- d. Menggunakan **Import Construction Lines** (garis bantu) dari File DXF AutoCad
- e. Menggunakan Metode **Metode Interaktif** (satu per satu)

2. Pemeriksaan Data (Export Data, File *.DAT)

- a. Menggunakan **Model Advisor** (Hasil: Warning, Error)
- b. Mempersiapkan untuk Analisis (**Export Data**)

3. Analisis Struktur (Output file *.OUT)

- a. **Analisis Statik** (untuk mencari deentukmasi, reaksi, gaya elemen)
 - *.OUT - deentukmasi, reaksi, gaya elemen
 - *.SUP - Ringkasan reaksi tumpuan
- b. **Eigen Value Analysis** (untuk mencari mode vibrasi/getaran)
 - *.RSP - file eigen value dan eigen vektor
- c. **Analisis Dinamik Spektrum Respons** (Analisis Dinamik)
 - *.BSH - Output Dinamik Spektrum respons, waktu getar, base shear
 - *.ROT - Eksentrisitas Lantai
 - *.DRF - Story Drift dan Pemisahan gedung
 - *.SSH - Story Shear dan pemeriksaan P-Delta
- d. **Analisis Integrasi Langsung** (Riwayat Waktu/Beban Impak/Beban Ledakan)
 - *.DVA - Deentukmasi, Kecepatan, Percepatan untuk setiap step waktu

4. Disain Struktur

- a. Disain Portal/Gedung Beton (ACI/PBI, Output *.D02)
- b. Disain Portal/Gedung Baja (ASD/LRFD, Output : *.D02)
- c. Disain Beton Prestress (Output : *.D02)
- d. Disain Rangka Batang Baja (Output : *.D01)
- e. Disain Kapasitas Gedung Beton (Output: *.C01, *.C02, *.C03, *.C04)

5. Disain Pondasi

- a. Disain Pondasi Telapak
- b. Disain Pondasi Mini Pile
- c. Disain Pondasi Bored Pile

6. Generator Gambar Detail

- a. Layout Struktur (Denah Pembalokan, kolom, wall)
- b. Layout Tulangan pelat lantai
- c. Layout pembalokkan dan detail balok
- d. Layout kolom dan detail kolom
- e. Layout penulangan shearwall
- f. Layout pondasi dan gambar detail
- g. Detail struktur lainnya

7. Laporan Volume dan RAB

- a. Harga satuan terpasang
- b. Luas bekisting
- c. Volume beton
- d. Berat baja dan rebar
- e. Rasio Volume beton
- f. Rasio berat baja
- g. Berat baja per luas area
- h. Total Volume, Berat, Rasio, dan Biaya per m²

8. Generator Laporan

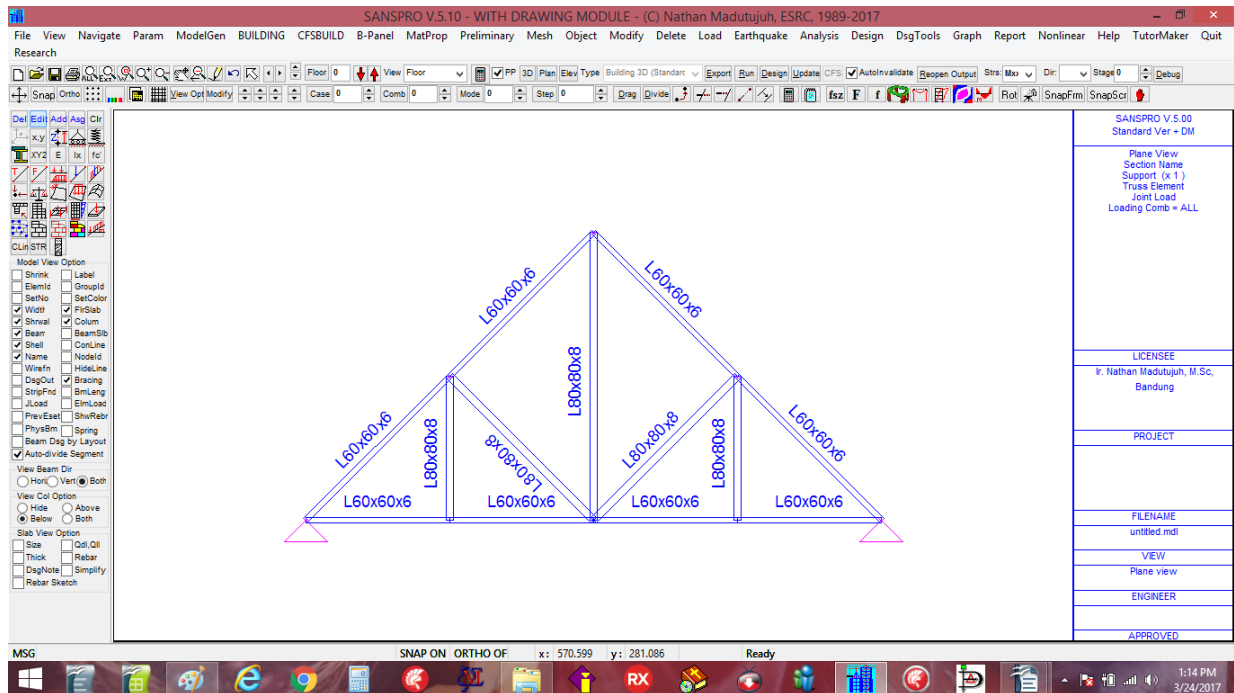
- a. Ringkasan Data Struktur
- b. Laporan Building Terpadu (File *.BTR)
- c. Pemeriksaan Analisis Dinamik
- d. Generator Laporan Lengkap (File *.PDF)

7. Contoh Dasar:

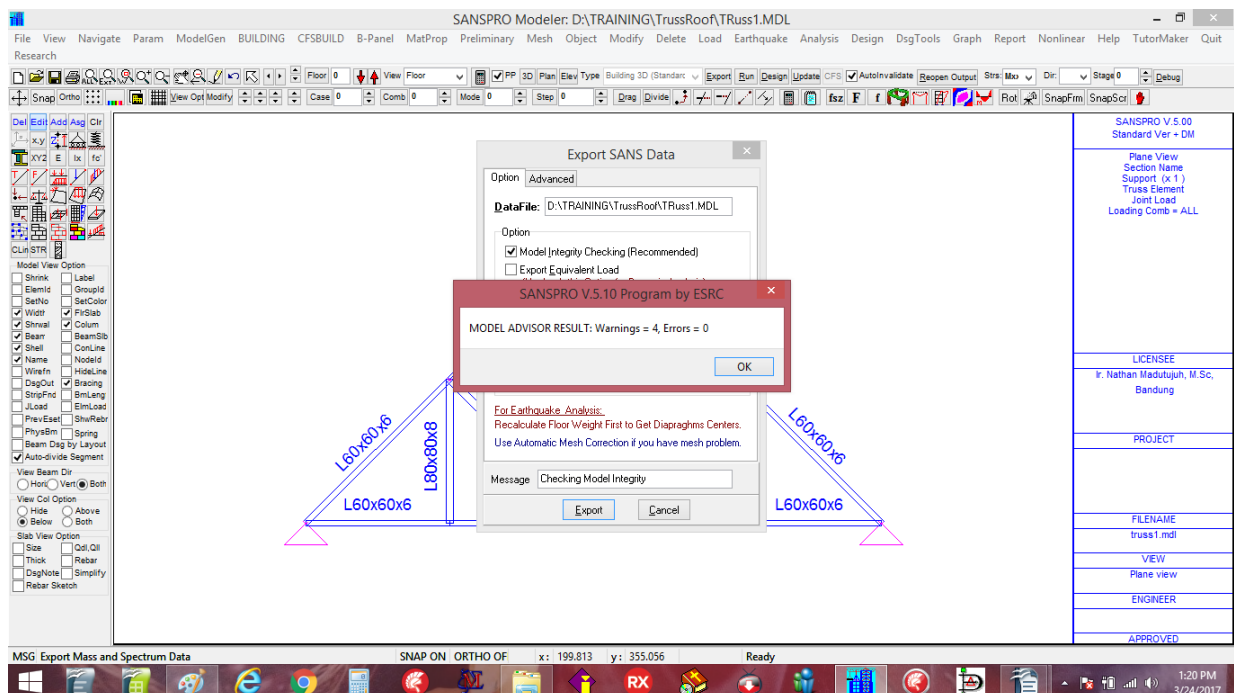
1. Example 1: Disain Rangka Batang Sederhana

Suatu Rangka Batang Atap biasanya dapat tersusun dari baja siku yang terhubung dengan pelat buhul. Beban dari DL, LL, Angin akan diperhitungkan.

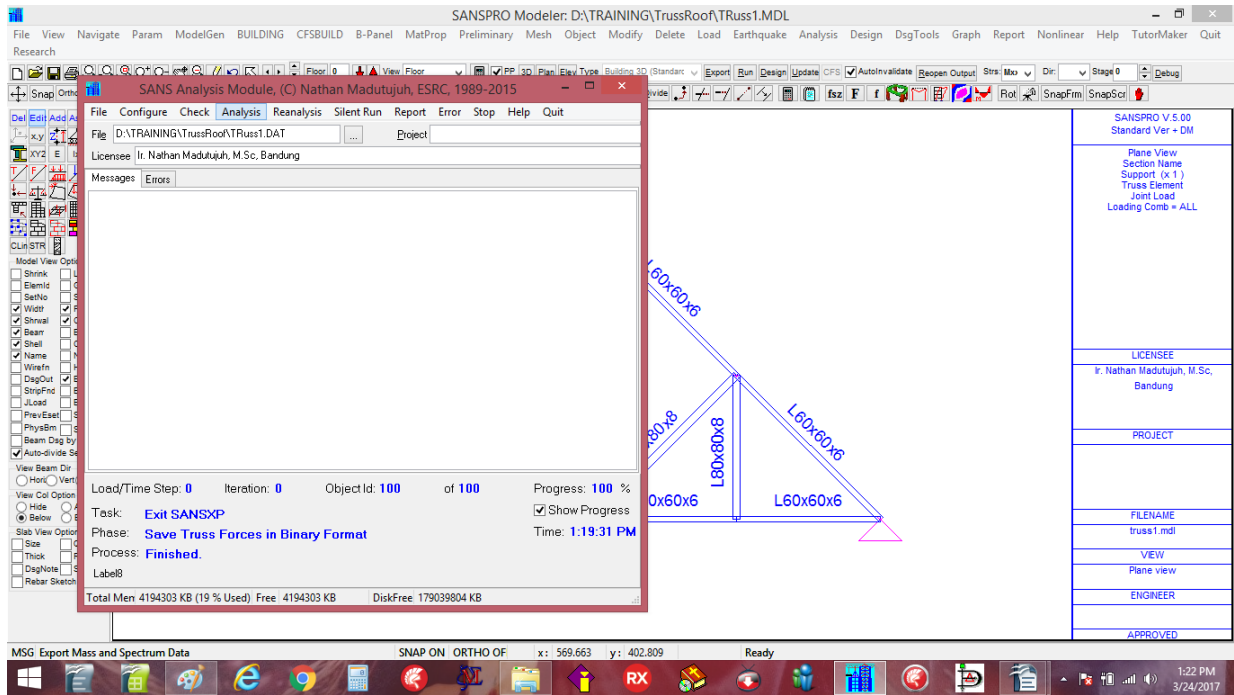
1. Open Modeler
2. Klik menu : **ModelGen – Roof Truss (Simple)**
Klik : **Y**
Klik : **OK** (4x, ubah data jika perlu)
3. Suatu model rangka batang sederhana akan muncul, Klik Ikon [] **Name** untuk menampilkan section name



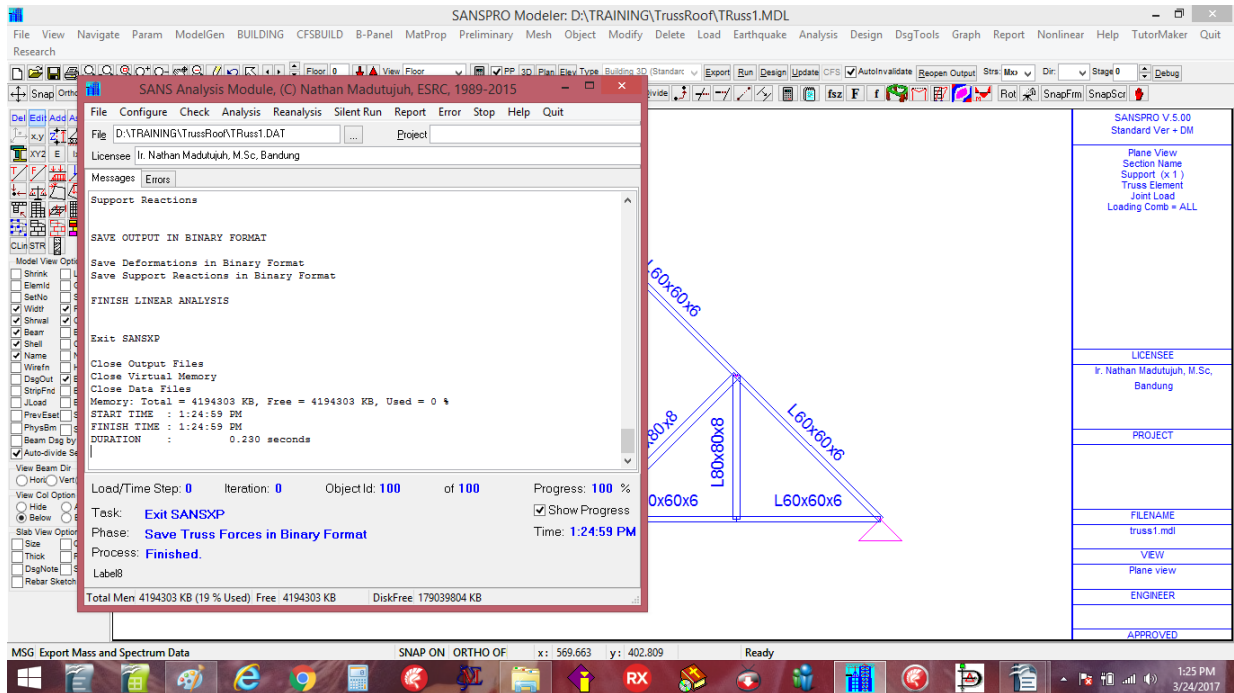
4. Klik : **File – Save** (or Press F2) → Berikan nama sebagai **Truss1.MDL**
5. Klik : **File - Export** (or Press F4) → Klik [**Export**] – Klik [**OK**] - Klik [**Continue**] – Klik [**OK**]



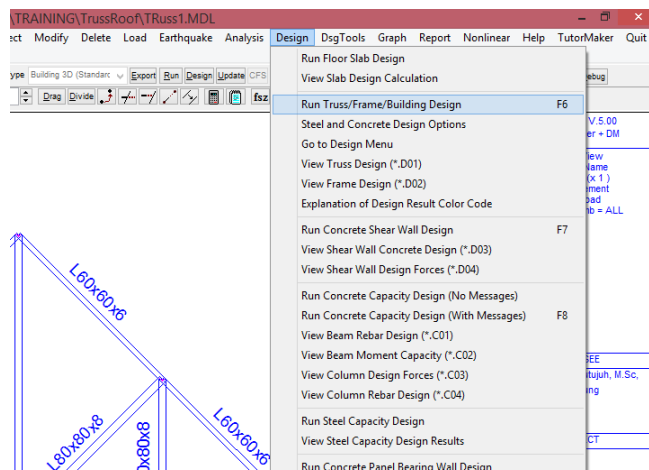
6. Untuk memulai analisis: Klik menu **Analysis**, Klik **Analysis Menu**, suatu window akan muncul



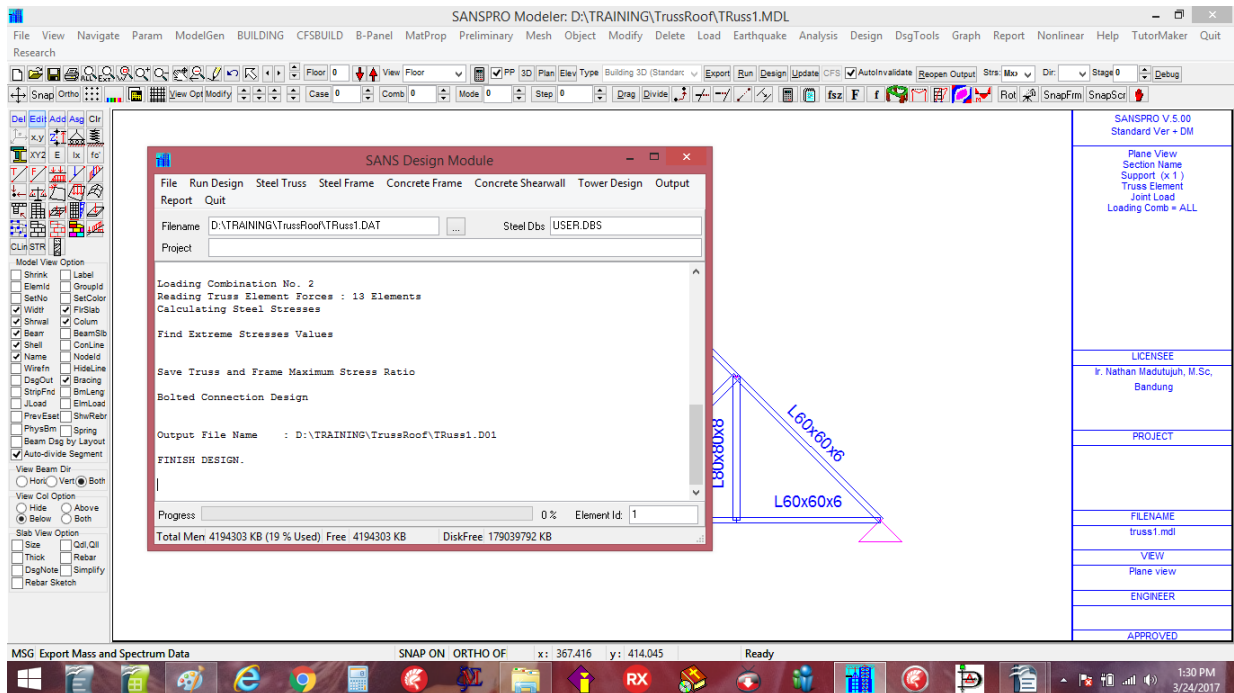
7. Klik **Analysis** untuk memulai prosedur analisis, lalu Klik **Quit**



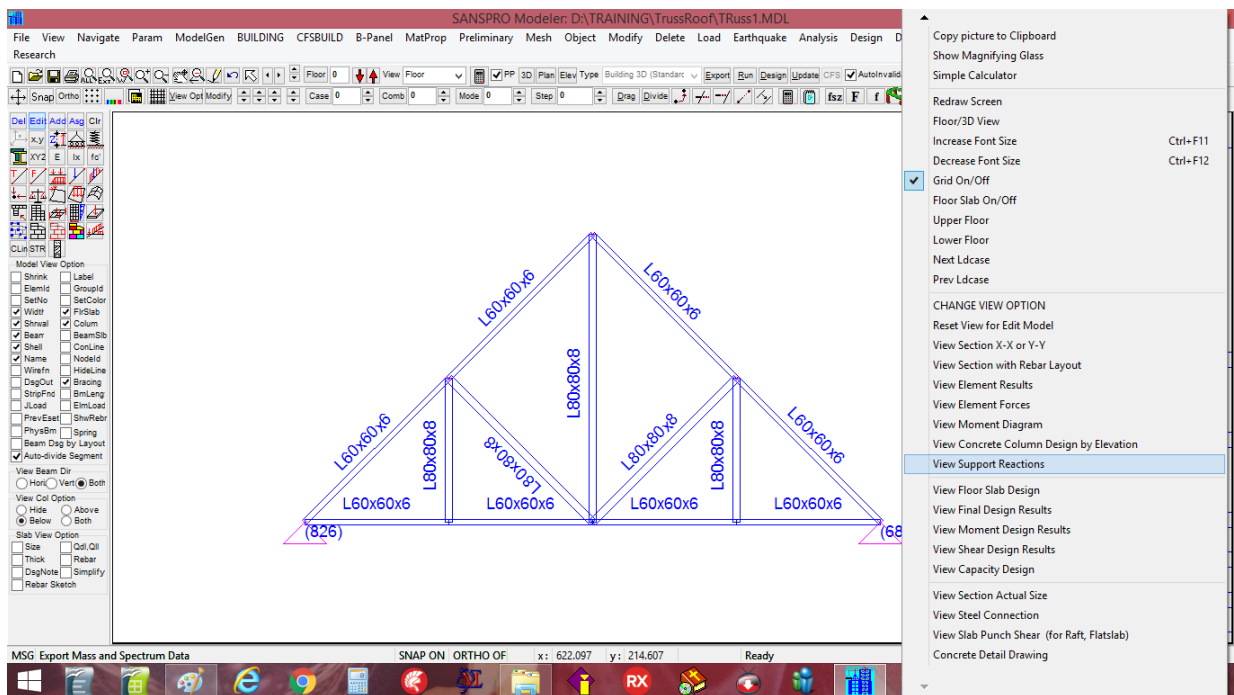
8. Menjalankan Disain Truss, Klik **Design–Run Truss/Frame/Building Design**, suatu window akan muncul



9. Klik Truss Design – Klik [Start Design] – Klik [OK] – Klik Quit



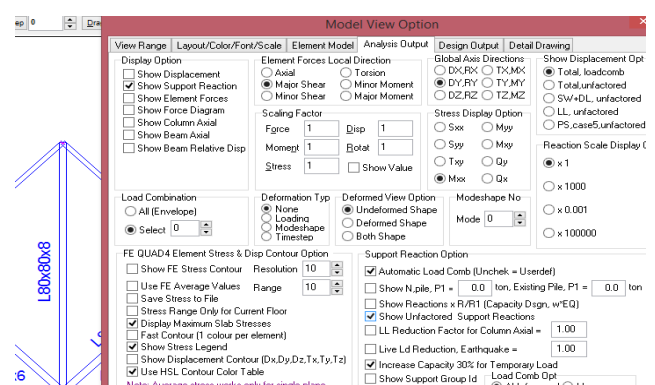
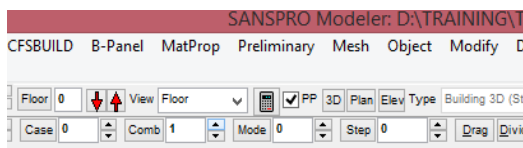
10. Untuk melihat Reaksi Tumpuan Truss : Klik-kanan, pilih View Support Reactions



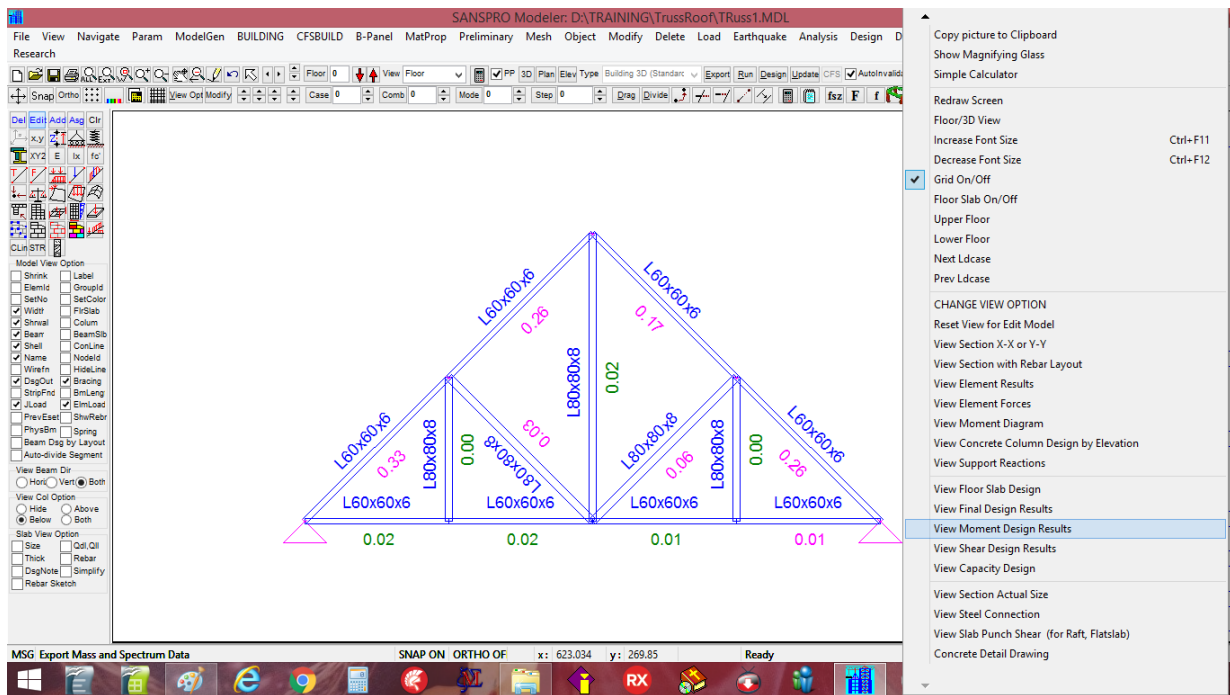
Reaksi Tumpuan (terfaktor) dari semua kombinasi beban akan muncul.

Untuk melihat hanya reaksi tumpuan dari suatu load comb, pilih nomor **Load Comb** yang diinginkan.

Untuk melihat Reaksi Tumpuan tanpa faktor beban, **Klik-kanan**, pilih **Change Melihat Option**,
 Show unfactored support

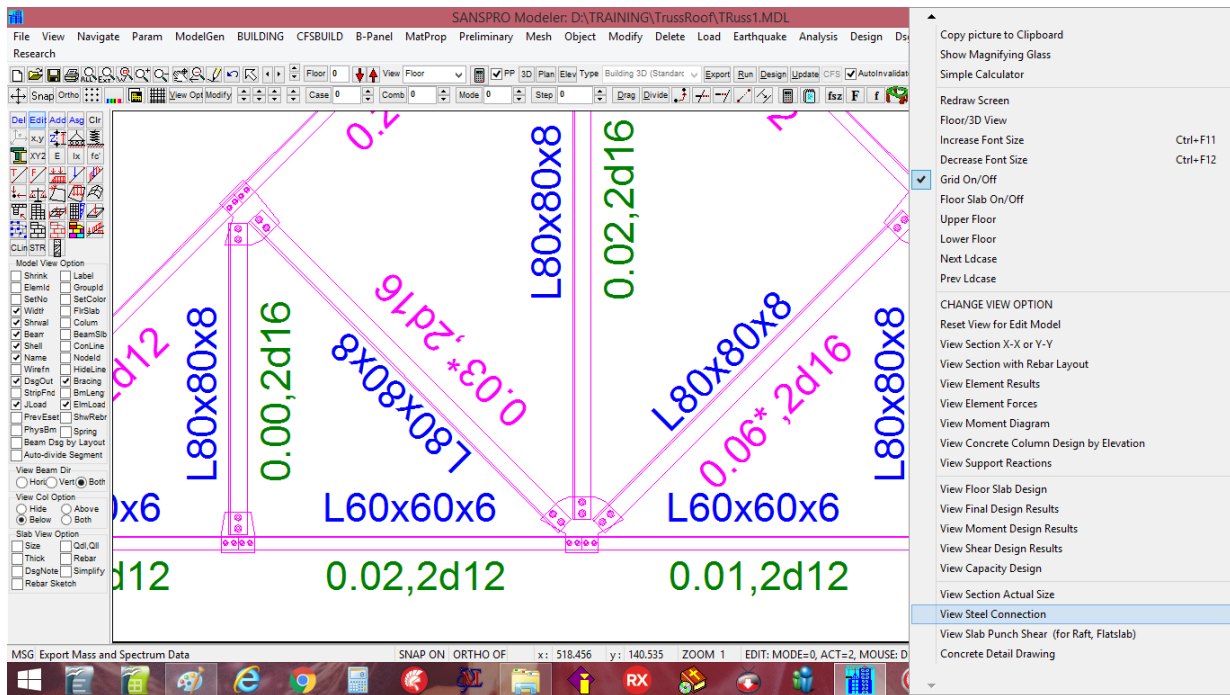


11. Untuk melihat truss design results, **Klik-kanan**, pilih **Melihat Moment Design Results**



Rasio tegangan baja akan muncul. Design OK jika rasio $f_r \leq 0.85$ untuk truss dengan sambungan eksentrik atau elemen siku, dan $f_r \leq 1.0$ untuk sambungan simetris.

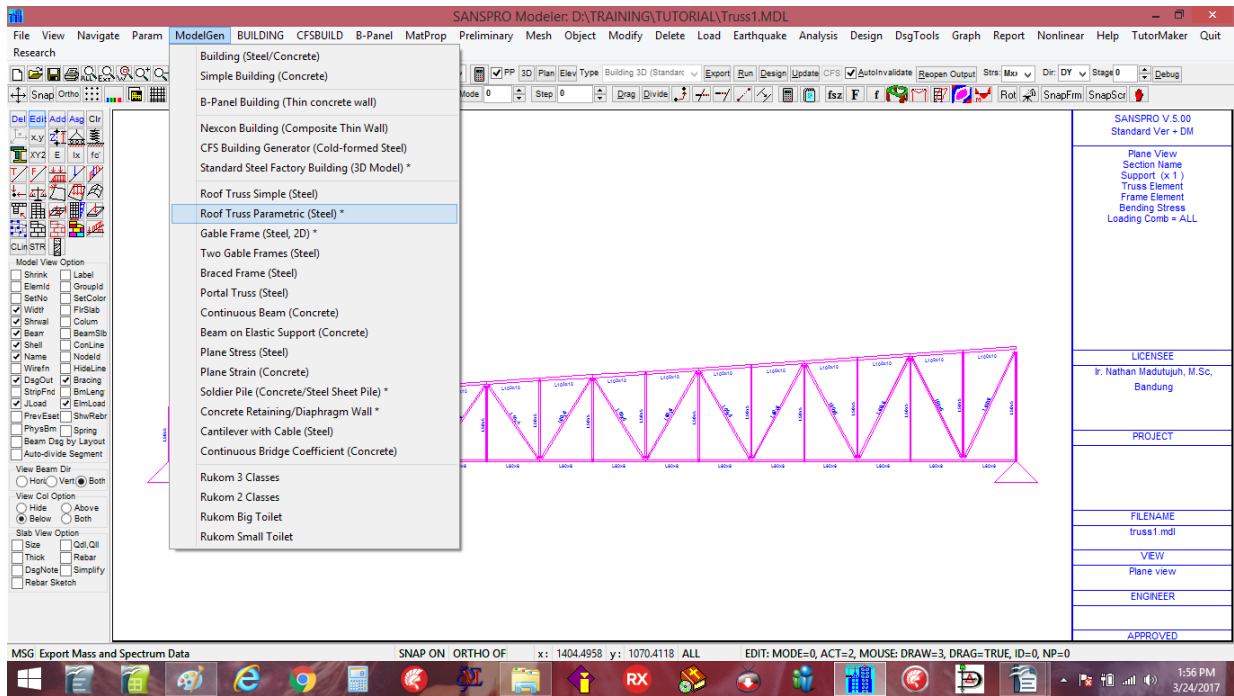
12. Untuk melihat sambungan baut baja, **Klik-kanan**, pilih **Melihat Steel Connection**



NOTE:

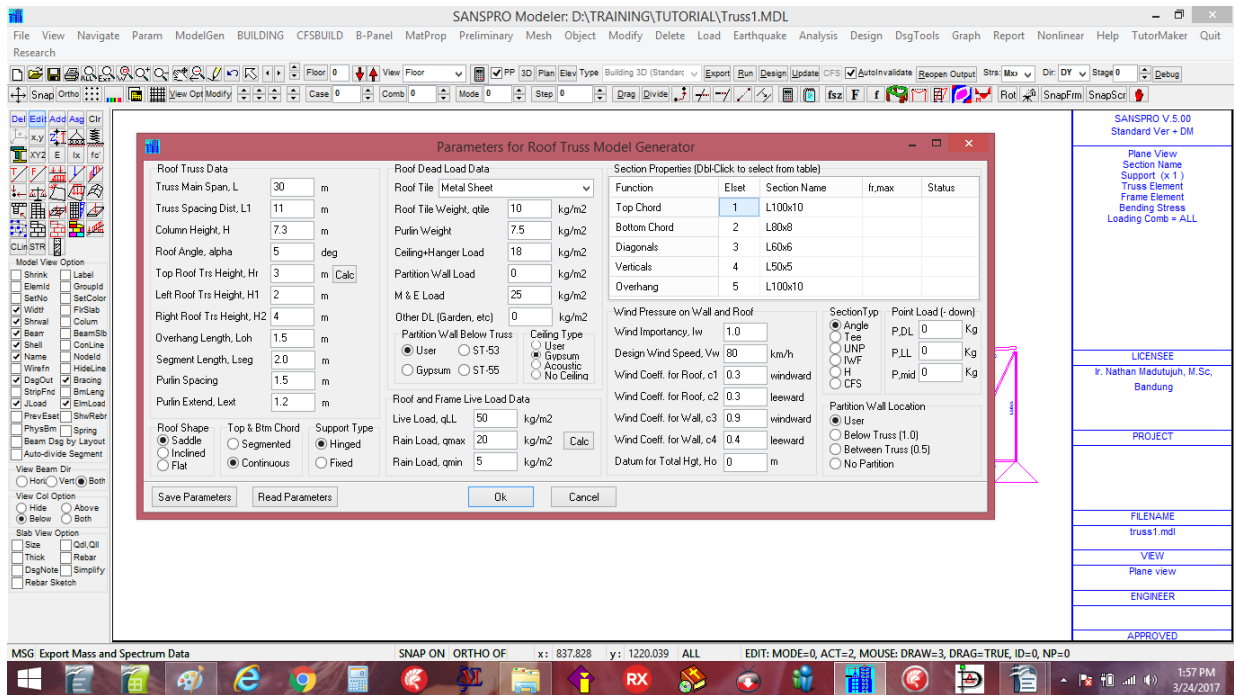
- Prosedur untuk **Save, Export, Analysis**, dan **Melihat Reaksi Tumpuan** adalah sama untuk semua models, jadi tidak akan diulang lagi pada tutorial ini
- Program SANSIRO akan secara otomatis menyimpan backup file setiap bbrp minutes (jika ditentukan) atau sesudah setiap perintah SAVE
- **Design Code dan Load factors** dapat diubah oleh pemakai sebelum analisis
- Sesudah suatu model dibuat, user dapat mengulang analisis dan disain setiap waktu
- Beberapa jenis rangka yang lebih rumit dapat dibuat dengan pilihan : **Roof Truss Parametric**

Membuat model Roof Truss dengan Parametric Method



User dapat memilih beberapa parameter yang sesuai untuk model truss yang diinginkan :

Truss span, section, roof shape, support type, roof tile type, ceiling type, live load, wind load, point load, section type, dll.

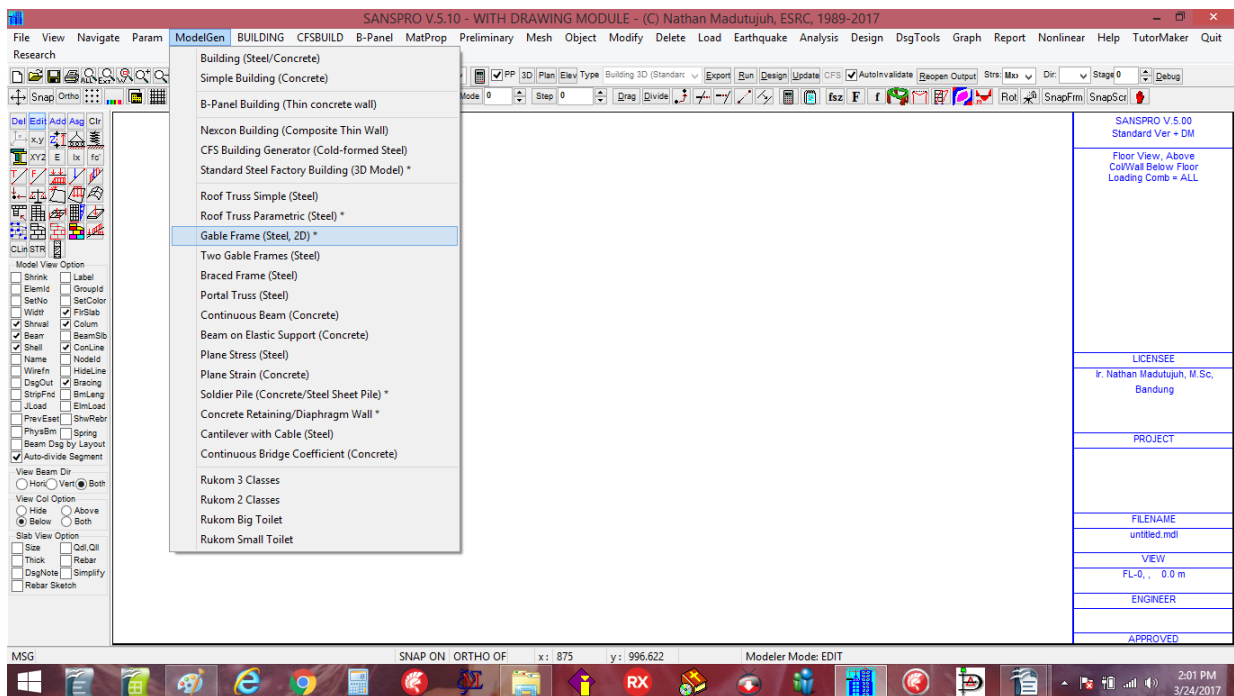


Setelah suatu model truss dihasilkan, prosedur untuk analisis, desain, check visual adalah sama seperti sebelumnya.

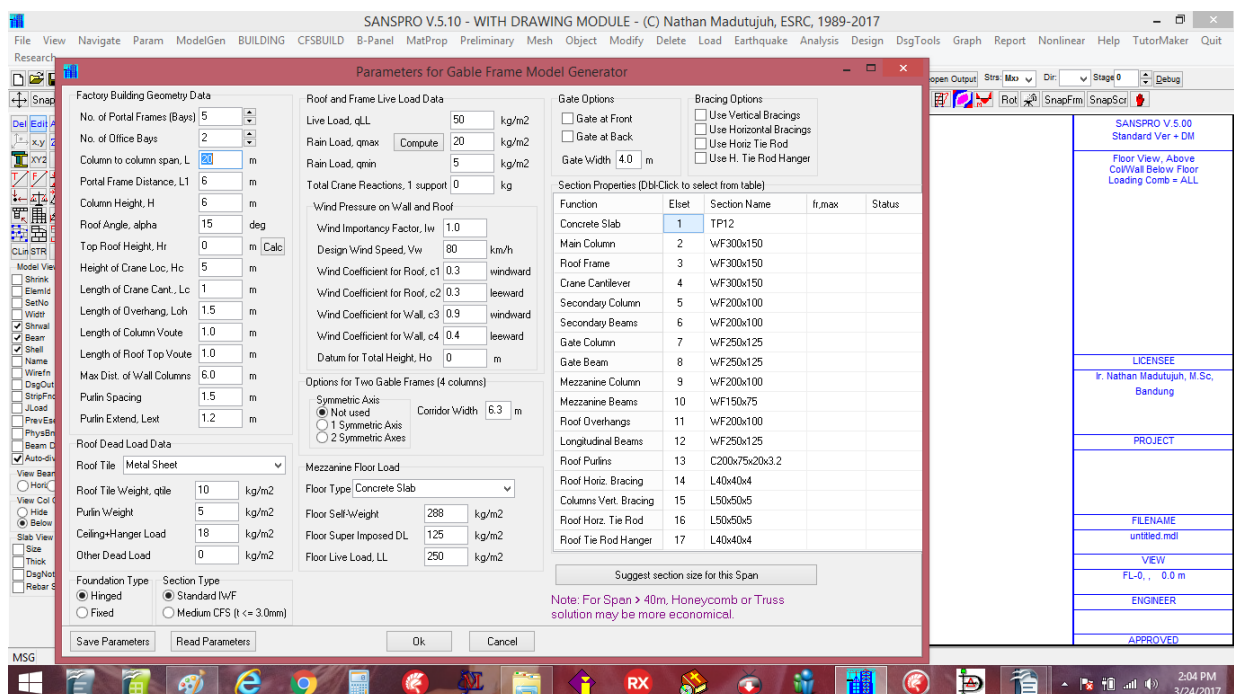
2. Example 2: Disain Portal Pabrik

Suatu Gable frame biasanya dijumpai pada gedung pabrik. Dapat juga memiliki korbel untuk memikul rel untuk crane. Beban yang harus diperhitungkan : DL, LL, Angin, Crane, Gempa (untuk portal beton berat)

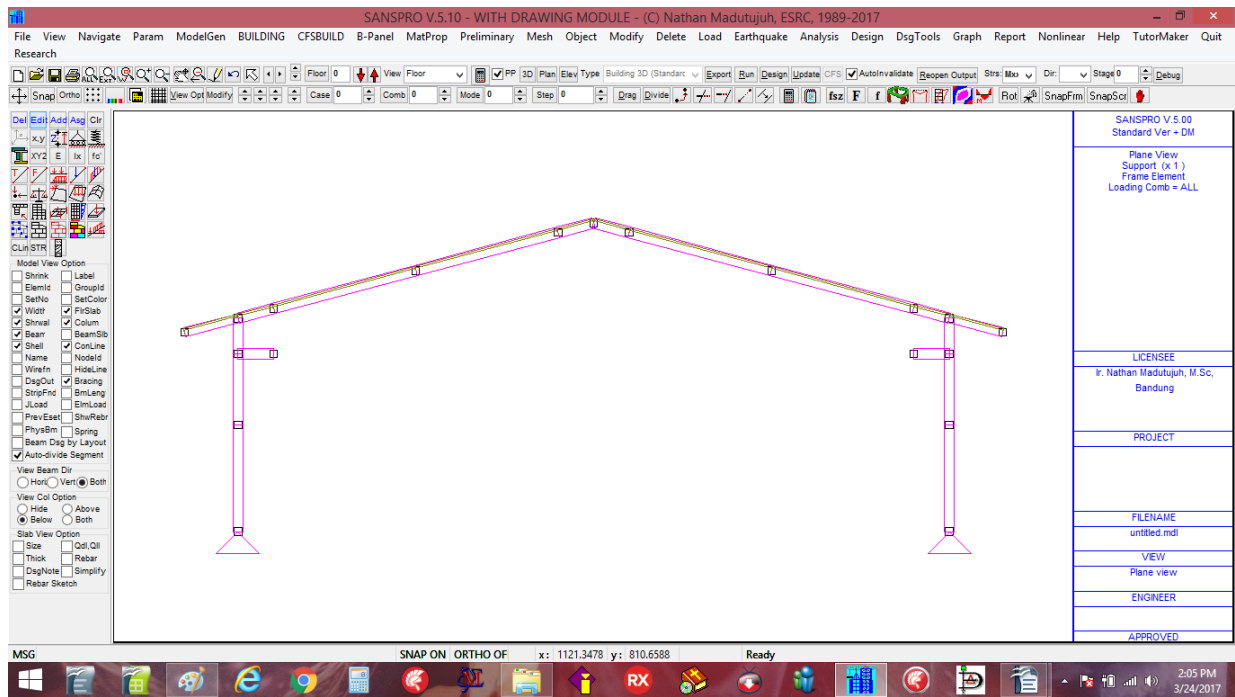
1. Buka Modeler
2. Klik menu : **ModelGen – Gable Frame (Steel, 2D)**
Klik : Y



3. Suatu **Parametric Menu** akan muncul. User dapat memilih main span, section, roof shape, support type, frame distance, roof tile type, ceiling type, live load, wind load, point load, section type, dll



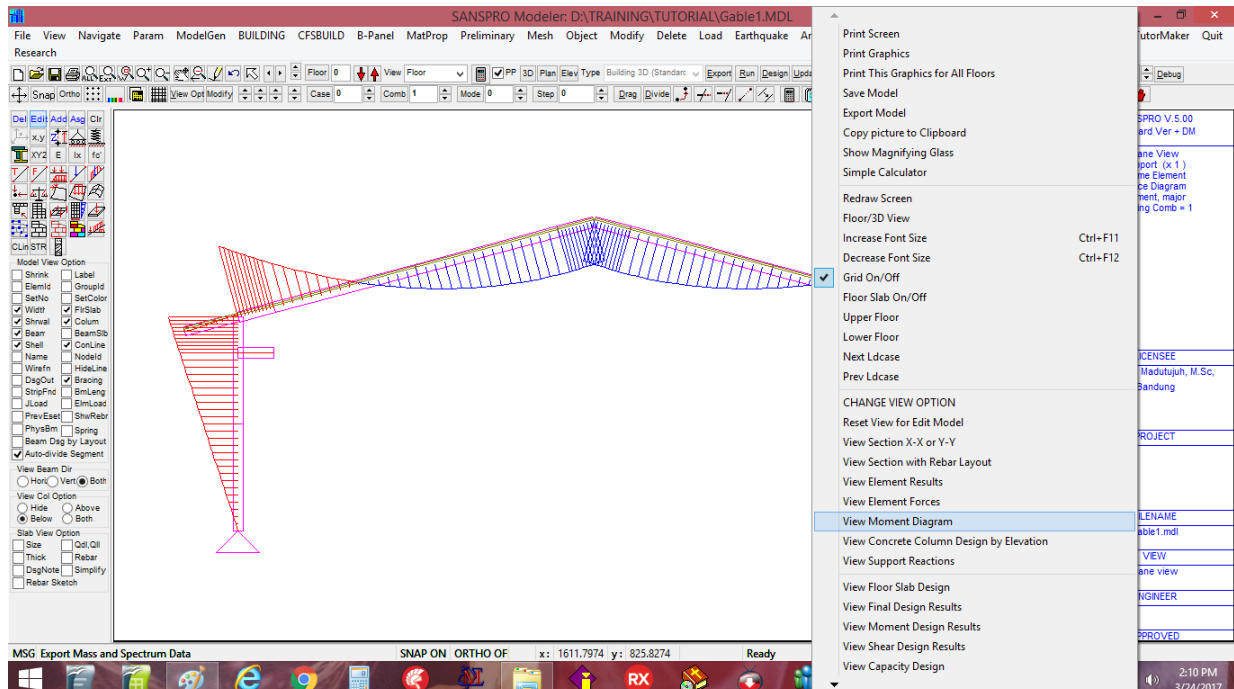
Klik [OK] 4x untuk mendapatkan:



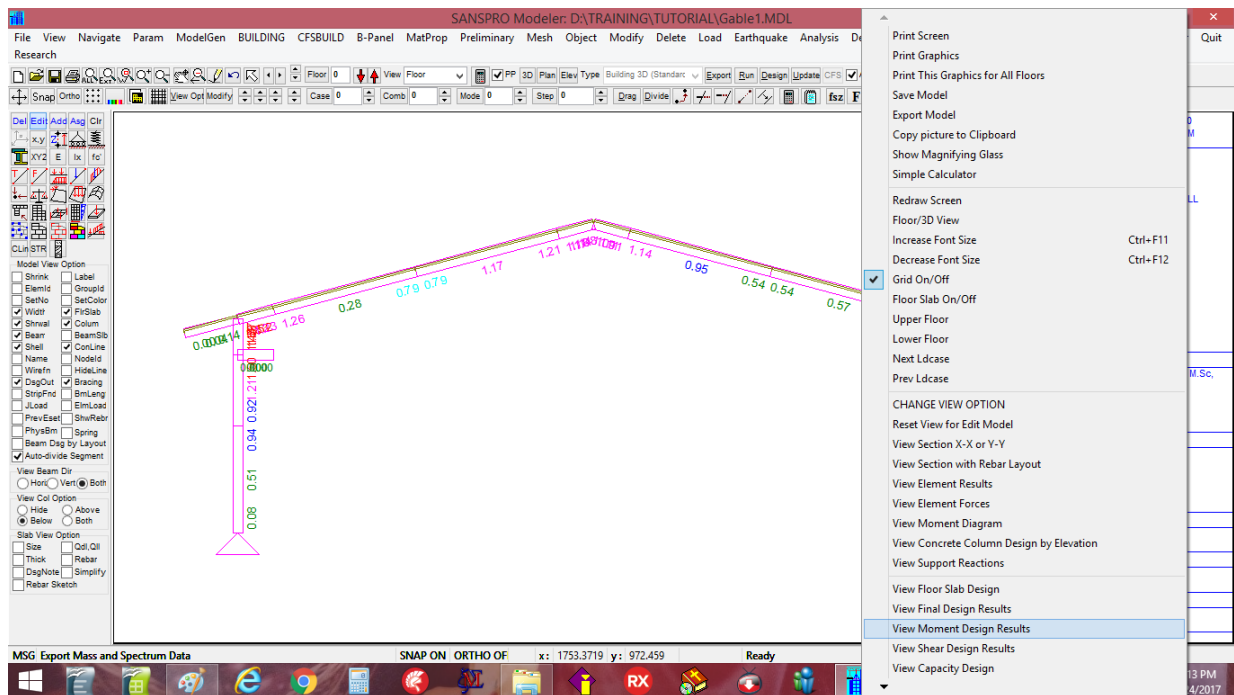
4. Klik **F2** (save) dan berikan nama baru : Gable1.MDL
5. Klik **F4** (export) dan Run Analysis
6. Klik **Design - Steel/Frame/Building Design**, pilih **Steel Frame**
7. Lihat Diagram Moment dengan **Klik-kanan**, **Melihat Moment Diagram**

CATATAN:

- Jika **load comb = 0** dipilih, suatu selubung diagram momen akan ditampilkan (max dari semua load comb).

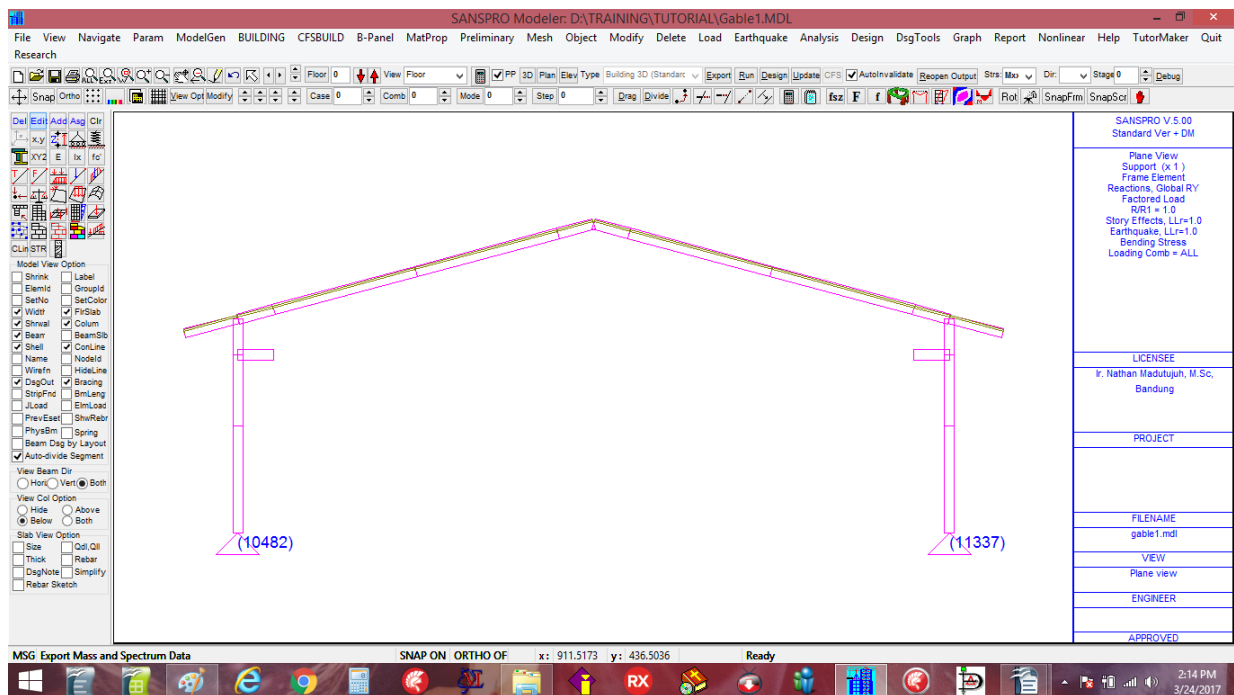


8. Lihat Steel Design Results dengan **Klik-kanan**, Melihat Moment Design Results



Rasio Steel frame stress akan muncul. Design OK jika rasio $fr \leq 1.0$ (recommended $\leq 0.8-0.9$).

