

## ANALISIS STRUKTUR *STRUTTING* AREA PODIUM MILLENIUM CENTENIAL CENTER TOWER

Satrio Widyantoro<sup>1\*</sup>, Bertinus Simanihuruk<sup>2</sup>, Kristina Sembiring<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa, Jalan Letjen TB Simatupang no.152, Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan

\*Email : satriowidyantoro89@gmail.com

### Abstrak

*Pada suatu proyek ada pekerjaan struktur, dimana pekerjaan struktur sendiri dibagi menjadi dua bagian yaitu pekerjaan struktur atas dan pekerjaan struktur bawah. Pekerjaan struktur bawah diantaranya pekerjaan galian, pekerjaan basement, dan pemasangan dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah (retaining wall) adalah salah satu konstruksi sipil yang berfungsi untuk menahan pergerakan tanah dan memberikan kestabilan tanah yang diakibatkan oleh gaya tekanan lateral suatu tanah maupun air. Dalam pengaplikasian dinding penahan tanah, diperlukan perhitungan yang matang. Struktur yang kuat diperlukan untuk dinding penahan tanah, banyak metode yang digunakan untuk memperkuat dinding penahan tanah. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah dengan menggunakan metode strutting. Strutting merupakan perkuatan yang digunakan untuk menambah daya tahan dinding penahan tanah. Penulis menganalisa struktur strutting pada area podium proyek MCC. Data yang ada dianalisa oleh penulis dengan menggunakan aplikasi ETABS. Setelah melakukan input data pada aplikasi ETABS maka akan keluar hasil dari perhitungannya. Hasil dari perhitungan dari aplikasi menunjukkan bahwa stress ratio struktur tanpa pengaku sebesar 1,371 untuk major shear dan 0,002 untuk minor shear. Sedangkan hasil untuk struktur dengan menggunakan pengaku 0.589 untuk major shear dan 0,001 untuk minor shear. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan struktur strutting dengan menggunakan pengaku lebih kuat dibandingkan dengan struktur tanpa pengaku. Saran dari penulis adalah melakukan perhitungan dan pengamatan serta pengambilan data yang akurat sehingga dapat meminimalisir terjadinya kesalahan yang ada.*

**Kata kunci:** Dinding Penahan Tanah, Strutting, Daya Tekan Tanah

### Abstract

*In a project, there is structural work where the structural work itself is divided into two parts, namely the work of the upper structure and the work of the lower structure. Substructure works including excavation work, basement work, and installation of retaining walls. Retaining wall is one of the civil construction that serves to restrain the movement of the soil and provide soil stability caused by the lateral pressure force of a soil or water. In the application of retaining walls calculations are needed. Strong structures are required for retaining walls, many methods are used to strengthen retaining walls. One method that can be used is the strutting method. Strutting is reinforcement used to increase the durability of retaining walls. The author analyzes the strutting structure in the podium area of the MCC project. The existing data were analyzed by the author using the ETABS application. After entering data in the ETABS application, the results of the calculations will come out. The results of the calculation of the application show that the stress ratio of the unstiffened structure is 1,371 for the major shear and 0,002 for the minor shear. While the results for structures using stiffeners are 0,589 for major shears and 0,001 for minor shears. From these results, it can be concluded that the strutting structure using stiffeners