9. Melihat Reaksi Tumpuan dengan **Klik-kanan**, pilih **View Support Reactions**



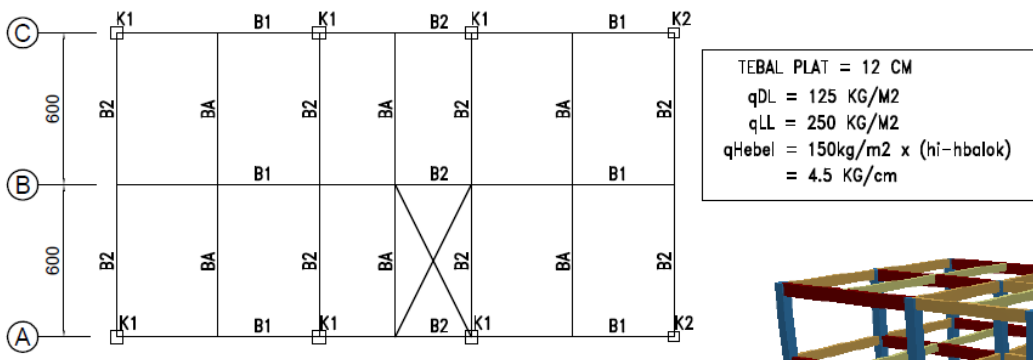
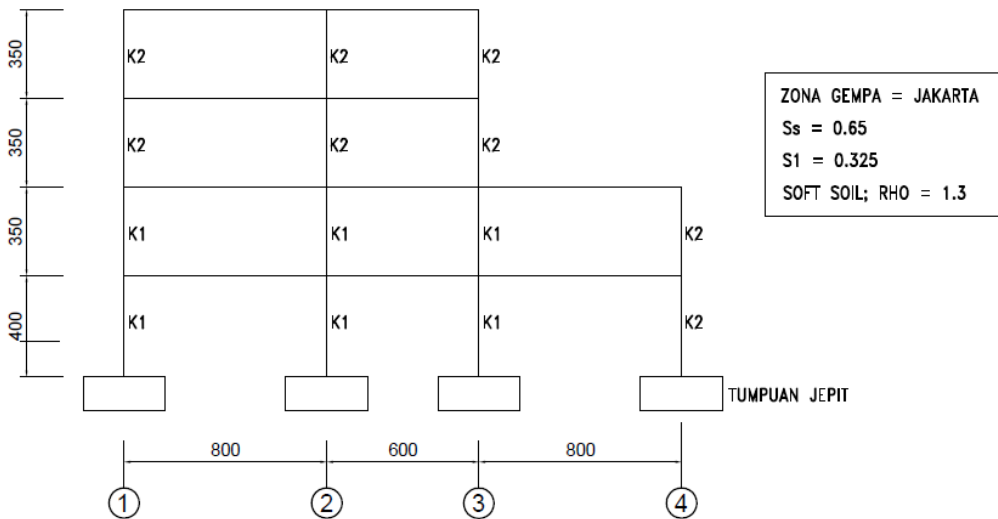
CATATAN:

- Prosedur untuk **Save**, **Export**, **Analysis**, dan **Melihat Reaksi Tumpuan** adalah sama untuk semua models, jadi tidak akan diulang lagi pada tutorial ini
- Program SANSIRO akan secara otomatis menyimpan backup file t minutes (jika ditentukan) atau sesudah setiap perintah SAVE
- **Design Code dan Load factors** dapat diubah oleh pemakai sebelum analisis
- Sesudah suatu model dibuat, user dapat mengulang analisis dan disain setiap waktu

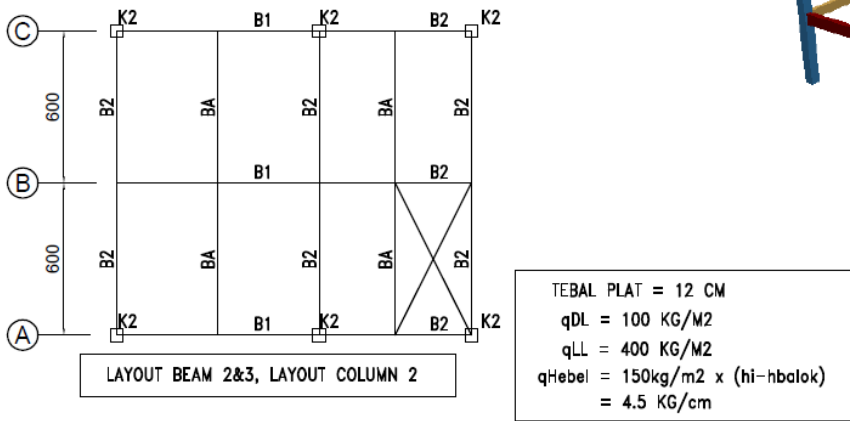
8. Disain Gedung Dasar:

1. Example 3: Disain Gedung (Analisis Beban Gravitasi dan Beban Statik Ekuivalen)

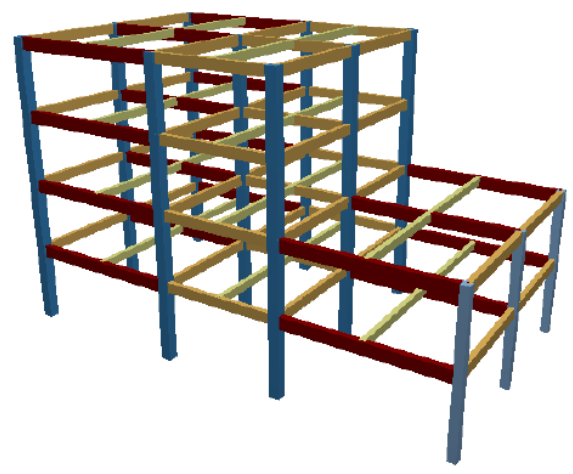
Dalam contoh gedung sederhana ini, kita akan menggunakan satu model gedung 4 lantai sederhana, dengan 2 layout lantai, 2 jenis ketebalan pelat, 2 layout kolom dan 2 layout balok



LAYOUT BEAM 1, LAYOUT COLUMN 1



LAYOUT BEAM 2&3, LAYOUT COLUMN 2



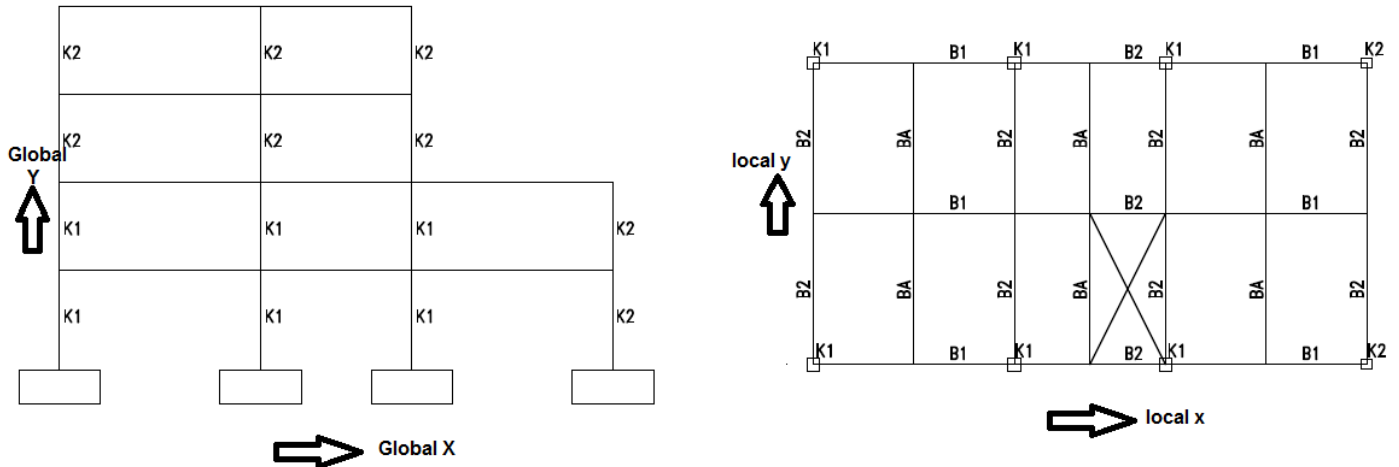
KETERANGAN :		
MUTU BETON = K-300 / $f_c' = 25 \text{ MPa}$	REDUKSI LIVE LOAD = 0.25	UNIT COST : CONCRETE = RP 800.000 /M3 STEEL = RP 7.000 /KG FORMWORK = RP 100.000 /M2
MUTU BAJA = U-39	MASS FACTOR = 0.25	
B1 = 30/60	PONDASI = PILE 25/25, L = 18 M	
B2 = 25/50	AXIAL CAPACITY = 40 TON	
BA = 25/40	TENSION CAPACITY = 20 TON	
K1 = 50/50	LATERAL CAPACITY = 2 TON	
K2 = 40/40	PILE SPACING = 3D	

NOTE : Satuan adalah dalam (kg,cm,kg.cm,kg/cm,kg/cm²,kg/cm³) kecuali dinyatakan berbeda

Pendahuluan mengenai Konsep Building Layout Oriented Modelling

SANSPRO menggunakan pendekatan unik dalam pemodelan suatu gedung, yang dinamakan “**Building Layout Oriented Modelling**”. Disini lantai suatu gedung dibagi kedalam beberapa layout lantai, analog dengan gambar layout gedung. Lantai yang memiliki layout yang sama akan menggunakan floor layout number yang sama, hanya SANSPRO akan membedakan layout kolom, layout balok dan layout shearwall. Sedangkan layout pelat akan mengikuti layout balok.

SANSPRO menggunakan istilah : Beams dan slab layout, Column layout, dan Shearwall layout untuk memungkinkan kombinasi dari beberapa layout dalam satu lantai. Suatu Tabel Master bernama Building Story Data Table akan menyimpan semua layout yang digunakan dalam setiap lantai. Suatu layout dapat memiliki lebih dari satu jenis dan ukuran penampang.



Untuk sample building yang akan digunakan untuk latihan di bab ini, Kita dapat melihat bahwa minimal 2 column layout diperlukan, dan juga 2 beam layout. Jika beban di level atap berbeda dengan lantai tipikal, maka 3 atau 4 beam layout akan diperlukan.

Building Story Data

Floor	Column Layout	Beam Layout	Shearwall Layout
0	0	0	0
1	1	1	0
2	1	1	0
3	2	2	0
4	2	2	0

Slab Type	qDL	qLL
0	0	0
1	125	250
1	125	250
1	125	250
2	100	400

kg/m2 kg/m2

Floor	Column Layout	Column Size
0	0	0
1	1	K1, K2
2	1	K1, K2
3	2	K2
4	2	K2

Floor	Beam Layout	Beam Size
0	0	0
1	1	B1, B2, BA
2	1	B1, B2, BA
3	2	B1, B2, BA
4	2	B1, B2, BA

Kolom yang terlihat

User akan bekerja dalam model floor top view dari suatu floor layout. Kolom yang akan terlihat dapat dipilih, apakah kolom dibawah lantai tsb (default) atau kolom diatas lantai tersebut (gaya arsitek) atau keduanya.

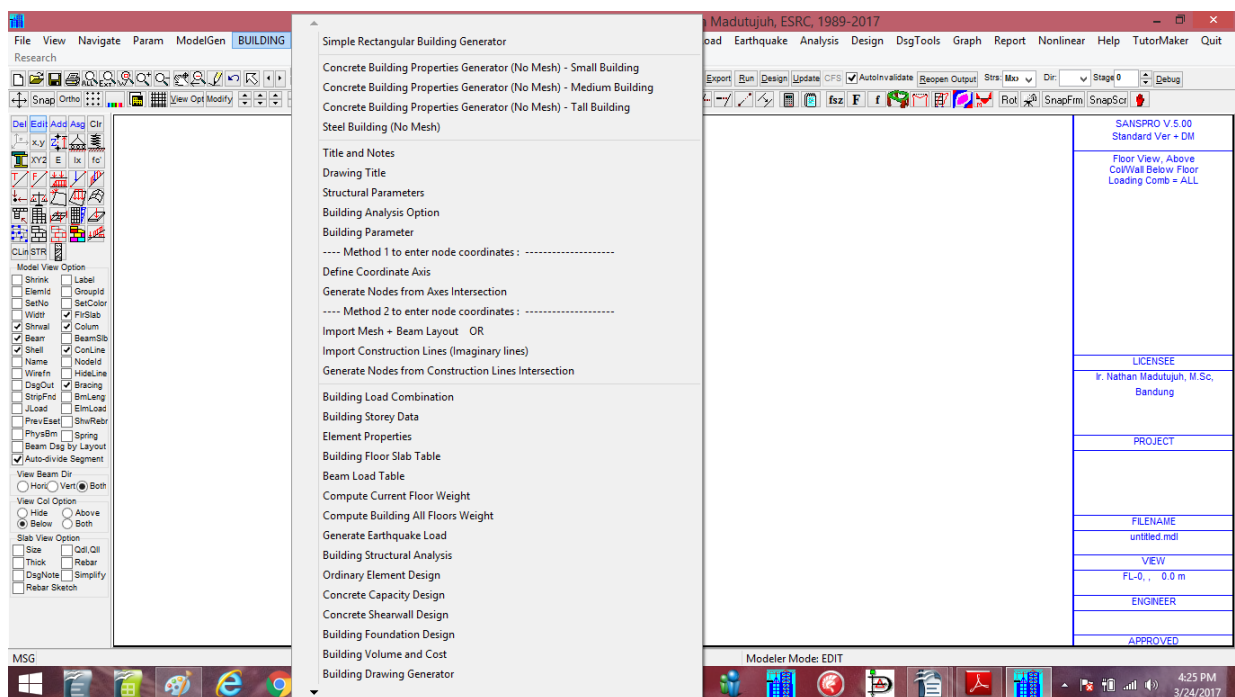
Koordinat Titik dan Garis As

Suatu Floor layout akan memerlukan satu set koordinat titik (2 dimensi), terlihat pada floor top view, sebagai koordinat lokal x,y. SANSPRO program akan menggunakan koordinat lantai ini dan floor height/level untuk menghasilkan titik koordinat 3D dalam arah global (X,Y,Z), dimana : X = x, Y = floor level, Z = -y.

Prosedur untuk membuat suatu Model Gedung yang baru:

1. Generate Building Material dan Properties Wizard
2. Generate Project Data, Drawing Title
3. Generate Structural Parameters
4. Generate Analysis Option
5. Generate Building Parameters
6. Generate Node Coordinates (using Coordinate Axis, Construction Lines, atau one dengan one)
7. Generate Load Combinations
8. Generate Story Data
9. Generate Element Properties
10. Generate Floor Slab Table
11. Generate Beam Load Table
12. Compute Floor Weight
13. Generate Earthquake Load
14. Lanjutkan dengan Analysis dan Design

Semua langkah diatas sudah disediakan dalam satu menu spesial yang dinamakan **BUILDING**. Menu ini mengumpulkan semua perintah yang diperlukan untuk memodelkan dan mendisain suatu gedung dengan SANSPRO.



Sesudah suatu model gedung dibuat, user dapat melakukan hal berikut:

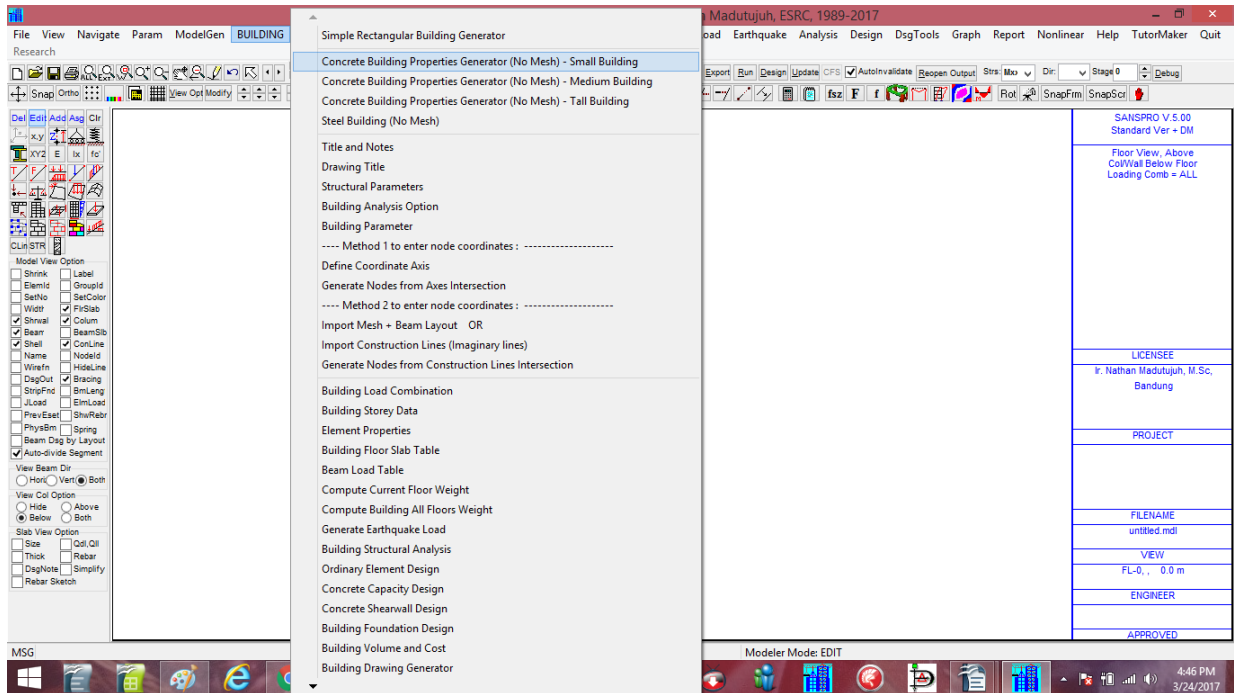
1. Run analysis
2. Run Section Design
3. Run Shearwall Design
4. Run Foundation Design
5. Run Volume dan Cost Calculation
6. Generate Detail Drawing

Prosedur detail untuk membuat model gedung adalah sebagai berikut ini.

Perhatikan bahwa kita akan menggunakan model gedung yang sama untuk latihan example 4 to 9 kemudian.

1. Generate Building Material dan Properties Wizard

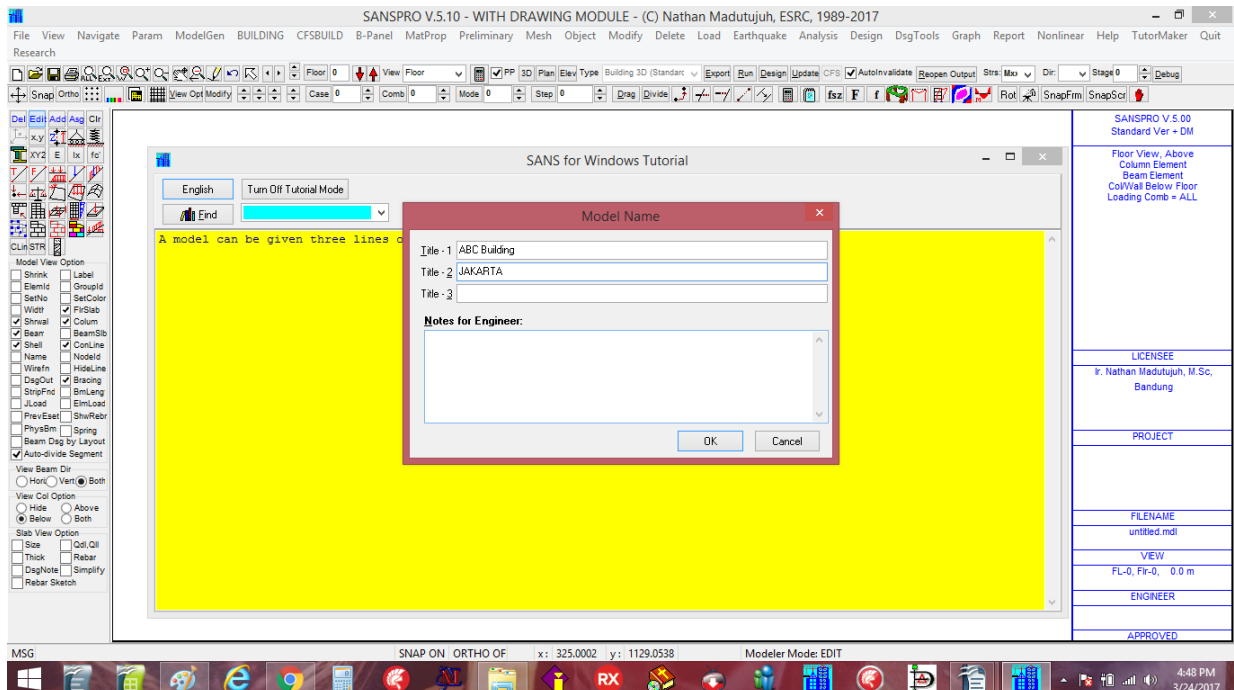
Klik Building – Concrete Building Properties Generator (No Mesh) – Small Building



Perintah ini akan menghasilkan beberapa material properties dan section properties yang berguna untuk gedung kecil.

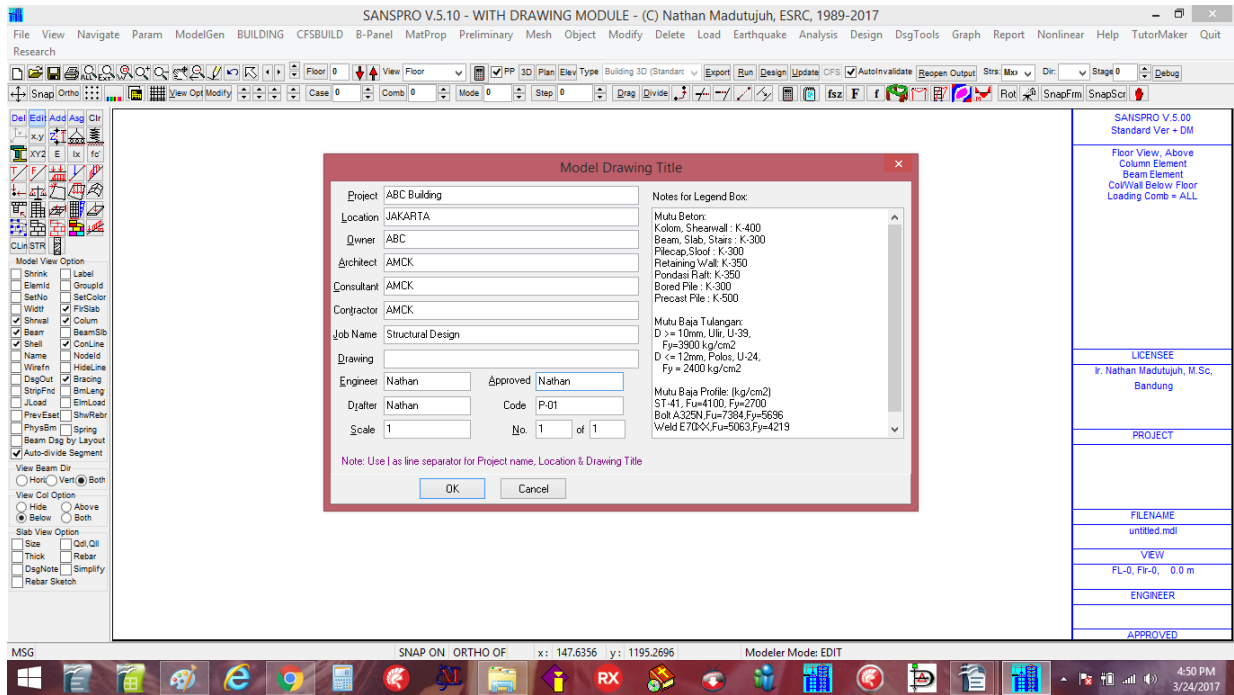
Klik [Yes] 2x, Masukkan Total Floor number : NST = 4

2. Klik Building – Title dan Notes, masukkan data berikut ini



Lalu Klik **Building – Drawing Title**, Masukkan data untuk drawing text

Catatan: Silahkan ganti dengan nama masing2 !

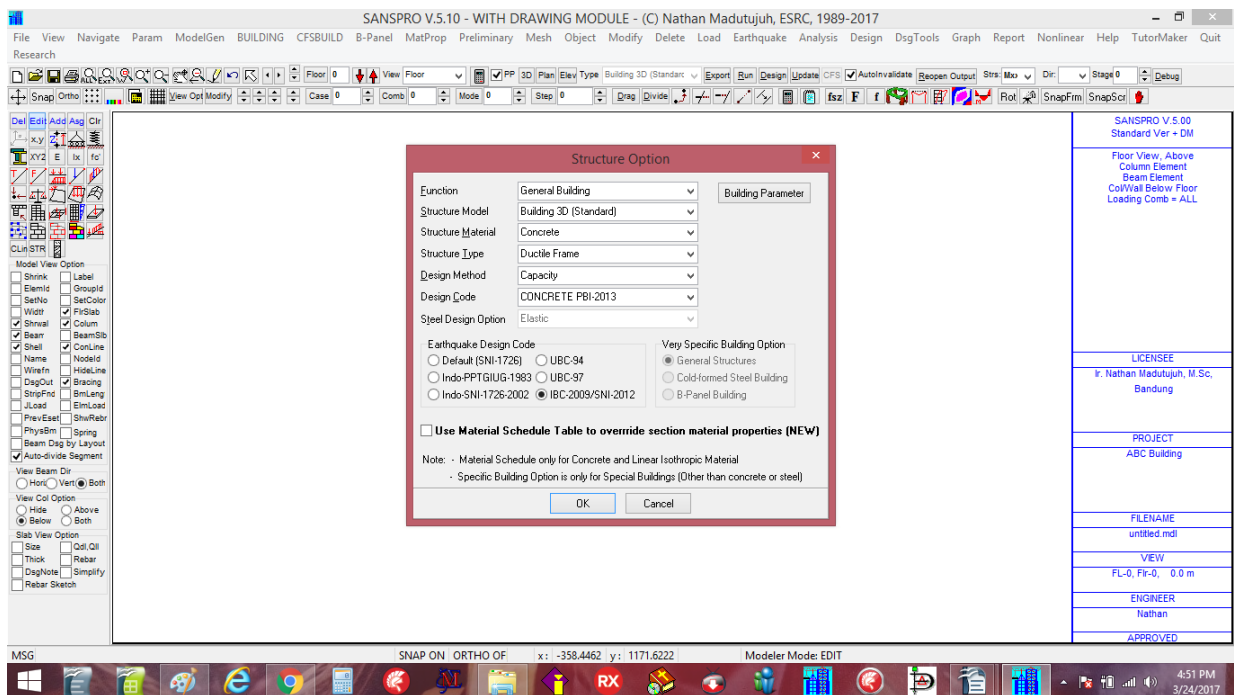


3. Generate Structural Parameters

Klik Building – Structural Parameters

Pilih Design Code : CONCRETE PBI-2013

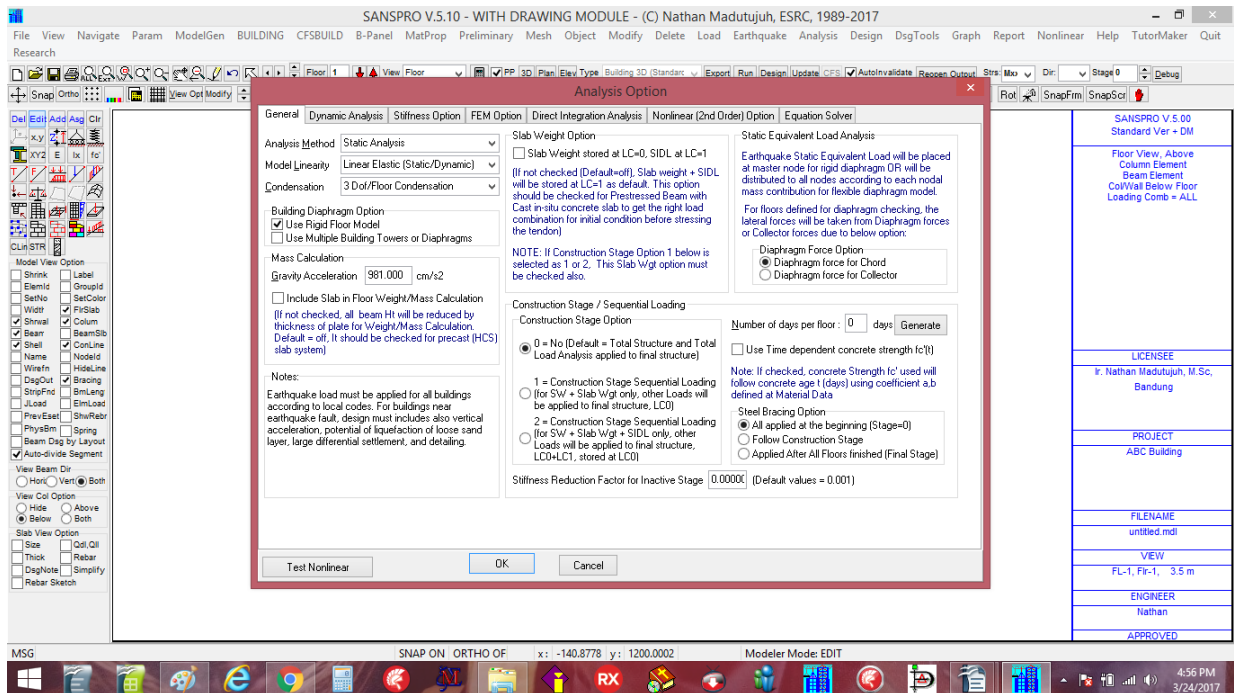
Pilih Earthquake Design Code: IBC-2009/SNI-2012



CATATAN:

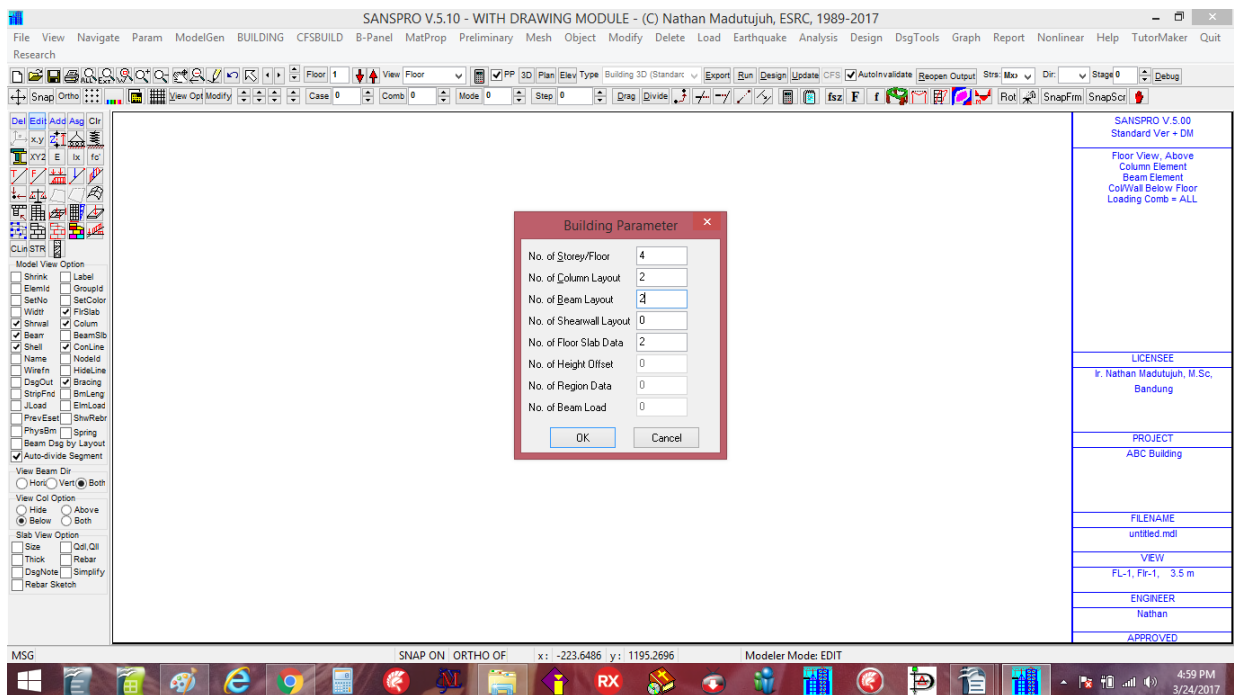
Opsi [] Use Material Schedule Table akan berguna untuk highrise building jika mutu beton berubah terhadap ketinggian lantai

4. Klik Building - Analysis Option



untuk latihan ini menggunakan Static Analysis, tidak ada yang berubah, Klik saja [OK]

5. Klik Building - Building Parameters



Lihat penjelasan mengenai “Introduction to Building Layout Oriented Modelling Concepts” diatas:

Masukkan No. of Column Layout = 2

Masukkan No. of Beam Layout = 2

Klik [OK]

6. **Generate Node Coordinates** (menggunakan Coordinate Axis, Construction Lines, atau satu per satu)

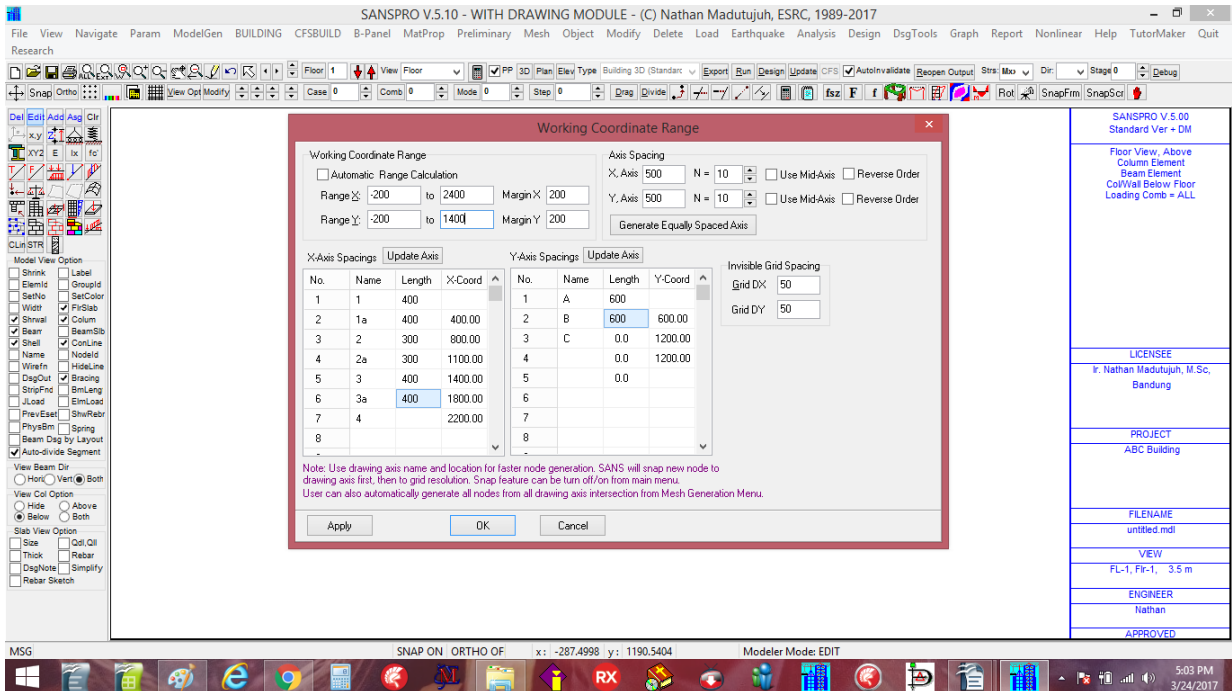
Disini kita akan menggunakan pendekatan coordinate axis (Garis As).

x-axis : 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4 dengan spacing : 400,400,300,300,400,400 cm
 y-axis : A, B, C dengan spacing : 600,600 cm

Klik **Building – Menentukan Coordinate Axis**, Masukkan Name dan Length sbb:

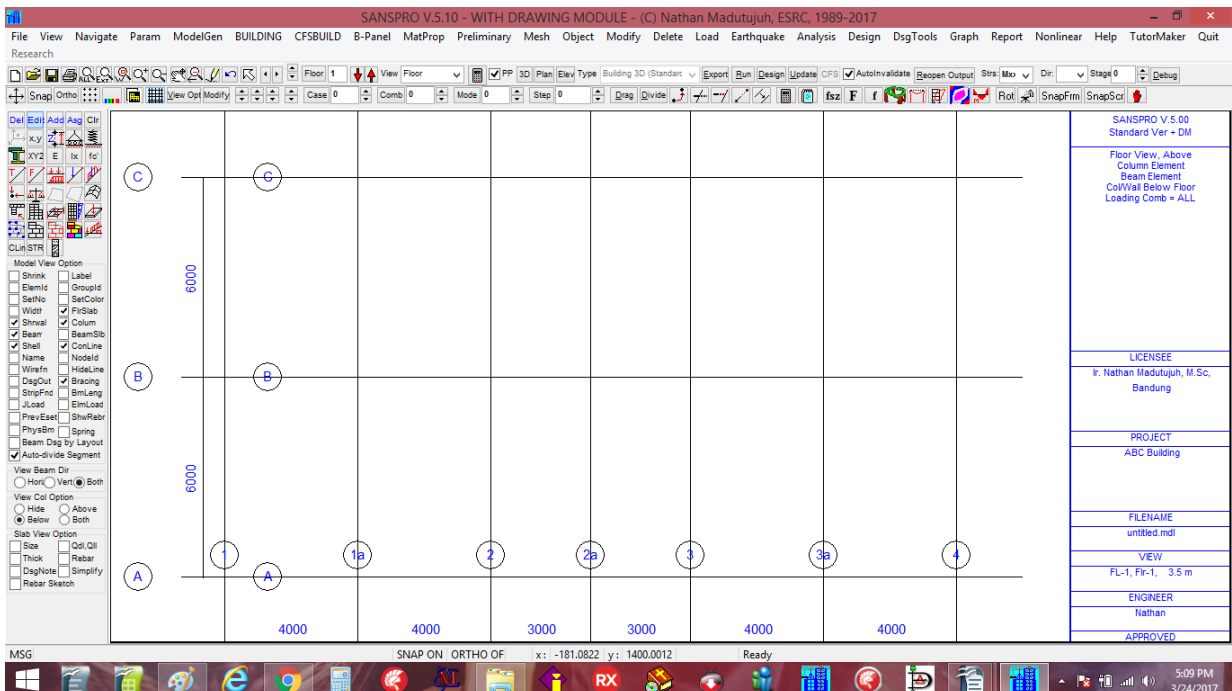
(NOTE : **X-coord** dan **Y-coord** data akan dihasilkan otomatis, tidak perlu untuk memasukkannya secara manual)

Ingat untuk mengubah **Range - X** ke 2400 cm dan **Range - Y** ke 1400 cm (Dari Xmax + 200, Ymax + 200) untuk mendapatkan area kerja yang pas.



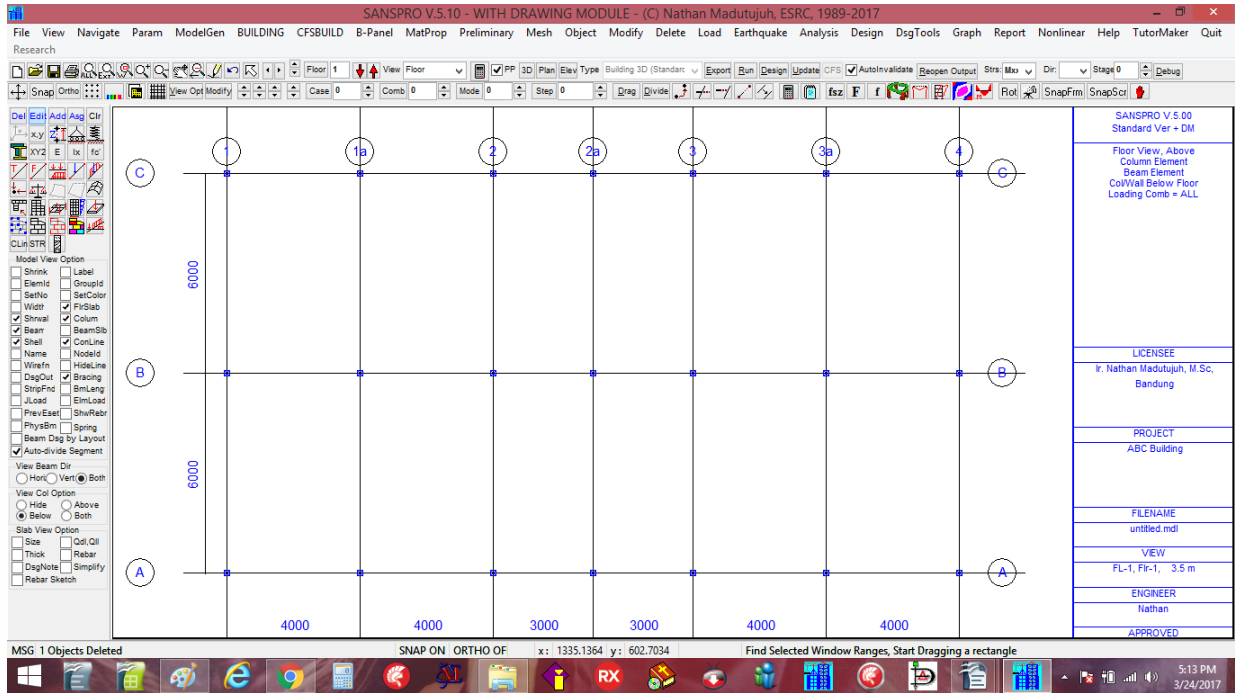
Klik **[Apply]** dan **[OK]** : Coordinate Axis akan dihasilkan otomatis

Klik **Ikon [||||]** untuk menampilkan **Garis As**:



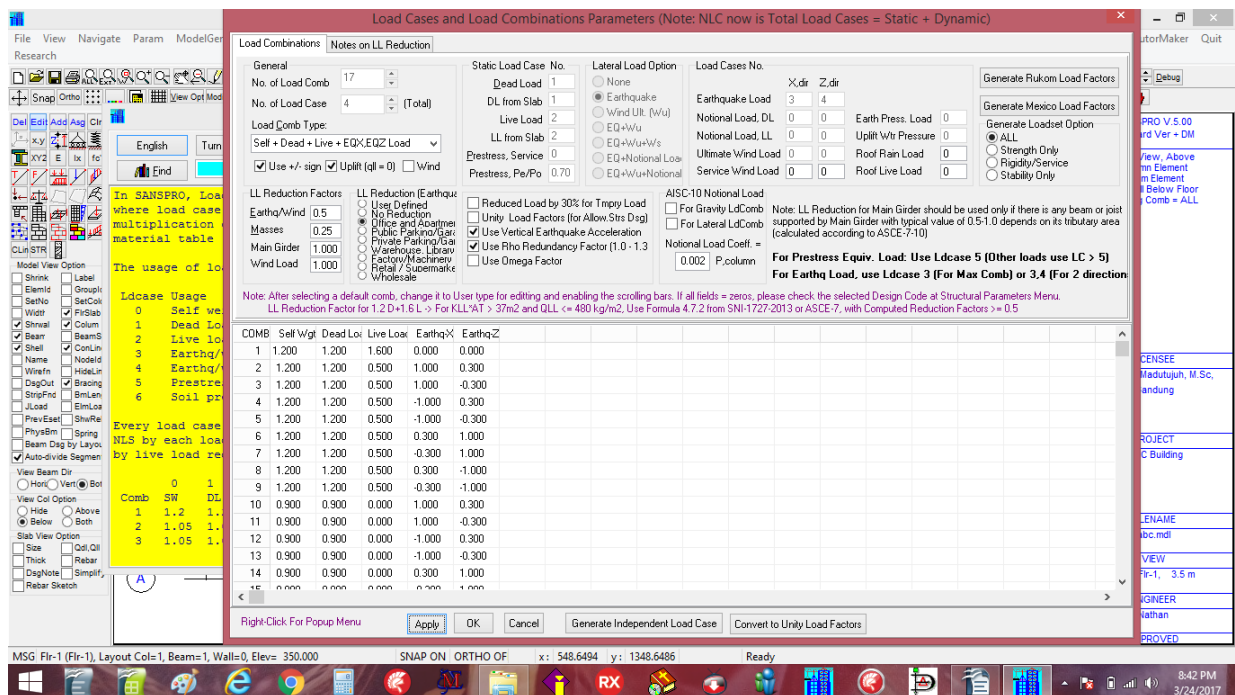
Node coordinates dapat dihasilkan dengan mengklik : **Building – Generate Nodes from Axis Intersection**
 Klik [Yes]

Node coordinates akan dihasilkan dari perpotongan garis as diatas sbb:



7. Generate Load Combinations

Beberapa Load Combinations yang telah ditentukan tersedia. Setelah memilih suatu load comb, user akan merubah dengan memilih **User-defined Load Comb**.



Building Function : **Office**

pilih Load Comb Type : **Self + Dead + Live + EQX + EQZ Load**

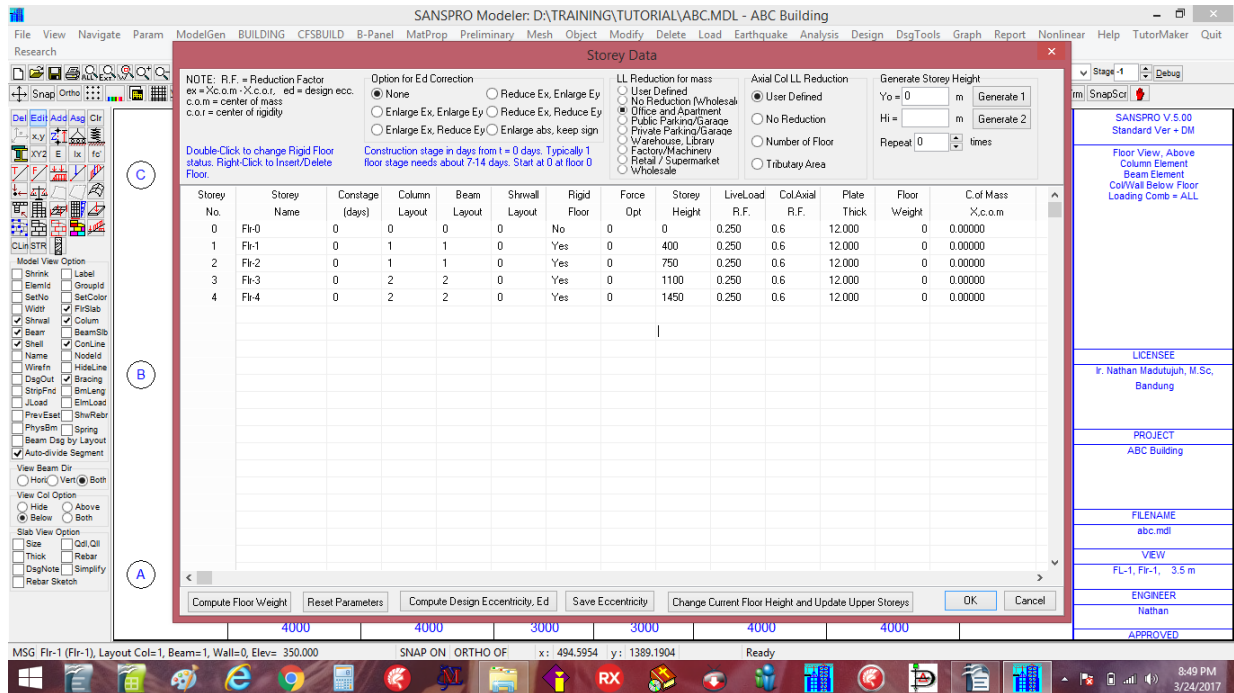
Live Load Reduction Factor untuk EQ Load Comb : **0.50**

Live Load Reduction Factor untuk Mass calculation : **0.25**

Live Load Reduction Factor untuk Area pengaruh : **0.60 – 1.0** (tergantung posisi, bentang)

8. Generate Story Data

Kita akan menentukan Building Story data dari building layout dan section yang diberikan sbb :



Set LL R.F. (Reduction Factor) = 0.25 (Klik **Office and Apartment**)

Set Column Axial R.F. = 0.60 (dari kalkulasi KLL, lihat lampiran)

Perhitungan Faktor Reduksi LL, L_{rf} :

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right)$$

Dimana :

- L = Reduced Live Load
- L₀ = Unreduced Live Load
- A_T = Tributary Area dalam m²
- k_{LL} = Koefisien luas (lihat tabel dibawah)

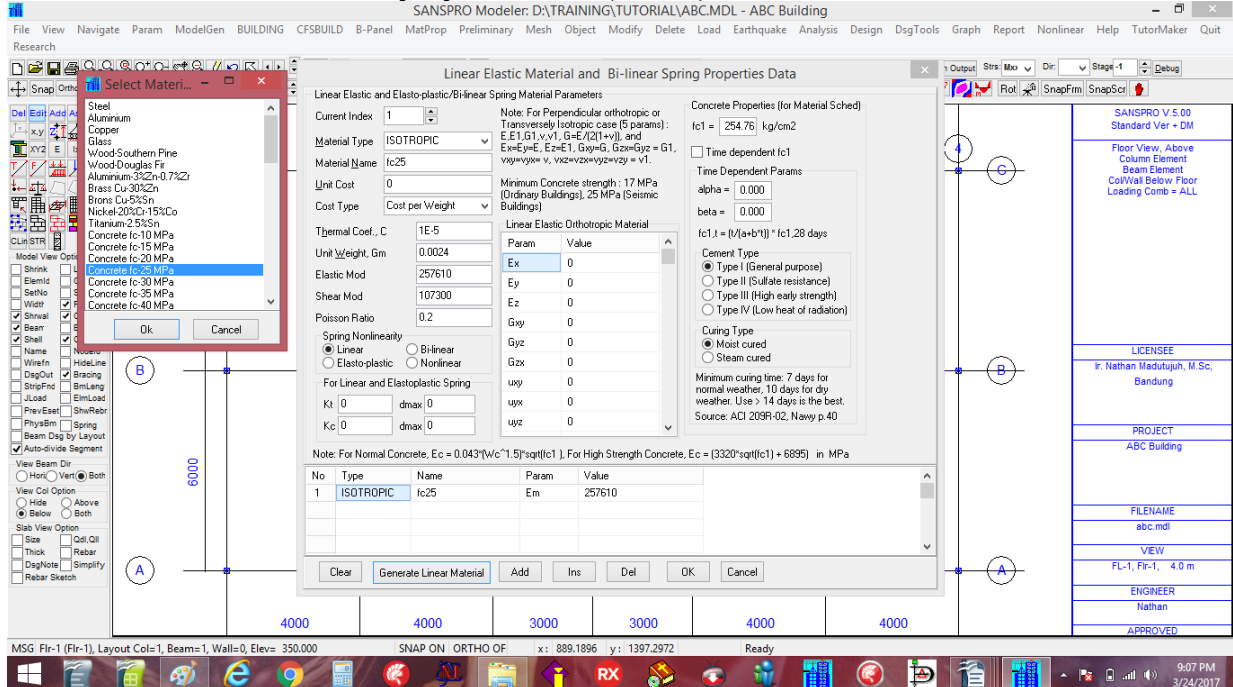
Location	k _{LL}
Interior column	4
Edge column	3
Corner column	2
Edge, interior Beam	2
Cantilever beam	1
Floor Slab	1

9. Generate Element Properties

Element data set properties dibagi kedalam 4 tabel sbb:

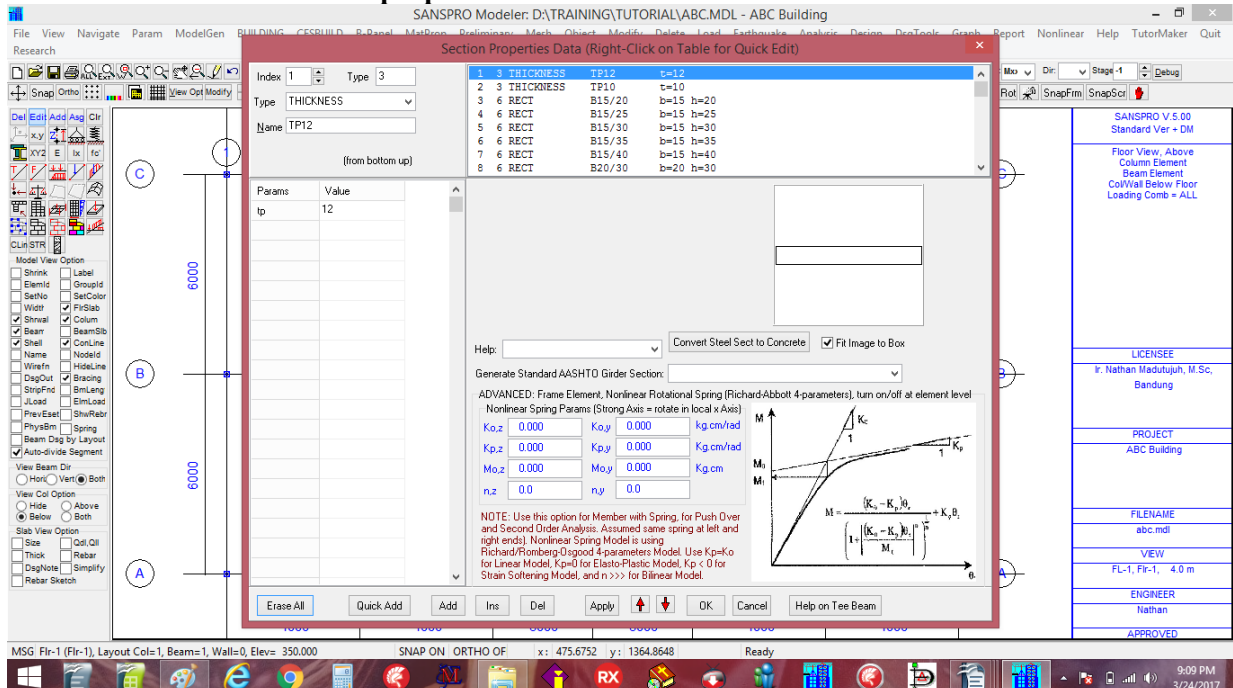
- Material Table : Mengandung material data, E, unit weight, poisson ratio, dll
- Section Table : Mengandung section size, b, h, dll
- Design Table : Mengandung f_c' , f_y , db , dbv , dll
- ELSET Table : Mengkombinasikan ketiga tabel diatas kedalam satu ELSET table

Material Table : Klik menu **Matprop – Material (Linear)**



Klik [Generate Linear Material] – pilih Concrete f_c' 25 Mpa

Section Table: Klik menu **Matprop - Section**



Data Section sudah dihasilkan dengan Wizard. Tidak ada yang perlu dilakukan.

Tabel ini dapat ditambah/dikurangi jika perlu, jika diubah maka tabel ELSET juga perlu diubah.

Kita memerlukan $K1 = K50/50$, tetapi tabel section yang ada tidak memiliki $K50/50$, max hanya $K40/40$. Silahkan ubah Section No. 22 : dari $K35/35$ menjadi $K50/50$ untuk langkah berikutnya.

Ubah Section 22 dari K35/35 menjadi K50/50:

SANSPRO Modeler: D:\TRAINING\TUTORIAL\ABC.MDL - ABC Building

Section Properties Data (Right-Click on Table for Quick Edit)

Index	Type	Section	b	h
17	6	RECT	K10/10	b=10 h=10
18	6	RECT	K15/15	b=15 h=15
19	6	RECT	K20/20	b=20 h=20
20	6	RECT	K25/25	b=25 h=25
21	6	RECT	K30/30	b=30 h=30
22	6	RECT	K50/50	b=50 h=50
23	6	RECT	K40/40	b=40 h=40
24	6	RECT	K15/20	b=15 h=20

Params Value

b	50
ht	50
bf	50
tf	0

Generate Standard AASHTO Girder Section:

ADVANCED: Frame Element, Nonlinear Rotational Spring (Richard-Abbott 4-parameters), turn on/off at element level

Nonlinear Spring Params (Strong Axis = rotate in local x Axis)

Ko,z	0.000	Ko,y	0.000	kg	cm/rad
Kp,z	0.000	Kp,y	0.000	Kg	cm/rad
Mo,z	0.000	Mo,y	0.000	Kg	cm
n,z	0.0	n,y	0.0		

NOTE: Use this option for Member with Spring, for Push Over and Second Order Analysis. Assumed same spring at left and right ends. Nonlinear Spring Model is using Richard-Abbott 4-parameters Model. Use Kp=Ko for Linear Model, Kp=0 for Elasto-Plastic Model, Kp < 0 for Strain Softening Model, and n >>> for Bilinear Model.

Ubah Design 22 dari K35/35 menjadi K50/50:

SANSPRO Section Design Parameters

Structure Type: Ductile Non-Ductile Braced frame Wall frame

Function: General Truss Beam Column Shearwall Slab CableWire

Design Code:

- None
- Steel, ASD-89
- Steel, LRFD-89
- Steel, FBB1-81
- Steel, FBB1-2002
- Concrete, ACI-98
- Concrete, ACI-95
- Concrete, FBB1-91
- Steel, AASHTO-98
- Concrete, AASHTO-98
- Concrete, ACI-2002
- Steel, LRFD-2002
- Concrete, FBB1-2003
- Cold-Formed Steel, AISI-2002
- Concrete, FBB1-2013
- Steel, LRFD-2014

Reinforced Concrete

Section Properties:

B	50
H	50
Bl	35
Tl	0
cv	3

Concrete Material:

Ec	254640
fc1	249
fc2	112
ftz	49.8

Steel Material:

Kc	300
----	-----

Main Rebar / Shearwalls:

Fy	3900
delta	1.6

Strups Types: Rectangle Spiral

Strups / Shearwall horizontals:

Fyv	2400	dbv	1
spcmax	30		

Side Rebar (for 2-face columns or Shearwall verticals):

Fys	2400	dbv	1.2
inside	0	space	30

Design Code Table:

Index	Type	Section	b	h
18	7	CONCRETE_BCOL	K15/15	b=15 h=15
19	7	CONCRETE_BCOL	K20/20	b=20 h=20
20	7	CONCRETE_BCOL	K25/25	b=25 h=25
21	7	CONCRETE_BCOL	K30/30	b=30 h=30
22	7	CONCRETE_BCOL	K50/50	b=50 h=50
23	7	CONCRETE_BCOL	K40/40	b=40 h=40
24	7	CONCRETE_BCOL	K15/20	b=15 h=20
25	7	CONCRETE_BCOL	K15/25	b=15 h=25
26	7	CONCRETE_BCOL	K15/30	b=15 h=30

DsgType: CONCRETE_BCOL

Name: K50/50

Tabel Elset akan secara otomatis menampilkan perubahan ini:

Column Element Data

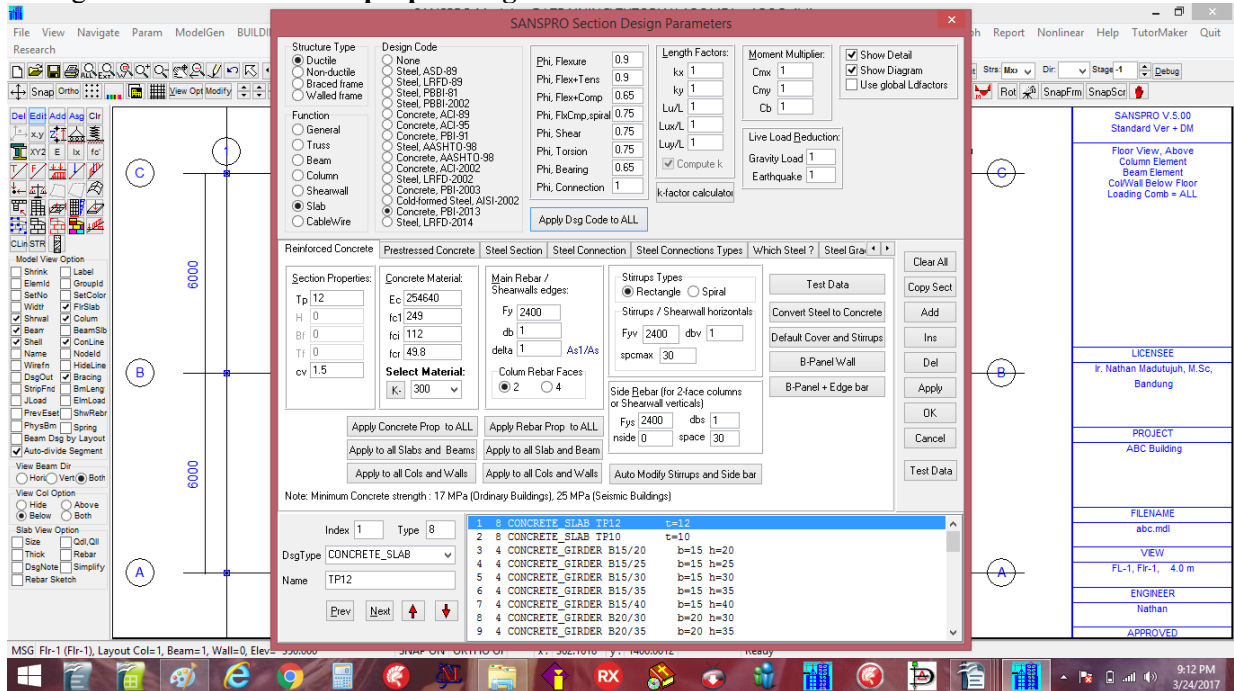
Elset: 22

Section: K50/50

Element Data Set (ELSET) Editor

ELSET	Material	Section	Design	Texture	Section Name	RGB Color	Texture File
20	1	20	20	0	K25/25		
21	1	21	21	0	K30/30		
22	1	22	22	0	K50/50		
23	1	23	23	0	K40/40		
24	1	24	24	0	K15/20		
25	1	25	25	0	K15/25		
26	1	26	26	0	K15/30		
27	1	27	27	0	K15/35		
28	1	28	28	0	K15/40		

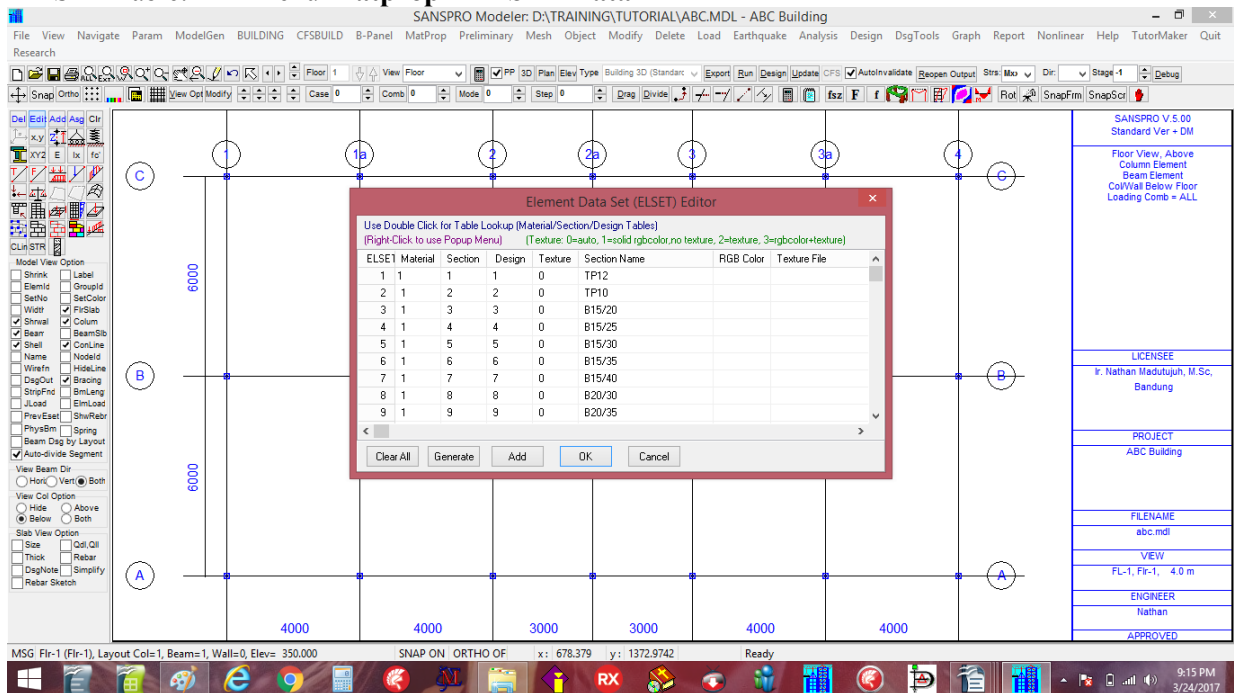
Design Data: Klik menu **Matprop - Design**



pilih Design Code : **Concrete PBI-2013**, Klik [**Apply Dsg Code to ALL**]
 pilih Material : **K-300 (fc'25)**, Klik [**Apply Concrete Properties to ALL**]

Ubah Tabel ELSET:

ELSET Table: Klik menu **Matprop – ELSET Data**



Dari Tabel ELSET ini dapat terlihat bahwa semua indeks material adalah 1 (menggunakan material yang sama fc' 25 Mpa), sementara indeks data section dan design adalah dari 1..41.

Tabel ELSET ini akan digunakan untuk memilih jenis element data ketika akan menambah elemen.

10. Generate Column elements

Setelah kita menentukan semua element properties dan load combination, sekarang kita dapat menentukan elemen struktur, dimulai dari elemen kolom sbb:

pilih Floor No. 1 (kolom dibawah lantai ini akan didefinisikan)

Klik Ikon  Klik Ikon 

Klik suatu posisi kolom dengan K1

pilih Elset 22 = K50/50, Klik [OK] (Jika masih tampak K35/35, lihat atas)

Klik untuk posisi kolom dengan ukuran K1 juga

untuk kolom K2:

Klik Ikon  Klik Ikon 

Klik suatu posisi kolom dengan K2



pilih Elset 23 = K40/40, Klik [OK]

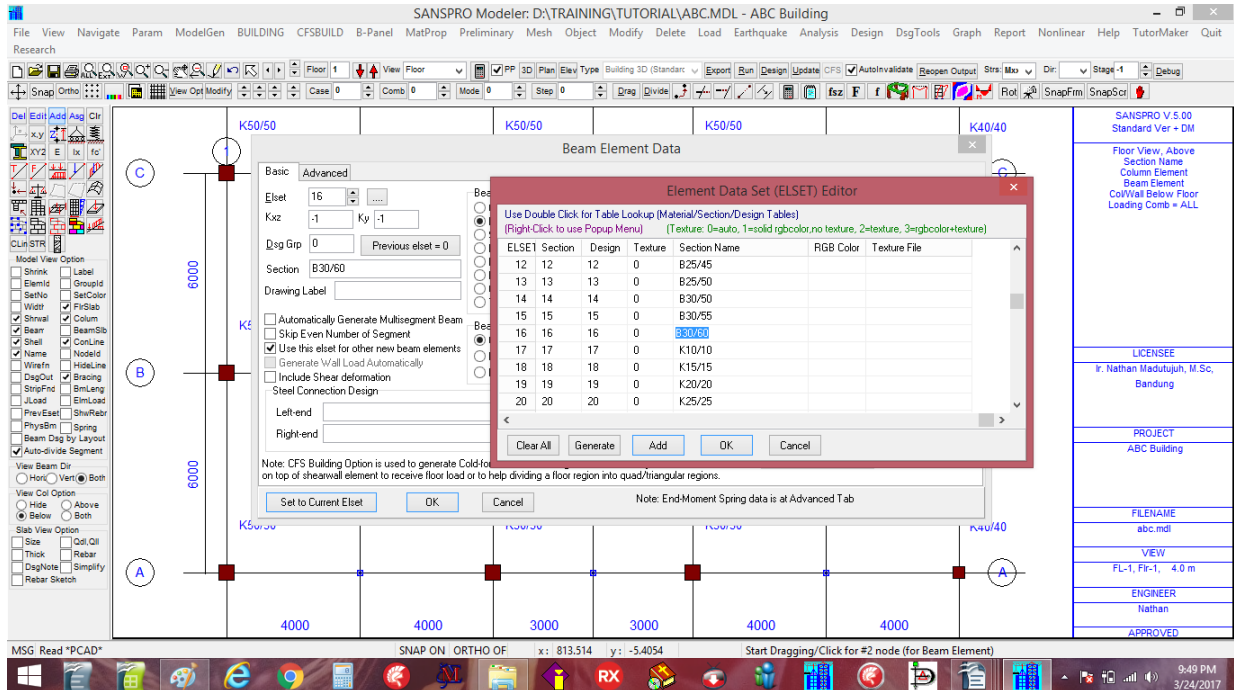
Klik untuk posisi kolom lain dengan ukuran K2 juga



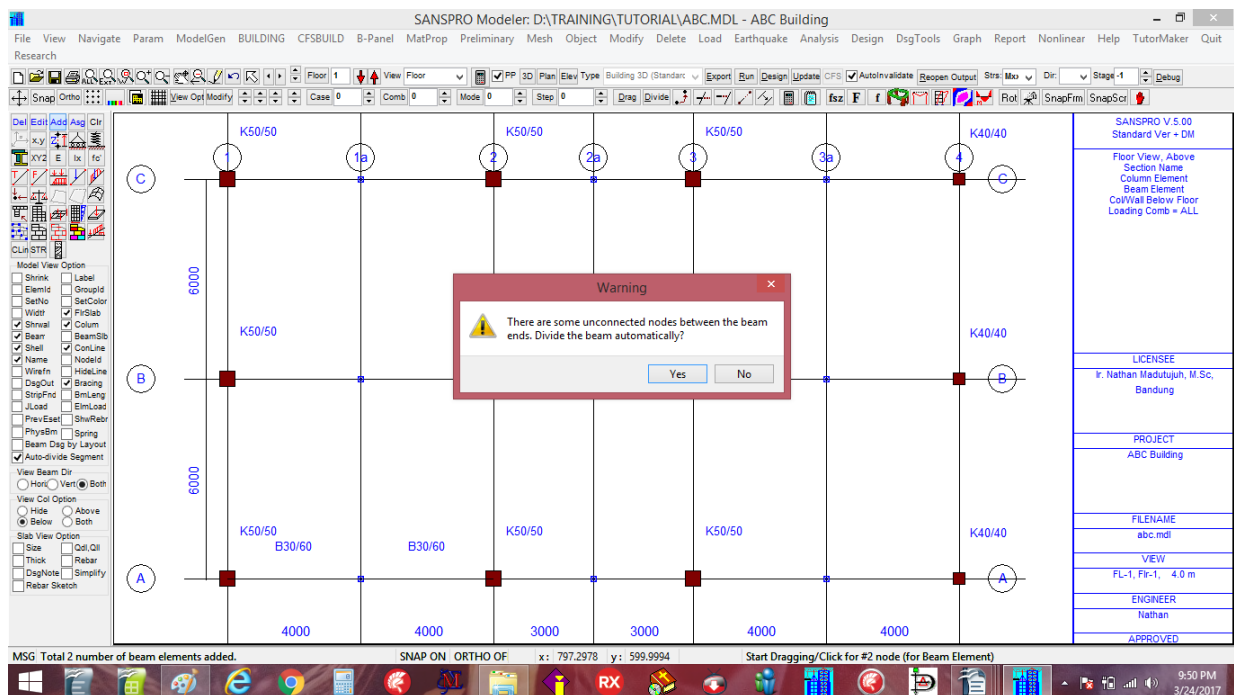
Column Layout untuk floor 1 dan 2 adalah :

11. Generate Beam elements

Klik Ikon  Klik Ikon 
Klik titik pertama dari suatu balok dengan ukuran **B1 = 30/60**
Drag ke titik kedua sepanjang garis balok yang ukurannya sama
 pilih Elset 16 = B30/60, Klik [OK]





(Jika garis drag melewati beberapa titik, Jawab dengan [Yes] untuk pertanyaan Auto-Divide beams)



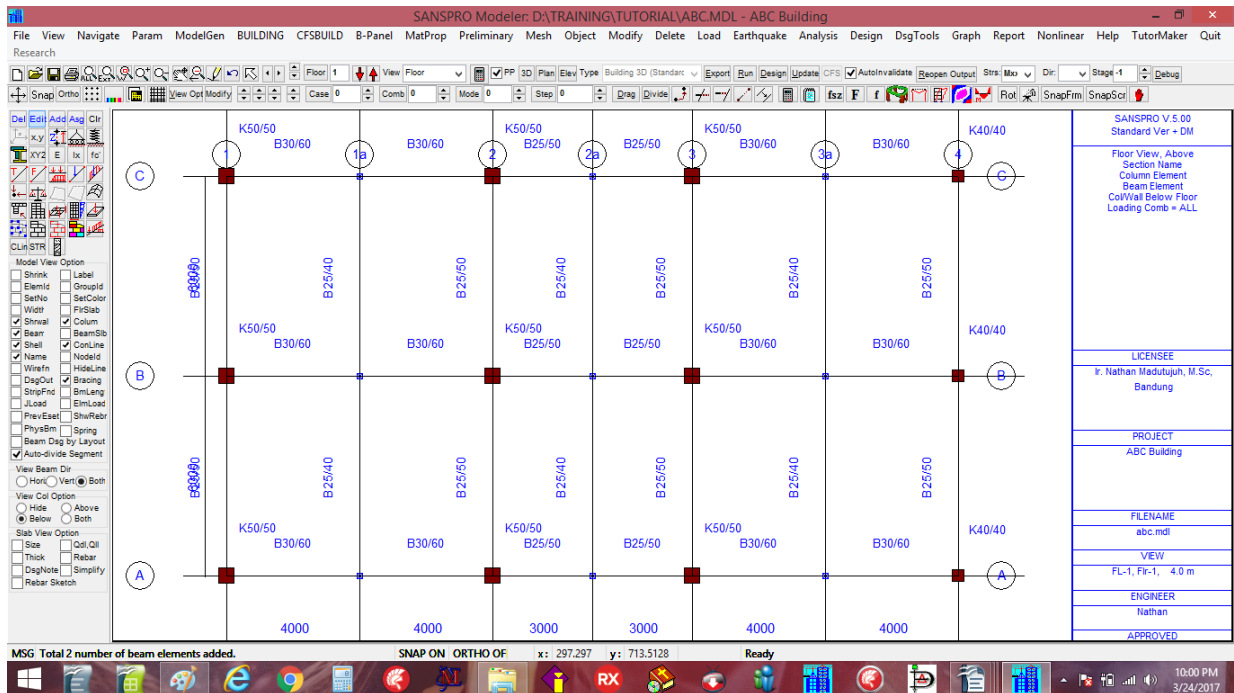
untuk garis balok line yang ukurannya sama:

Klik titik pertama dari balok dengan ukuran **B1 = 30/60**
Drag ke titik kedua dari garis balok yang ukurannya sama
 (Jika garis drag melewati beberapa titik, Jawab dengan [Yes] untuk pertanyaan Auto-Divide beams)

untuk balok lainnya dengan ukuran berbeda: B25/50, B25/40

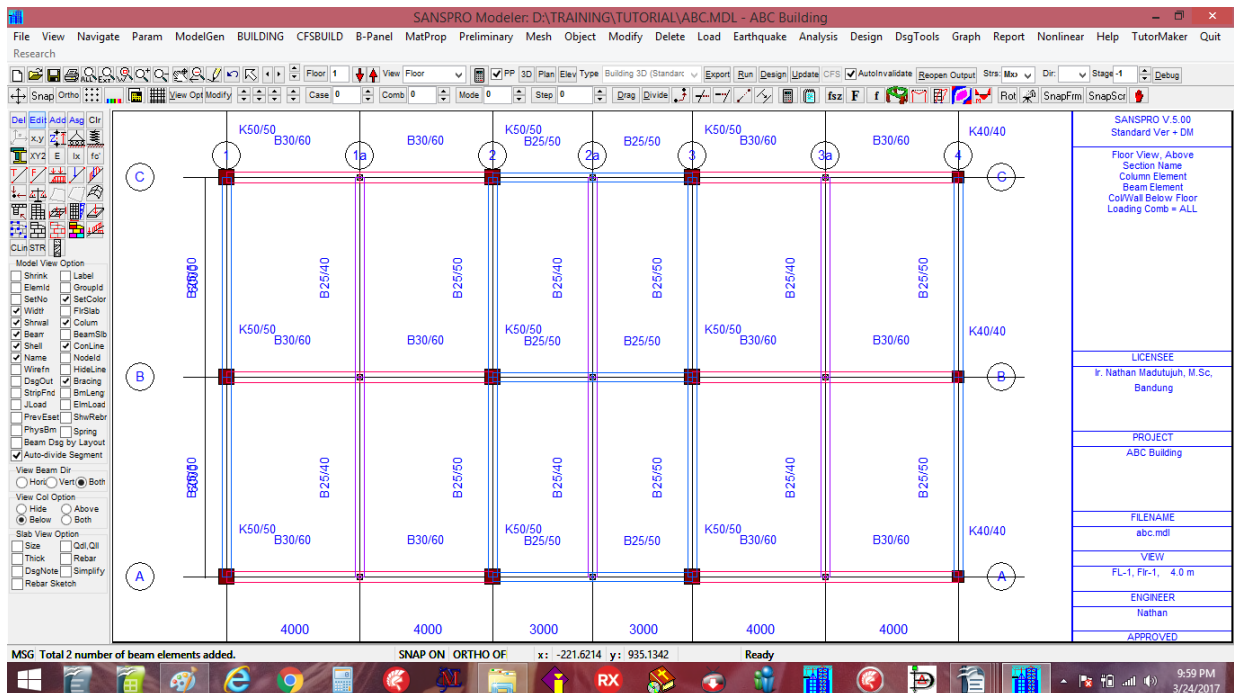
Klik Ikon  Klik Ikon 
Ulangi langkah lainnya (pilih Elset 11 untuk B25/40 dan Elset 13 untuk B25/50)

Setelah semua balok didefinisikan, floor layout akan terlihat sbb:




Klik checkbox Width untuk menampilkan ketebalan balok

Klik checkbox Set Color untuk menampilkan balok dengan warna berbeda tergantung ELSET nya



Karena penggunaan layout oriented modelling, semua kolom dan balok pada lantai 1 dan 2 yang layoutnya sama akan secara otomatis terdefiniskan. Dapat dibuktikan dengan pergi ke lantai 1 atau 2. Setiap perubahan dibuat pada lantai 1 akan juga berlaku pada lantai 2 dan sebaliknya.

Catatan:

- untuk menambah elemen shearwall, prosedurnya mirip dengan balok kecuali menggunakan ikon 
- Shearwall dibawah lantai yang ditinjau yang akan ditambahkan

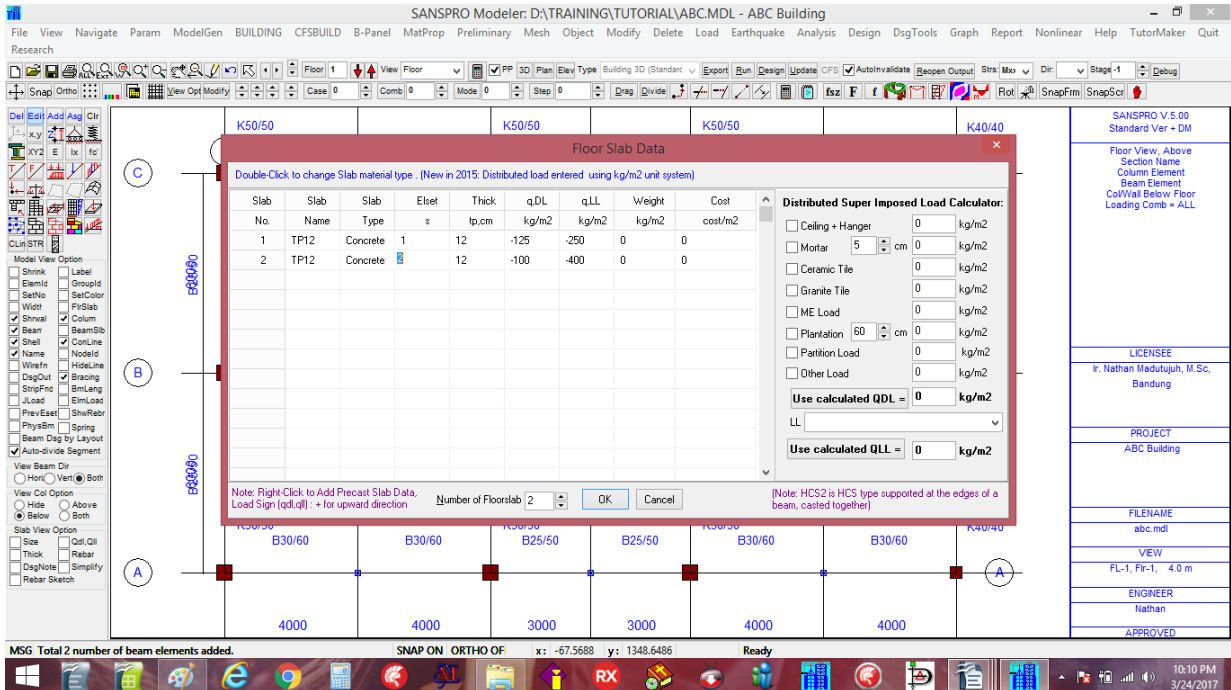
12. Generate Floor slab Table

Setelah semua balok terdefinisi, kita dapat mendefinisikan pelat lantai. Tapi sebelumnya kita perlu mendefinisikan dulu **Floor slab table**.

Klik Building – Building Floor Slab Table

Ubah TP10 di Tabel Section dan Design menjadi TP12. Ubah diameter tulangan dari 0.8 menjadi 1.0 cm, dan ubah $f_y = 2400$ menjadi 3900 kg/cm^2

Edit untuk qDL dan qLL sebagai berikut:



The screenshot shows the SANSPRO Modeler interface with the 'Floor Slab Data' dialog box open. The dialog box contains a table for slab data and a section for distributed super imposed load calculator.

Slab No.	Slab Name	Slab Type	Elses	Thick	q,DL	q,LL	Weight	Cost
1	TP12	Concrete	1	12	-125	-250	0	0
2	TP12	Concrete	1	12	-100	-400	0	0

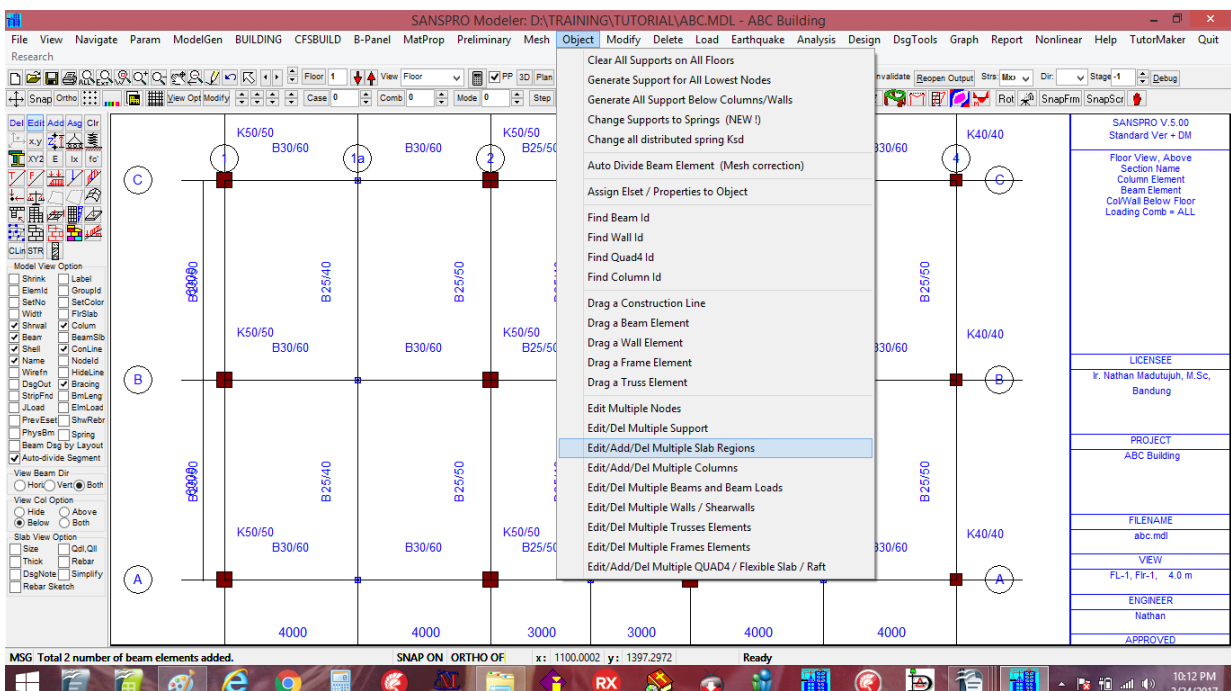
The 'Distributed Super Imposed Load Calculator' section includes checkboxes for various loads and input fields for their values. The 'Use calculated QDL' and 'Use calculated QLL' fields are set to 0 kg/m².

13. Generate Floor Slab Elements

Slab Region adalah area segitiga atau segi empat yang berisi satu bentang pelat lantai.

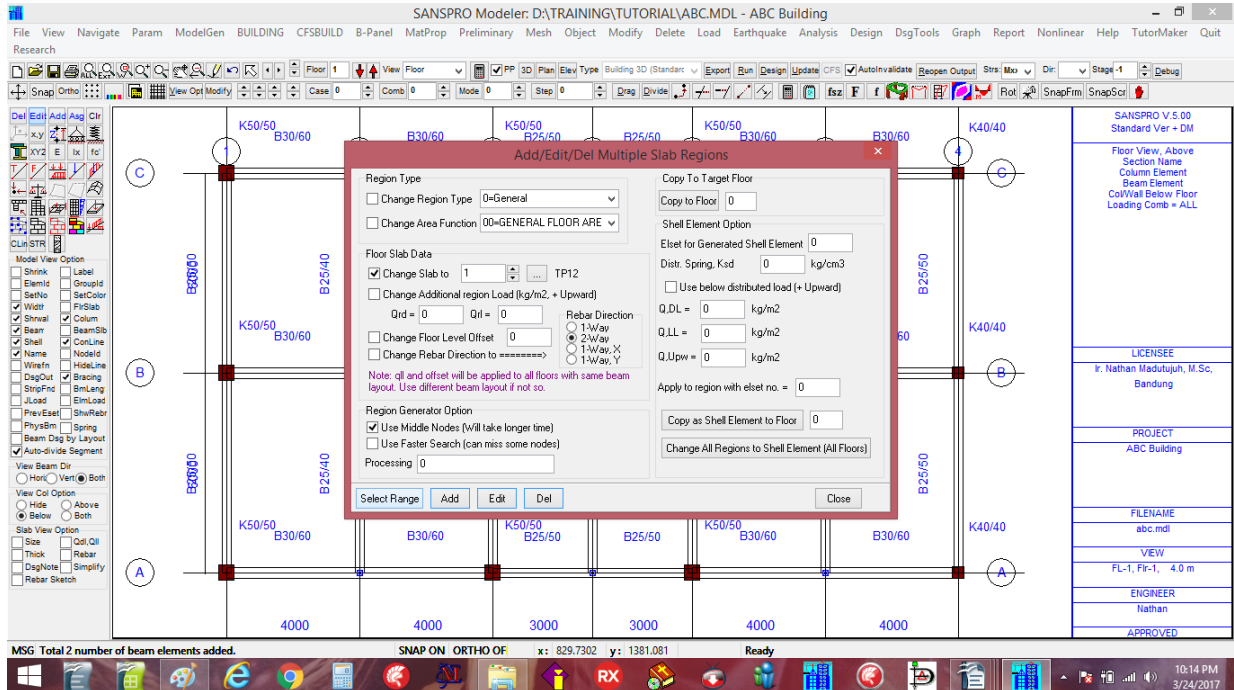
Karena layout slab region adalah beraturan dan persegi, kita dapat menggunakan **floor slab region generator** untuk menambahkan semua pelat region sekaligus. Pelat yang kurang dapat ditambahkan kemudian.

Klik menu Object – Edit/Add/Del Multiple Slab Regions

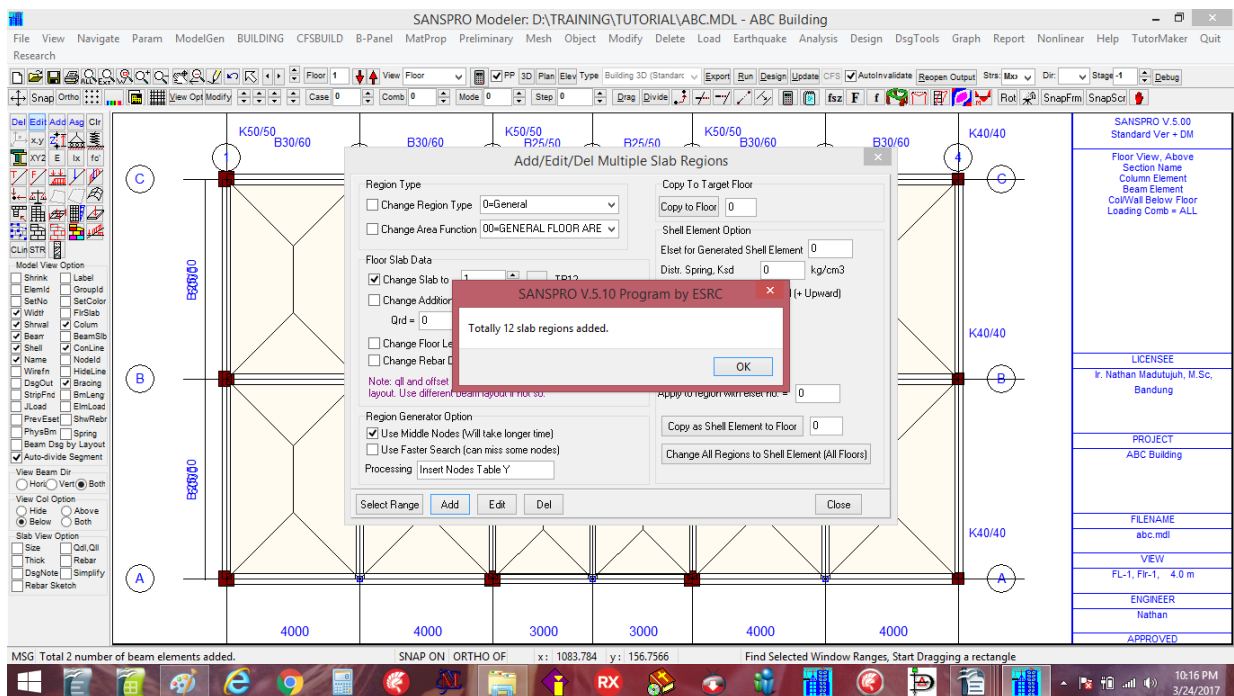


The screenshot shows the SANSPRO Modeler interface with the 'Object' menu open. The 'Edit/Add/Del Multiple Slab Regions' option is selected. The background shows a grid of beams and slabs.

Klik [x] Change Slab to → Pilih [1] Tp12



pilih suatu window range (pilih semua titik), lalu Klik **[Add]**
Total 12 Regions akan ditambahkan pada region yang dipilih.





Floor slab regions pada floor 2 akan juga mengikuti secara otomatis floor 1.

Floor dengan Layout berbeda:

untuk floor 3,4 layout, kita akan menggunakan metode lain, yaitu dengan mengcopy layout yang sudah ada dan menghapus yang tidak perlu. Kita akan melakukan ini setelah menambahkan beban balok.

Menambahkan suatu floor region secara manual:

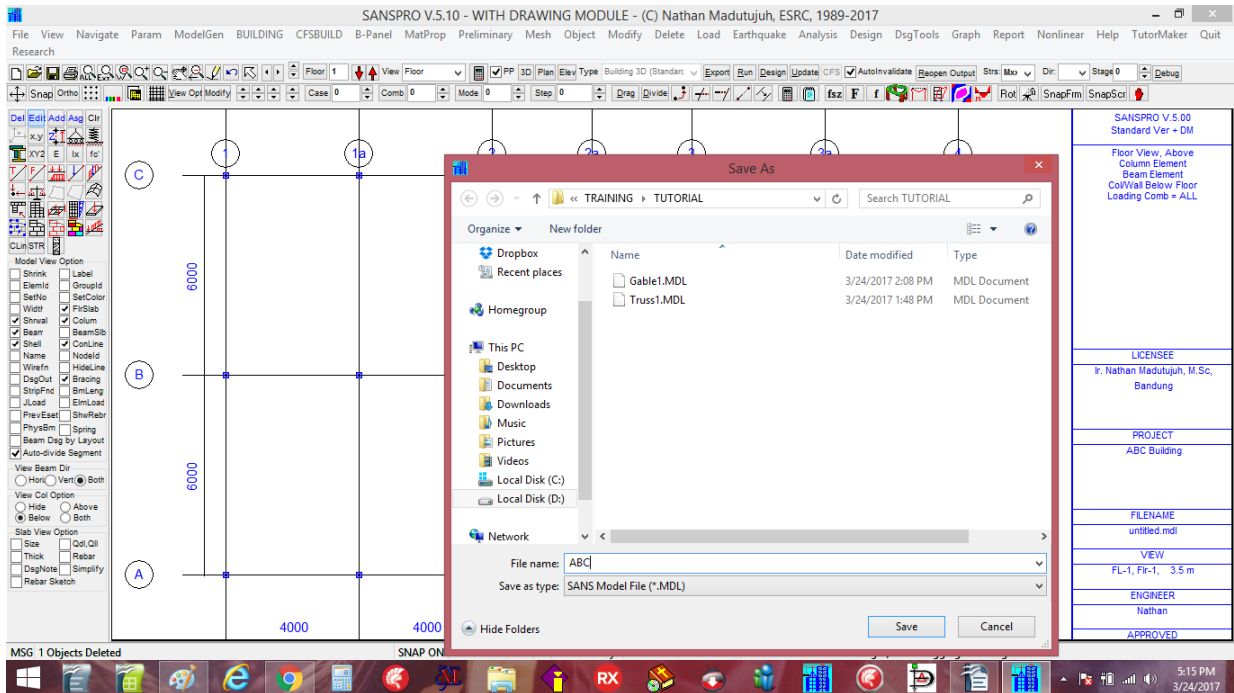
User dapat menambah suatu floor region secara manual dengan klik Ikon , Klik Ikon  dan Klik 4 titik dengan arah berlawanan jarum jam, dimulai dari sisi panjang. Untuk slab region dengan 3 titik, titik ketiga diklik 2x dilokasi yang sama.

Menyimpan model

Sebelum melanjutkan, kita akan menyimpan model tersebut terlebih dahulu :

Klik **File – Save** atau tekan **F2** dan berikan nama : ABC

Hindari nama file dengan spasi, titik, koma atau karakter diluar alfanumerik.




14. Generate Beam Load Table dan Beam Load

Beam load dari berat dinding bata akan ditambahkan sbb:

$$h_i = 3.5 \text{ m} - h_b = 3.5 - 0.5 = 3.0 \text{ m}, \quad q_{\text{wall}} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\text{beam}} = 150 \times 3 = 450 \text{ kg/m} = 4.5 \text{ kg/cm} \quad (\text{tanda negatif } (-) \text{ artinya arah beban ke bawah})$$

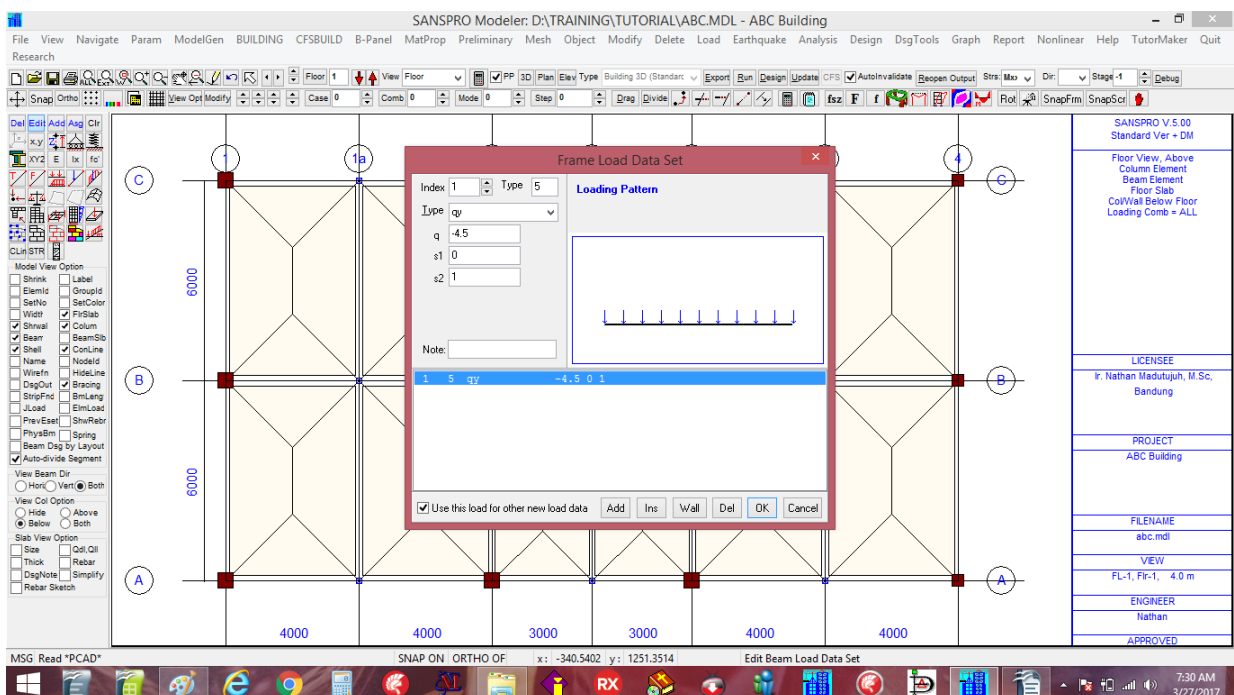
Klik Ikon  dan tambahkan data berikut ini:

Klik Ikon **[Add]**, Masukkan Type = **qy**, **q = -4.5**, **s1 = 0**, **s2 = 1**

Klik baris yang gelap, beam load yang terpilih akan ditampilkan parameternya

Ulangi untuk beam load type lainnya

Setiap beam load type dapat digunakan oleh banyak balok nantinya.



Menambahkan beam load untuk tangga/staircase:

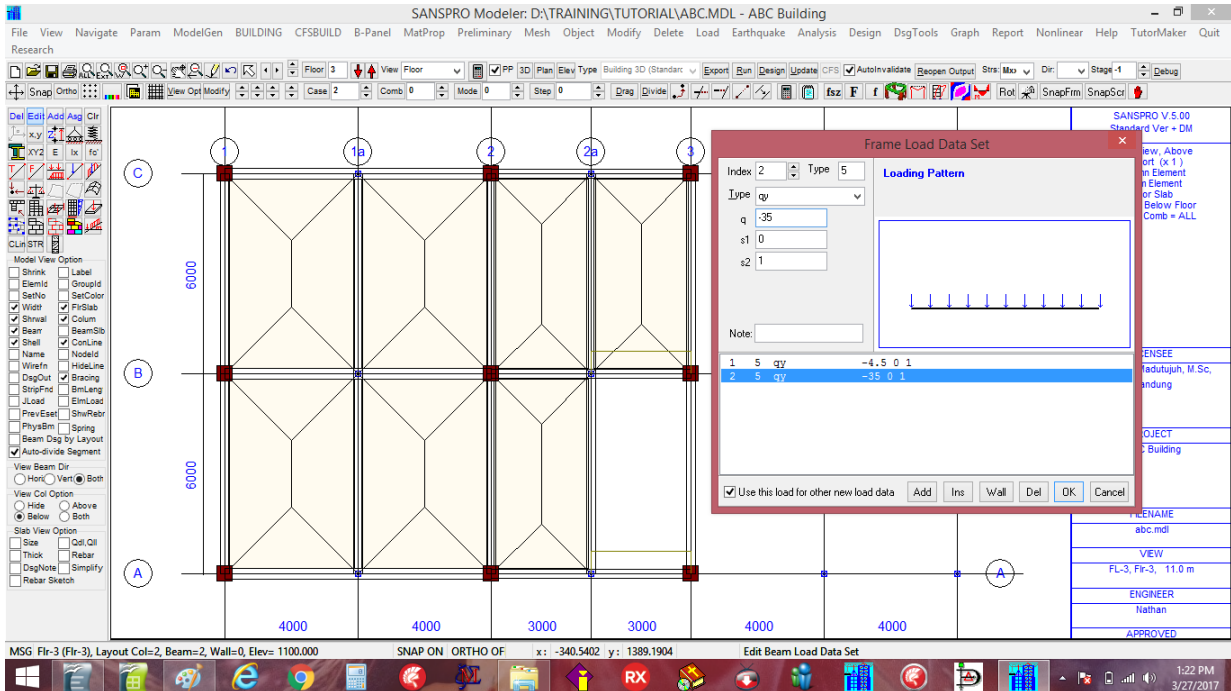
Untuk tangga dengan **U-shape**, kekakuan dari tangga kurang signifikan terhadap struktur keseluruhan, jadi hanya beratnya yang akan dimasukkan dalam model sebagai beam load.

Total panjang tangga miring = $6\text{ m} / \cos(30\text{ deg}) = 6.92\text{ m} \rightarrow$ ambil 7.0 m

Total beban tangga = 1000 kg/m^2

$q_s = 1000 \times 7 = 7000\text{ kg/m} \rightarrow$ beban ini dibagi kedalam balok atas dan bawah:

$$q_b = 7000/2 = 3500\text{ kg/m} = 35\text{ kg/cm}$$





Tambahkan beam load untuk tangga ke balok atas dan bawah tangga.

Catatan:

- Floor slab pada lubang tangga harus dihapuskan jika beam load untuk tangga digunakan.
- Untuk tangga biasa atau X, stiffnessnya cukup berpengaruh, jadi sebaiknya perlu dimodelkan sebagai Frame miring dan beban tipe 15 di frame miring tsb.

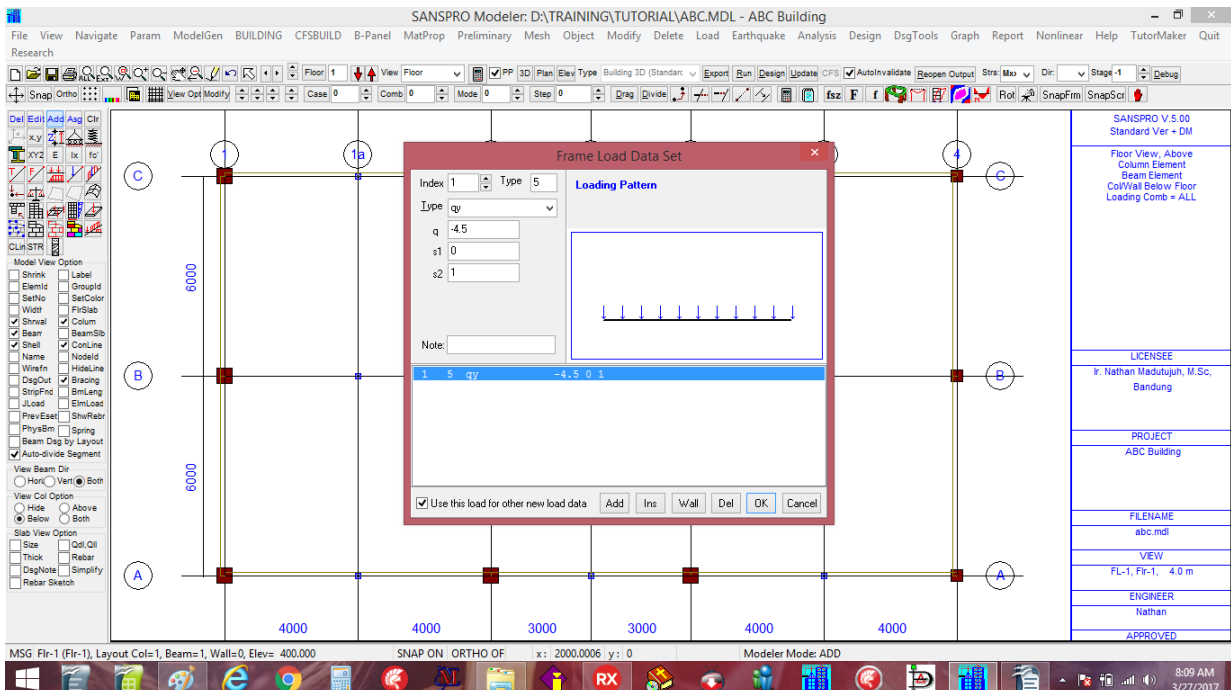
15. Menambahkan Beam Load ke balok lantai

Untuk menambahkan beban balok ke suatu balok:

- Sembunyikan Floor slab regions untuk memudahkan visual checking
- **Pergi ke floor 1**
- Klik Ikon  Klik Ikon 
- Klik suatu balok di sisi tepia
- Pilih suatu beam load dari table
- Klik [OK]
- Suatu garis kedua akan muncul pada balok yang terpilih
- Jika suatu balok memiliki lebih dari 1 beam load maka garis kedua akan berubah warna.

(Hal ini akan memudahkan user memeriksa apakah ada beban balok yang dobel atau tidak)

- Ulangi untuk balok lainnya



16. Buat model untuk Floor 3 dan 4

Floor 3 dan 4 menggunakan same layout no. 2

Kita dapat pergi ke floor 3 atau 4 dan mengulangi proses diatas ATAU

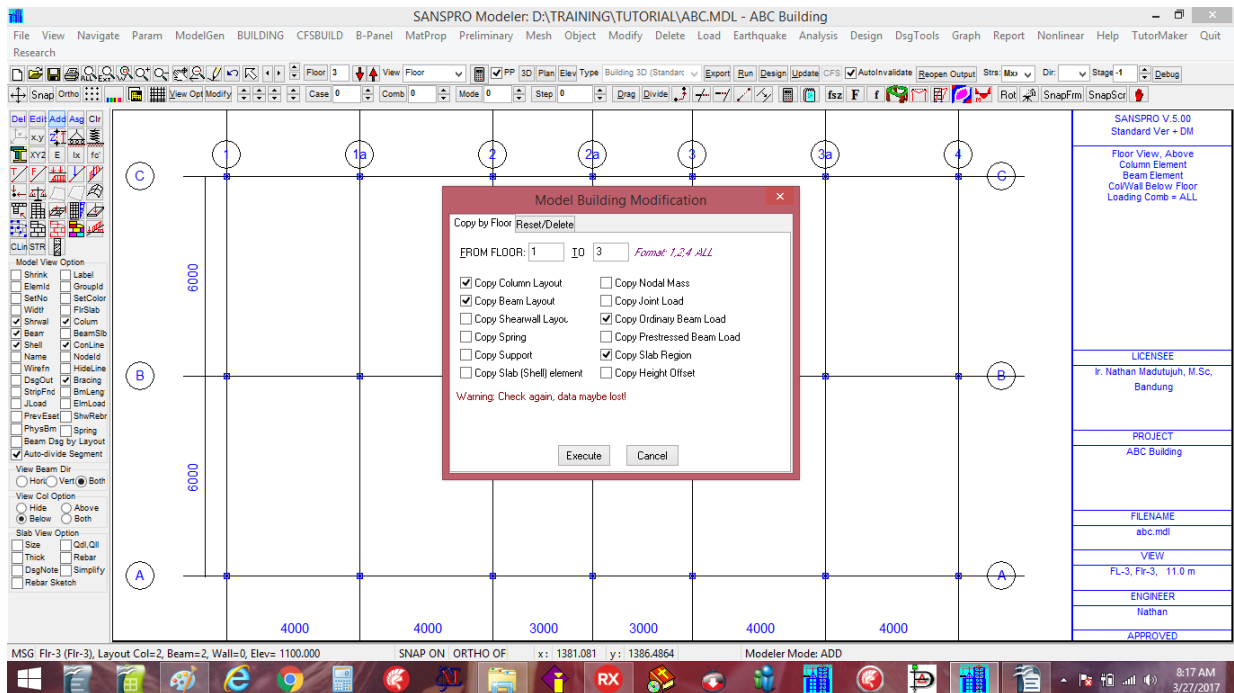
Kita dapat menggunakan fasilitas dalam SANS PRO yang dinamakan MODIFY BY FLOOR sbb:

Peringatan:

- Ini adalah feature yang sangat berguna karena dapat bekerja dalam satu atau bbrp lantai sekaligus dengan perintah yang sederhana
- Kita dapat copy atau delete suatu floor dengan mudah
- Gunakan perintah ini dengan hati2 karena dapat menghapus 1 lantai dengan mudah tanpa sengaja

Langkah2 untuk membuat data untuk floor 3 dan 4 adalah sbb:

- Pergi ke Floor **3** (Floor 4 memiliki layout yang sama dengan floor 3)
- Klik menu **Modify – Modify/Copy/Delete Objects dengan Floor**
- masukkan data berikut ini: (lihat gambar dibawah)

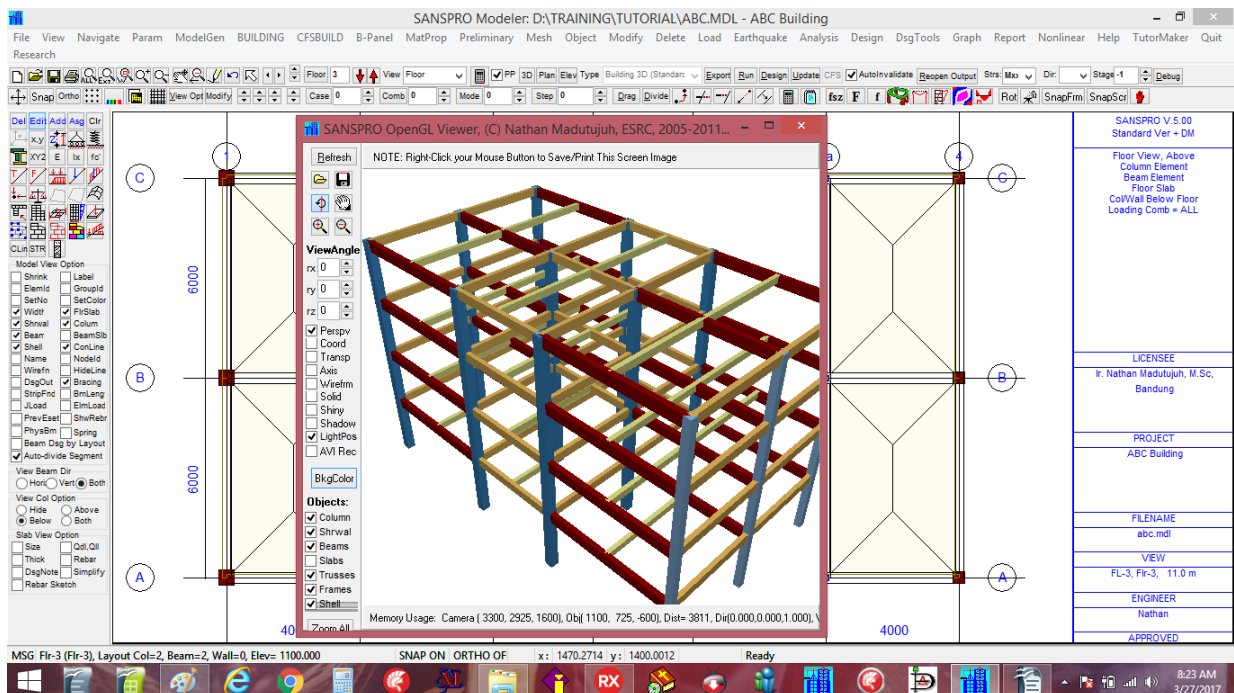


Disini kita akan menyalin data dari floor 1 (dengan layout no. 1) ke floor 3 (dengan layout no. 2) :

- [x] Copy Column Layout
- [x] Copy Beam Layout
- [x] Copy Ordinary Beam Load
- [x] Copy Slab Regions

- Klik [Execute] setelah memasukkan data, jawab dengan YES
- Sekarang floor no. 3 dan 4 akan tampil
- Kita harus menghapus beberapa objek untuk mendapatkan model yang benar

3D Visual Checking (Klik Ikon)




Dari View 3D kita dapat melihat bahwa floor 3 dan 4 sekarang memiliki layout yang mirip dengan layout floor 1 dan 2. Namun kita masih perlu menghapus beberapa objek di lantai 3 dan 4 agar sesuai dengan yg ada.

16. Menghapus Objek

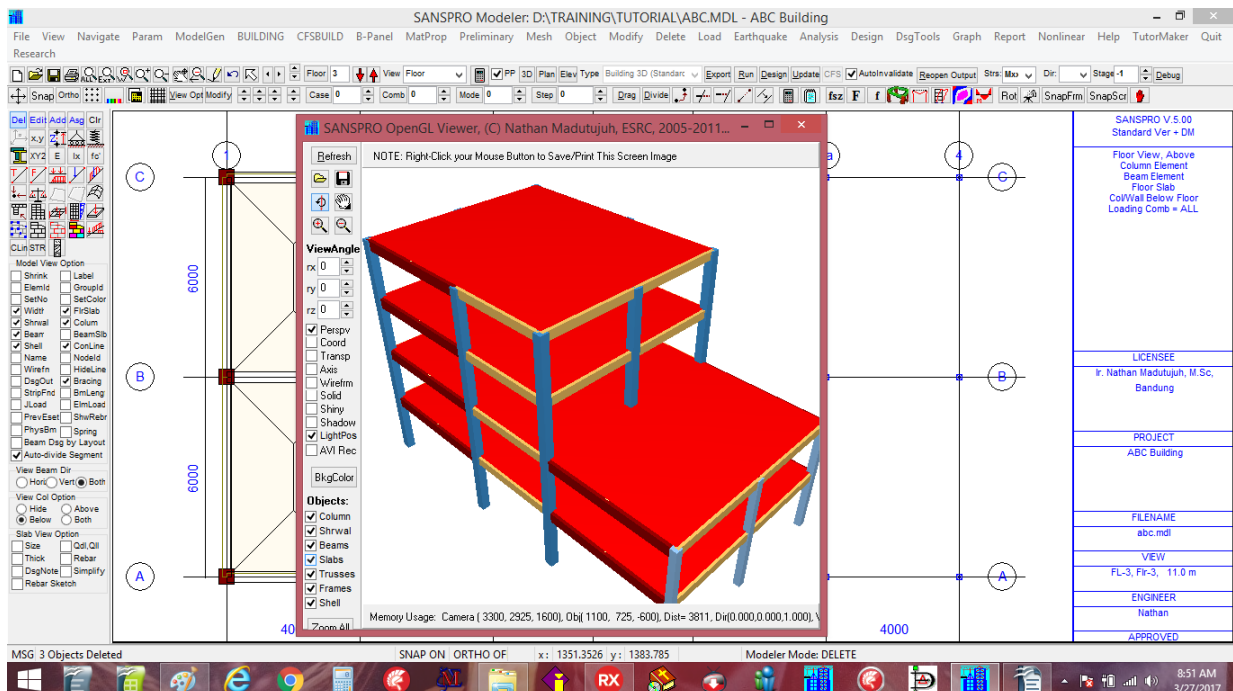
Note: - Hati2 dalam menggunakan perintah **Delete** karena SANSPRO hanya menyediakan **UNDO** yang terbatas untuk perintah Delete

Untuk menghapus suatu objek :

- Klik Ikon objek yang akan dihapus
- Klik Ikon **Del**
- Klik di tengah objek yang mau dihapus (ulangi untuk objek lain) (Objek terpilih akan berubah warna menjadi merah)
- Klik Ikon **Del** kembali untuk konfirmasi dan → objek terpilih akan dihapus
- Atau kalau tidak jadi Delete, klik ikon Redraw saja 

Note: Ulangi untuk objek kolom, balok, slab region


- **3D Visual Checking (Klik Ikon )**



Sekarang floor 3 dan 4 sudah memiliki objek yang sesuai dan terlihat lebih kecil dari lantai 1,2. Klik Ikon **[x]** Slabs untuk melihat objek **slab region** pada 3D View.

17. Menentukan Titik Tumpuan

Objek terakhir yang perlu didefinisikan adalah Titik Tumpuan (nodal supports) yang dapat dilakukan dengan 2 metode. Pertama, pindah dulu ke floor 0.

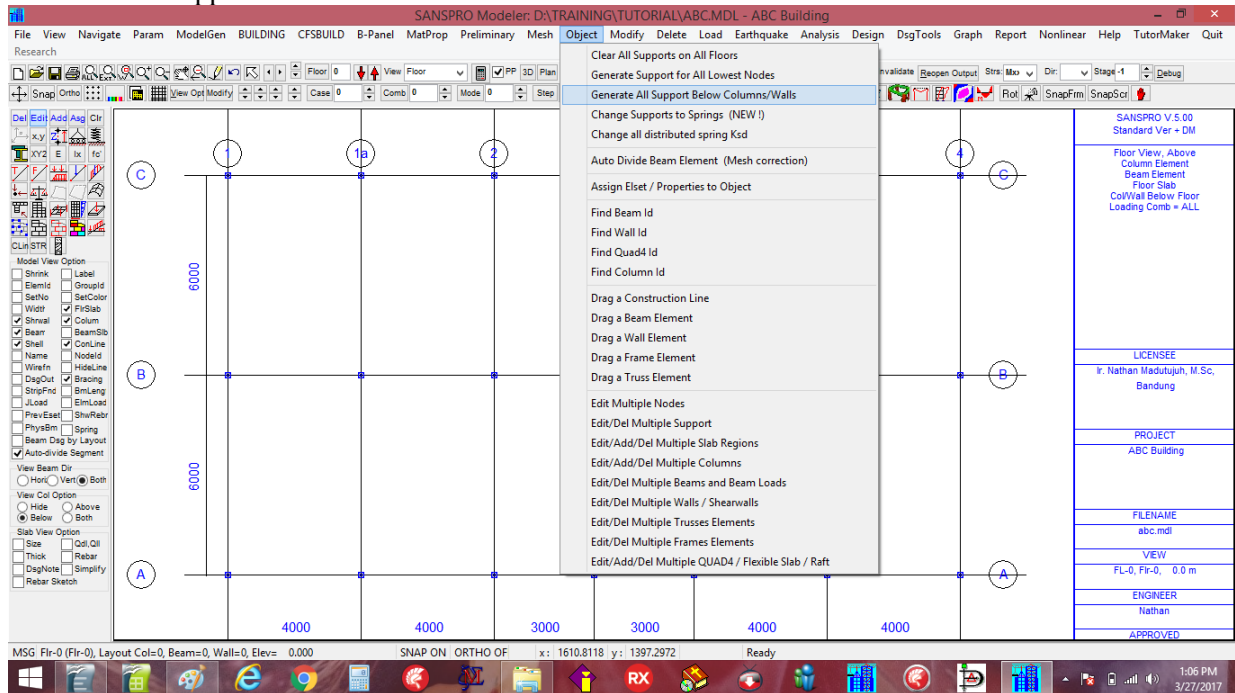
User dapat menambahkan suatu titik support secara manual mirip dengan menambah suatu kolom, dengan mengklik Ikon  dan Ikon **Add**, Lalu pilih support type yang tersedia : hinged, rolled, fixed atau general type (user defined type). Ulangi untuk semua titik support.

Metode lain yang lebih mudah untuk membuat semua titik tumpuan sekaligus adalah dengan klik menu **Object – Generate all supports below columns** atau **walls**, Lalu pilih jenis support..

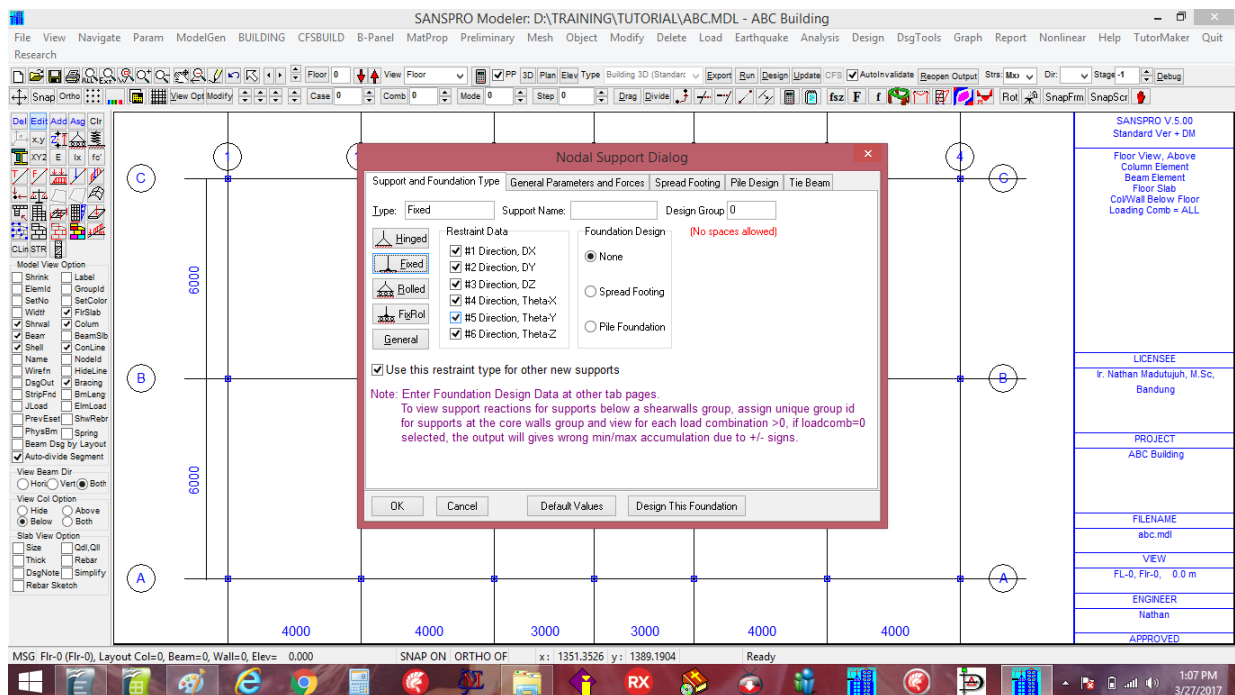
Semua titik support dibawah kolom atau shearwall akan ditambahkan secara otomatis.



Generate all supports below columns atau walls

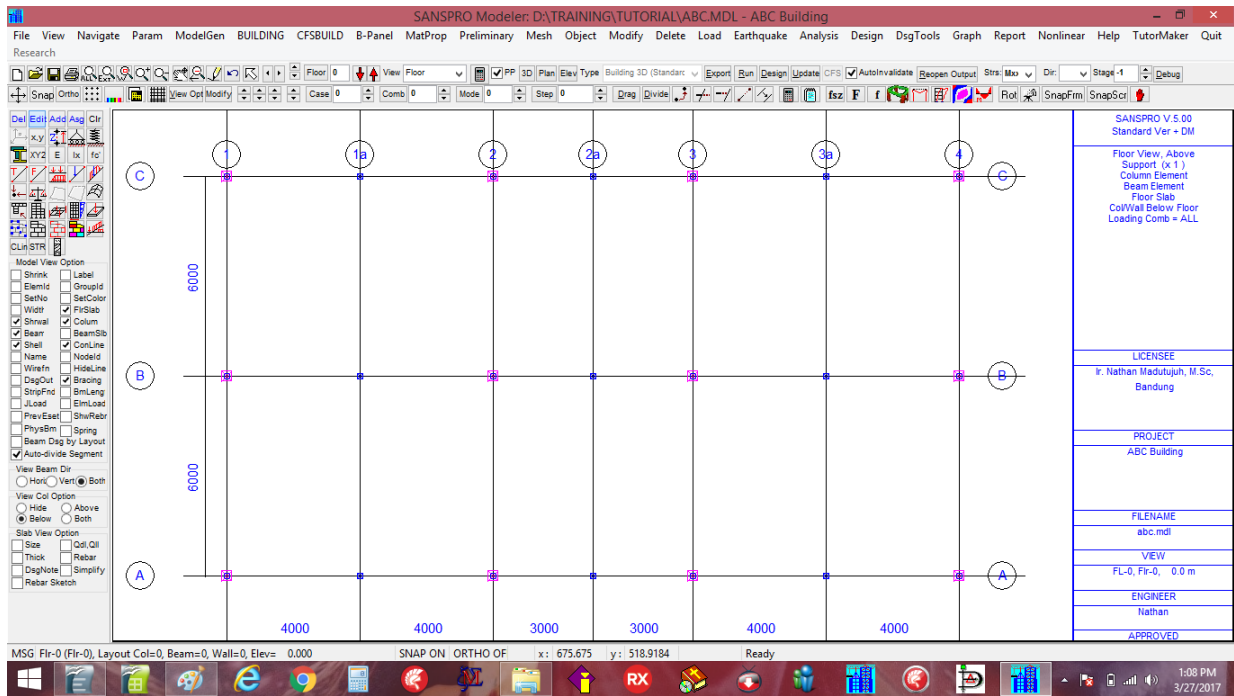


Jawab pertanyaan “Clear all support at this floor ?” with Yes.
Pilih Nodal Support type dan Klik [OK].

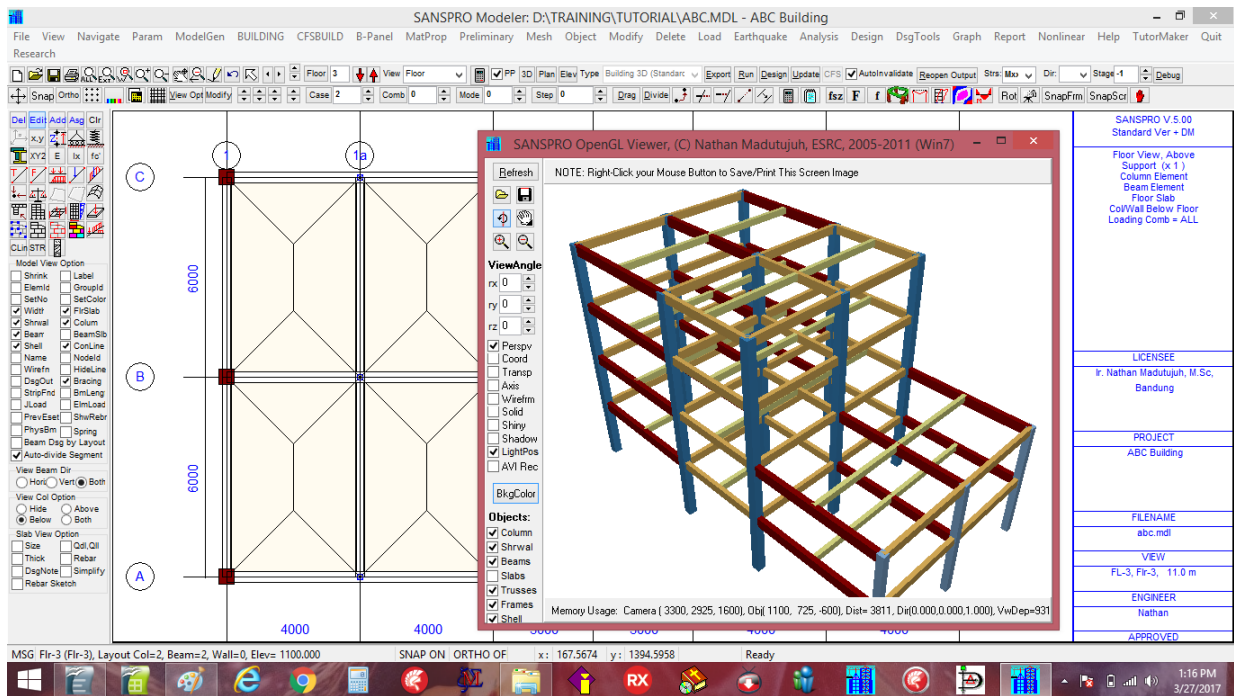


Semua titik support dibawah kolom atau shearwall akan ditambahkan secara otomatis.

Semua titik tumpu akan dihasilkan :



Sekarang model lengkap geometri gedung ini sudah diselesaikan. Kita dapat melanjutkan dengan membuat earthquake load, analisis dan proses disain.

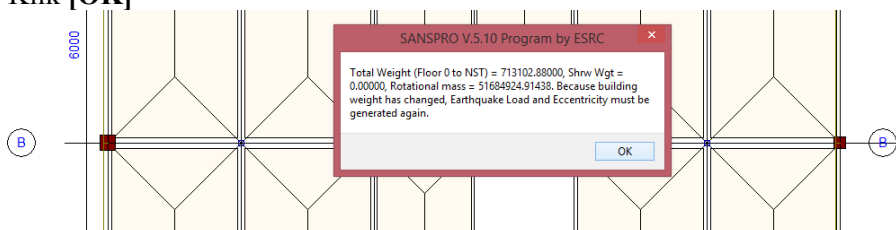


18. Compute Floor Weight (diperlukan sebelum menghitung Beban Gempa Ekuivalen)

Berat semua lantai gedung harus dihitung sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya.

Klik menu **Building – Compute Building All Floors Weight**

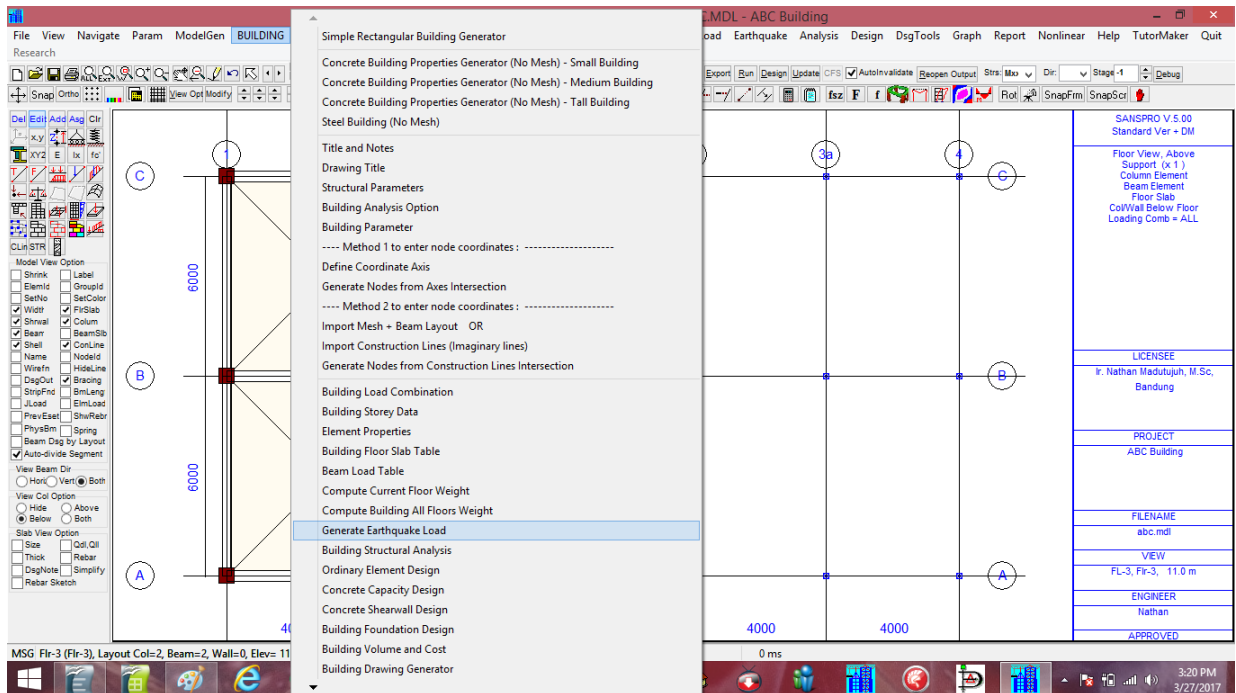
Klik [OK], Klik [OK]



Total Weight = **713102.88** kg (kalau berbeda berarti ada yang tidak sama: koordinat, beban, ELSET dsb)

19. Generate Earthquake Load

Setelah Building Weight dihitung, kita dapat menghitung beban gempa Static Equivalent Earthquake Load. Klik **Building – Generate Earthquake Load**



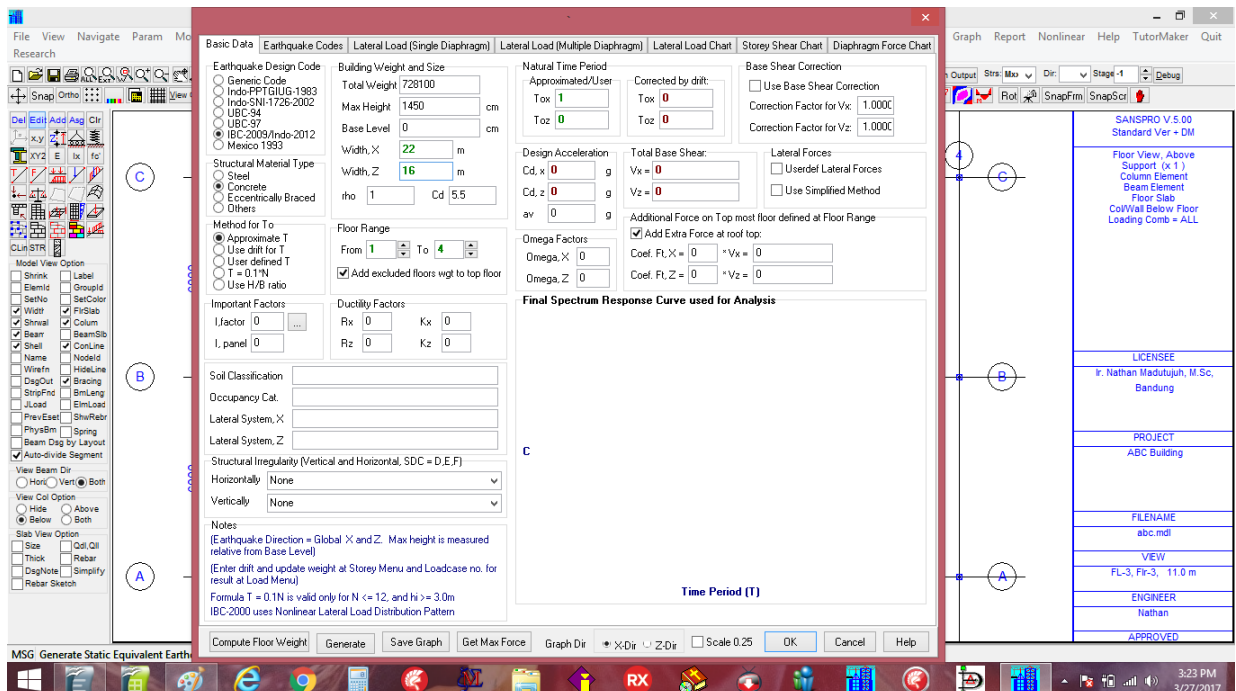
Menu untuk **Earthquake Load generator** akan muncul:

Pada **Basic Data Page**:

Earthquake Design Code : **IBC-2009/Indo-2012 (SNI-1726-2012)**

Masukkan Building Width, $X = 22\text{m}$, Width, $Z = 16\text{m}$ (Jarak antara kolom terjauhi arah X,Z)

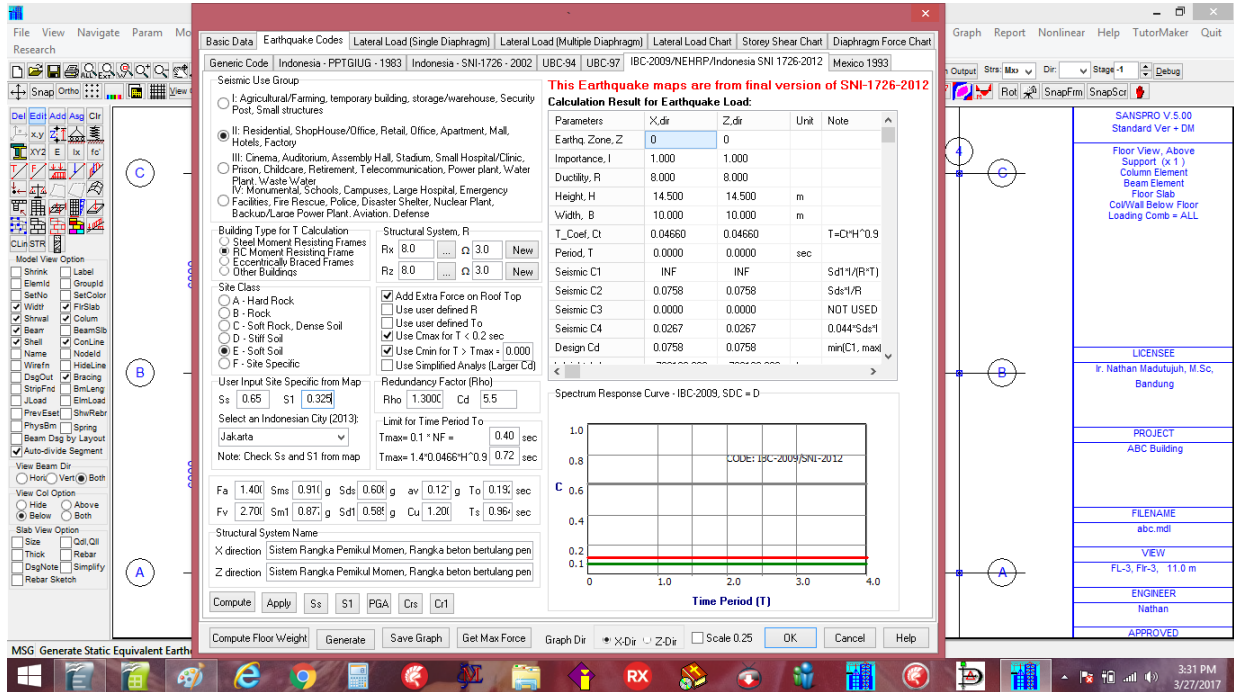
Building Height akan dihitung secara otomatis dengan Program SANS PRO.



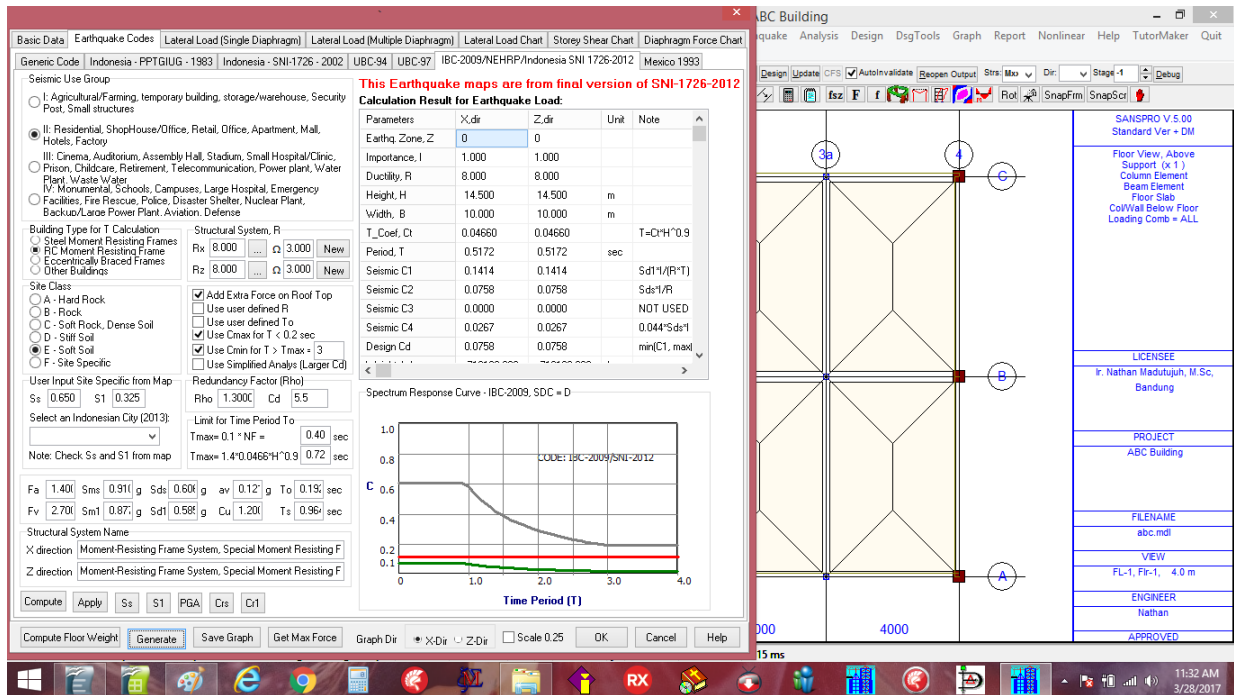
Pergi ke halaman **Earthquake Codes**:

masukkan data berikut ini:

Seismic Use Group : II : Residential, Shophouses, Office, Retail, Apartment, Mall, Hotel, Factory
 Building Type untuk T Calculation : RC Moment Resisting Frames
 Site Class : E - Soft Soil
 $R_x = 8.0$, $\Omega = 3.0$, $Rho = 1.3$, $C_d = 5.5$
 $R_z = 8.0$, $\Omega = 3.0$, $S_s = 0.65$, $S_1 = 0.325$ (untuk Jakarta area)
 [x] Use Cmin untuk $T > T_{max} = 3.0$ secs



Klik [Compute], Klik [Apply], Klik [Generate]
 Beban gempa dinamik dan Kurva Respon Spektrum sekarang sudah selesai didefinisikan.

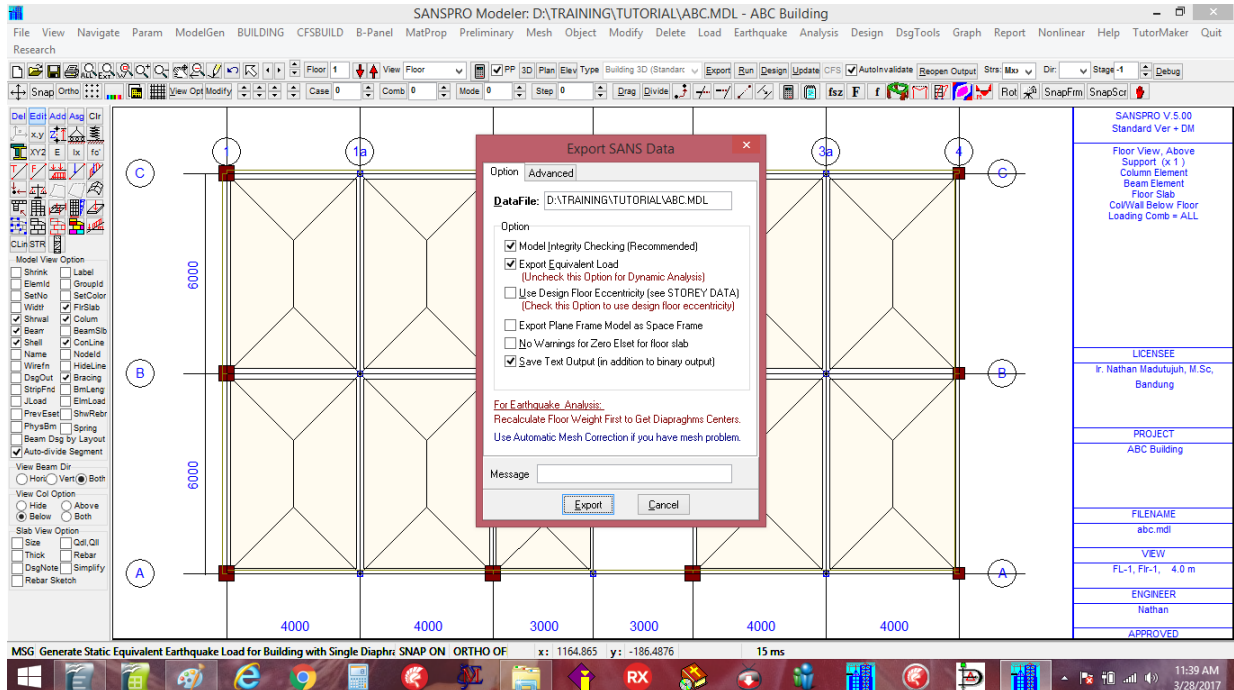


Mempersiapkan untuk tahap analisis:

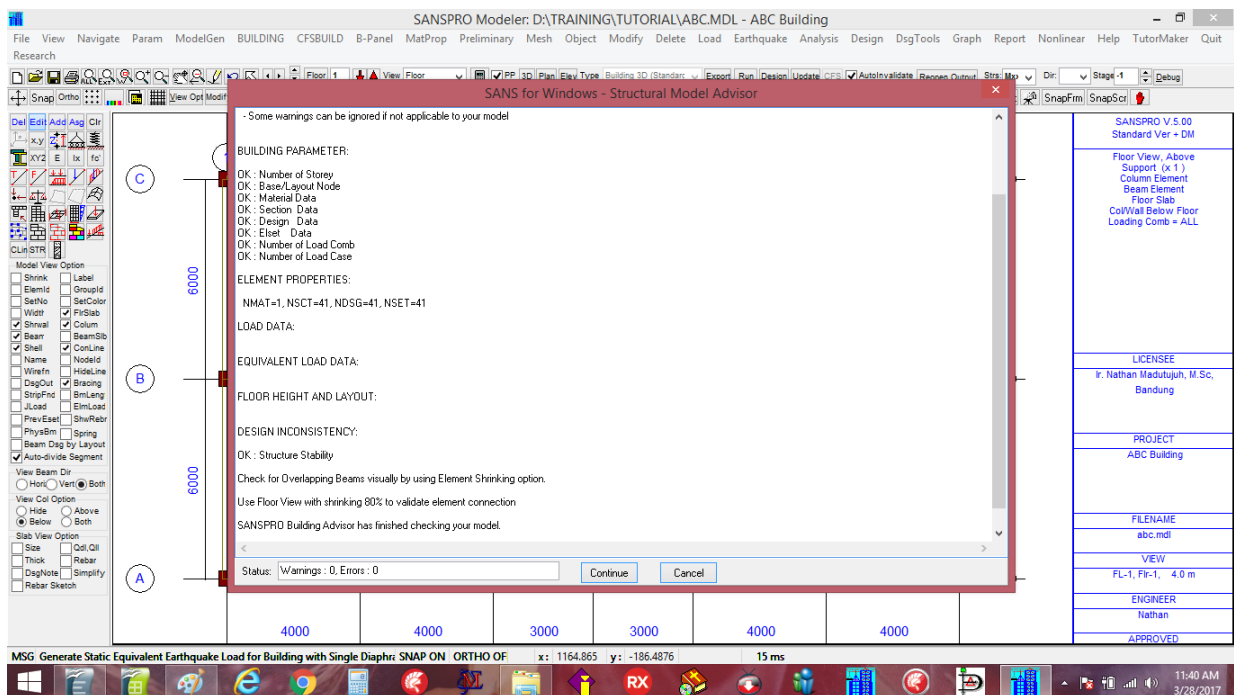
- Save data dengan mengklik **File – Save** atau **F2**
- Export data dengan klik **File – Export** atau **F4**

Model Advisor (Model Validation Checking)

Ketika kita melakukan export data untuk analisis, SANSPRO akan melakukan pemeriksaan untuk memastikan bahwa model telah valid dan dapat di analisis. SANSPRO akan memeriksa kesalahan dan kekeliruan yang sering terjadi. Jika terjadi error, maka model harus dibetulkan sebelum dilanjutkan dengan analisis. Bila hanya warning, beberapa warning yang tidak sesuai dengan model bisa diabaikan.



Klik [Export] untuk melanjutkan dengan Model Advisor Checking.



Tidak ada warning dan error untuk model ini. Jadi kita dapat meneruskan dengan export data untuk analisis dengan klik [Continue], lalu klik [Ok].

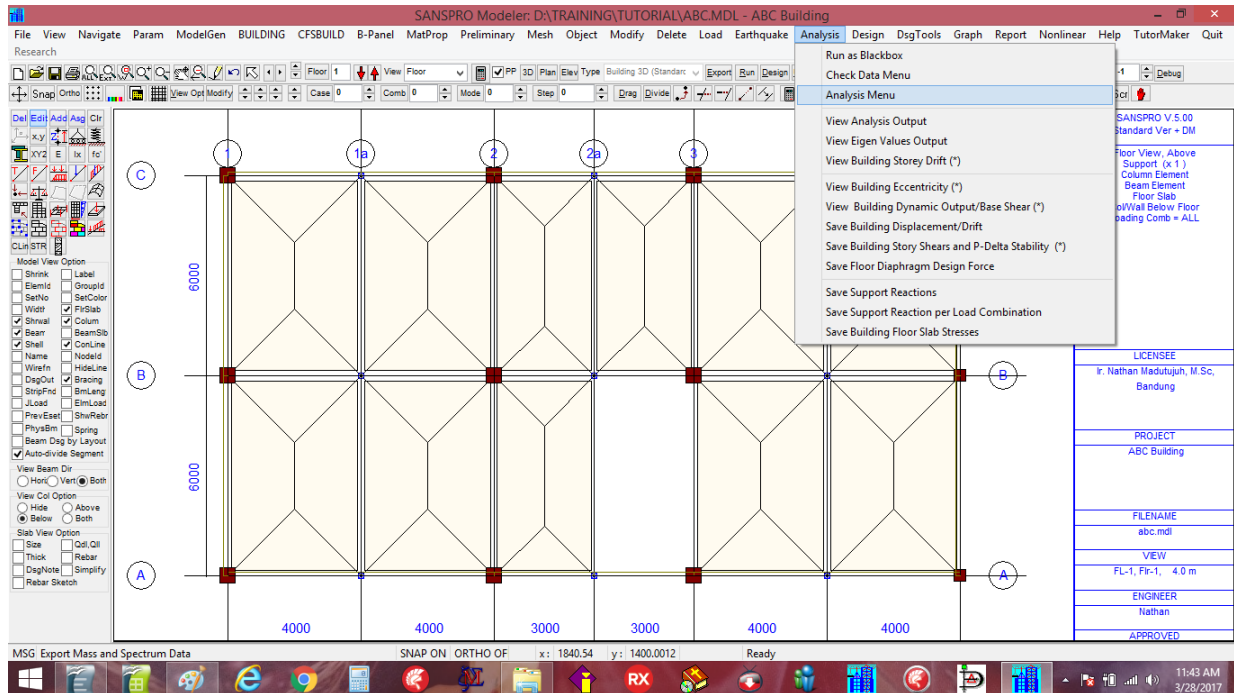
Sekarang model telah dipersiapkan untuk analisis.

Kita akan melakukan analisis statik karena model ini menggunakan beban gempa statik ekuivalen.

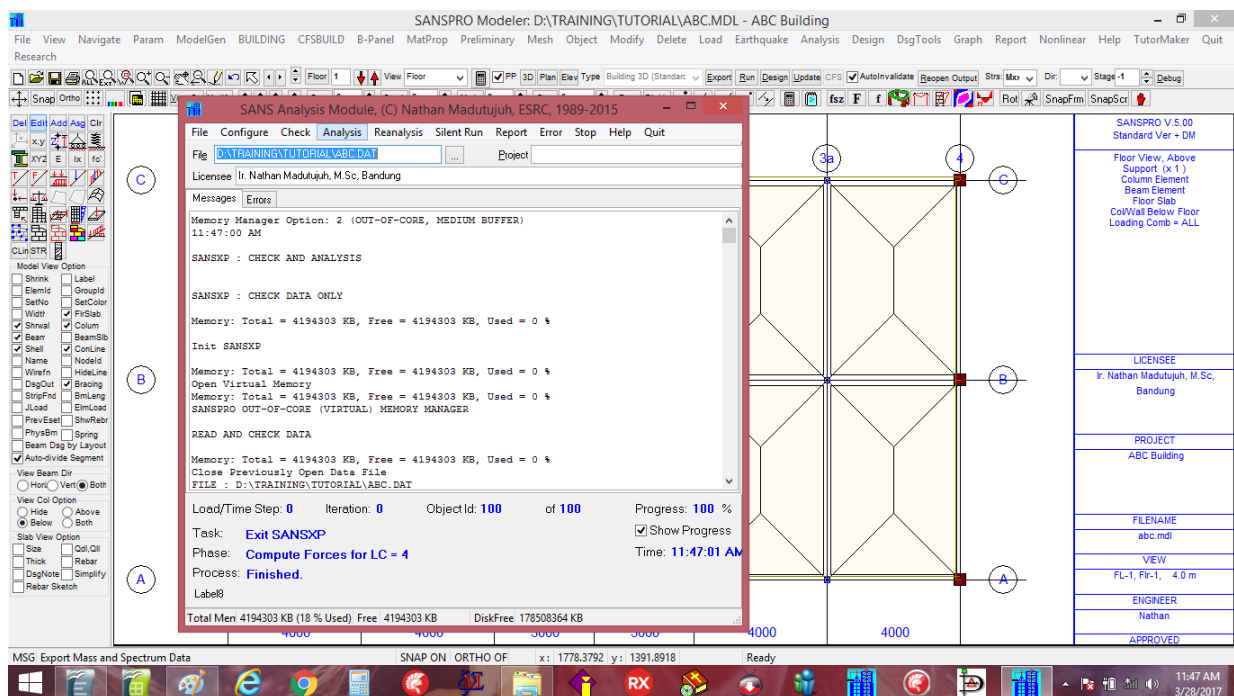
Note: Dalam tahap analisis ini, juga akan diberikan pesan warning atau error jika ada.

20. Melanjutkan dengan Analisis

Klik menu Analysis – Analysis Menu



SANS PRO Analysis Menu akan muncul:
Klik Analysis untuk memulai/Start Analysis.



Modul Analisis SANS PRO adalah sangat cepat dan dapat dijalankan dari dalam model tersebut. Untuk model ini diperlukan hanya 0.95 detik. Klik [Quit] untuk kembali ke model editor.

Karena waktu yang diperlukan untuk analisis adalah sangat sedikit, user dianjurkan untuk melakukan analisis ulang sebanyak yang diperlukan untuk mendapatkan hasil disain yang optimal. Analisis ulang diperlukan bila ada perubahan ukuran penampang, sifat bahan, tinggi lantai, denah, koordinat titik, besaran beban, kondisi titik tumpuan, reduksi LL, kombinasi beban, atau parameter beban gempa.

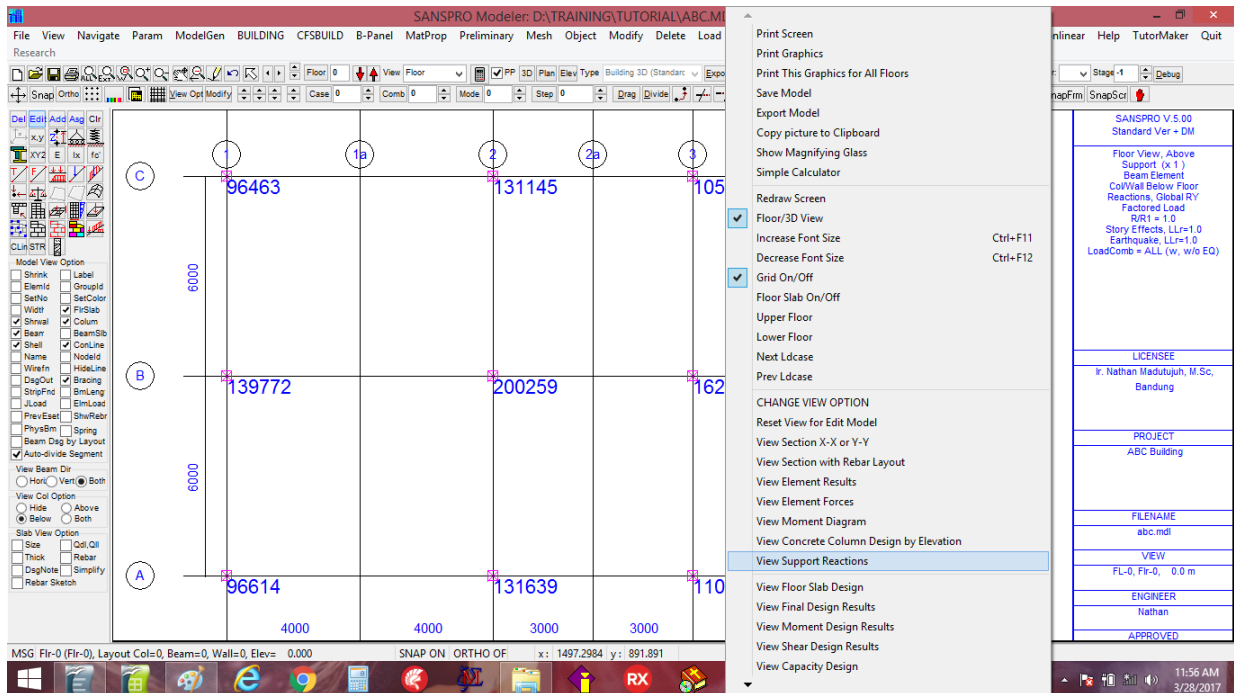
Sesudah Analisis, kita dapat melihat: Reaksi Tumpuan, Diagram Momen diagram dan Deformasi

Penulangan Pelat beton dapat dicek secara visual bahkan sebelum proses Analisis.

View Reaksi Tumpuan

Pergi ke lantai Floor 0.

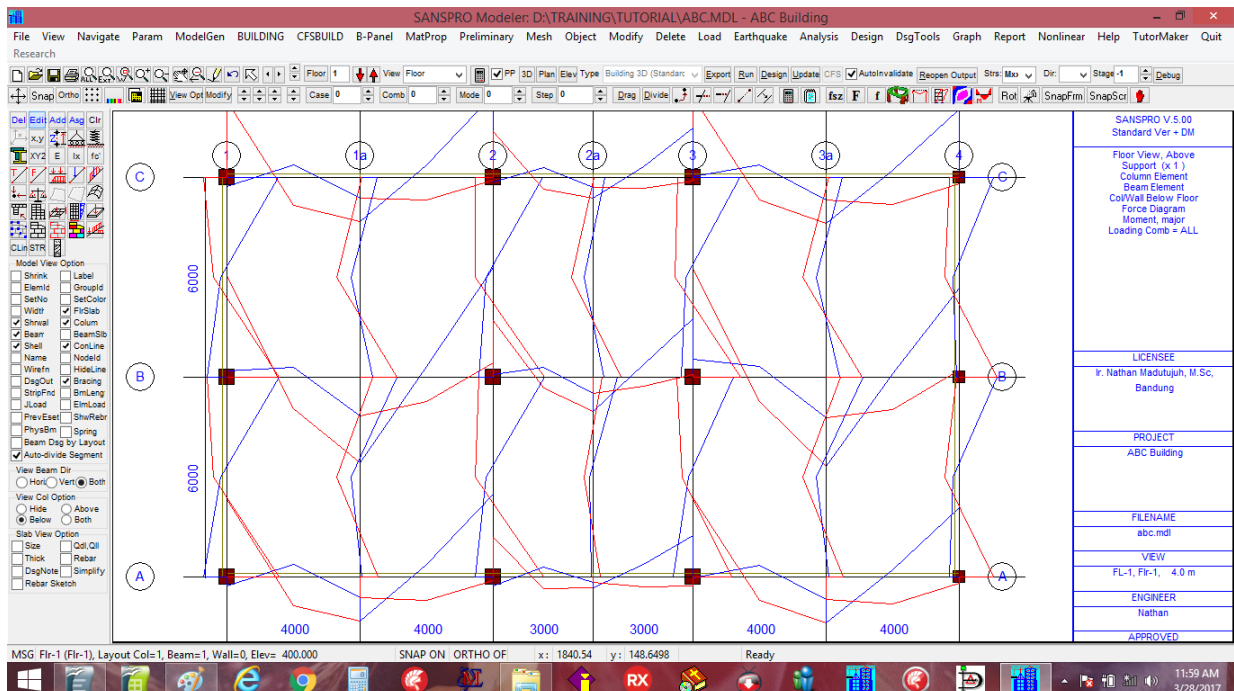
Klik-kanan, Klik **View Support Reactions**, Semua Reaksi Tumpuan arah Vertikal akan ditampilkan (in kg)
(Arah dari reaksi tumpuan dan satuan dapat diubah dari **Klik-kanan**, Klik **Change View Option**)



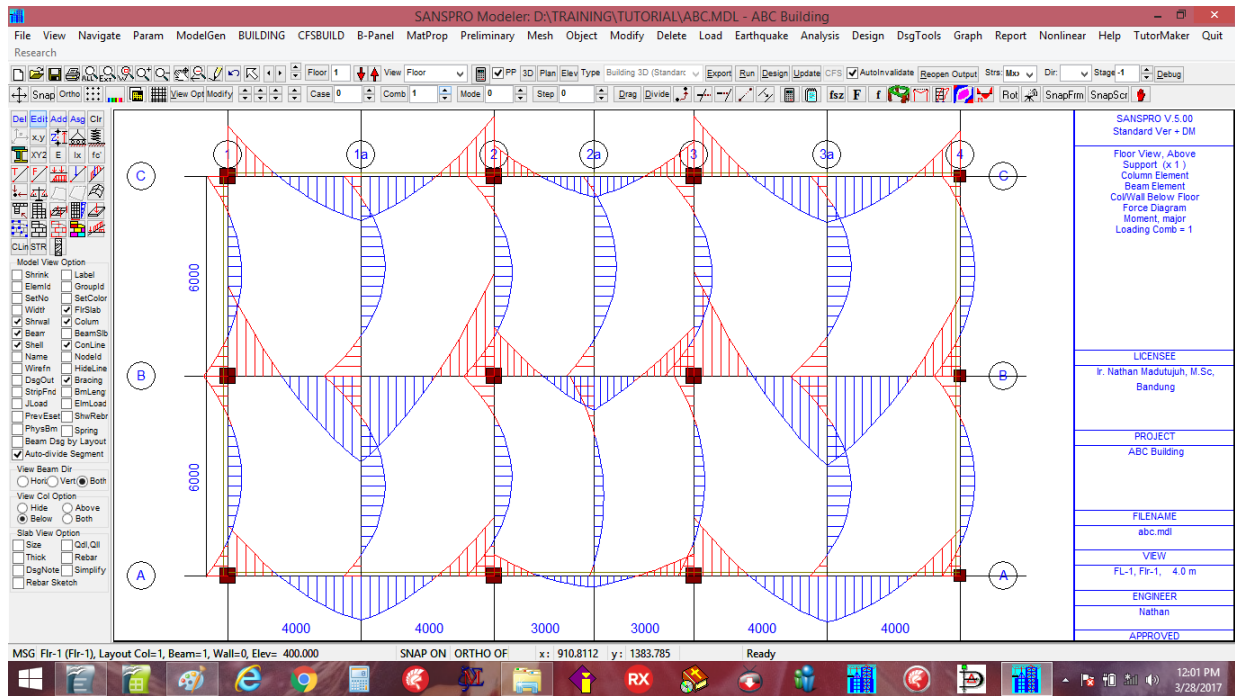
Moment Diagram View

Pergi ke Floor 1 atau 2,3,4.

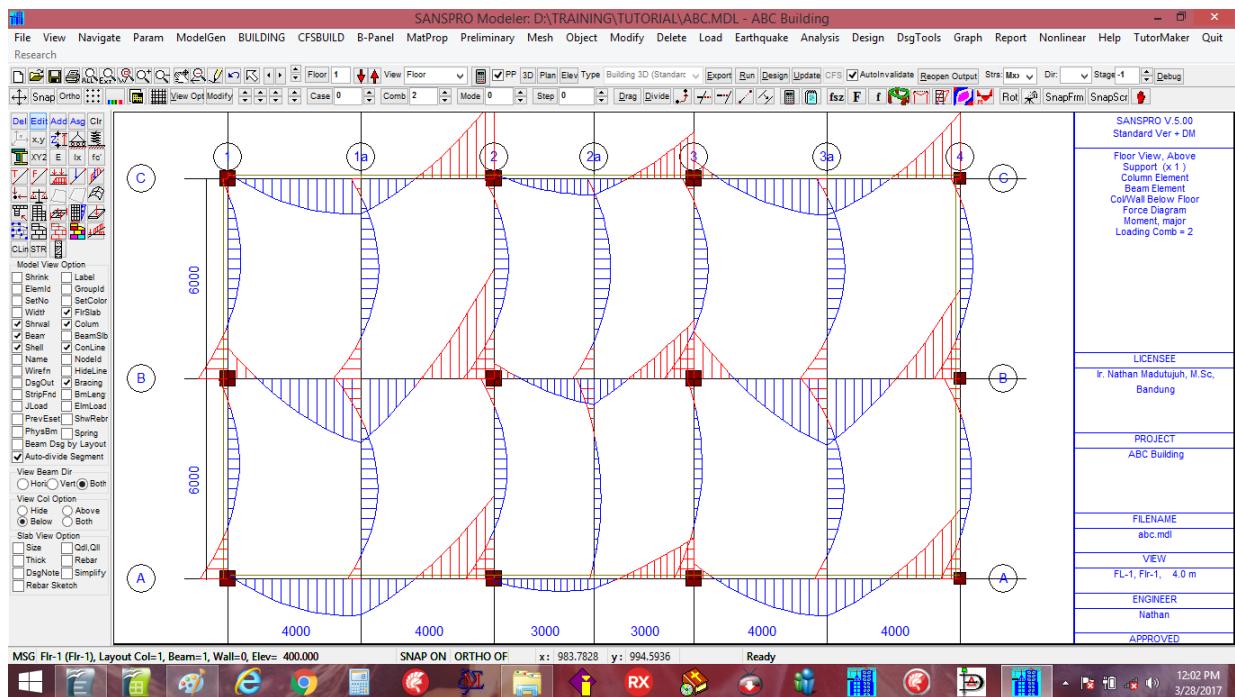
Klik-kanan, Klik **View Moment Diagram**, semua diagram momen dari balok akan ditampilkan. Karena Load comb=0 yang dipilih, yang akan ditampilkan adalah envelope dari semua load comb. Untuk melihat diagram momen dari suatu load comb, pilih No. Load Comb yang diinginkan.



Moment Diagram untuk Load Comb 1 = 1.2 DL + 1.6 LL



Moment Diagram untuk Load Comb = 2 (Earthquake in X Direction)



Node Displacement View

Klik-kanan, pilih Change View Option, ubah parameter berikut ini:

Display Option:

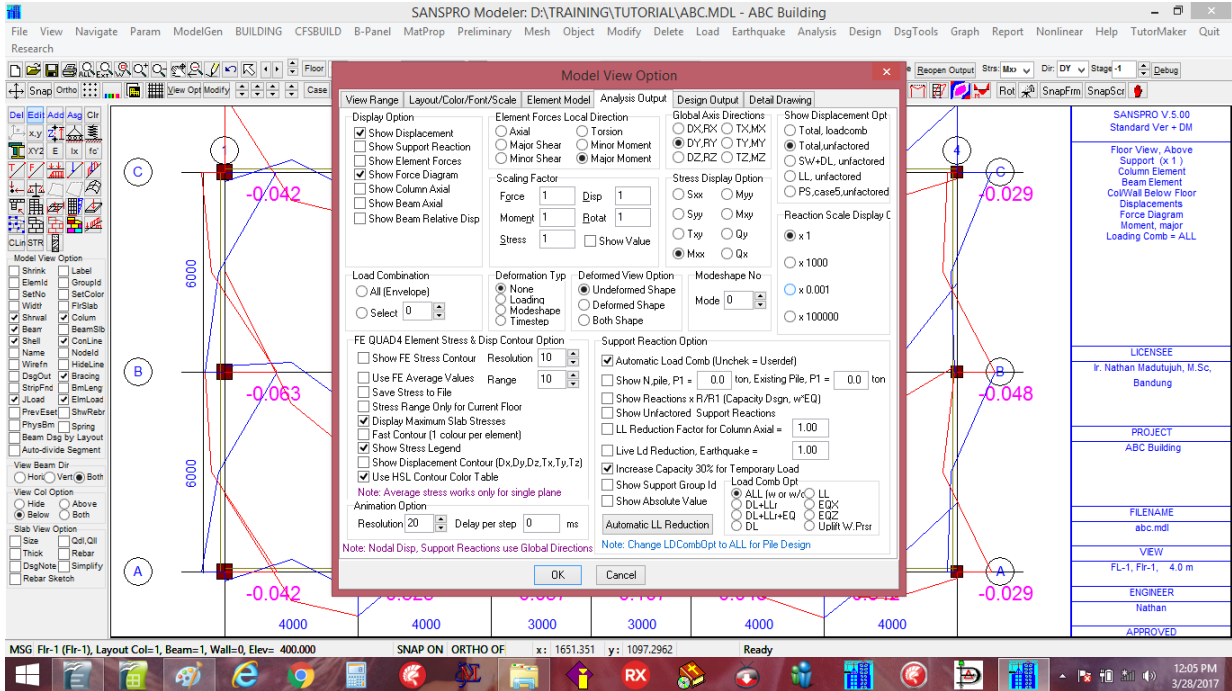
[x] Show Displacement

Global Axis Direction

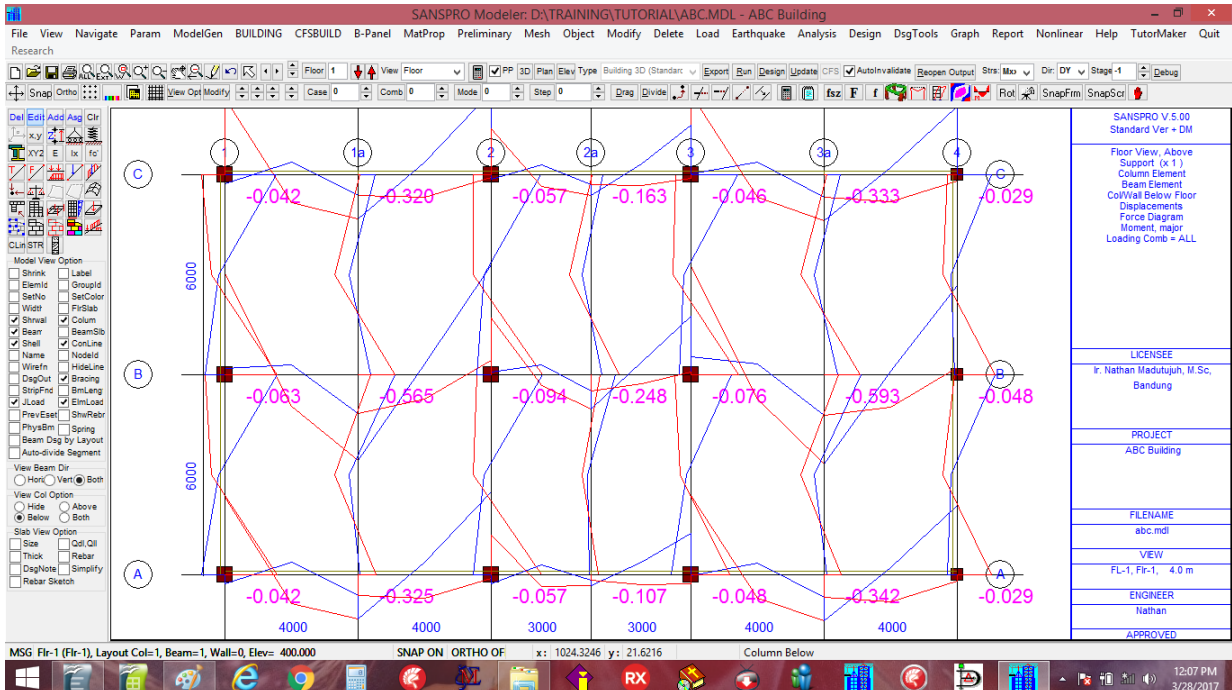
[x] DY,RY]

Show Displacement Option:

[x] Total, Unfactored



Nodal Displacement pada arah vertikal akan ditampilkan untuk setiap titik di model (dalam cm):



Memeriksa node displacements:

Maximum unfactored displacement biasanya $\leq L/240$ to $L/300$.

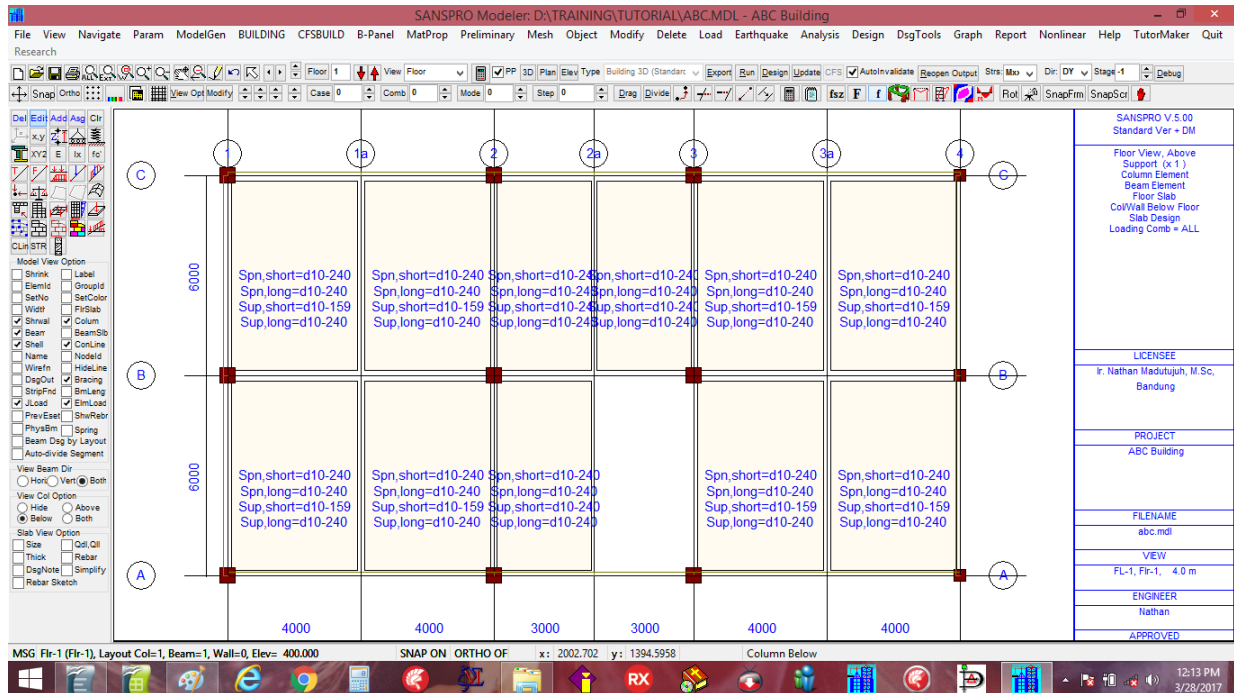
Maximum displacement ini dihitung sebagai displacement di ujung kantilever atau midspan balok dikurangi dengan displacement di ujung balok yang ditopang kolom atau support.

Catatan:

Jika disediakan lawan lendut untuk displacement akibat SW+DL+SIDL, maka hanya maximum unfactored displacement dari Live Load yang perlu dicek.

21. Disain Elemen Pelat, Balok, Kolom, Shearwall

Disain Pelat beton dapat dilakukan dengan Klik-kanan, pilih **View Floor Slab Design**.

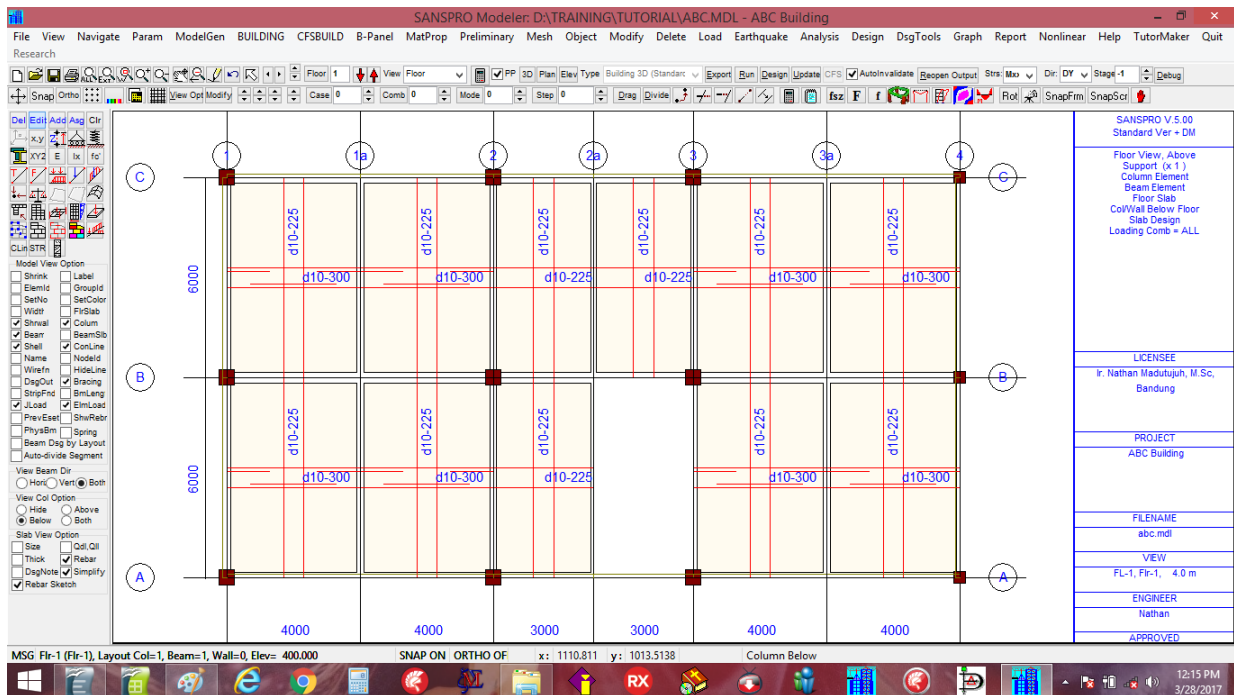


Pelat beton dapat didisain sebagai **two-way, one-way X, one-way Z, dan one-way (auto)**.

Pelat ada pada tabel Floor Slab Table, sedangkan Tebal pelat yang digunakan ada pada SECTION dan DESIGN Table.

Slab Rebar diberikan untuk tumpuan dan lapangan pada arah pendek dan panjang (in mm).

Klik [**x**] **Rebar Sketch**, [**x**] **Rebar**, [**x**] **Simplify** Untuk melihat sketsa tulangan pelat di lantai ini.



Bila menggunakan **Simplify**, maka pengaturan tulangan pelat akan dibuat sesederhana mungkin, untuk lapisan atas dan bawah, kalau perlu dengan menggunakan tulangan sisipan (kromo) seperti terlihat pada gambar.

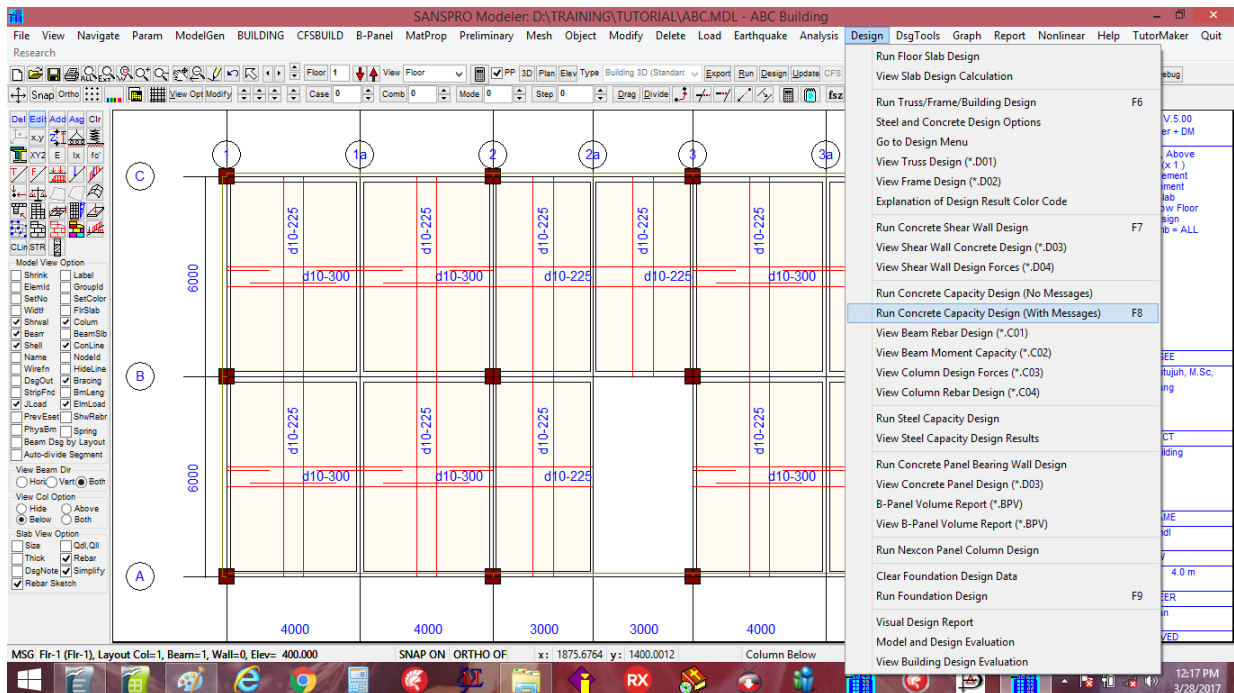
Jarak maksimum tulangan pelat sebaiknya $\leq 2 \cdot t_p$ (mm)

Bila diperlukan, dapat dikeluarkan Analisis Lentutan dan Vibrasi Pelat dan Detail Calculation untuk laporan.

Disain Kapasitas Beton

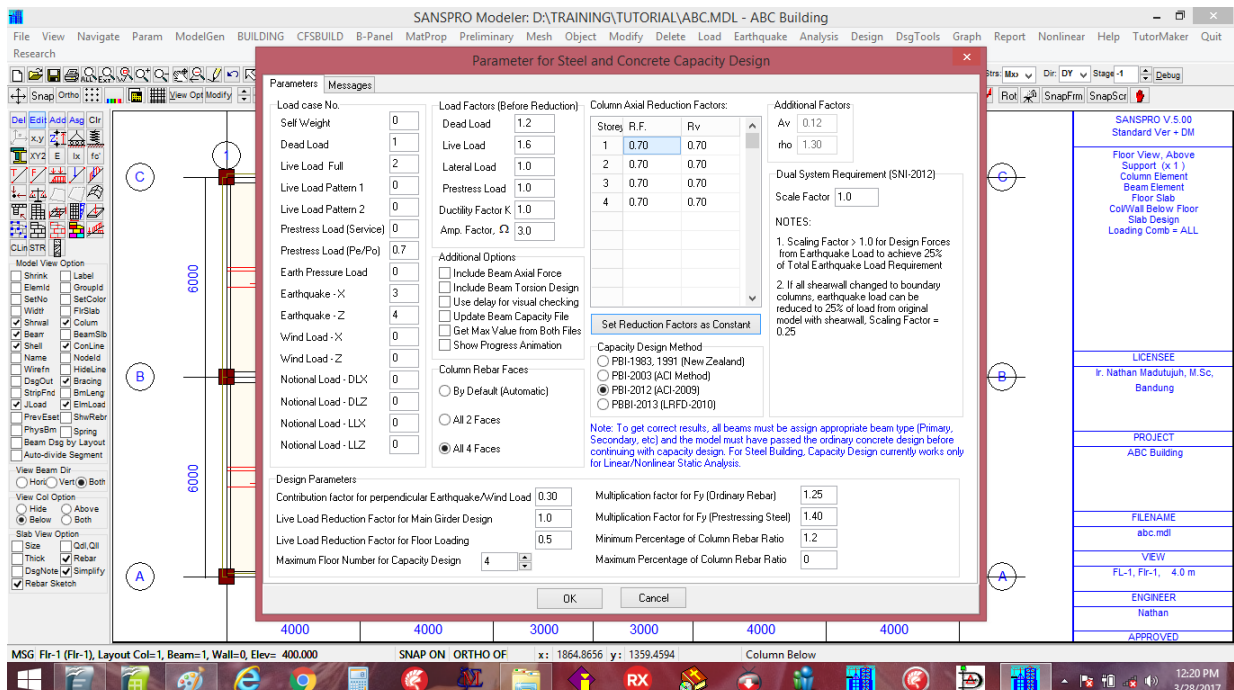
Untuk disain Kolom, shearwall dan balok, harus dilakukan Disain beton biasa atau untuk daerah gempa dilakukan disain kapasitas beton setelah analisis selesai untuk mencari tulangan balok dan kolom.

Klik menu **Design – Run Concrete Capacity Design (with Messages)** atau press **F8**



Klik **[Ok]**, Lalu main menu untuk Concrete Capacity Design akan muncul.

Klik **[Set Reduction Factor as Constant]**, Masukkan **0.7** untuk **column axial reduction factor**. (Angka 0.7 ini dari perhitungan KLL yang sebelumnya untuk balok dan kolom)



Klik **[Ok]** untuk memulai Concrete Capacity Design, Klik **[Ok]**

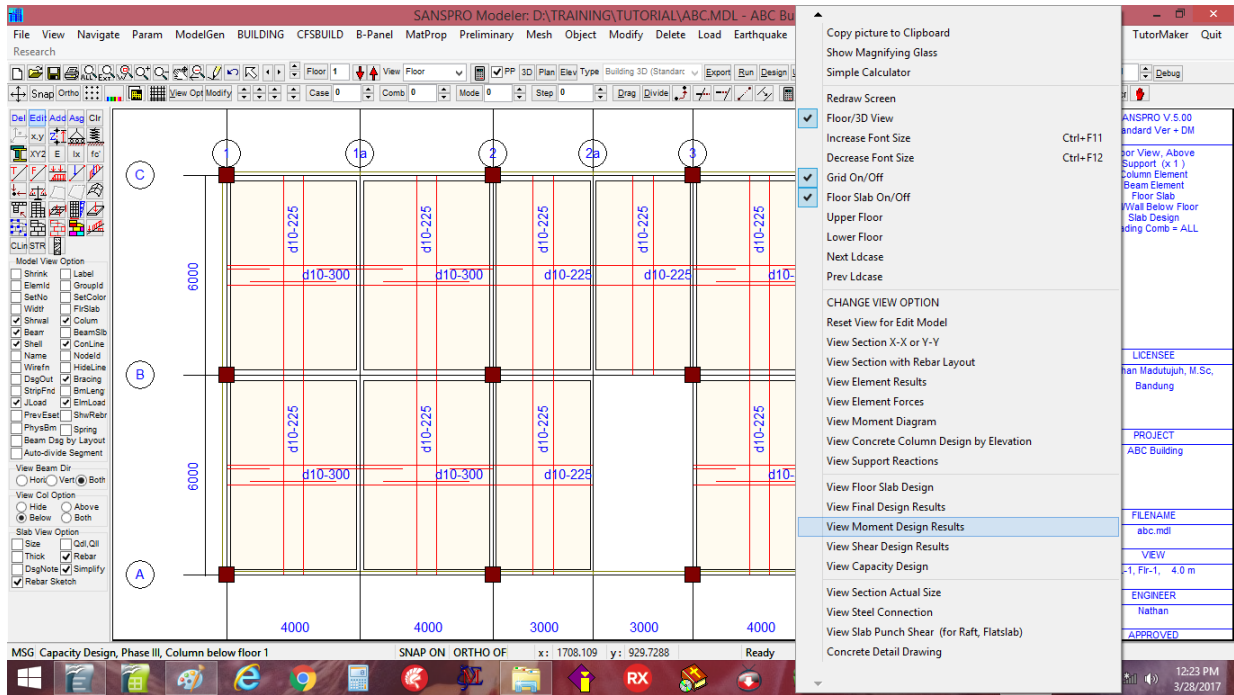
untuk Beams : Klik **[Yes]**, Klik **[Ok]**, Klik **[Ok]**

untuk Columns : Klik **[Yes]**, Klik **[Ok]**, Klik **[Ok]**

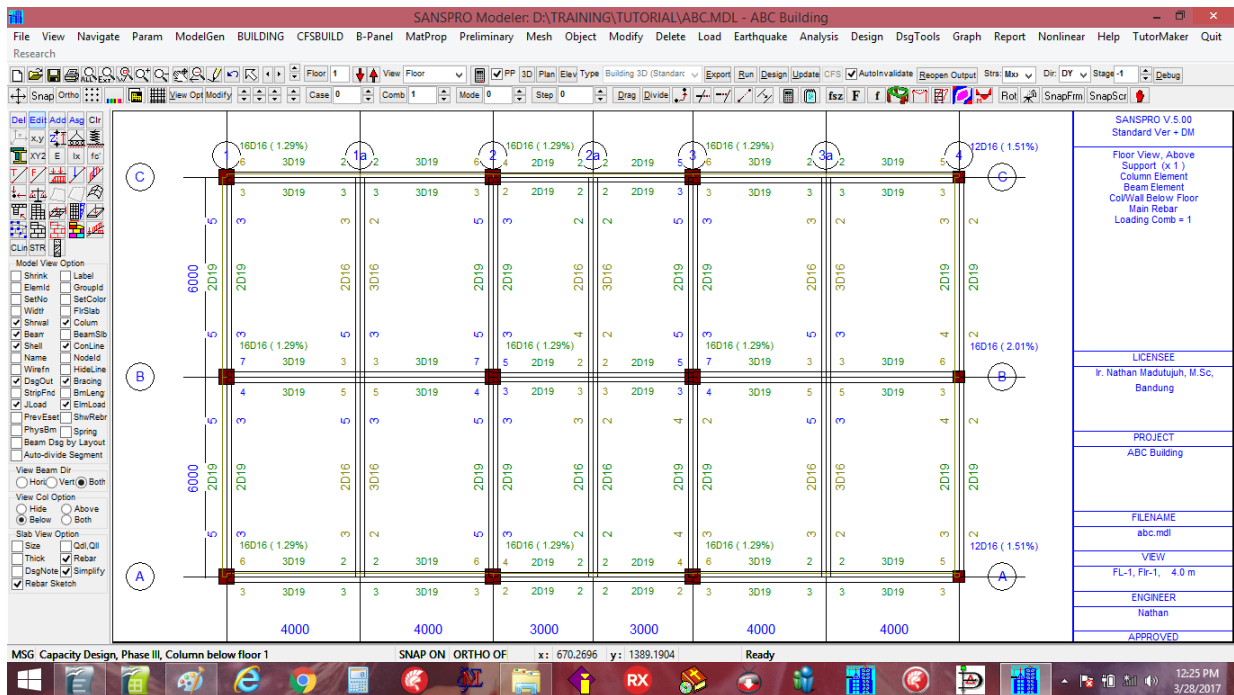
Klik **[Ok]** untuk keluar.

Sekarang kita dapat memeriksa secara visual tulangan balok dan kolom sbb:

Klik-kanan, pilih **View Momen Design Results**:



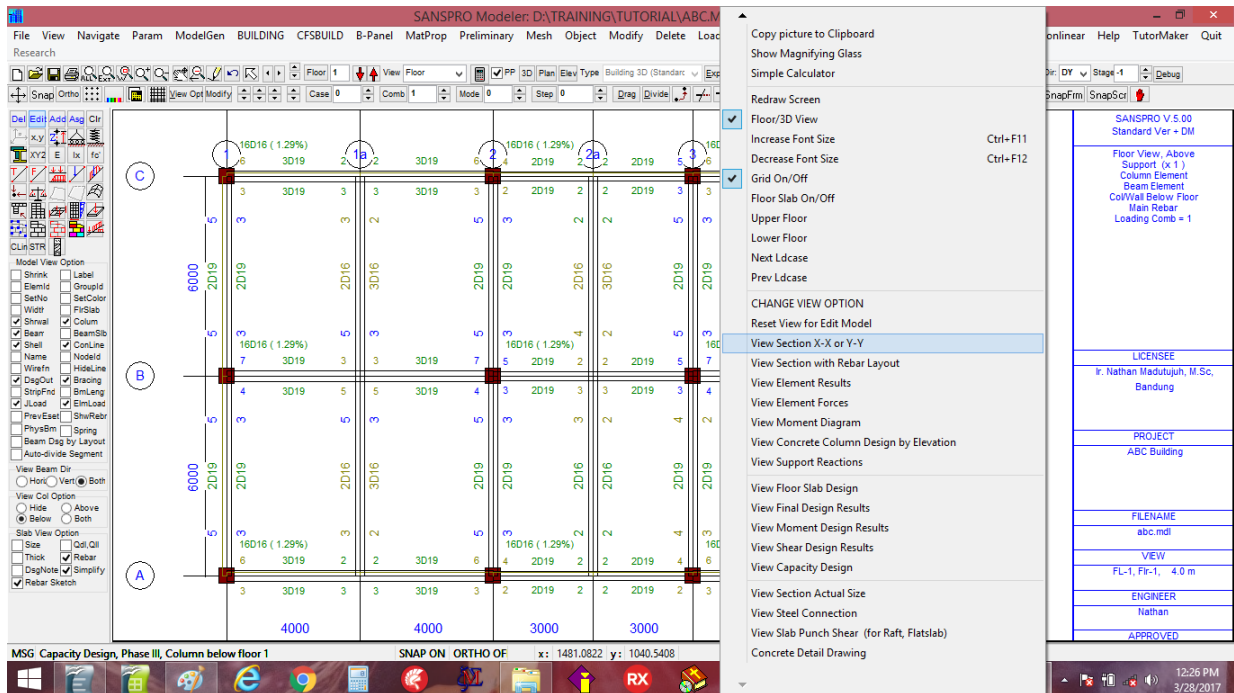
Tulangan kolom + persen, Tulangan balok akan muncul:



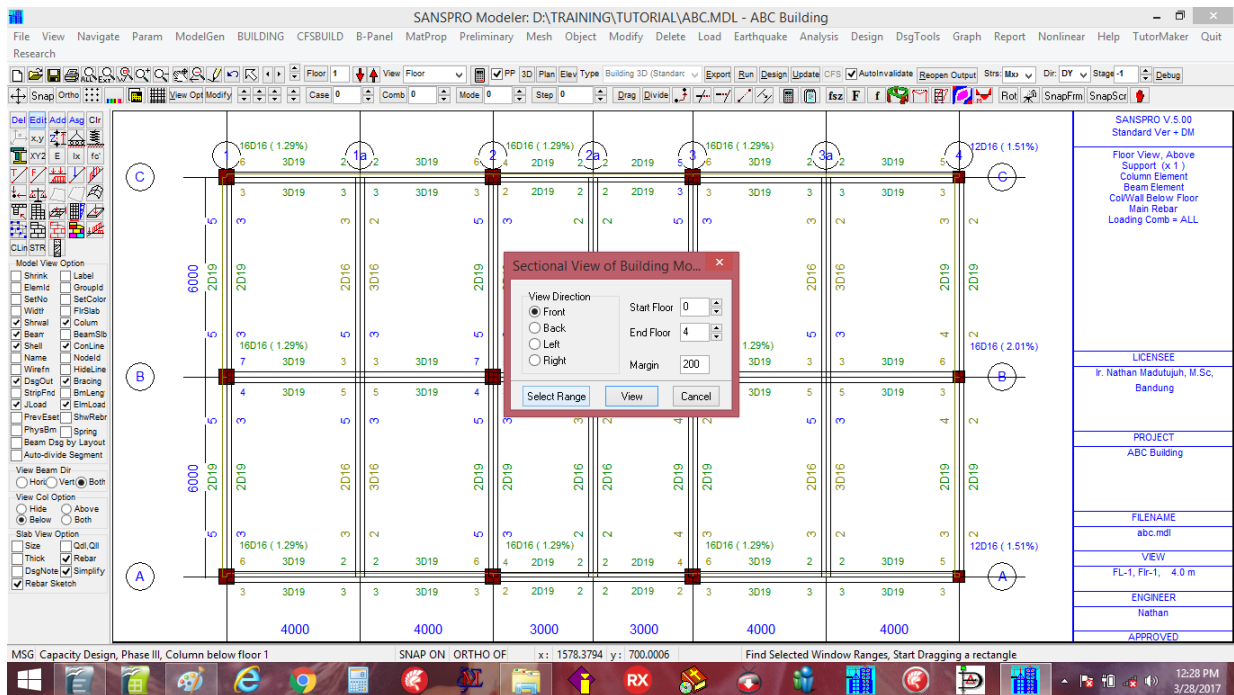
Untuk melihat tulangan di lantai lainnya, cukup pindah ke lantai yang diinginkan dengan klik **Up, Down**.

Rebar Layout Sectional View

Kita dapat melihat juga potongan samping dari detail tulangan dengan:
Klik-kanan, pilih View Section XX or YY

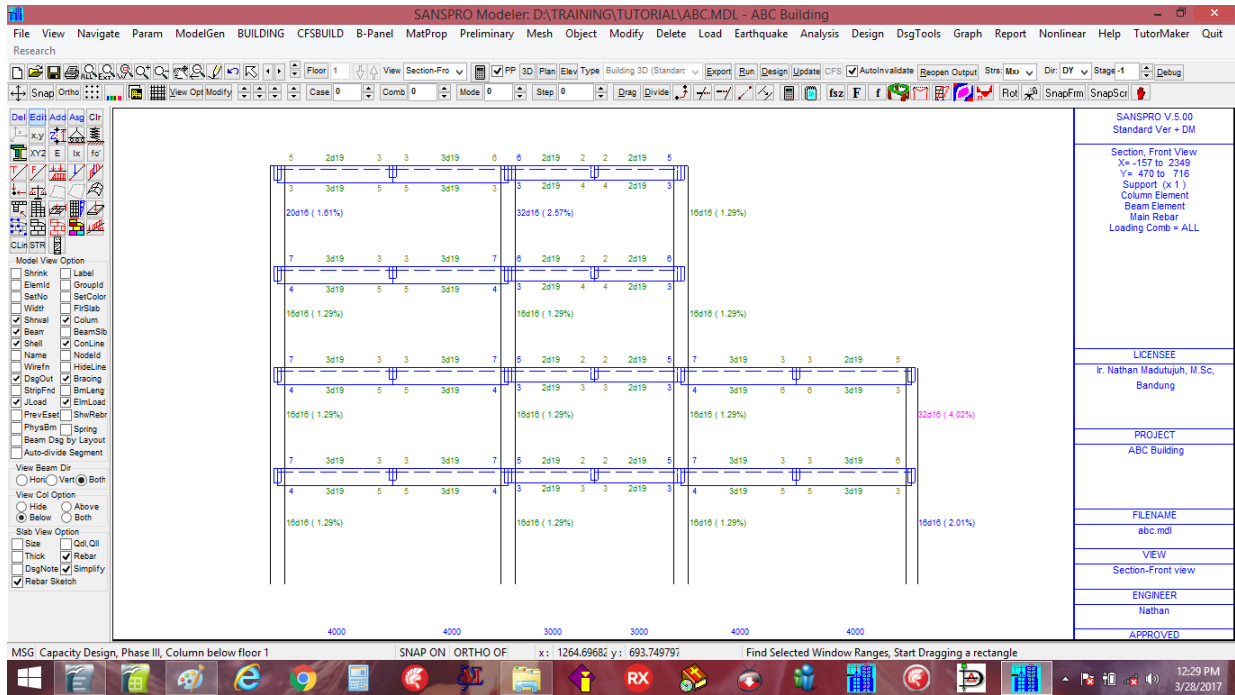


Klik button [pilih Range], dan drag suatu window range dari portal yang diinginkan:

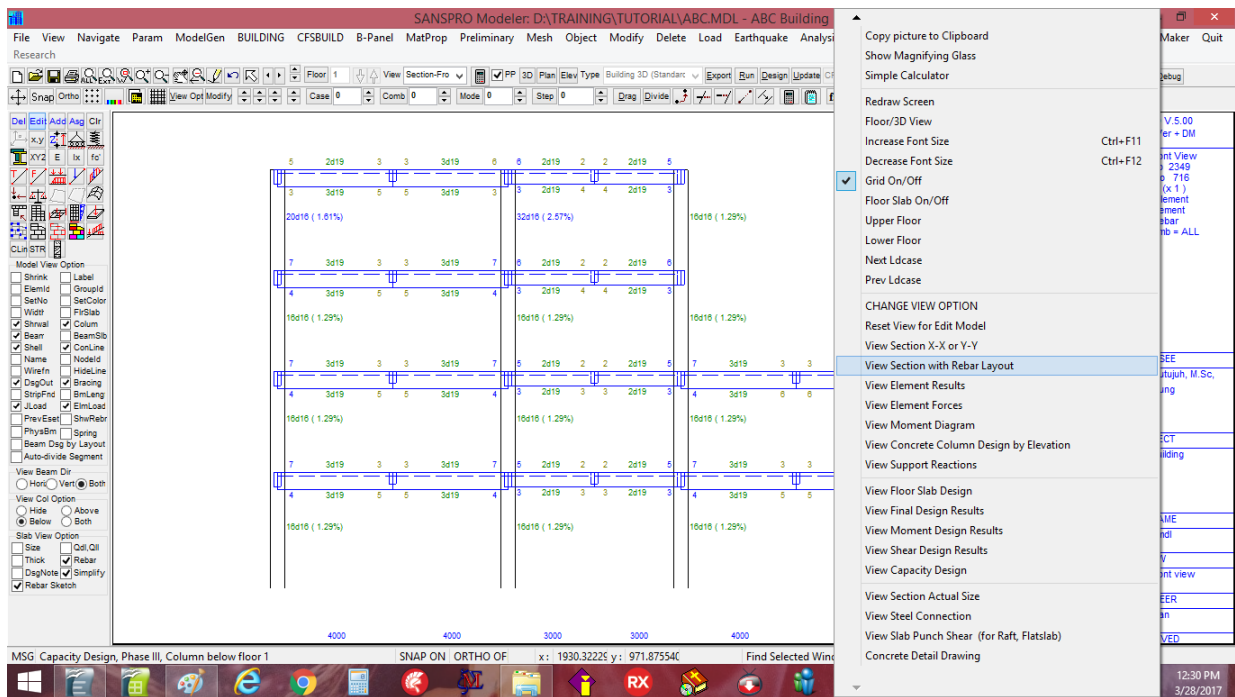


Klik [View], tulangan akan ditampilkan pada potongan samping:

Tampak Samping Potongan Tulangan

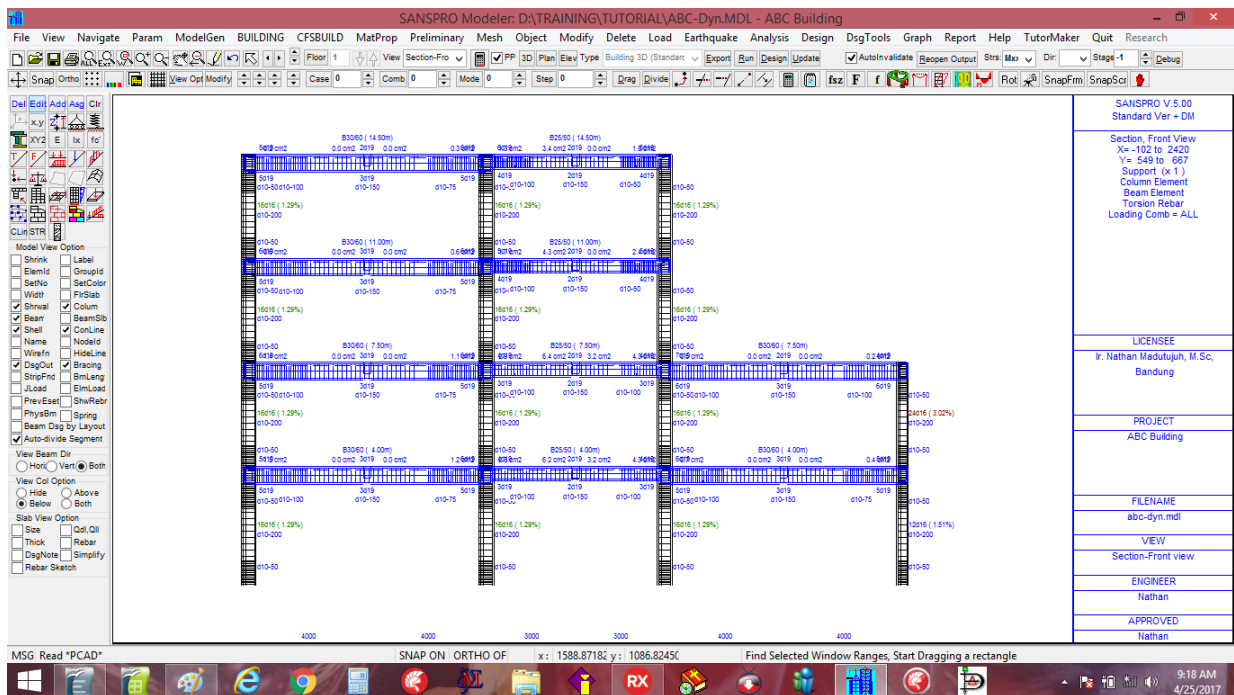


Kita dapat melihat detail tulangan dengan dengan **Klik-kanan**, pilih **View Section with Rebar Layout** untuk mendapatkan view berikut ini:

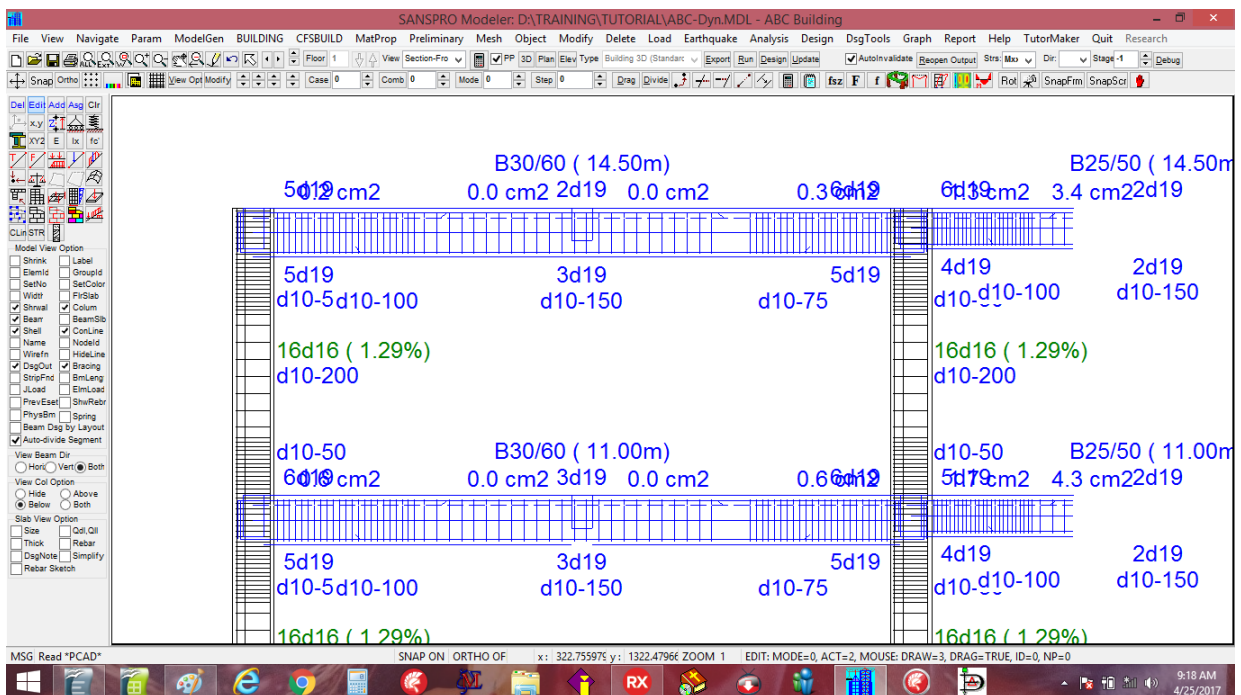


Potongan portal yang dipilih akan terlihat sbb:

Melihat Section with Rebar Layout :



Zoom dan perbesar suatu area tertentu untuk melihat lebih detail lagi:



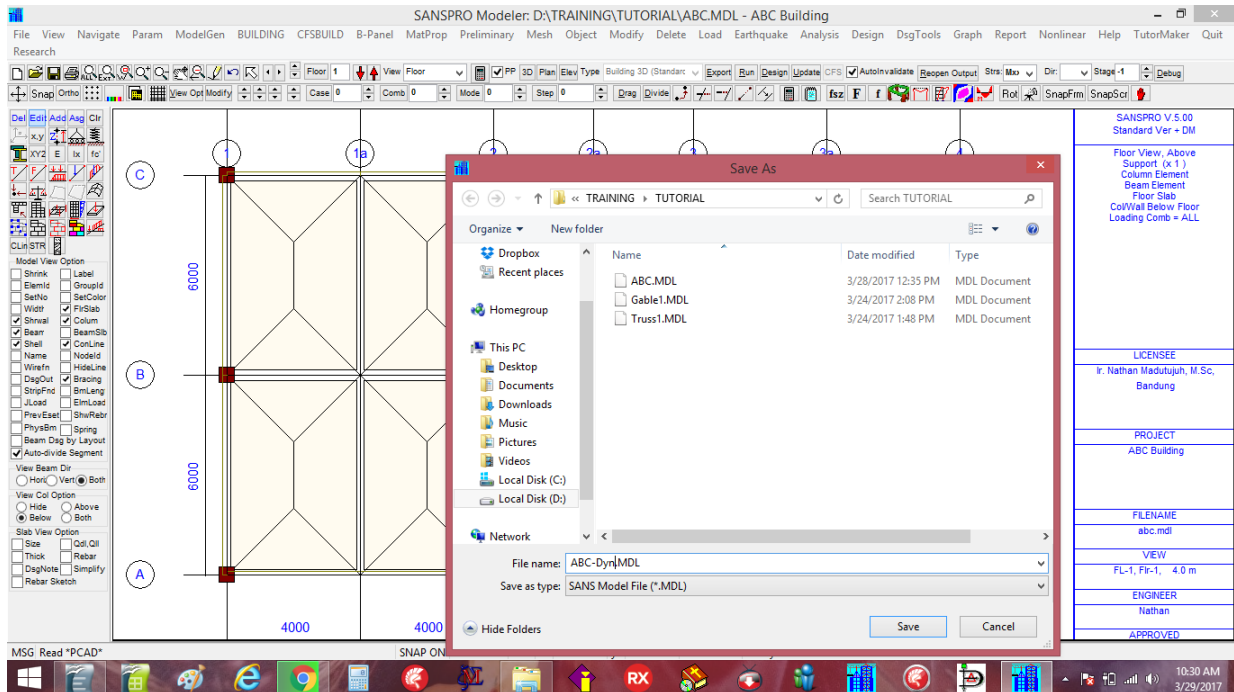
Terlihat Tulangan utama, sengkang dan luas tulangan torsi untuk setiap balok dan kolom.

2. Example 4: Building Design (Gravity dan Dynamic Earthquake Load Analysis)

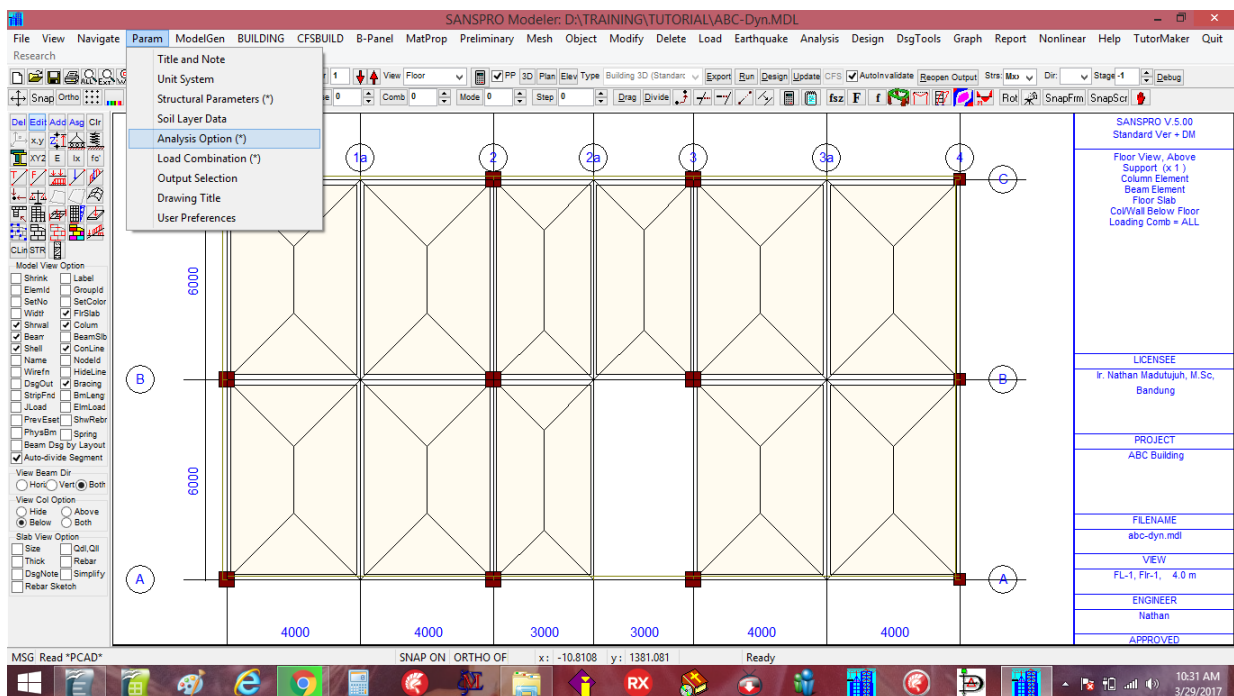
Untuk disain gedung beraturan 1-4 lantai, analisis dengan beban gempa statik ekuivalen sudah cukup memadai untuk mendapatkan disain yang aman. Namun untuk gedung yang tidak beraturan, lebar dan luas (mall), ada perubahan denah sepanjang ketinggian (offset), ada lubang besar, atau gedung tinggi, dsb perlu dilakukan juga Analisis Dinamik untuk pengecekan akhir.

Kita akan mengulang seluruh proses diatas kembali dengan menggunakan Analisis Dinamik sbb:

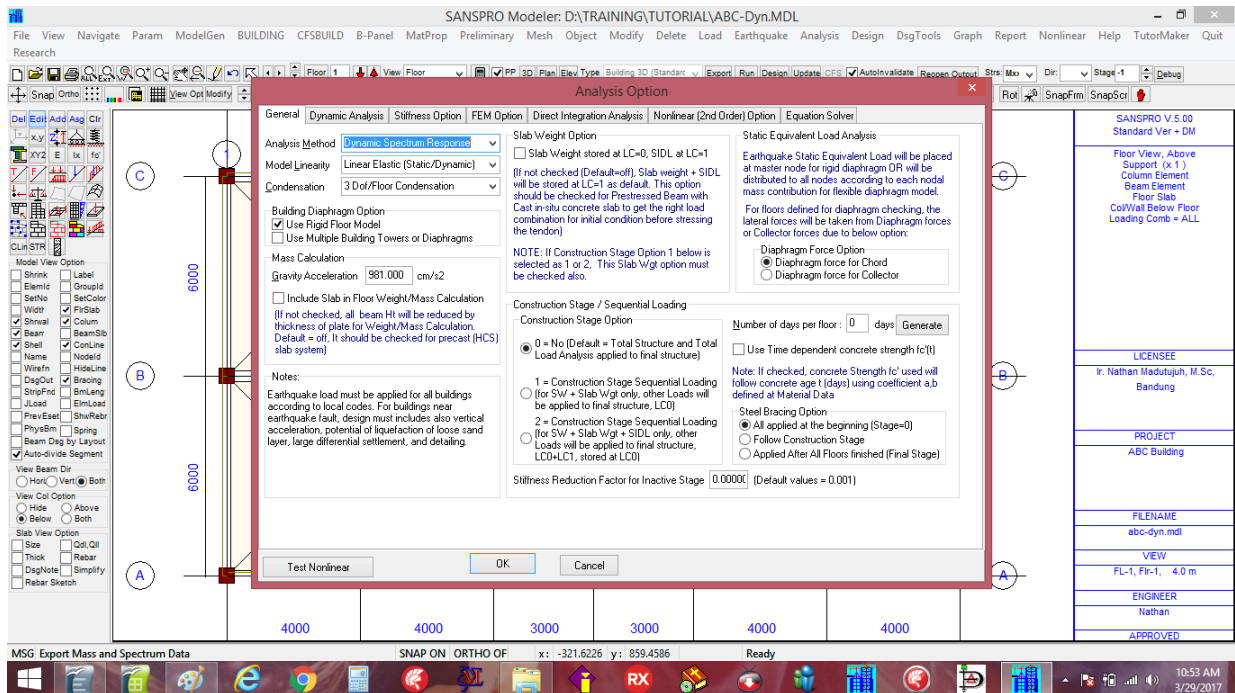
- Simpan model sebelumnya dengan nama file lain : ABC-dyn.mdl



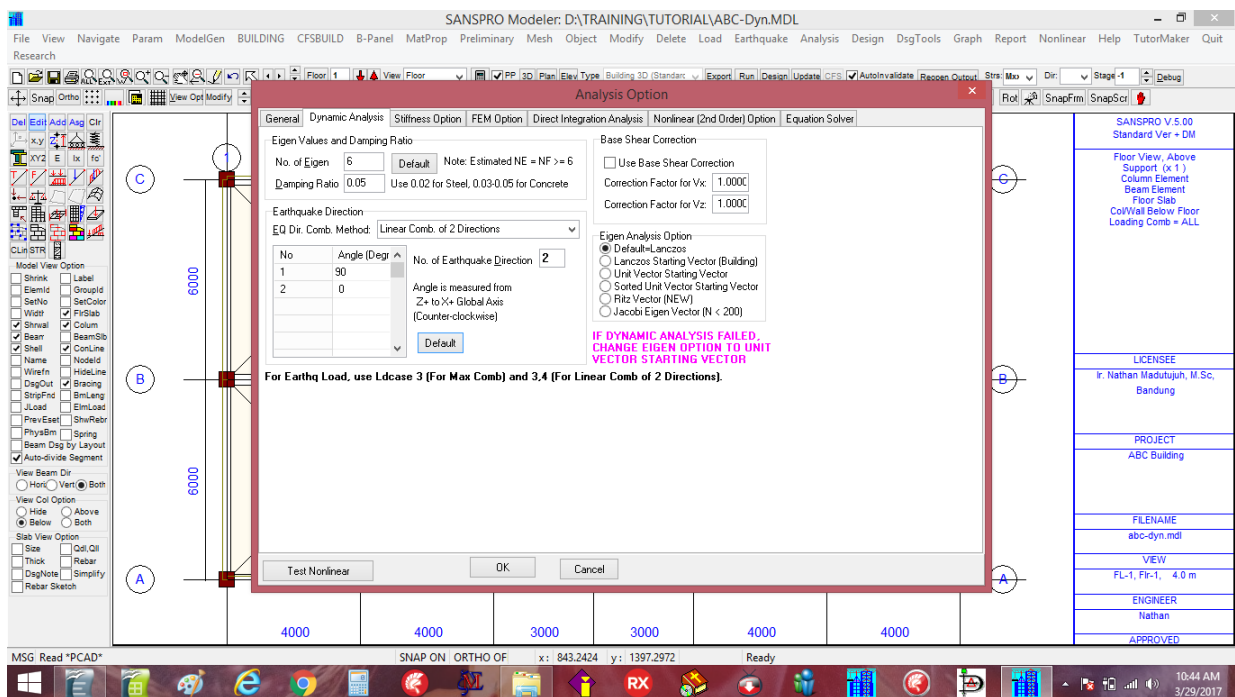
- Beberapa parameter model perlu diubah untuk Dynamic Analysis:
- Klik menu **Analysis Option**



Change Analysis Method dari Static Analysis menjadi Dynamic Analysis



- Pergi ke halaman : **Dynamic Analysis**
- Klik tombol **[Default]** dan tombol **[Default]** untuk menentukan arah gempa dan jumlah eigen.
- Hasilnya adalah sbb:



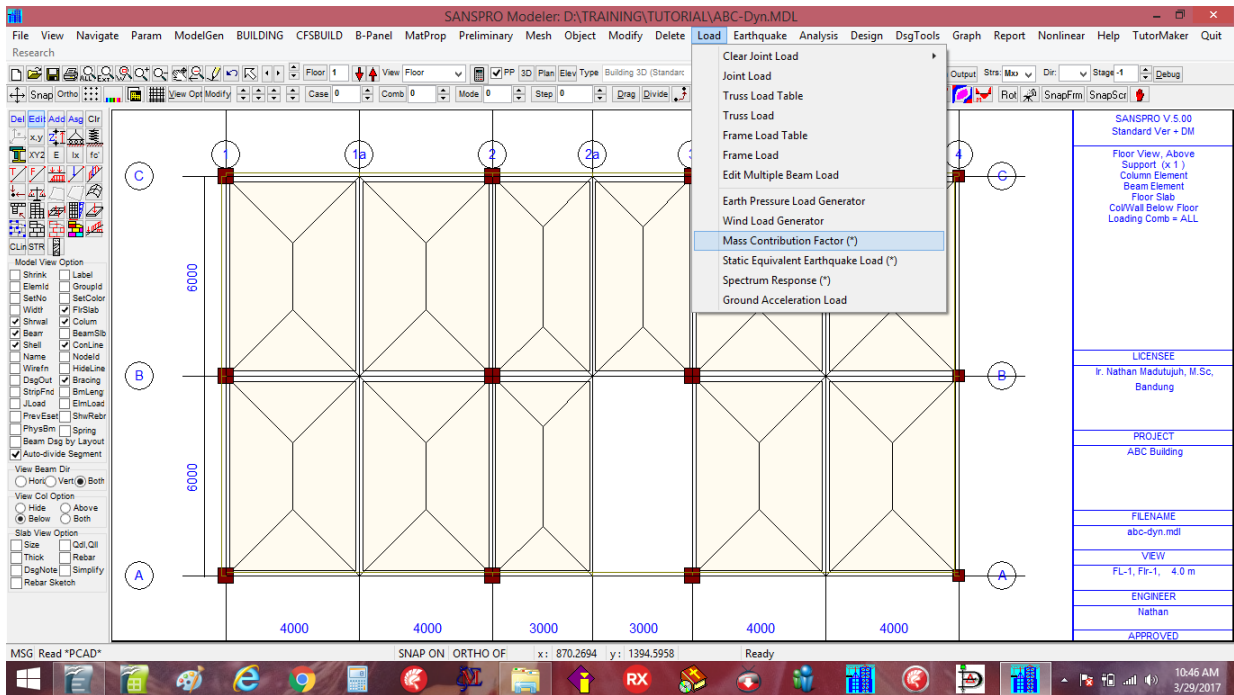
Disini kita menggunakan Neigen = 6, Damping = 0.05 (untuk beton = 5%), dan dua sudut arah gempa dengan Kombinasi linear pada 90 dan 0 derajat (Linear comb of 2 directions at 90 dan 0 deg).
Klik **[OK]** to quit.

Kemudian kita perlu menentukan massa dari 100% of SW+DL dan 25% of LL sbb:
Klik menu **Load – Mass Contribution Factor**

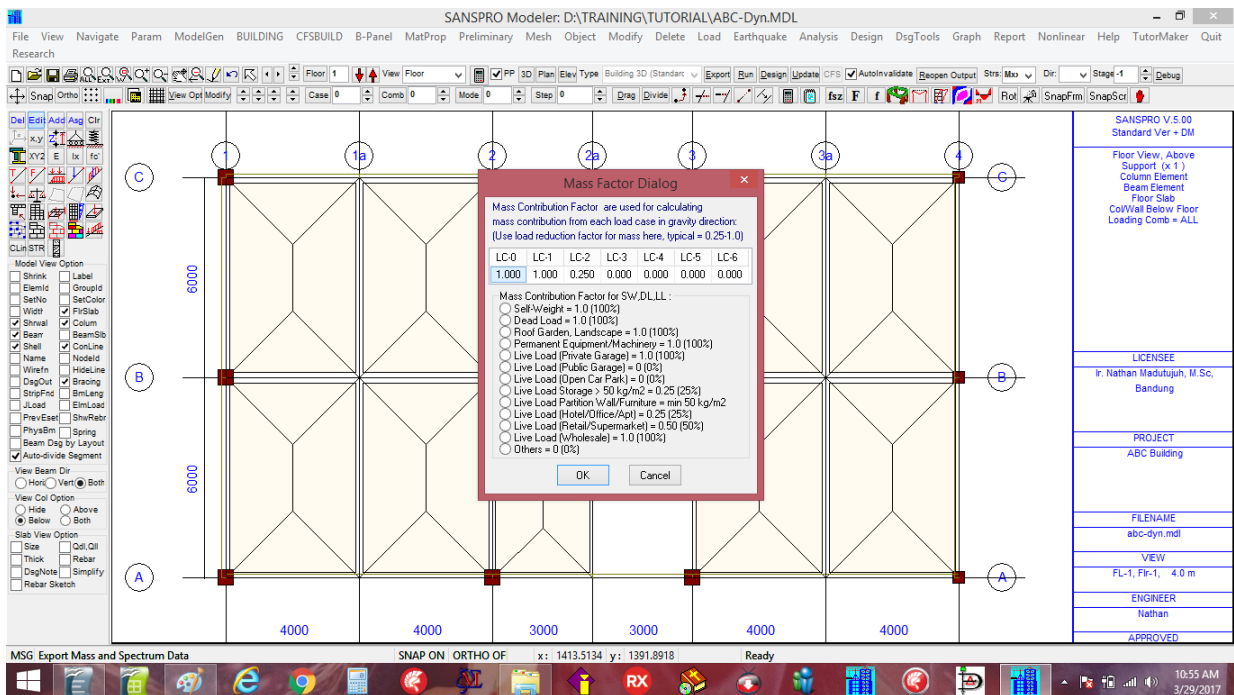
Catatan:

Dalam perhitungan massa, LL boleh diambil = 0.
Karena ada beban partisi minimal 50 kg/m² yang harus diperhitungkan dalam massa, maka disini digunakan faktor 0.25 sehingga untuk LL = 200 didapat L_{massa} = 0.25*200 = 50 kg/m².

Analisis Dinamik



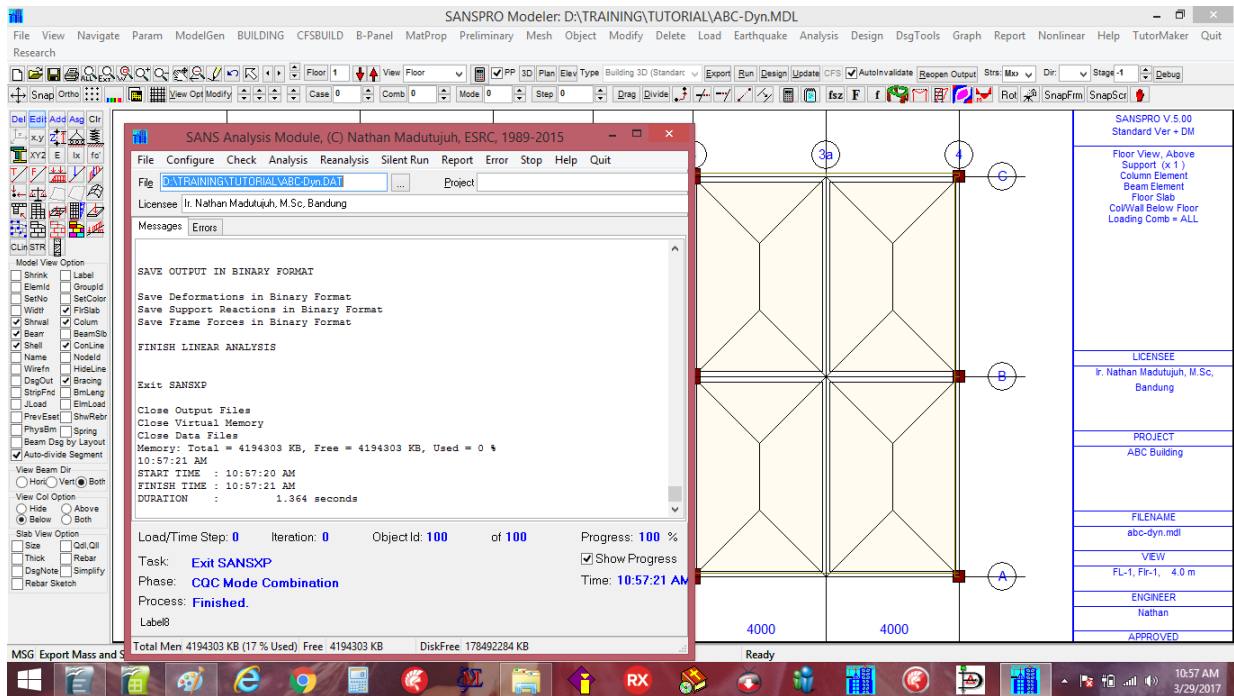
Masukkan data : $LC0 = 1.0$, $LC1 = 1.0$, $LC2 = 0.25$ (untuk 100% of SW+DL dan 25% of LL),
Lalu Klik [Ok] :



Sekarang perlu dilakukan Run Analysis kembali dengan menggunakan metode Analisis Dinamik sbb:

- Klik **F2** untuk menyimpan model
- Klik **F4** untuk export model untuk running analysis
- Klik menu **Analysis** – Klik **Analysis Menu** – Klik **Analysis**
- SANSIRO akan menyelesaikan Analisis Dinamik ini dalam 1.364 detik.

- Setelah Analisis Dinamik:



Sebelum melanjutkan dengan Concrete Capacity Design, Hasil dari Dynamic Analysis harus diverifikasi agar memenuhi persyaratan peraturan gedung sbb :

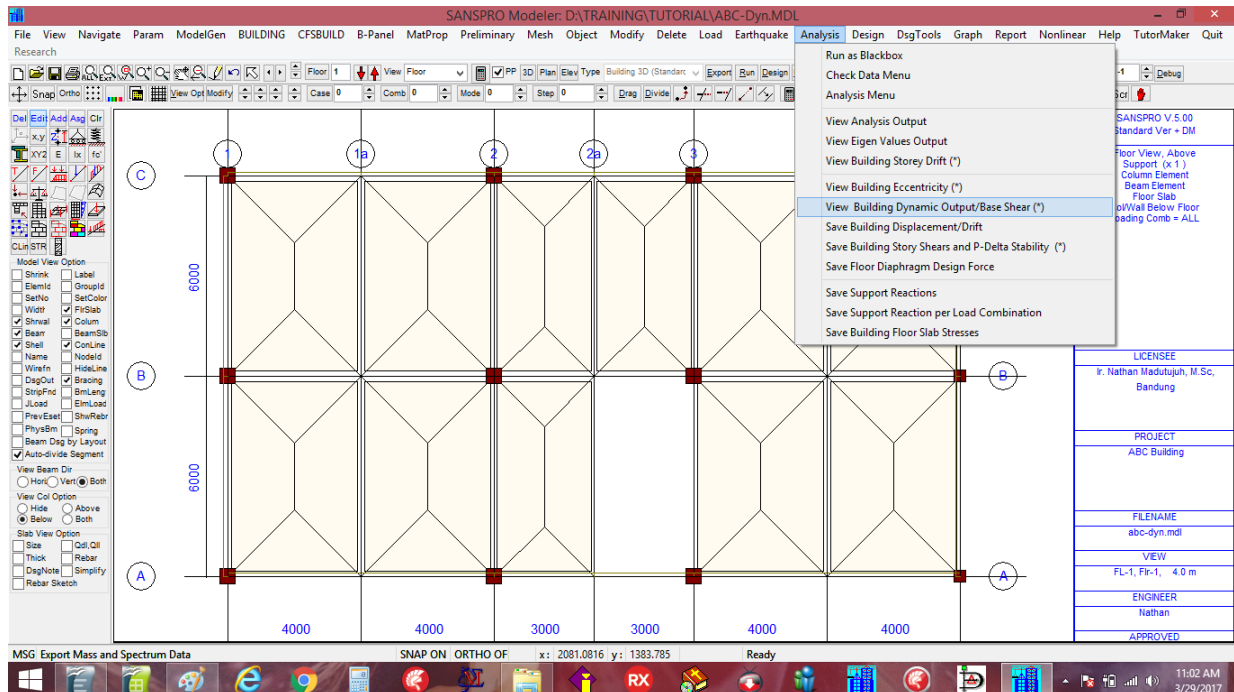
$T_{o1} \leq T_{max}$ (Lihat T_{max} pada menu **Earthquake**, khususnya berlaku untuk $NF \geq 8$)

Modal direction (arah getaran eigen) dari 2 mode pertama : DX, DZ

Effective Mass $\geq 90\%$

Base Shear $V_d/V_s \geq 0.85$

Drift $< Drift_{max}$



Pemeriksaan persyaratan diatas dapat dilihat pada output file *.BSH sbb:

- Memeriksa $T_{o1} \leq T_{o,max} = 0.72$ sec (Dianjurkan untuk menjaga nilai $T_{o1} \leq 0.1$ to $0.15 \cdot NF$ detik) :

Calculation Result for Earthquake Load:

Parameters	X-dir	Z-dir	Unit	Note
Earthq. Zone, Z	0	0		
Importance, I	1.000	1.000		
Ductility, R	8.000	8.000		
Height, H	14.500	14.500	m	
Width, B	22.000	12.000	m	
T_Coeff, Ct	0.04660	0.04660		T=C ^{1/4} * 0.9
Period, T	0.5172	0.5172	sec	
Seismic C1	0.1414	0.1414		Sd1 ^{1/4} / (R * T)
Seismic C2	0.0758	0.0758		Sd1 ^{1/4} / R
Seismic C3	0.0000	0.0000		NOT USED
Seismic C4	0.0267	0.0267		0.044 * Sd1 ^{1/4}
Design Cd	0.0758	0.0758		min(C1, max)

Spectrum Response Curve - IBC-2009, SDC = D

Graph showing Response Spectrum (C) vs Time Period (T). The curve shows a peak response at approximately 0.45 seconds, which is less than the maximum allowed period (Tmax = 0.72 seconds).

- Klik menu **Analysis – Melihat Building Dynamic Output/Base Shear**
- $T_{o1} = 0.45$ secs $\leq T_{max} = 0.72$ secs \rightarrow OK

Eigen Value (w2), To must be less than To,max (See below)

Mode	Eigen	Omega, w	To
1	195.99135	19.99969	0.44881
2	249.12214	15.75189	0.39888
3	324.51211	18.01422	0.34879
4	1699.27425	39.99093	0.15712
5	1953.15906	44.19456	0.14217
6	2239.56426	47.25060	0.13296

Summation of Mass Matrix

Translational Mass, Mx = 2.4143E+002
 Translational Mass, My = 2.4143E+002
 Rotational Mass, Mz = 1.5283E+008

Modal Participation Factor (MPF)

Mode	MPF, Dx	MPF, Dy	MPF, Rz
1	2.0710E-001	1.9808E+001	2.5992E+003
2	-1.4159E+001	4.3233E-001	-4.7869E+002
3	-8.1793E-001	-4.2258E+000	1.0644E+004
4	1.4633E-001	-4.6204E+000	1.0435E+003
5	5.5001E+000	8.9235E-002	2.1682E+002
6	-1.7207E-002	2.8979E+000	4.7366E+003

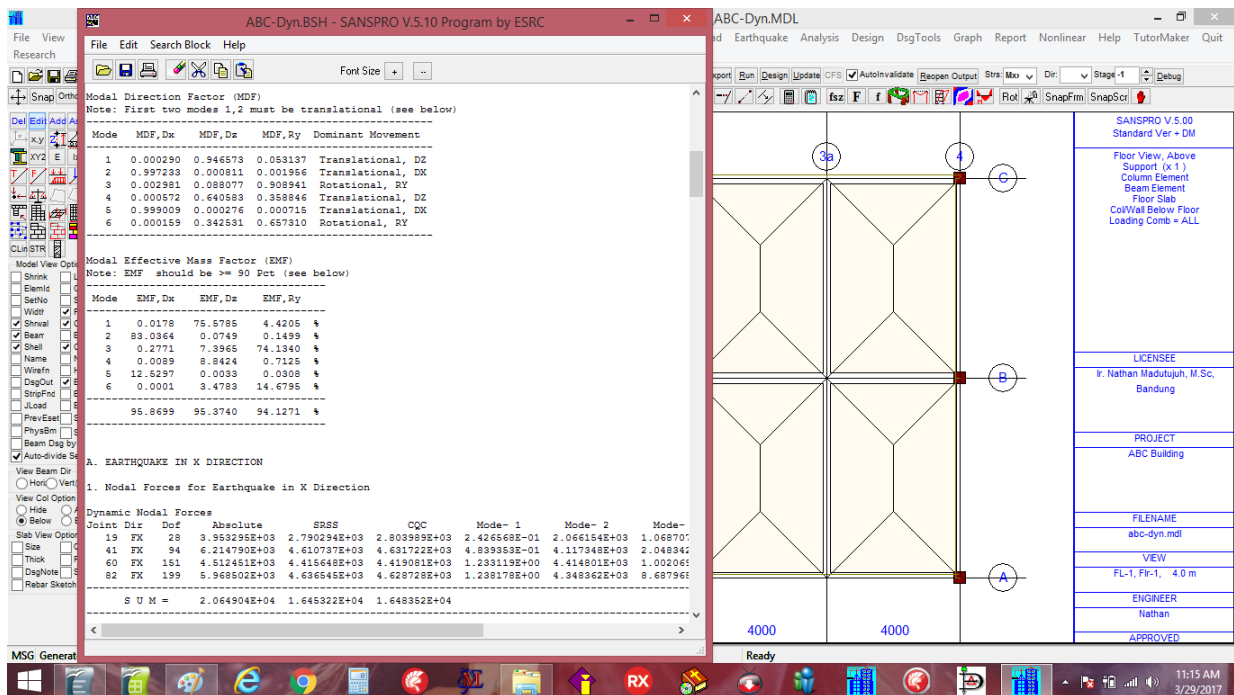
NOTE :

Jika T_o terlalu besar, maka gedung terlalu fleksibel, dan akan menimbulkan drift/goyangan yang besar, juga beban gempa yang dihasilkan lebih kecil. Hal ini akan mengakibatkan disain yang tidak konservatif.

Jika $T_o > T_{max}$, maka dapat dilakukan koreksi pada model sbb:

- Kurangi massa dengan menggunakan LL reduction factor jika dapat (*Dalam hal ini Lrfsudah = 0.25*)
- Naikkan concrete strength $f'_c \rightarrow$ untuk menaikkan nilai $E_c \rightarrow$ menaikkan kekakuan lateral kolom
- Naikkan ukuran Kolom atau Tebal Shearwall
- Naikkan Tinggi balok (Jika tinggi balok kurang dari $L/14$) \rightarrow Negosiasi dengan arsitek
- Kurangi tinggi tingkat \rightarrow untuk menaikkan kekakuan lateral \rightarrow Negosiasi dengan arsitek
- Tambah kolom dan shearwall \rightarrow Negosiasi dengan arsitek

Memeriksa arah getaran dari mode 1,2: DX, DZ



Dari laporan diatas: Mode 1 = Translational in DZ, Mode 2 = Translational in DX → **OK**

Jika tidak terpenuhi:

Gedung mungkin mengalami getaran torsi (puntir), hal ini tidak baik untuk keamanan gedung, karena disain kapasitas yang digunakan dilakukan dengan asumsi terjadi getaran translasi. Ukuran dan tataletak kolom harus diatur ulang agar diperoleh getaran dominan di arah translasi.

Pemeriksaan untuk Effective Mass Factor >= 90%

Dari laporan diatas, Jumlah total Modal Effective Mass Factor adalah 94.12% > 90% → **OK**

Jika tidak terpenuhi:

Jumlah eigen yang terlibat dalam analisis kurang, atau bangunan bergetar secara torsi. Jumlah eigen dapat dinaikan sampai persyaratan ini dipenuhi, dengan nilai maksimum kira2:

- NF*3/2 untuk gedung kecil, NF = jumlah lantai
- NF untuk gedung besar

Persyaratan Rasio Base Shear 85%

Untuk memastikan bahwa analisis dinamik menyerap sejumlah energi yang sama dengan analisis statik ekuivalen, maka base shear dari analisis dinamik dibatasi tidak boleh kurang dari 0.85*Base Shear dari analisis statik ekuivalen, untuk kedua arah X dan Z.

$$V_{dx}/V_{sx} < 0.85$$

$$V_{dz}/V_{sz} < 0.85$$

Pemeriksaan Base Shear

Base Shear $V_{dx}/V_{sx} = 84.4\% \leq 85\%$

Earthquake Coefficient, $C_d = 0.076$
 Total Structural Mass, $M = 2.414912E+02$
 Total Structural Weight, $W = 2.368440E+05$

Method	V_{dx}	Tangent	Degrees (from X-X)
ABS	17256.72440	1005.89648	0.059290
SRSS	15115.95145	561.52586	0.037148
CQC	15151.74728	409.02091	0.026995

BASE SHEAR CALCULATION: X Direction, $V_d = V_{dx}$

Dynamic Base Shear	V_{d1}	V_{d2}	V_{d3}	Static Equivalent, V_s	Percentage of V_{d3}/V_s	α
Dynamic Base Shear, V_{d1}	$1.725672E+04$ (ABS)					
Dynamic Base Shear, V_{d2}	$1.511595E+04$ (SSR)					
Dynamic Base Shear, V_{d3}	$1.515175E+04$ (CQC)					
Static Equivalent, V_s	$1.795278E+04$					
Percentage of V_{d3}/V_s					0.8440	84.40 %

BASE SHEAR CALCULATION: Resultant, $V_d = \sqrt{V_{dx}^2 + V_{dz}^2}$

Dynamic Base Shear	V_{d1}	V_{d2}	V_{d3}	Static Equivalent, V_s	Percentage of V_{d3}/V_s	α
Dynamic Base Shear, V_{d1}	$1.728402E+04$ (ABS)					
Dynamic Base Shear, V_{d2}	$1.512698E+04$ (SSR)					
Dynamic Base Shear, V_{d3}	$1.515727E+04$ (CQC)					
Static Equivalent, V_s	$1.795278E+04$					
Percentage of V_{d3}/V_s					0.8443	84.43 %

NOTE: V_s must be recalculated using same T as from dynamic analysis
 Ratio $V_d/V_s \geq 0.85$ (SNI-1726-2012) OR ≥ 0.80 (SNI-1726-2002) see below

CHECKING DYNAMIC ANALYSIS OUTPUT:

Earthquake Design using Dynamic Analysis is basically an ITERATIVE process.
 Result from Dynamic Analysis must be verified before continuing with element design.
 Unverified result is not reliable and invalid to be used as final design.

The following results must be checked carefully and model must be revised and re-analyzed again if necessary to get the right result :

Base Shear $V_{dz}/V_{sz} = 77.9\% \leq 85\%$

Earthquake Coefficient, $C_d = 0.076$
 Total Structural Mass, $M = 2.414912E+02$
 Total Structural Weight, $W = 2.368440E+05$

Method	V_{dz}	Tangent	Degrees (from Z-Z)
ABS	17167.45353	1005.89736	0.058893
SRSS	13775.83349	561.52586	0.040762
CQC	13992.74551	409.02088	0.029231

BASE SHEAR CALCULATION: Z Direction, $V_d = V_{dz}$

Dynamic Base Shear	V_{d1}	V_{d2}	V_{d3}	Static Equivalent, V_s	Percentage of V_{d3}/V_s	α
Dynamic Base Shear, V_{d1}	$1.716745E+04$ (ABS)					
Dynamic Base Shear, V_{d2}	$1.377583E+04$ (SSR)					
Dynamic Base Shear, V_{d3}	$1.399275E+04$ (CQC)					
Static Equivalent, V_s	$1.795278E+04$					
Percentage of V_{d3}/V_s					0.7794	77.94 %

BASE SHEAR CALCULATION: Resultant, $V_d = \sqrt{V_{dx}^2 + V_{dz}^2}$

Dynamic Base Shear	V_{d1}	V_{d2}	V_{d3}	Static Equivalent, V_s	Percentage of V_{d3}/V_s	α
Dynamic Base Shear, V_{d1}	$1.719690E+04$ (ABS)					
Dynamic Base Shear, V_{d2}	$1.378727E+04$ (SSR)					
Dynamic Base Shear, V_{d3}	$1.399872E+04$ (CQC)					
Static Equivalent, V_s	$1.795278E+04$					
Percentage of V_{d3}/V_s					0.7798	77.98 %

NOTE: V_s must be recalculated using same T as from dynamic analysis
 Ratio $V_d/V_s \geq 0.85$ (SNI-1726-2012) OR ≥ 0.80 (SNI-1726-2002) see below

CHECKING DYNAMIC ANALYSIS OUTPUT:

Earthquake Design using Dynamic Analysis is basically an ITERATIVE process.
 Result from Dynamic Analysis must be verified before continuing with element design.
 Unverified result is not reliable and invalid to be used as final design.

The following results must be checked carefully and model must be revised and re-analyzed again if necessary to get the right result :

Dalam hal ini, Base Shear dinamik pada kedua arah adalah kurang dari nilai minimum.

Kita dapat melakukan koreksi pada model sbb:

- Tambah jumlah eigen (di **Analysis Option**) ATAU
- Gunakan Scaling Factor (at **Analysis Option**)

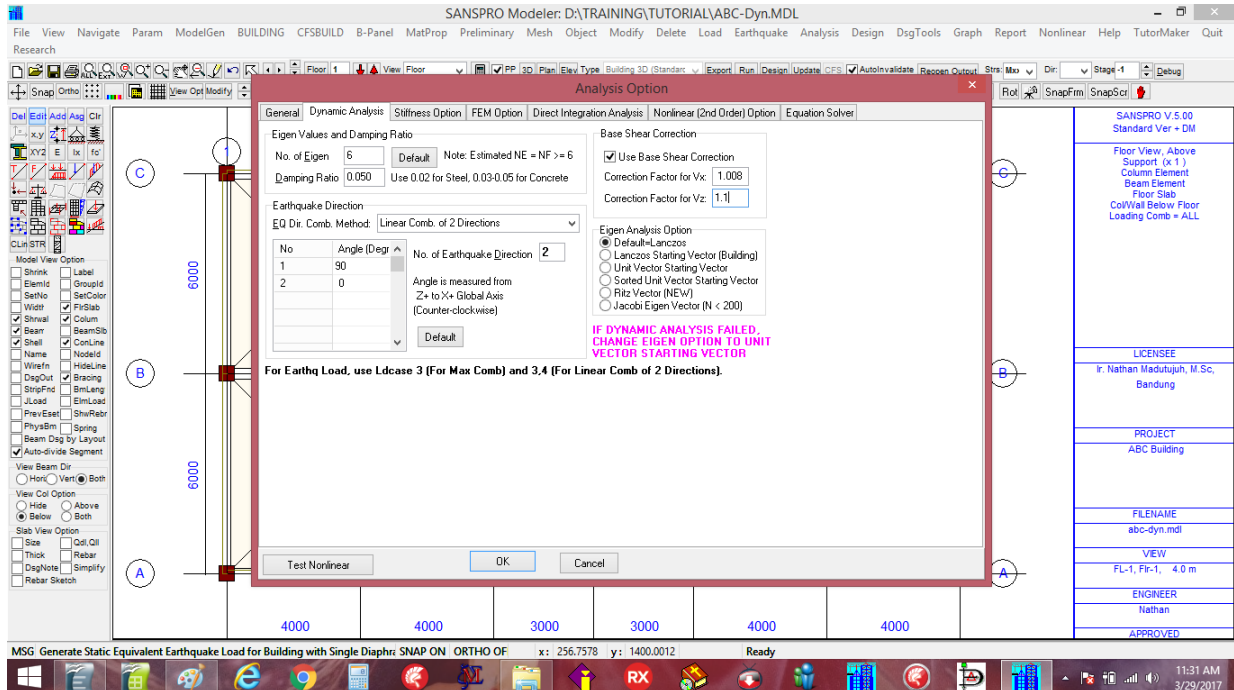
Karena hanya ada 4 lantai, kita akan menggunakan faktor skala yang dihitung sbb:

untuk X Direction : $FS_X = 85 / 84.4 = 1.0071 \rightarrow$ Use $FS_X = 1.008$
 untuk Z Direction : $FS_Z = 85 / 77.9 = 1.0911 \rightarrow$ Use $FS_Z = 1.10$

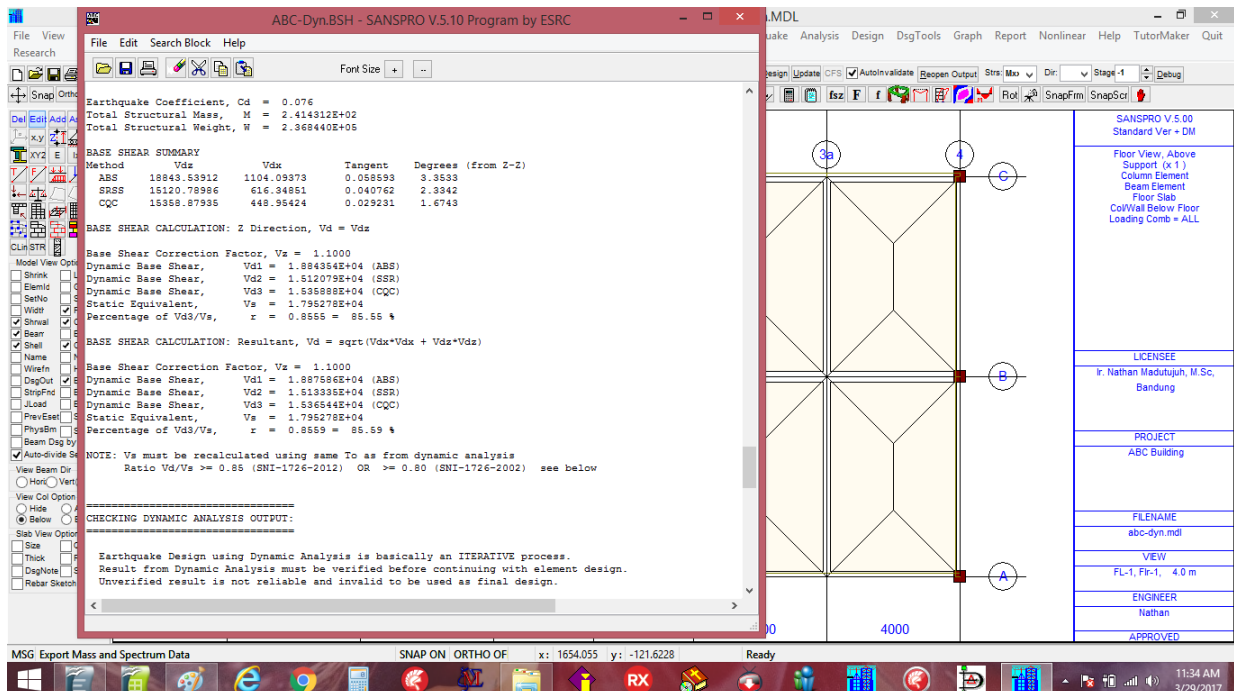
Kita dapat memasukkan faktor skala di **Analysis Option** lalu export dan run analisis kembali. Setelah run analisis, base shear dinamik sekarang sudah memenuhi $\geq 85\% V_s$.

Menggunakan Faktor Skala untuk Base Shear:

- Klik [x] Use Base Shear Correction
- Masukkan : Faktor Skala untuk $V_x = 1.008$
- Masukkan : Faktor Skala untuk $V_z = 1.1$
- Klik [OK]
- Klik **F2** dan **F4**
- Run Analysis again



Base Shear V_x dan V_z sekarang $\geq 85\%$ of $V_{bsh,static}$



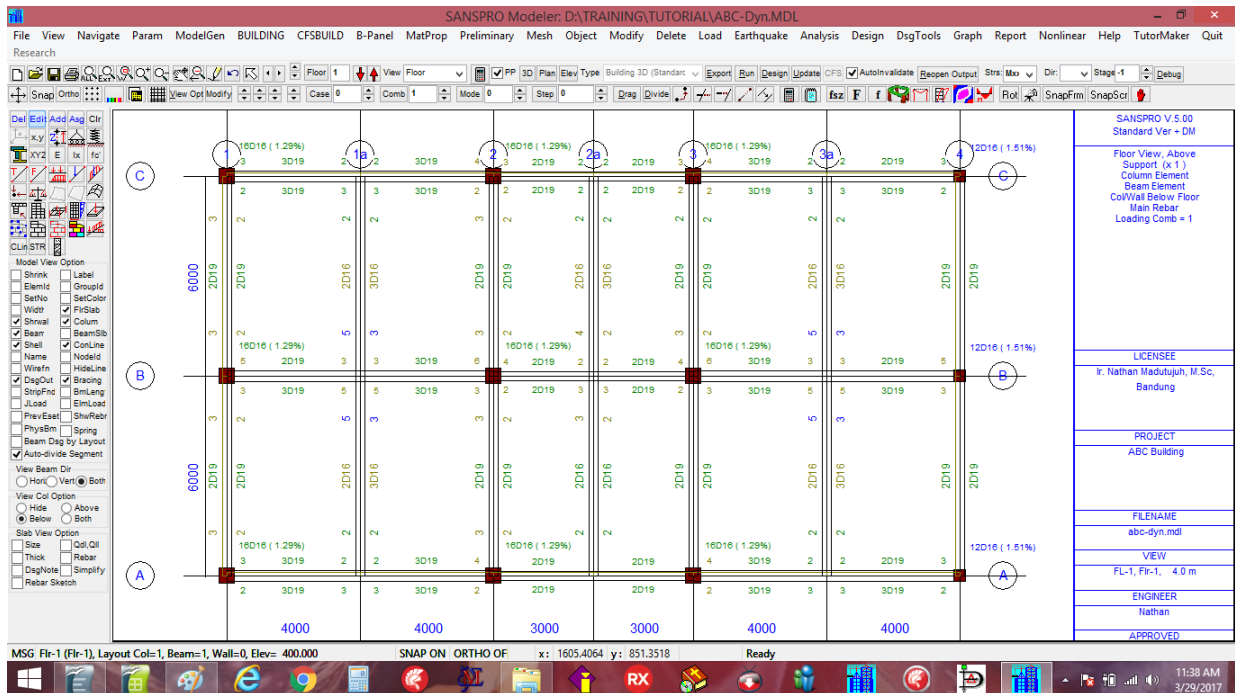
Hasil Analisis Dinamik sekarang telah sesuai dengan hasil dari analisis Statik Ekuivalen dan memenuhi persyaratan peraturan gedung yang berlaku.

Sekarang kita dapat menjalankan Disain Kapasitas Beton / Concrete Capacity Design seperti yang lalu.

Klik menu **Design – Run Concrete Capacity Design (With Messages)**

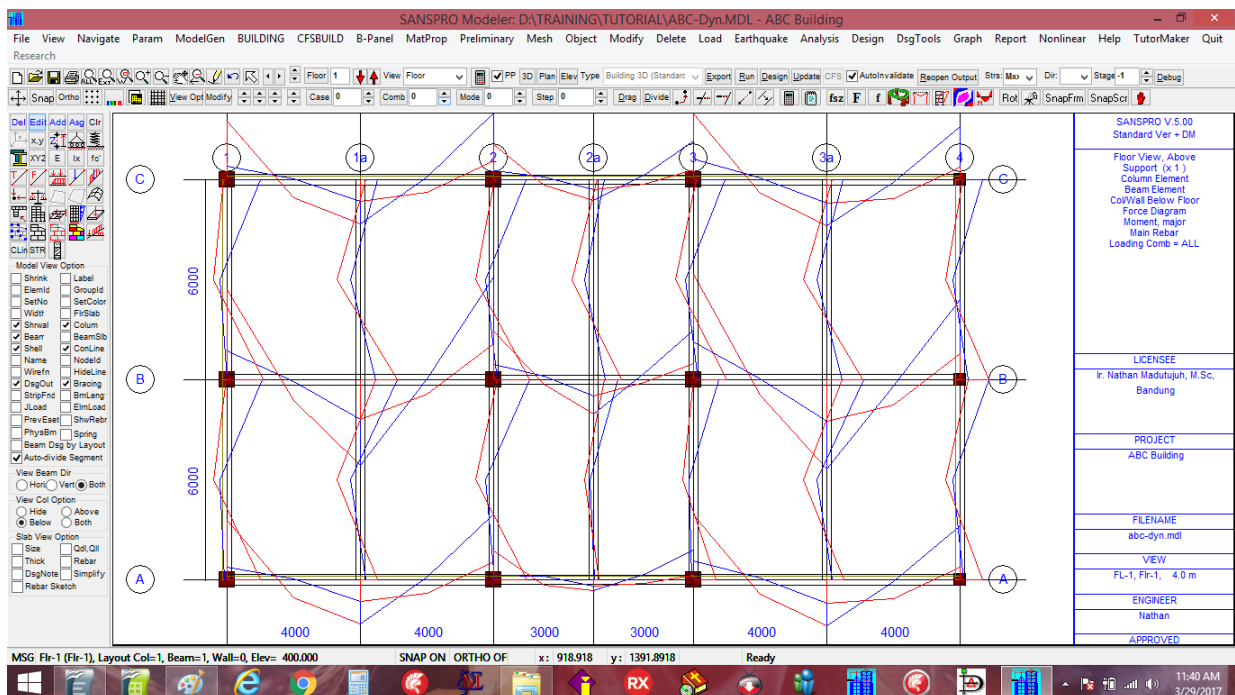
Setelah Proses Disain, Kita dapat memeriksa secara visual tulangan beton dengan **Klik-kanan, View Moment Design** (Tulangan lentur saja) atau **View Final Design Results** (Tulangan lentur, geser, torsi)

Melihat Concrete Rebar (Setelah Analisis Dinamik)



Karena base shear dinamik sekitar 85% dari base shear statik, tulangan balok yang diberikan pada analisis dinamik mungkin sama atau lebih kecil sedikit dibandingkan hasil analisis statik. Namun karena distribusi gaya lateral dari analisis dinamik lebih akurat, ada kemungkinan tulangan pada lantai di pertengahan tinggi lebih besar dari analisis statik.

Melihat Moment Diagram (setelah Analisis Dinamik)



CATATAN:

Harap dicatat bahwa Analisis Dinamik Spektrum Respons akan memberikan tanda + untuk element forces (hal ini karena penggunaan metode kombinasi mode Square root atau CQC).

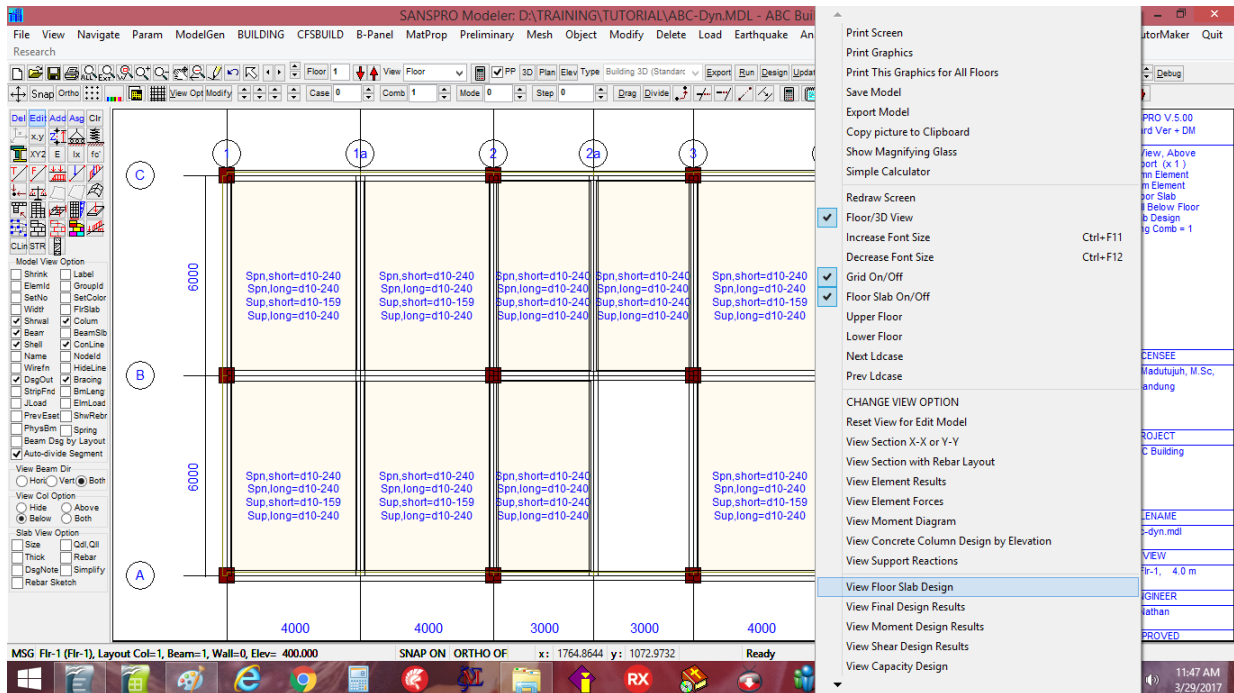
Jadi kombinasi untuk Diagram Momen dsb harus diperhitungkan dengan hati-hati.

3. Example 5: Disain Pelat Lantai Beton

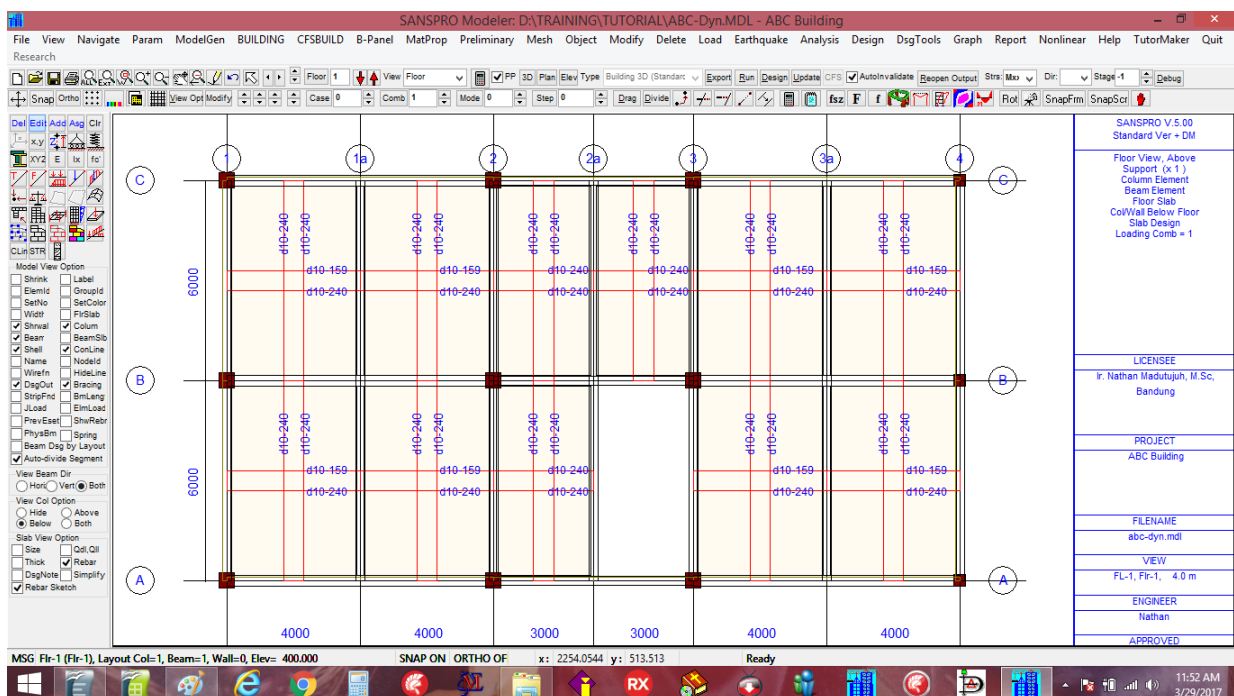
SANSPRO menyediakan beberapa pilihan Disain untuk Pelat Lantai beton:

- Concrete slab design moment (*dari tabel koefisien momen pelat*)
- Disain tulangan pelat beton (menggunakan penampang balok tulangan ganda)
- Penyederhanaan tulangan pelat beton (menggunakan tulangan belok atau tulangan tambahan)
- Analisis getaran akibat orang berjalan
- Analisis lendutan jangka pendek dan panjang

To design a floor slab, go to the floor level, dan **Klik-kanan**, pilih **Melihat Floor Slab Design**

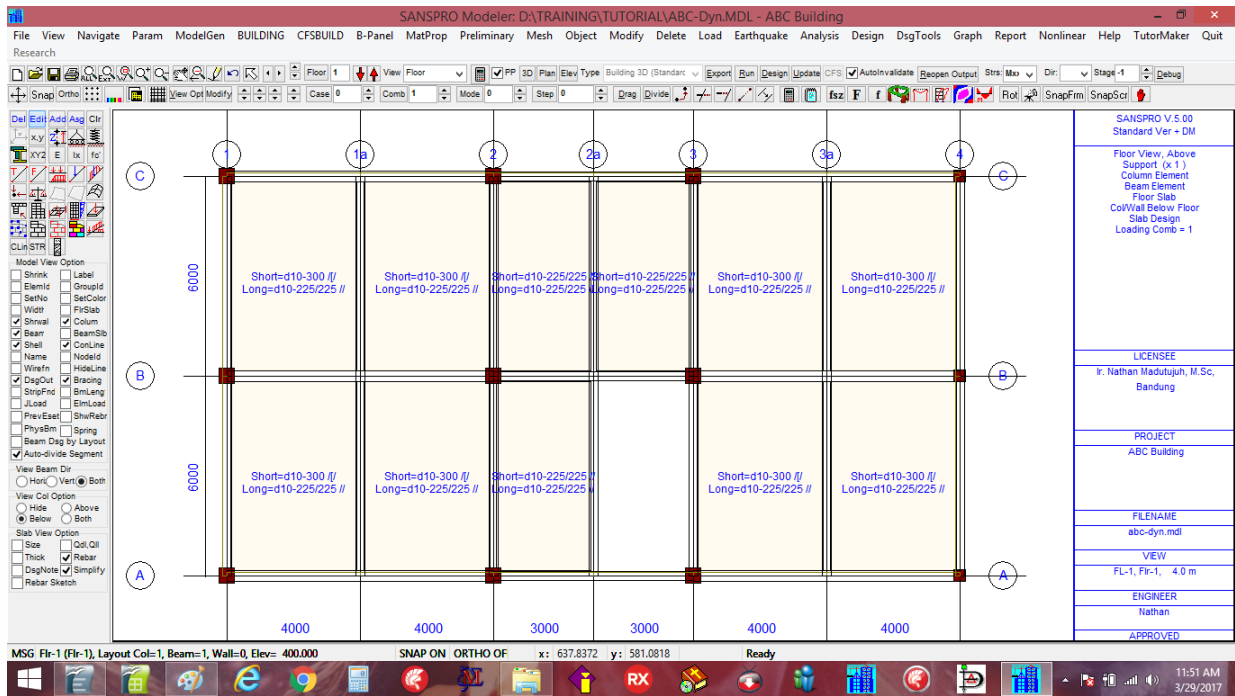


Tulangan pelat beton (untuk M+ midspan dan M- support) dan untuk short dan long span akan ditampilkan. Klik di kiri bawah Ikon [x] **Rebar**, [x] **Rebar Sketch** untuk melihat tulangan pelat beton

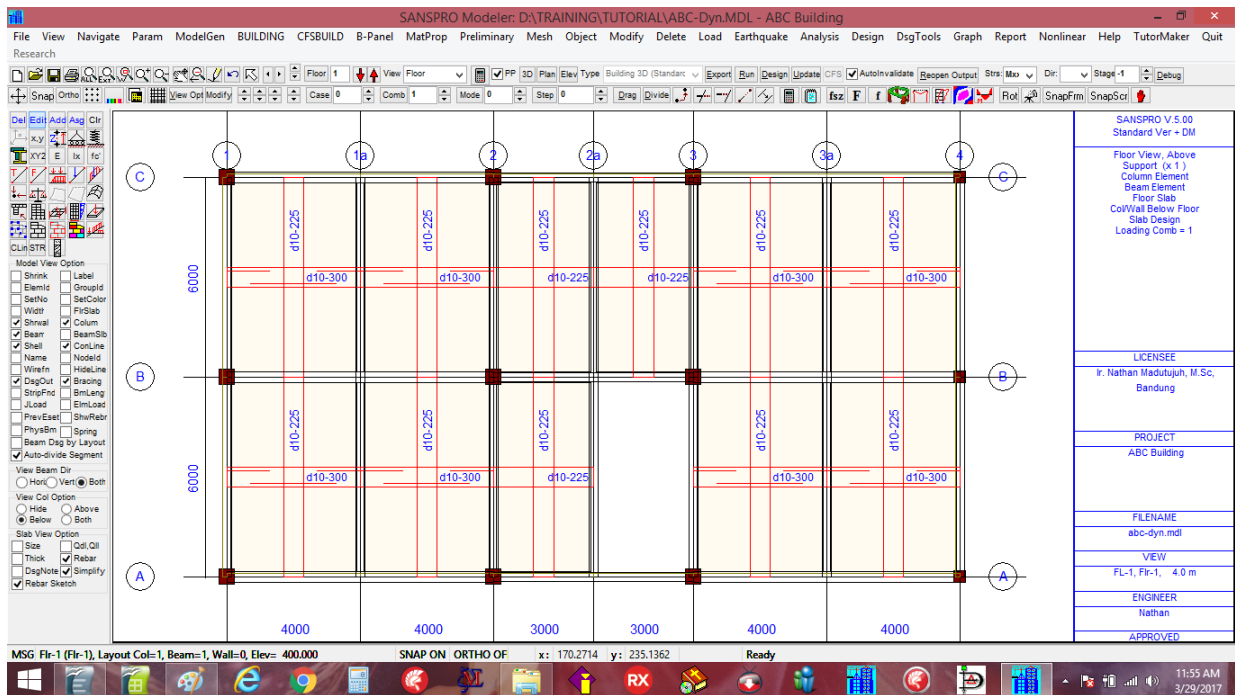


Program SANSPRO akan menampilkan tulangan menerus yang memenuhi kebutuhan momen lentur tadi. User dapat klik Ikon [x] **Simplify** untuk menyederhanakan lebih jauh agar didapat hasil yang ekonomis sbb:

Tulangan pelat setelah proses Simplifikasi:



Program SANSPRO akan mencoba menyederhanakan penempatan tulangan sbb:



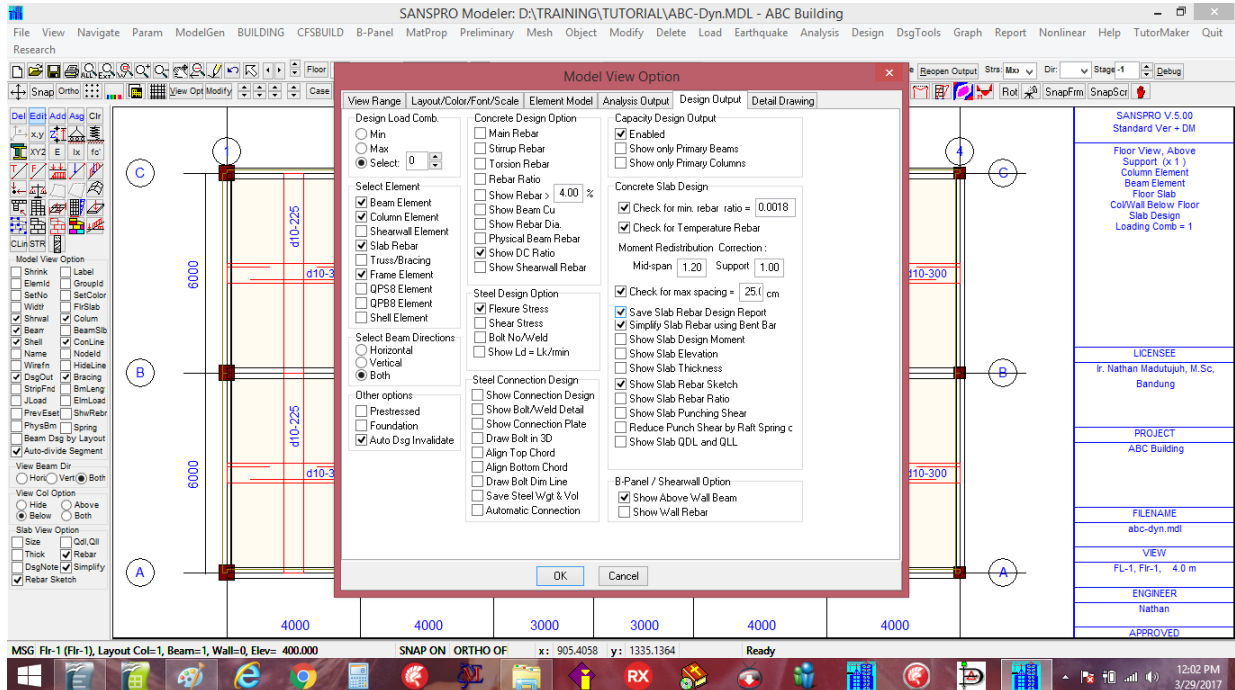
CATATAN:

- Spasi tulangan pelat maksimum yang direkomendasikan adalah $2 \cdot tp$
- untuk Metal deck, tulangan pelat yang ditampilkan adalah tulangan tambahan
- untuk Hollow Core Slab, tulangan pelat yang diberikan tidak digunakan.
- untuk Half-slab system, tambahkan tulangan lapangan (M+ rebar) karena proses konstruksinya (pelat akan berperilaku sebagai balok bertumpu sederhana sebelum topping bekerja)
- Tebal pelat minimum adalah sekitar $L/30 - L/35$
- Tebal selimut beton minimum di sisi atas dan bawah pelat harus $\leq 1.5-2.5$ cm untuk mendapatkan M_n yang ekonomis

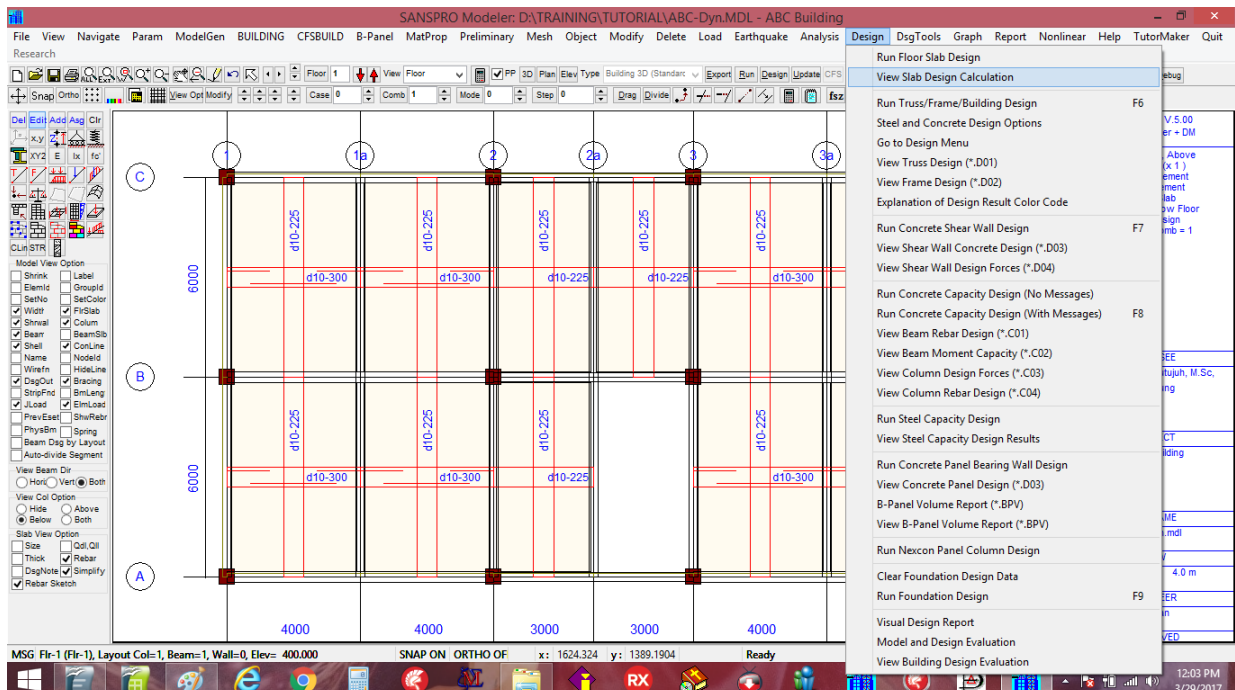
Analisis Vibrasi pada Pelat Lantai

Pelat lantai dapat dianalisis terhadap getaran akibat beban hidup orang berjalan, untuk mendapatkan tulangan, besar getaran, T_0 dan lendutan. sbb:

- Pergi ke lantai yang ingin dicek
- **Klik-kanan**, pilih **Change View Option**
- Klik [x] Save Slab Rebar Design Report
- Klik **[Ok]**



Klik menu Design – View Slab Design Calculation

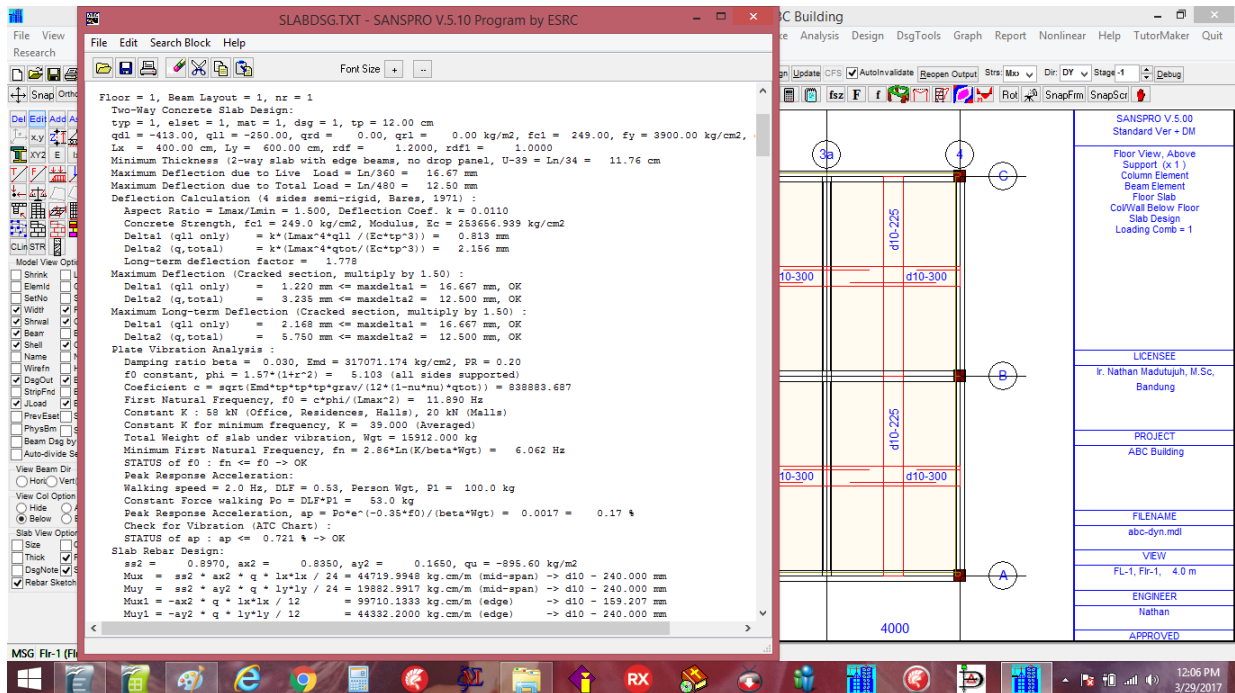


Suatu File bernama SLABDSG.TXT akan dihasilkan untuk lantai tersebut. Isi daripada laporan ini dapat digabungkan ke report final.

NOTE:

- Opsi ini secara otomatis dimatikan setelah dijalankan 1x. Bisa diulang kembali bila perlu.
- Ulangi untuk lantai lain dgn layout yg berbeda

Slab Design Calculation Report:



Report untuk one slab region is as follows:

Floor = 1, Beam Layout = 1, nr = 1

Two-Way Concrete Slab Design:

$t_p = 1, e_{lset} = 1, mat = 1, dsg = 1, tp = 12.00 \text{ cm}$
 $q_{dl} = -413.00, q_{ll} = -250.00, q_{rd} = 0.00, q_{rl} = 0.00 \text{ kg/m}^2, f_{c1} = 249, f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2, db = 10.00 \text{ mm}$
 $L_x = 400.00 \text{ cm}, L_y = 600.00 \text{ cm}, r_{df} = 1.2000, r_{df1} = 1.0000$
 Minimum Thickness (2-way slab with edge beams, no drop panel, U-39 = $L_n/34 = 11.76 \text{ cm}$
 Maximum Deflection due to Live Load = $L_n/360 = 16.67 \text{ mm}$
 Maximum Deflection due to Total Load = $L_n/480 = 12.50 \text{ mm}$

Deflection Calculation (4 sides semi-rigid, Bares, 1971) :

Aspect Ratio = $L_{max}/L_{min} = 1.500$, Deflection Coef. $k = 0.0110$
 Concrete Strength, $f_{c1} = 249.0 \text{ kg/cm}^2$, Modulus, $E_c = 253656.939 \text{ kg/cm}^2$
 $\Delta_1 (q_{ll} \text{ only}) = k * (L_{max}^4 * q_{ll} / (E_c * t_p^3)) = 0.813 \text{ mm}$
 $\Delta_2 (q, \text{total}) = k * (L_{max}^4 * q_{tot} / (E_c * t_p^3)) = 2.156 \text{ mm}$
 Long-term deflection factor = **1.778**

Maximum Deflection (Cracked section, multiply by 1.50) :

$\Delta_1 (q_{ll} \text{ only}) = 1.220 \text{ mm} \leq \text{maxdelta}_1 = 16.667 \text{ mm, OK}$
 $\Delta_2 (q, \text{total}) = 3.235 \text{ mm} \leq \text{maxdelta}_2 = 12.500 \text{ mm, OK}$

Maximum Long-term Deflection (Cracked section, multiply by 1.50) :

$\Delta_1 (q_{ll} \text{ only}) = 2.168 \text{ mm} \leq \text{maxdelta}_1 = 16.667 \text{ mm, OK}$
 $\Delta_2 (q, \text{total}) = 5.750 \text{ mm} \leq \text{maxdelta}_2 = 12.500 \text{ mm, OK}$

Plate Vibration Analysis :

Damping ratio $\beta = 0.030$, $E_{md} = 317071.174 \text{ kg/cm}^2$, $PR = 0.20$
 f_0 constant, $\phi = 1.57 * (1 + r^2) = 5.103$ (all sides supported)
 Coefficient $c = \sqrt{E_{md} * t_p * t_p * g_{rav} / (12 * (1 - \nu * \nu) * q_{tot})} = 838883.687$
 First Natural Frequency, $f_0 = c * \phi / (L_{max}^2) = 11.890 \text{ Hz}$
 Constant K : 58 kN (Office, Residences, Halls), 20 kN (Malls)
 Constant K for minimum frequency, $K = 39.000$ (Averaged)
 Total Weight of slab under vibration, $Wgt = 15912.000 \text{ kg}$
 Minimum First Natural Frequency, $f_n = 2.86 * L_n (K / \beta * Wgt) = 6.062 \text{ Hz}$
STATUS of f_0 : $f_n \leq f_0 \rightarrow \text{OK}$

Peak Response Acceleration:

Walking speed = 2.0 Hz, $DLF = 0.53$, Person Wgt, $P_1 = 100.0 \text{ kg}$
 Constant Force walking $P_o = DLF * P_1 = 53.0 \text{ kg}$
 Peak Response Acceleration, $a_p = P_o * e^{(-0.35 * f_0)} / (\beta * Wgt) = 0.0017 = 0.17 \%$

Check for Vibration (ATC Chart) :

STATUS of a_p : $a_p \leq 0.721 \%$ $\rightarrow \text{OK}$

Slab Rebar Design:

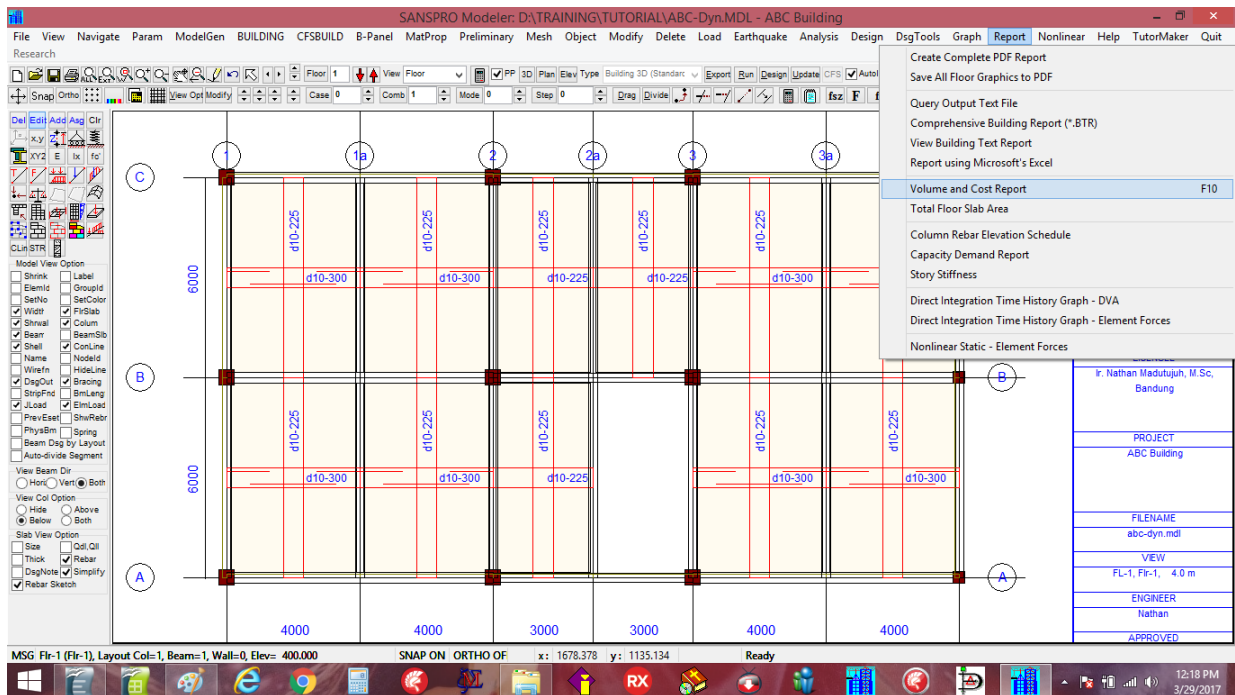
$ss_2 = 0.8970, ax_2 = 0.8350, ay_2 = 0.1650, qu = -895.60 \text{ kg/m}^2$
 $M_{ux} = ss_2 * ax_2 * q * l_x * l_x / 24 = 44719.9948 \text{ kg.cm/m (mid-span)} \rightarrow d_{10} - 240.000 \text{ mm}$
 $M_{uy} = ss_2 * ay_2 * q * l_y * l_y / 24 = 19882.9917 \text{ kg.cm/m (mid-span)} \rightarrow d_{10} - 240.000 \text{ mm}$
 $M_{ux1} = -ax_2 * q * l_x * l_x / 12 = 99710.1333 \text{ kg.cm/m (edge)} \rightarrow d_{10} - 159.207 \text{ mm}$
 $M_{uy1} = -ay_2 * q * l_y * l_y / 12 = 44332.2000 \text{ kg.cm/m (edge)} \rightarrow d_{10} - 240.000 \text{ mm}$

Short=d10-300 //, Long=d10-225/225 //

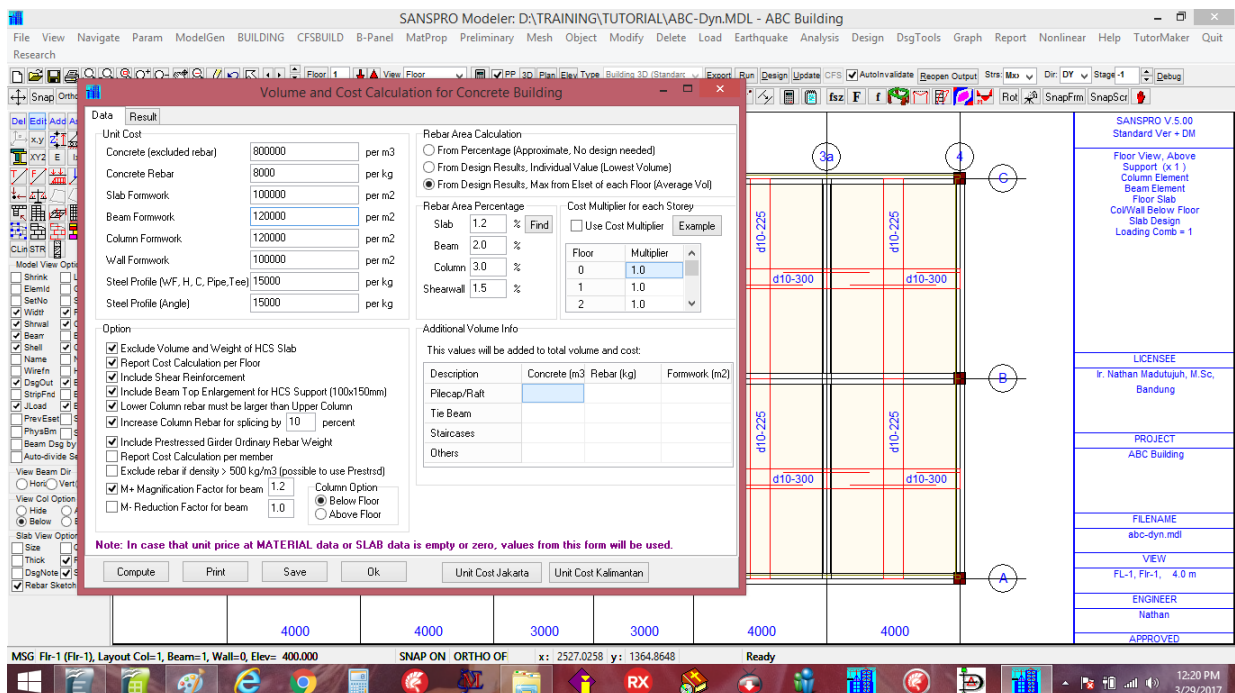
4. Example 6: Building Volume dan Cost Design

SANSPRO memiliki satu feature yang berguna untuk evaluasi RAB dan biaya dari model gedung beton yang ada sesuai harga satuan yang diberikan.

Klik menu **Report** – pilih **Volume dan Cost Report**



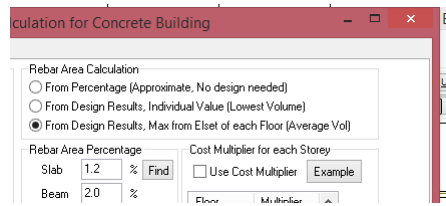
Masukkan harga satuan yang ada : (Gunakan rupiah atau mata uang lainnya) pilih (x) **From Design Results, Max from Elset**, Lalu Klik [**Compute**]



Program SANSPRO akan memberikan hasil sbb:

- Volume, weight, area dan price per lantai, dibagi kedalam shearwall, kolom, balok, slabs, precast slab
- Total building volume, weight, area dan price untuk concrete, rebar dan bekisting/formwork
- Rasio Beton : total volume beton / total luas lantai = tebal ekuivalen (biasanya 0.20 – 0.45)
- Rasio Tulangan : total berat rebar / total volume beton (biasanya 125 – 250 kg/m3)
- Penggunaan Rebar per diameter (Jika proses disain telah selesai dilakukan)
- Warnings jika ratio diatas melewati nilai tipikal

Untuk volume beton, hasil yang diberikan sangat akurat, sudah mencakup koreksi tinggi balok terhadap tebal pelat, volume balok nett diluar kolom, dsb.



Untuk berat tulangan, ada 3 opsi tersedia:

1. From percentage (estimasi oleh user dengan persentase luas penampang, tidak perlu disain dulu)
2. From Design Results, Individual value (Lowest value)
3. From Design Results, Max from Elset of each floor (maximum value)

Nilai aktual di lapangan adalah antara poin 2 dan 3.

SUMMARY 1 (EXCLUDED ADDITIONAL VOLUME):

Total Building Cost	=	524906946.1
Total Floor Area	=	792.0 m2 (excluded lowest floor)
Total Col/Wall Area	=	10.0 m2 = 1.26 % (Normal Range: 1.0 - 3.0 %)
Total CIP Slab Area	=	792.0 m2
Total HCS Slab Area	=	0.0 m2
Total Concrete Volume	=	180.1 m3
Total Shearwall Volume	=	0.0 m3
Total Rebar Weight	=	24183.0 kg
Total Formwork Area	=	1693.5 m2
Average Concrete Volume	=	0.2274 m3 / m2 (Normal Range: 0.2 - 0.4 m3/m2)
Average Rebar Weight	=	30.53 kg / m2
Average Rebar Density	=	134.29 kg / m3 (Normal Range: 100 - 200 kg/m3)
Average Overall Cost	=	662761.3 / m2 (excluded area of lowest floor)
Total Building Cost	=	524906946.1
Fixed Cost Spct	=	41992555.7
SubTotal	=	566899501.8
V.A.T. 10pct	=	56689950.2
Contractor Fee (7.0%)	=	39682965.1
Total Price	=	663272417.1

Estimated Rebar Weight per diameter
This values are not valid for rebar from percentage

Rebar Dia (mm)	Total Wgt	Pct
10 mm	15563.5 kg	64.36 %
16 mm	5160.2 kg	21.34 %
19 mm	3459.3 kg	14.30 %
Total Wgt	24183.0 kg	

Note: Weight distribution is only estimated values because complete diameter data are not available for slab and shearwall. Weight computed using assumed values.

NOTE: Volume and Cost Report was stored at D:\TRAINING\TUTORIAL\ABC-Dyn.BVC

Concrete ratio = 0.224 m3/m2

Rebar ratio = 134.3 kg/m3 to 139.8 kg/m3

Average rebar = 137.05 kg/m3

Overall cost = 662 761 Rp/m2 to 672 813 Rp/m2

Average cost = 667 787 Rp/m2

NOTE:

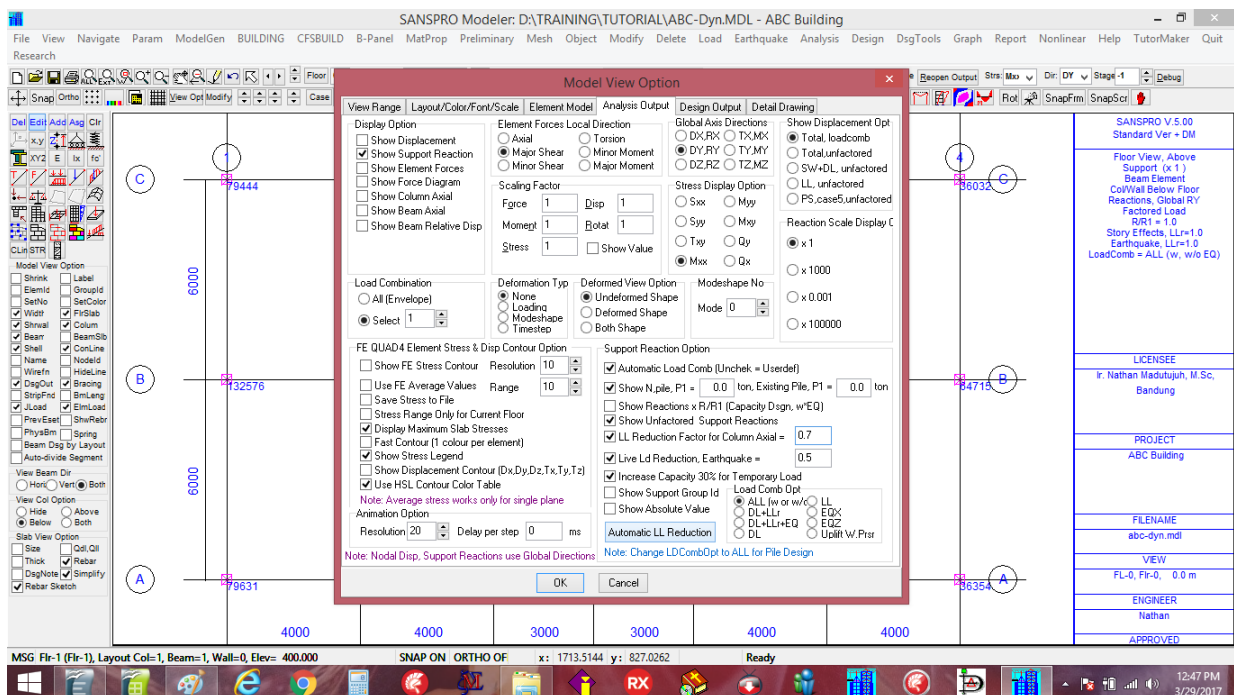
- Volume dan berat pilecap, tie beam, retaining wall, dan tangga belum termasuk dan dapat ditambahkan secara manual
- Menggunakan feature ini, kita dapat dengan mudah melakukan analisis WHAT-IF untuk beberapa opsi:

- Concrete strength f_c'
- Ukuran kolom
- Ukuran balok

5. Example 7: Disain Pondasi Sederhana

Disain Pondasi secara sederhana dan cepat dapat dilakukan dengan program SANSPRO sbb:

- **Klik-kanan**, pilih **View Support Reactions**
- **Klik-kanan**, pilih **Change View Option**
- Masukkan Daya dukung ijin 1 tiang : allowable pile axial load capacity (ton)
- Untuk pilecap dengan 1 atau 2 tiang dapat dimasukkan tanpa faktor reduksi
- untuk pilecap dengan lebih dari 2 tiang dan tanpa bedrock dangkal gunakan faktor efisiensi grup sbb:
 - Reduksi Daya dukung tiang ijin dengan faktor reduksi grup tiang = 0.65 – 1.0
 - Reduksi grup ini harus diberikan untuk tiang friksi, tiang didalam tanah clay/silt
 - Dalam hal ini kita akan gunakan : Pcap = 40 ton x 0.85 = **34 ton**
- Masukkan parameter berikut ini:
 - [x] Show N.pile, P1 = **34 ton**
 - [x] Show unfactored Support Reactions
 - [x] LL Reduction untuk Column Axial = 0.7
 - [x] LL Reduction untuk Earthquake = 0.5
- Klik **[OK]**

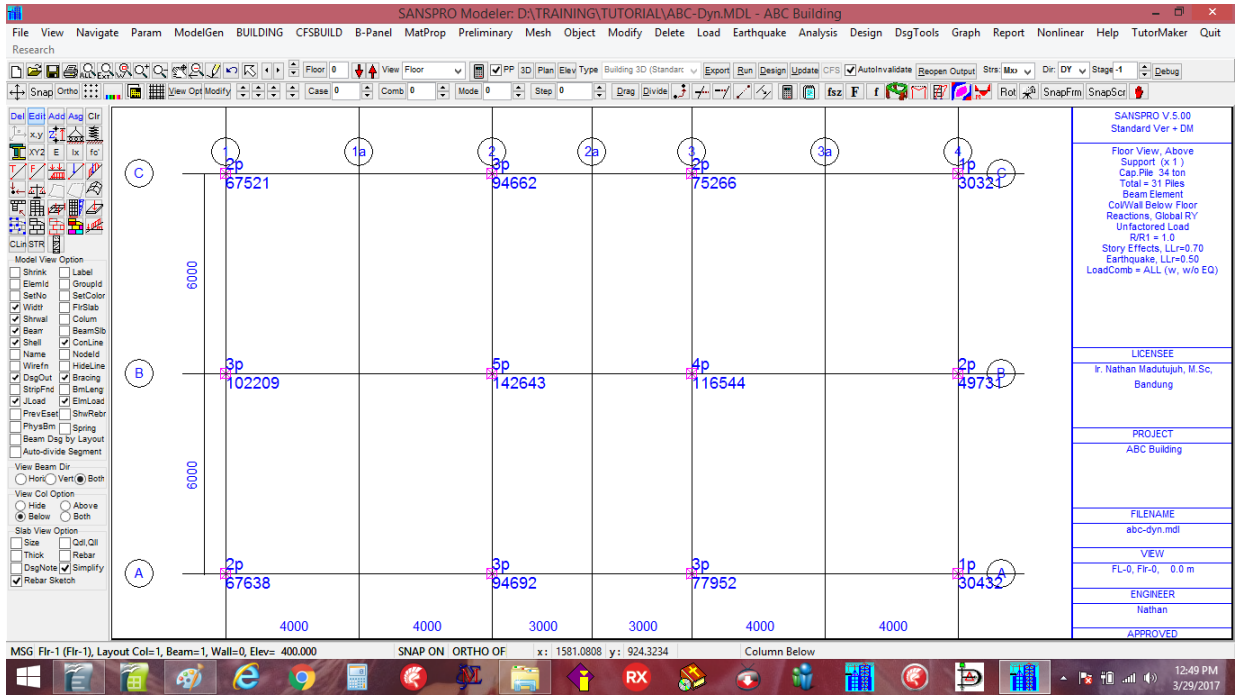


Estimasi jumlah pile yang dibutuhkan akan ditampilkan:

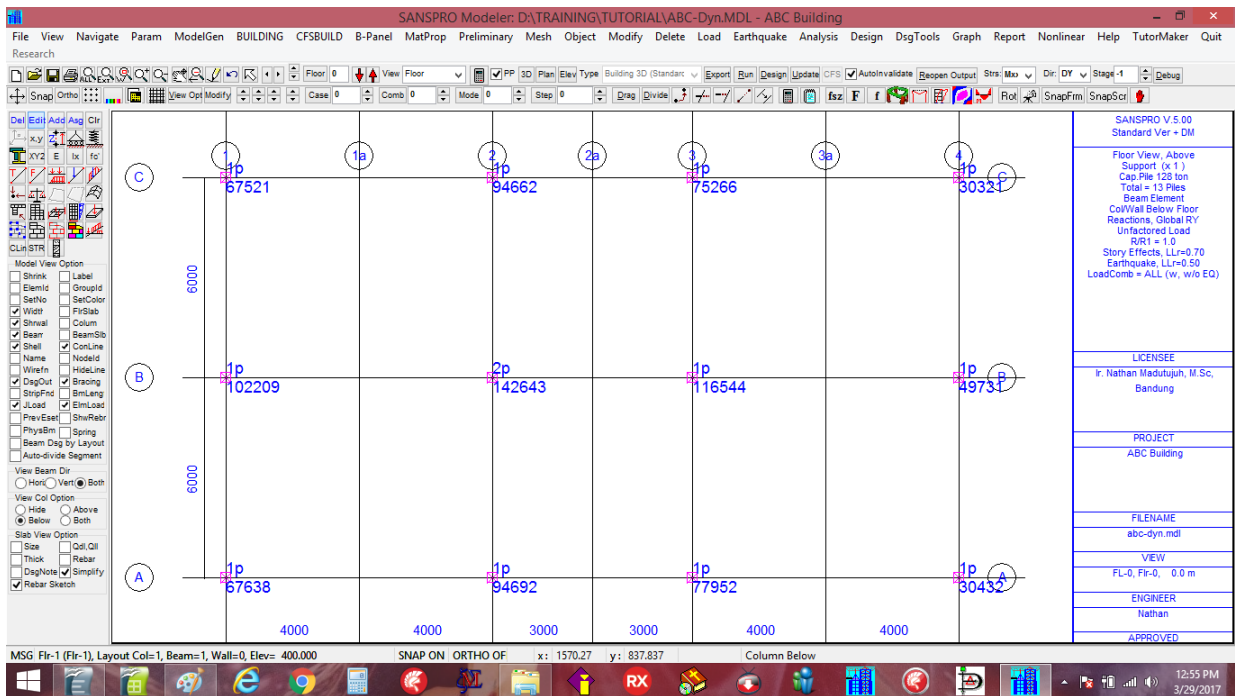
NOTE:

- Jumlah total pile yang dibutuhkan diberikan pada legend di kanan atas (Total = 31 piles)
- Metode sederhana ini hanya memperhitungkan beban aksial saja, dan mengabaikan geser dan momen
- Jumlah pile yang diperlukan terhadap geser dapat dihitung sbb: $n_p = V_{bsh} / P_1$, dimana $P_1 = 0.05 * 34$ ton
- Program SANSPRO dapat menggunakan kombinasi beban otomatis yang memperhitungkan SW,DL,LL,EQX,EQZ dan L1rf atau menggunakan kombinasi beban yang ada
- Disain pondasi yang lebih detail dengan memperhitungkan juga Moment, Tension, Shear forces dan disain kapasitas pondasi dapat dilakukan melalui menu **Design - Run Foundation Design**
- Jika ada lebih dari 1 jenis pile yang digunakan, prosedur diatas dapat diulang dengan menggunakan nilai P1 yang berbeda.
- Khusus untuk kasus perkuatan pondasi yang telah ada, kapasitas pondasi yang ada dapat dimasukkan. Yang akan ditampilkan adalah kebutuhan pondasi tambahan yang diperlukan untuk perkuatan pondasi.

Estimasi jumlah pile, PC 25x25, 40 ton x 0.85 → Total 31 piles @ PC 25x25 (Precast pile)

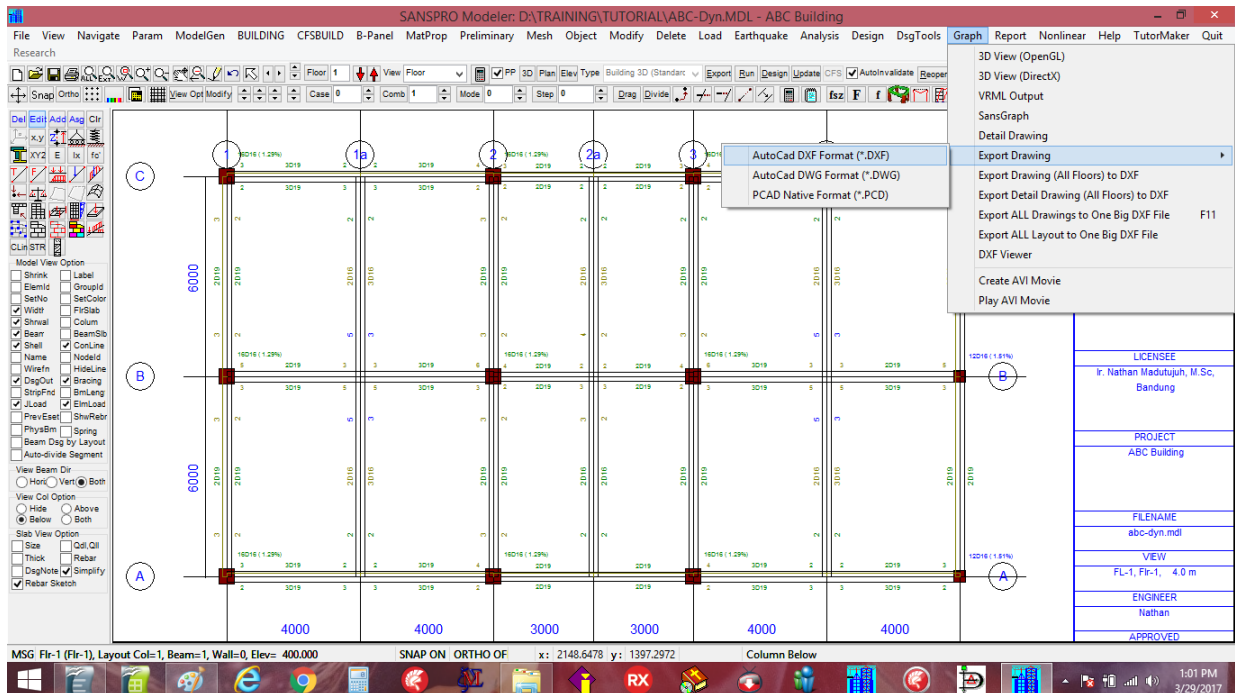


Estimasi jumlah pile, BP 60, 150 ton x 0.85 → Total 13 piles @ BP 60 (Bored Pile D600)



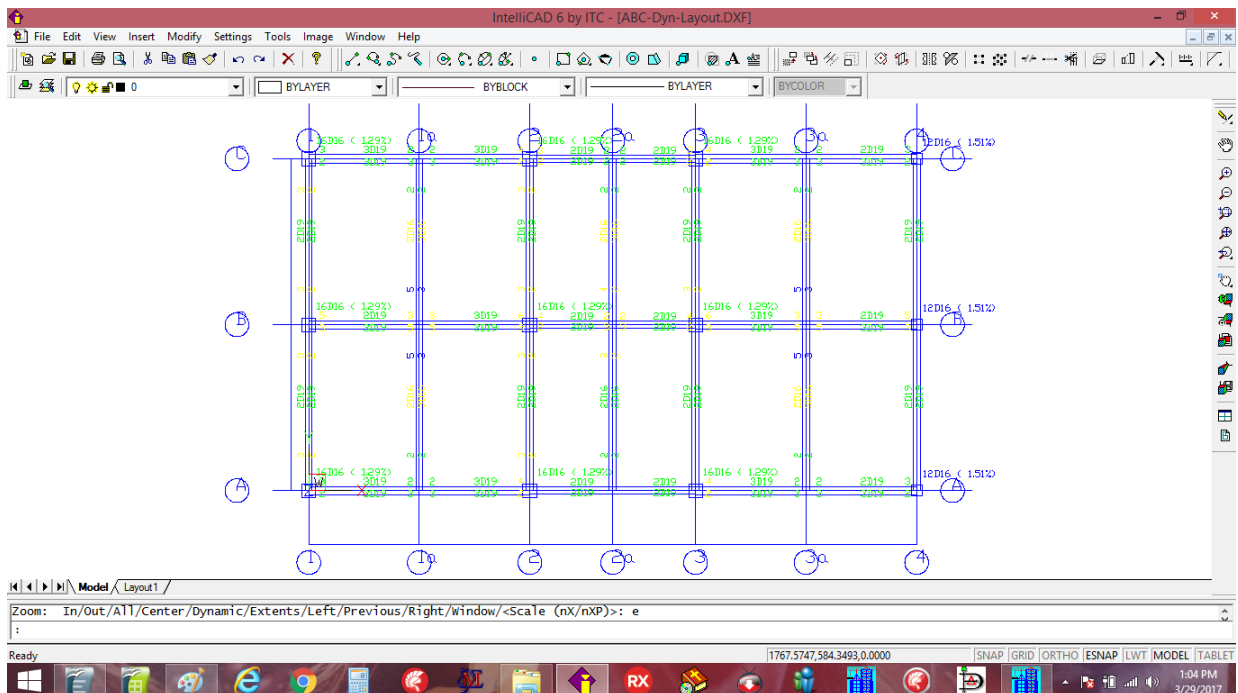
6. Example 8: Generate Detail Drawing

Semua gambar yang terlihat pada layar dapat diexport ke Autocad DXF file format dengan klik menu :
Klik Graph – Export Drawing – Autocad DXF format (*.DXF)



Masukkan nama file DXF untuk gambar ini : ABC-Dyn-Layout.DXF

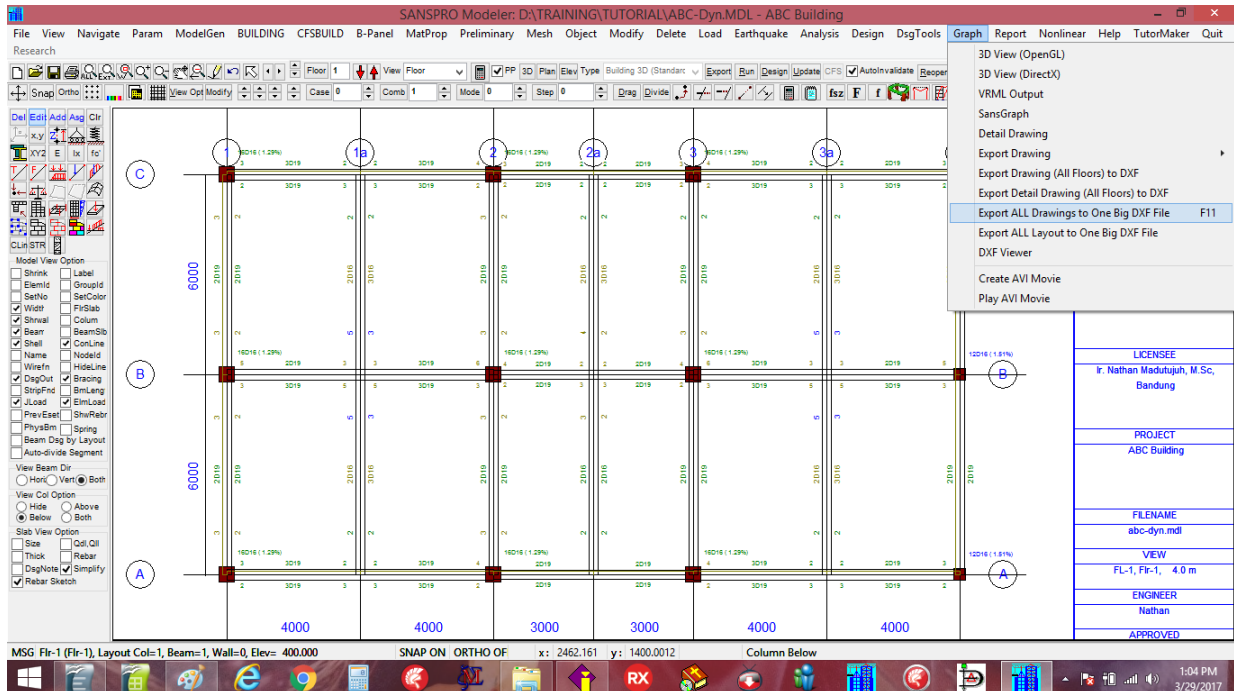
Suatu file DXF yang baru akan dihasilkan dan dapat dibuka dengan suatu program CAD yang ada.



Concrete Detail Drawing Generator

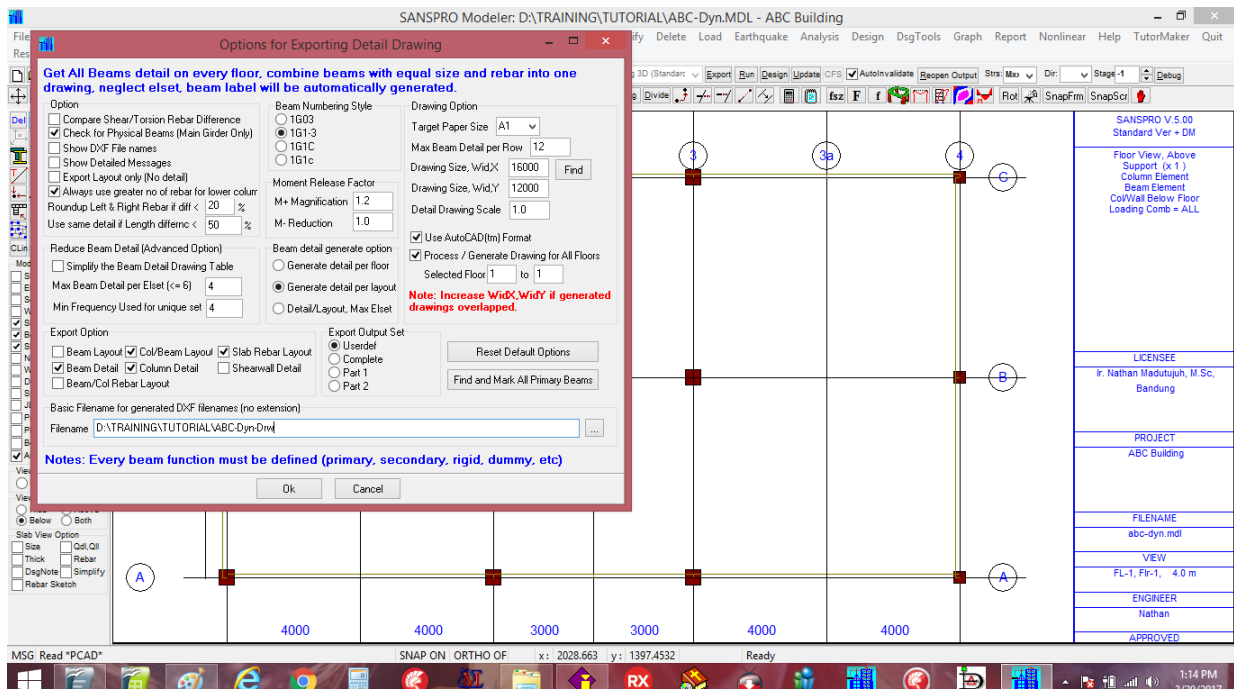
SANSPRO memiliki feature lain yang sangat berguna, yang memungkinkan user membuat **semua gambar detail** dari model yang ada dan menyimpannya kedalam **SATU file DXF** saja, sbb:

- Klik Graph – Export All Drawings to One Big DXF File



Option menu untuk SANSPRO drawing generator akan muncul:

(Biasanya nilai default sudah cukup, kecuali diperlukan ukuran kertas yang lebih besar)



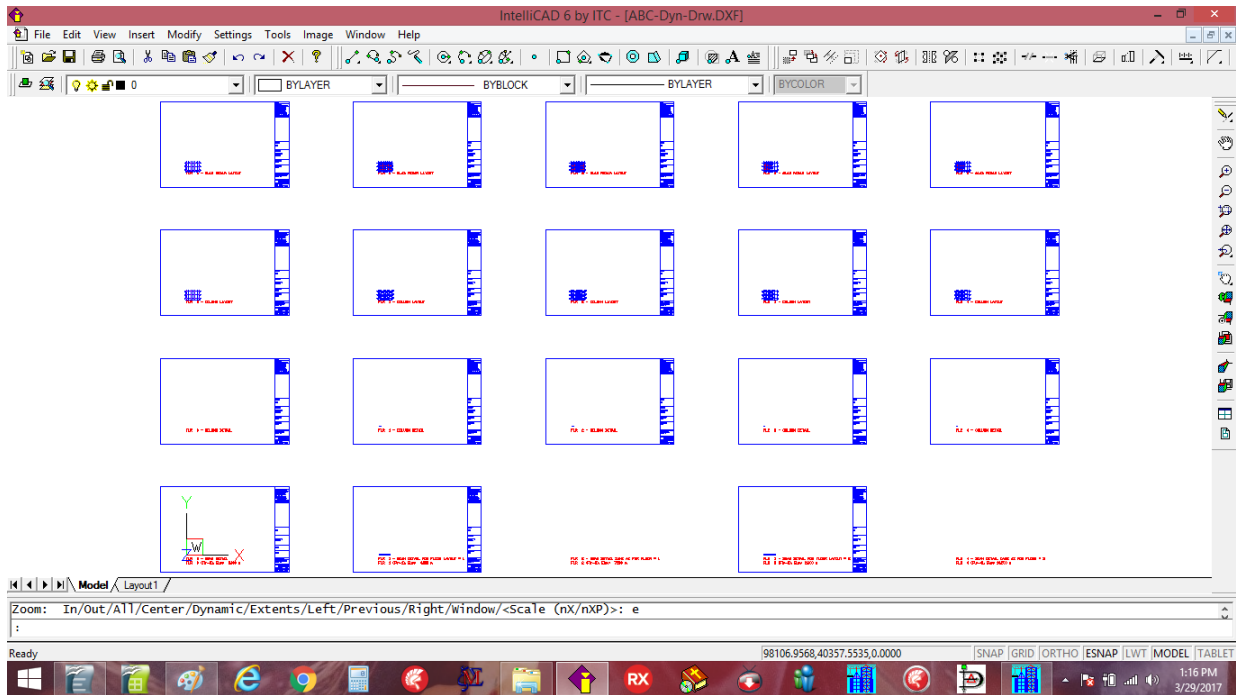
- Masukkan nama file gambar : **ABC-Dyn-Draw**

Klik **[Ok]** untuk membuat dan menyimpan semua gambar detail ke dalam 1 file DXF yang besar:

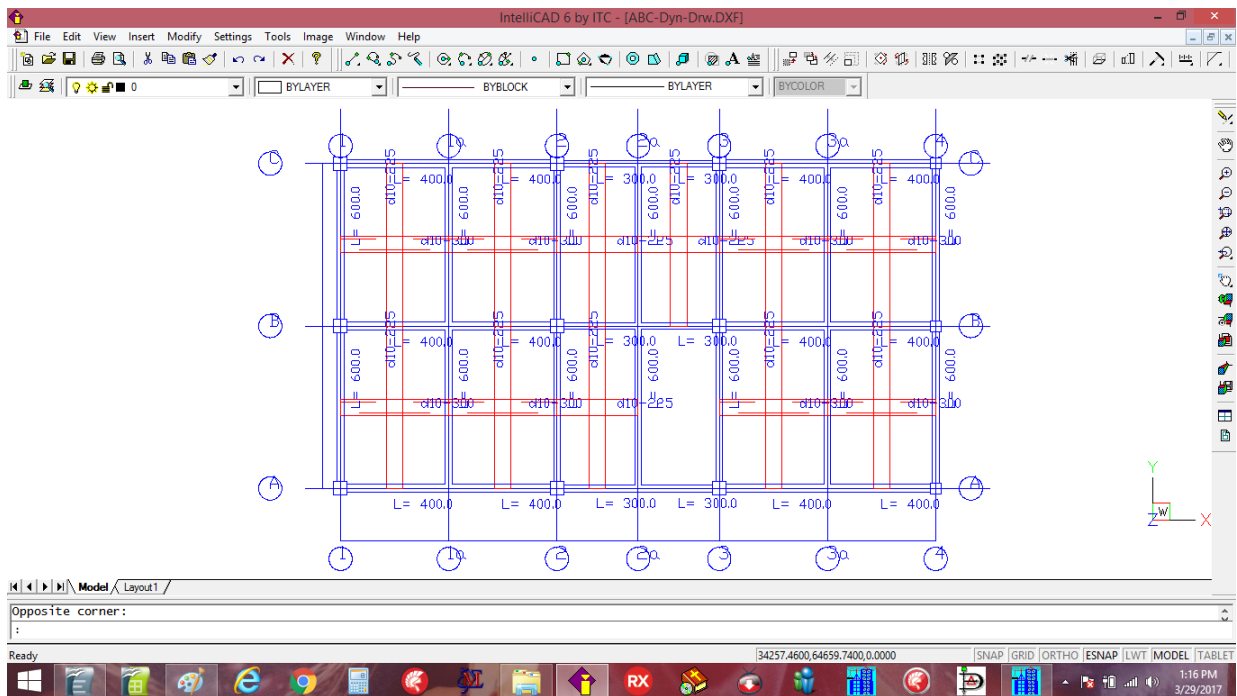
Apa yang ada dalam file DXF tsb:

- Building floor layout
- Floor slab rebar skecth
- Shearwall rebar detail
- Column rebar layout dan detail
- Beam rebar layout dan detail

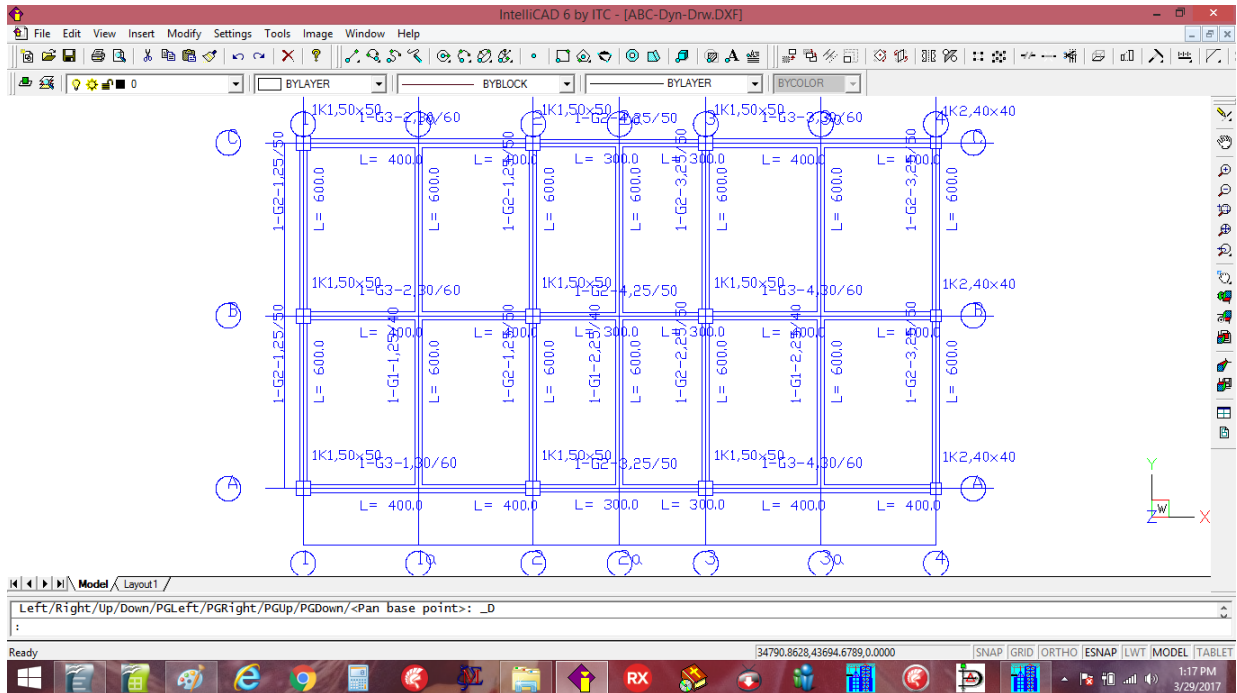
Gambar set lengkap yang dihasilkan untuk model gedung ini:
(Kop sederhana beserta text nya juga diberikan, yang dapat diedit oleh drafter kemudian)



Floor Slab Rebar Sketch:

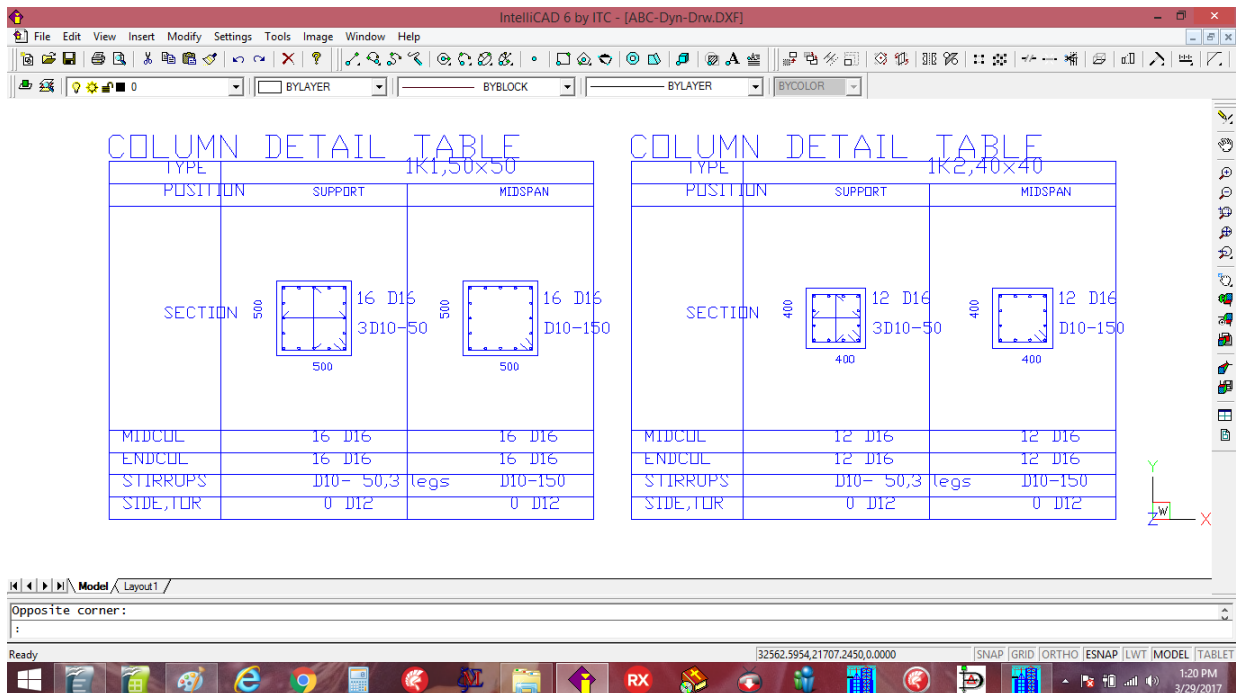


Column dan Beam Rebar Layout:



Gambar ini memberikan layout kolom dan balok dan indeks ke gambar detail dibawah ini. Bila gedung berukuran besar/luas dan juga bila bentuknya tidak beraturan, maka gambar detail baloknya akan menjadi cukup banyak, sehingga user perlu menyederhanakannya dengan menghapus yang mirip.

Column Rebar Detail:



NOTE:

- Pola sengkang kolom harus dipasang sama untuk tumpuan dan lapangan (gambar yang diberikan untuk midspan bisa diabaikan, kecuali jarak sengkangnya).
- Untuk daerah dengan gempa besar, jarak kaki sengkang maksimum adalah 150 to 200 mm.
- Jarak maks spasi sengkang kolom adalah 150 mm untuk tumpuan dan lapangan

Beam Rebar Drawing:

The screenshot shows two identical tables for beam rebar drawings. Each table is titled "BEAM 1-G1-2,25/40, L=12000". The tables are organized as follows:

TYPE	BEAM 1-G1-2,25/40, L=12000			TYPE	BEAM 1-G1-2,25/40, L=12000		
POSITION	LFT SUP,L=3000	MIDSPAN,L=6000	RGT SUP,L=3000	POSITION	LFT SUP,L=3000	MIDSPAN,L=6000	RGT SUP,L=3000
SECTION				SECTION			
TOP BAR	5 D16	2 D16	5 D16	TOP BAR	4 D16	2 D16	3 D16
BOT BAR	3 D16	4 D16	3 D16	BOT BAR	2 D16	4 D16	2 D16
STIRRUPS	D10-75	D10-150	D10-75	STIRRUPS	D10-75	D10-150	D10-75
SIDE, TOR	UD12, 2D16	UD12, 2D16	UD12, 2D16	SIDE, TOR	UD12, 2D16	UD12, 2D16	UD12, 2D16

The software interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Modify, Settings, Tools, Image, Window, Help), a toolbar, and a status bar at the bottom showing coordinates (32680,3562,60.4099,0.0000) and the date 3/29/2017.

NOTE:

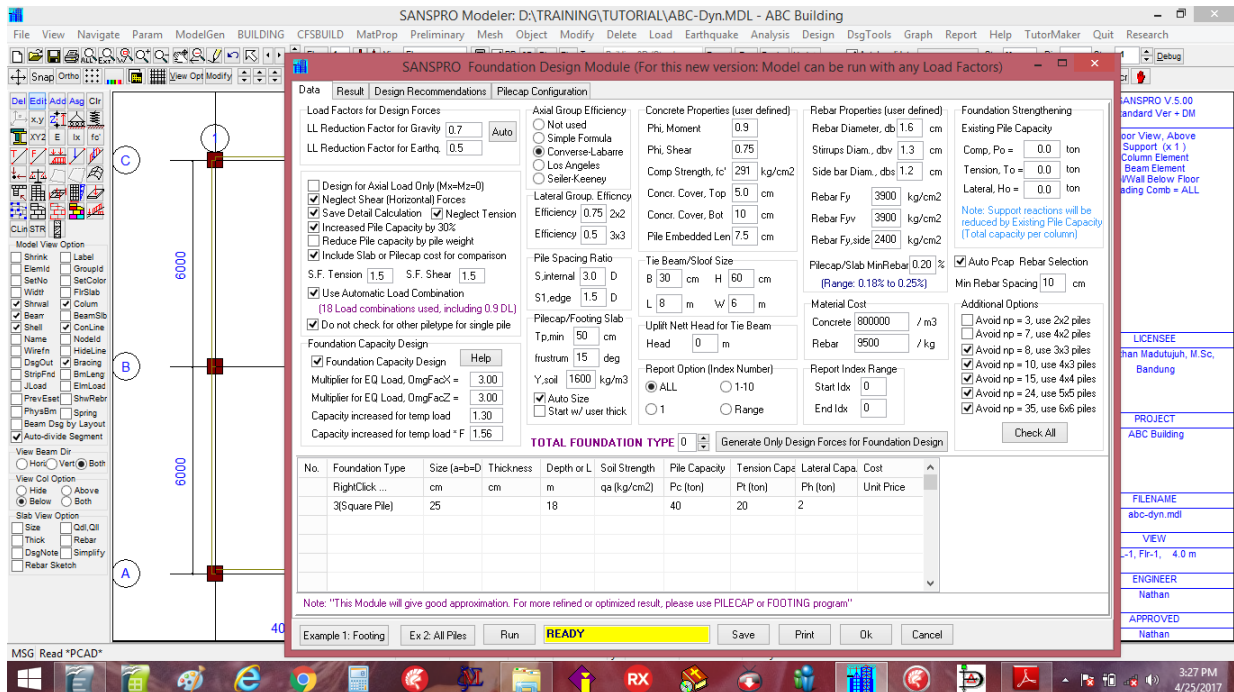
- User diharapkan selalu memeriksa dan membandingkan gambar beam rebar detail ini dengan tampilan layout tulangan pada SANSPRO (visual rebar checking per floor)
- Untuk daerah dengan gempa besar, jarak kaki sengkang maksimum adalah 200 mm.
- Jarak maks spasi sengkang balok adalah 150 mm untuk tumpuan dan lapangan

9. Detail Foundation Design

Example 10: Detail Pile Foundation Design

Disain pondasi yang lebih detail yang mencakup Axial compression, tension, shear dan gaya moment dapat dilakukan dengan Run Foundation Design sbb:

- Klik menu **Design – Run Foundation Design**
- Masukkan parameter berikut ini:



[] Neglect Shear forces

[x] Neglect Tension

Capacity increased untuk temporary load = 1.30

(untuk kombinasi beban gempa sedang)

Capacity increased untuk temporary load * F = 1.56

(untuk kombinasi beban gempa besar, omega)

Axial Group Efficiency : (x) Converse-Labarre

(Lebih akurat dibanding metode standard)

Tie Beam size : B=30, H=60

Uplift Head : 0 m

(Tidak ada tekanan air uplift)

Rebar Dia, Db : 1.6 cm

Total Foundation Type = 1

Foundation Type = 3(Square Pile), Size = 25, Depth = 18m,

Pile capacity = 40, Tension = 20, Lateral = 2.0 ton

Klik **[Run]** untuk memulai proses disain pondasi

(NOTE: Karena dilakukan banyak iterasi, proses dapat berlangsung cukup lama, beberapa menit).

Output dari Disain Pondasi yang detail ini adalah:

- Jumlah pile(Dari total load termasuk berat tiang dan pilecap, axial, shear, tension, moment, Efisiensi grup, kombinasi beban gravity dan gempa, reduksi LL
- Ukuran pilecap (LxWxT) dan diameter tulangan yang direkomendasikan
- Pemeriksaan tegangan pons dan tulangan lentur
- Laporan perhitungan detail untuk setiap titik tumpuan/pilecap
- Beberapa titik tumpuan dapat digabungkan kedalam satu pilecap besar (dengan Support Group Id)
- Detail Drawing untuk Pondasi dan Pilecap
- Volume beton, berat tulangan, biaya total pondasi

Detail Foundation Design Report:

SANSPRO Foundation Design Module (For this new version: Model can be run with any Load Factors)

Pilecap or Footing Size and Rebar Design

Support Index	Foundation Type & npsile	Wid,x (cm)	Wid,y (cm)	Thick (cm)	db (cm)	spk,top (cm)	spk,bot (cm)	spy,top (cm)	spy,bot (cm)
1	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
2	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
3	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
4	2 x R 25	150.00	75.00	50.00	1.60	37.65	15.06	40.00	30.00
5	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
6	4 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
7	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
8	2 x R 25	150.00	75.00	50.00	1.60	37.65	15.06	40.00	30.00
9	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
10	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
11	3 x R 25	150.00	150.00	50.00	1.60	40.00	22.29	40.00	22.29
12	2 x R 25	150.00	75.00	50.00	1.60	37.65	15.06	40.00	30.00

Total Number of Piles/Footing = 34
 Total Pile Cost (Only piles) = 0.0
 Total Slab or Pilecap Cost = 14397136.8
 Total Cost (Piles+Slab/Pilecap) = 14397136.8

Total Slab/Pilecap Concrete Volume = 11.8 m3
 Total Slab/Pilecap Rebar Weight = 618.4 kg

1.3(Square Pile), a= 25.0 cm, Pa= 40.0 ton

Pilecap (0 piles) = 0 units
 Pilecap (2 piles) = 3 units
 Pilecap (3 piles) = 8 units
 Pilecap (4 piles) = 1 units

END OF FOUNDATION DESIGN.

MSG Load Comb = 0 selected, drawing will be exported for maximum of all Load SNAP ON ORTHO OF x: 1632.4334 y: 1394.5958 Ready

Jumlah Pile total = 34 (sedikit lebih banyak dari metode sederhana sebelumnya karena momen juga turut diperhitungkan dalam disain ini)
 Ukuran pilecap dan diameter tulangan yang direkomendasikan agar spasi tulangan mudah dipasang

Generating Gambar Detail Pondasi Tiang (Pile Foundation Detail Drawing) :

SANSPRO menyediakan cara yang mudah untuk menghasilkan gambar denah dan detail pondasi sehingga dapat dilakukan pemeriksaan secara visual dengan mudah dan cepat sbb:

- Klik menu **Graph – Detail Drawing**

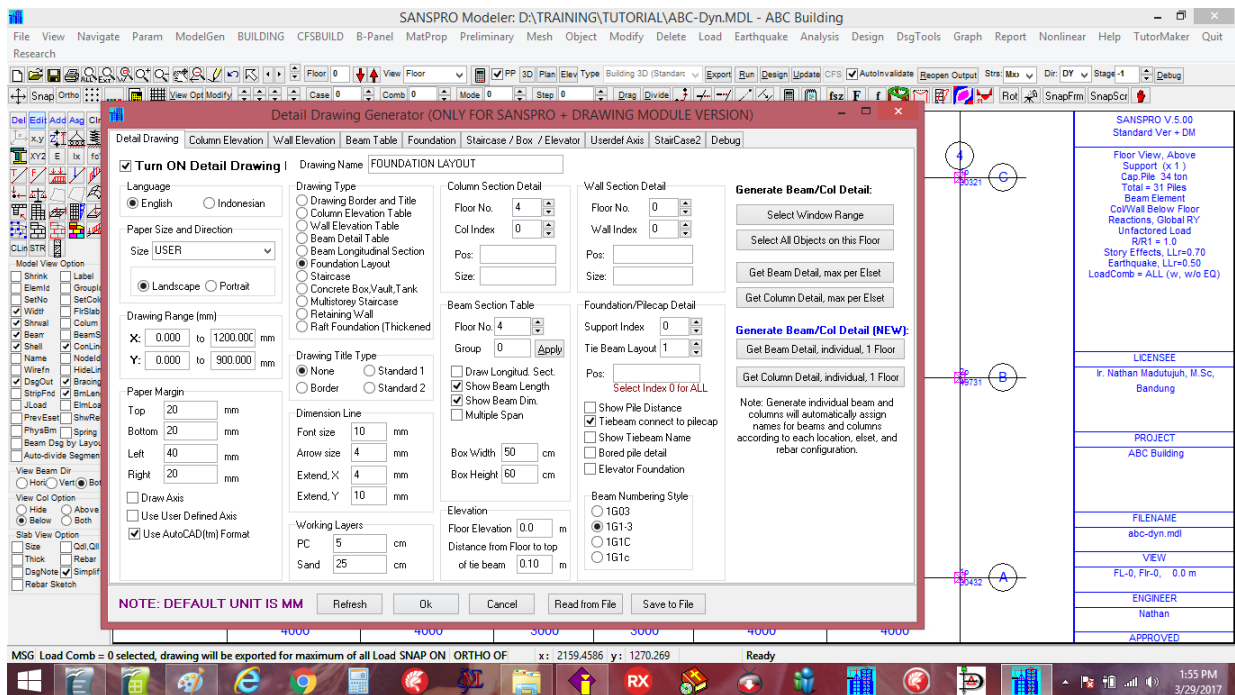
SANSPRO Modeler: D:\TRAINING\TUTORIAL\ABC-Dyn.MDL - ABC Building

File View Navigate Param ModelGen BUILDING CFSBUILD B-Panel MatProp Preliminary Mesh Object Modify Delete Load Earthquake Analysis Design DsgTools **Graph** Report Nonlinear Help TutorMaker Quit

3D View (OpenGL)
 3D View (DirectX)
 VRML Output
 SansGraph
Detail Drawing
 Export Drawing
 Export Drawing (All Floors) to DXF
 Export Detail Drawing (All Floors) to DXF
 Export ALL Drawings to One Big DXF File F11
 Export ALL Layout to One Big DXF File
 DXF Viewer
 Create AVI Movie
 Play AVI Movie

MSG Load Comb = 0 selected, drawing will be exported for maximum of all Load SNAP ON ORTHO OF x: 1783.7846 y: 1372.9742 Ready

Masukkan parameter berikut ini:



Klik [x] Turn ON Detail Drawing

Klik (x) Foundation Layout

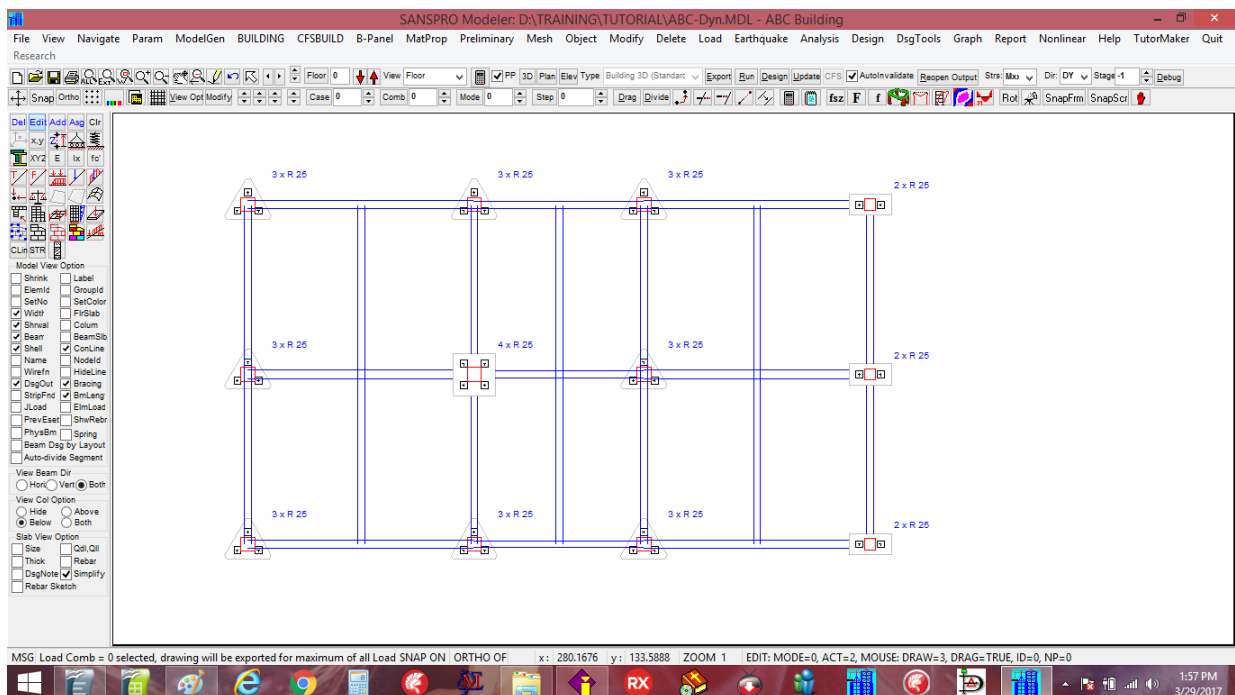
Tie Beam Layout = 1 (atau berikan layout yang sesuai untuk tie beam kalau ada)

[] Show Pile Distance

[] Show Bored Pile detail

Klik [Ok]

Zoom untuk memperbesar gambar kalau perlu.



Dengan fasilitas ini kita dapat dengan mudah memeriksa hasil disain pondasi dan merevisi kembali sampai didapatkan hasil yang optimal.

Gambar diatas dapat di export ke Autocad DXF dengan klik menu **Graph – Export Drawing**.

Foundation Design Report :

Laporan perencanaan pondasi yang lengkap dan detail diberikan juga untuk dapat digunakan dalam laporan final. Karena laporan cukup tebal, untuk menghemat kertas, cukup beberapa titik pondasi yang mewakili saja yang perlu dicopykan kedalam laporan final.

Detail Foundation Report:

SANSPRO V.5.10 Foundation Design Utility
(C) Nathan Madutujuh, 1988-2017
Code: ACI-318-2011, PBI-91, PBI-2002, PBI-2013
Licensee: Ir. Nathan Madutujuh, M.Sc, Bandung

A. ASSUMPTIONS:

1. Reactions Forces

- Reactions are taken Automatically from Load Cases and combined into design group
- User Load Factors will not be used for combinations
- Live Load Reduction Factors use user defined live load reductions:
- Live Load Reduction Factor for Storey Number LLRF1 = 0.7
- Live Load Reduction Factor for Temporer Load LLRF2 = 0.5
- Load combinations for maximum tension/uplift use 0.9*DL
- Load combinations selected = ALL
- Use Vertical Earthquake, $A_v = 0.12$

- Forces Included: N,Vx,Vz,Mux,Muz (Axial and Biaxial Bending)
- Axial forces used : Nmin, Nmax to accomodate compression and tension
- Foundation capacity is increased by 120.0 % for temporary loading

2. Spread Footing

- Three Conditions of Soil Stress Pattern (no tension allowed)
- Uplift Force is resisted by slab weight and soil weight
- Rebar Minimum uses value given by user ($\rho \geq 0.15\%$)
- Slab Thickness is checked for punching shear
- Slab Rebar is calculated for compression and tension condition

3. Pile Foundation

- Pile configuration is from standard/optimum configuration
- Pile to pile/edge distance ratio are determined by user
- Pile min/max force is determined using rigid slab assumption
- Rebar Minimum uses value given by user ($\rho \geq 0.15\%$)
- Tension pile rebar is determined using max tension force

- Capacity Design Method used
- $\Omega_{facX} = 3.00$
- $\Omega_{facZ} = 3.00$
- RR1FAC = 0: Pile capacity is not increased, $P = 1.0 \times P$
- RR1FAC = 1: Pile capacity $P = P \times LFTEMP1$ for temporary load (Default = 1.5)
(moderate earthquake case)
- RR1FAC > 0: Pile capacity $P = P \times LFTEMP2$ for temporary load (Default = 2.5)
(strong earthquake case, capacity design)

- Pile capacity is NOT reduced by pile self-weight
- Pile axial capacity is reduced by pile group efficiency
 $\theta = \text{ArcTan}(D/s)$
 $eff = 1.0 - \theta * ((n-1)*m + (m-1)*n) / (0.5*Pi*m*n)$
- Pile lateral capacity reduction factor for 1x1 pile : 1.0
- Pile lateral capacity reduction factor for 2x2 pile : 0.75
- Pile lateral capacity reduction factor for > 3x3 pile : 0.5

4. Pilecap Design

- Pilecap size is from standard/optimum configuration
- Pilecap Thickness is checked for punching shear from column and group block
- Punching shear from column is neglected if $d > 1.1*(2*dp-bc_{ol})$
- Minimum Thickness from punching shear of column is $1.1*(2*dp-bc_{ol})$
- Pilecap Thickness is checked for punching shear from pile
- Pilecap rebar is designed for nett bending (beam action)
- Pilecap rebar is designed differently for top and bottom rebar
- Minimum Pilecap rebar ratio is 0.18% to 0.25% depends on F_y or user defined
- Top and Bottom Concrete Cover can be different values
- Segment of pile embedded to pilecap is included in calculation
- Bending Moment $M_x = c_{mbx} * P_1$, $M_y = c_{mby} * P_1$
- Where $P_1 =$ Single Pile Compression Capacity
- Where c_{mbx} , c_{mby} are properties of pilecap configuration

5. Tie Beam/Sloof Design

- Longitudinal rebar is designed for tension and bending
- Tension is calculated from 10% of maximum column compression
- Bending is calculated from self-weight and uplift force ($L \times W$ area)

6. Cost Calculation

- Pile cost is unit cost per pile (for total length of pile)
- Cost includes pilecap, excludes tie beam/sloof and basement slab
- Only detail calculation for foundations with minimum cost are displayed
- Unit price of concrete = 800000 / m³
- Unit price of rebar = 8000 / kg

B. FOUNDATION DESIGN CALCULATION:

 1. SUPPORT NO. 1, Node= 1, Location: x= 0.00000, y= 0.00000

phi,m = 0.80 phi,v = 0.60
 fc1 = 291.0 kg/cm2 fy = 3900.0 kg/cm2
 fyv = 3900.0 kg/cm2 fys = 2400.0 kg/cm2
 s,ratio = 3.00 sl,ratio = 1.50
 col,bx = 50.00 cm col,bz = 50.00 cm
 sloof db=1.60 cm, dbv=1.30 cm, dbs=1.20 cm
 pilecap db=1.60 cm, dbv=1.30 cm, dbs=1.20 cm
 foot db=1.60 cm, pile embeded=7.5 cm

Unfactored forces: all(f1*f2), static, temporary (f1*f2), temporary (f1*f2=1)
 Maximum Axial, Pu = 76829.8, 59124.4, 76829.8, 67637.6 kg
 Minimum Axial, Pu = 26024.8, 39813.1, 26024.8, 35217.0 kg.cm
 Moment, X-Dir, Mux = 1755788.9, 175691.4, 1755788.9, 708541.1 kg.cm
 Moment, Y-Dir, Muy = 2152478.2, 124274.1, 2152478.2, 803633.5 kg.cm
 Horiz Force, Vux = 7250.5, 1503.8, 7250.5, 3469.9 kg
 Horiz Force, Vuy = 7571.6, 911.3, 7571.6, 3156.2 kg

Factored forces: all(f1*f2), static, temporary (f1*f2), temporary (f1*f2=1)
 Single Axial, Pu = 0.0, 0.0 kg
 Maximum Axial, Pu = 88295.7, 74148.0, 88295.7, 79103.4 kg
 Minimum Axial, Pu = 26024.8, 39813.1, 26024.8, 35217.0 kg.cm
 Moment, X-Dir, Mux = 1788530.4, 222706.9, 1788530.4, 741282.6 kg.cm
 Moment, Y-Dir, Muy = 2174762.3, 159091.6, 2174762.3, 825917.7 kg.cm
 Horiz Force, Vux = 7529.0, 1909.3, 7529.0, 3748.4 kg
 Horiz Force, Vuy = 7735.6, 1165.7, 7735.6, 3320.2 kg

PILE FOUNDATION DESIGN:

1. Pilecap Thickness:

- a. Given Pilecap Thickness, Tp = 30.70 cm
- b. From Punching of Single Pile:
 Factored Punching Force, 1 pile, Pu = 60000.00 kg
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2, fc1 = 291.00 kg/cm2
 Perimeter Length of Punching Area, Kp1 = 200.00 cm
 Tpm in from Punch Shear of One Pile = 40.00 cm
- c. From Punching of Single Column:
 Punching of Single Column Status = Skipped
 Factored Punching Force, Column, Pu = 79103.45 kg
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2
 Perimeter Length of Punching Area, Kp2 = 310.53 cm
- d. Minimum Thickness required by user, Tpm in = 50.00 cm
- e. Selected Pilecap Thickness, Tp = 50.00 cm
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2
 Shear Stress, Punching of Pile, vc = 15.77 kg/cm2 -> OK
 Shear Stress, Punching of Column, vc = 14.95 kg/cm2 Neglected

2. Pile Number Calculation:

a. First Trial (pilecap weight = 0, + for compression)

Unfactored Max Force, Static Load Pu1 = 59.12 ton, Pcap1 = 40.00 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2, Pu1 = 76.83 ton, Pcap1 = 62.40 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0, Pu1 = 67.64 ton, Pcap1 = 48.00 ton, np1=2
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Weight of One Pile, Wp = 0.00 ton
 Gross Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Nett Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Number of Piles needed for Compression Force, Np1 = 2 piles
 Total Compression Capacity (No Earthquake), Pn = 80.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (f1*f2=1.0), Pn = 96.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (Use f1*f2), Pn = 124.80 ton -> OK

Unfactored Min Force, (Tension=negative), Pumin = 35.22 ton
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Unfactored Tension reduced by Pilecap Wgt, Tu = 0.00 ton (compression)
 No Tension Force Occured -> OK

Unfactored Max Force, Static Load Vu1 = 1.50 ton, Pcap1 = 20.00 ton, np1=1
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2, Vu1 = 7.57 ton, Pcap1 = 20.00 ton, np1=3
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0, Vu1 = 3.47 ton, Pcap1 = 20.00 ton, np1=2
 Unfactored Lateral Force, Vu = 0.00 ton
 Lateral Capacity of One Pile, P3 = 2.00 ton
 Number of Piles needed for Lateral Force, Np3 = 3 piles
 Total Lateral Capacity (No Earthquake), Vn = 2.00 ton -> OK
 Total Lateral Capacity (f1*f2 = 1.0), Vn = 4.80 ton -> OK
 Total Lateral Capacity (f1*f2 > 0), Vn = 9.36 ton -> OK

Number of Piles needed, Np = 3 piles

b. Second Trial (with Pilecap Weight)

Unfactored Max Force, Static Load Pu1 = 59.12 ton, Pcap1 = 40.00 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2, Pu1 = 76.83 ton, Pcap1 = 62.40 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0, Pu1 = 67.64 ton, Pcap1 = 48.00 ton, np1=2
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Unfactored Force + Pilecap Weight, Pu1 = 59.12 ton
 Weight of One Pile, Wp = 0.00 ton

Gross Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Nett Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Number of Piles needed for Compression Force, Np1 = 2 piles
 Total Compression Capacity (No Earthquake), Pn = 80.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (f1*f2=1.0), Pn = 96.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (Use f1*f2), Pn = 124.80 ton -> OK

Unfactored Min Force, (Tension=negative), Pumin = 35.22 ton
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Unfactored Tension reduced by Pilecap Wgt, Tu = 0.00 ton (compression)
 No Tension Force Occured -> OK
 Number of Pile needed, Np = 3 piles
 Compres: P1 = (Nmax+Wpcap-Po)/np = 23445.85 kg, dPMx = 4723.61 kg, dPMY = 5357.56 kg
 Tension: P1 = (Nmin+Wpcap-To)/np = 12639.00 kg, dPMx = 4723.61 kg, dPMY = 5357.56 kg
 Pcomp= 52000.00 Ptens= 26000.00, Plmax = 33527.01, Plmin = 2557.84

c. Third Trial (with Group Efficiency and Bending Moment)

Number of Pile needed, Np = 3 piles
 Group Efficiency Method = Converse-Labarre
 Group Efficiency, e = 0.795
 Unfactored Max Force, (+ -> compression), Pumax = 76.83 ton
 Unfactored Min Force, (Tension=negative), Pumin = 26.02 ton
 Pilecap Weight Wpcap = 2.70 ton
 Unfactored Max Force + Pilecap Weight, Pu1 = 59.12 ton
 Unfactored Min Force + Pilecap Weight, Pu2 = 37.92 ton
 Weight of One Pile, Wp = 0.00 ton
 Gross Compression Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Nett Compression Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Tension Capacity of One Pile, P2 = 20.00 ton
 Tension Capacity of One Pile + Pile weight, P22 = 20.00 ton
 Maximum Compression on Pile, Plmax = 33.53 ton -> OK
 Minimum Compression on Pile, Plmin = 2.56 ton -> OK
 Concrete Slab Design Status, X-Direction = OK
 Concrete Slab Design Status, Y-Direction = OK

Optimum Foundation Selected, Index = 1

Pile, Rect, a= 25 cm

Pile Size Parameter:

a = 25.00000 cm
 b = 25.00000 cm
 sp = 75.00000 cm
 spl = 37.50000 cm
 spx = 75.00000 cm
 spy = 75.00000 cm
 Ap = 625.00000 cm2
 dp = 25.00000 cm
 Apw = 0.00000 cm2
 Kp = 100.00000 cm
 Kp1 = 200.00000 cm

PILE FOUNDATION DESIGN:

1. Pilecap Thickness:

- a. Given Pilecap Thickness, Tp = 30.70 cm
- b. From Punching of Single Pile:
 Factored Punching Force, 1 pile, Pu = 60000.00 kg
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2, fc1 = 291.00 kg/cm2
 Perimeter Length of Punching Area, Kp1 = 200.00 cm
 Tpmin from Punch Shear of One Pile = 40.00 cm
- c. From Punching of Single Column:
 Punching of Single Column Status = Skipped
 Factored Punching Force, Column, Pu = 79103.45 kg
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2
 Perimeter Length of Punching Area, Kp2 = 310.53 cm
- d. Minimum Thickness required by user, Tpmin = 50.00 cm
- e. Selected Pilecap Thickness, Tp = 50.00 cm
 Allowable Punching Stress, vc = 18.09 kg/cm2
 Shear Stress, Punching of Pile, vc = 15.77 kg/cm2 -> OK
 Shear Stress, Punching of Column, vc = 14.95 kg/cm2 Neglected

2. Pile Number Calculation:

- a. First Trial (pilecap weight = 0, + for compression)

Unfactored Max Force, Static Load Pu1 = 59.12 ton, Pcap1 = 40.00 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2, Pu1 = 76.83 ton, Pcap1 = 62.40 ton, np1=2
 Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0, Pu1 = 67.64 ton, Pcap1 = 48.00 ton, np1=2
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Weight of One Pile, Wp = 0.00 ton
 Gross Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Nett Capacity of One Pile, P1 = 40.00 ton
 Number of Piles needed for Compression Force, Np1 = 2 piles
 Total Compression Capacity (No Earthquake), Pn = 80.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (f1*f2=1.0), Pn = 96.00 ton -> OK
 Total Compression Capacity (Use f1*f2), Pn = 124.80 ton -> OK

Unfactored Min Force, (Tension=negative), Pumin = 35.22 ton
 Pilecap Weight Wpcap = 0.00 ton
 Unfactored Tension reduced by Pilecap Wgt, Tu = 0.00 ton (compression)

No Tension Force Occured -> OK

Unfactored Max Force, Static Load	Vu1 =	1.50 ton	Pcap1 =	20.00 ton	np1=1
Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2,	Vu1 =	7.57 ton	Pcap1 =	20.00 ton	np1=3
Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0,	Vu1 =	3.47 ton	Pcap1 =	20.00 ton	np1=2
Unfactored Lateral Force,	Vu =	0.00 ton			
Lateral Capacity of One Pile,	P3 =	2.00 ton			
Number of Piles needed for Lateral Force,	Np3 =	3 piles			
Total Lateral Capacity (No Earthquake),	Vn =	2.00 ton	-> OK		
Total Lateral Capacity (f1*f2 = 1.0),	Vn =	4.80 ton	-> OK		
Total Lateral Capacity (f1*f2 > 0),	Vn =	9.36 ton	-> OK		

Number of Piles needed, Np = 3 piles

b. Second Trial (with Pilecap Weight)

Unfactored Max Force, Static Load	Pu1 =	59.12 ton	Pcap1 =	40.00 ton	np1=2
Unfactored Max Force, Temp. Load, F=f1*f2,	Pu1 =	76.83 ton	Pcap1 =	62.40 ton	np1=2
Unfactored Max Force, Temp. Load, F=1.0,	Pu1 =	67.64 ton	Pcap1 =	48.00 ton	np1=2
Pilecap Weight	Wpcap =	2.70 ton			
Unfactored Force + Pilecap Weight,	Pu1 =	59.12 ton			
Weight of One Pile,	Wp =	0.00 ton			
Gross Capacity of One Pile,	P1 =	40.00 ton			
Nett Capacity of One Pile,	P1 =	40.00 ton			
Number of Piles needed for Compression Force,	Np1 =	2 piles			
Total Compression Capacity (No Earthquake),	Pn =	80.00 ton	-> OK		
Total Compression Capacity (f1*f2=1.0),	Pn =	96.00 ton	-> OK		
Total Compression Capacity (Use f1*f2),	Pn =	124.80 ton	-> OK		

Unfactored Min Force, (Tension=negative),	Pumin =	35.22 ton			
Pilecap Weight	Wpcap =	2.70 ton			
Unfactored Tension reduced by Pilecap Wgt,	Tu =	0.00 ton (compression)			

No Tension Force Occured -> OK
Number of Pile needed, Np = 3 piles

File Configuration:

np, total = 3, npx= 2, npy= 2
Pilecap, bx= 150.0 cm, by= 150.0 cm
Column Block size, cx= 50.0 cm, cy= 50.0 cm
Furthest pile, xp,max = 37.50, yp,max= 37.50
Sigma dx^2 = 5625.00, Sigma dy^2 = 5625.00
Bending Moment Coefficient, cmbx = 25.00000, cmby = 25.00000
Bending Moment (Factored) : Mx = 1400000.00000 kg.cm, My = 1400000.00000 kg.cm
Compres: P1 = (Nmax+Wpcap-Po)/np = 23445.85 kg, dPMx = 4723.61 kg, dPMY = 5357.56 kg
Tension: P1 = (Nmin+Wpcap-To)/np = 12639.00 kg, dPMx = 4723.61 kg, dPMY = 5357.56 kg
Pcomp= 52000.00 Ptens= 26000.00, Plmax = 33527.01, Plmin = 2557.84

c. Third Trial (with Group Efficiency and Bending Moment)

File Configuration:

np, total = 3, npx= 2, npy= 2
Pilecap, bx= 150.0 cm, by= 150.0 cm
Column Block size, cx= 50.0 cm, cy= 50.0 cm
Furthest pile, xp,max = 37.50, yp,max= 37.50
Sigma dx^2 = 5625.00, Sigma dy^2 = 5625.00
Bending Moment Coefficient, cmbx = 25.00000, cmby = 25.00000
Bending Moment (Factored) : Mx = 1400000.00000 kg.cm, My = 1400000.00000 kg.cm

Number of Pile needed,	Np =	3 piles			
Group Efficiency Method		=	Converse-Labarre		
Group Efficiency,	e =	0.795			
Unfactored Max Force, (+ -> compression),	Pumax =	76.83 ton			
Unfactored Min Force, (Tension=negative),	Pumin =	26.02 ton			
Pilecap Weight	Wpcap =	2.70 ton			
Unfactored Max Force + Pilecap Weight,	Pu1 =	59.12 ton			
Unfactored Min Force + Pilecap Weight,	Pu2 =	37.92 ton			
Weight of One Pile,	Wp =	0.00 ton			
Gross Compression Capacity of One Pile,	P1 =	40.00 ton			
Nett Compression Capacity of One Pile,	P1 =	40.00 ton			
Tension Capacity of One Pile,	P2 =	20.00 ton			
Tension Capacity of One Pile + Pile weight,	P22 =	20.00 ton			
Maximum Compression on Pile,	Plmax =	33.53 ton	-> OK		
Minimum Compression on Pile,	Plmin =	2.56 ton	-> OK		

Concrete Slab Design Status, X-Direction = OK
Concrete Slab Design Status, Y-Direction = OK

3. Pilecap Rebar Design:

Rebar pct min = 0.20 %
Minimum Rebar Spacing = 10.00 cm
Bx,By, Tp = 150.00 x 150.00 x 50.00
Bending Section in X-direction, b = 150.00 cm, h = 50.00 cm
Bending Section in Y-direction, b = 150.00 cm, h = 50.00 cm
Bending Moment in X-direction, Mpx = 1400000.00 kg.cm
Bending Moment in Y-direction, Mpy = 1400000.00 kg.cm
Rebar Spacing, X-Dir, Bottom = d16- 22.3 cm (0.28%)
Rebar Spacing, X-Dir, Top = d16- 40.0 cm (0.16%)
Rebar Spacing, Y-Dir, Bottom = d16- 22.3 cm (0.28%)
Rebar Spacing, Y-Dir, Top = d16- 40.0 cm (0.16%)

TIE BEAM DESIGN:

Tie Beam / Sloof Width,	B =	30.00	cm
Tie Beam / Sloof Width,	H =	60.00	cm
Factored Maximum Column Axial Load,	Pu =	79103.45	ton
10% of Factored Axial Load,	Tu =	7910.34	ton
Required Rebar for Tension,	Ast =	2.54	cm ²
Nett Uplift Height,	Hw =	0.00	m
Tie Beam / Sloof Length,	L =	8.00	m
Tie Beam / Sloof Tributary Width,	W =	6.00	m
Distributed Load on Tie Beam,	qL =	0.00	kg/m
Distributed Weight on Tie Beam,	qsw =	432.00	kg/m
Bending Moment,	Mql =	276480.00	kg.cm
Shear Force,	Vql =	1728.00	kg
Req. Rebar for Bending Moment,	Bottom =	4.02	cm ²
Req. Rebar for Bending Moment,	Top =	1.87	cm ²
Longitudinal Rebar, at Support =	3 d16 /	2 d16	
Longitudinal Rebar, at Midspan =	2 d16 /	3 d16	
Shear Reinforcement Spacing at Support =	d13 -	0.00	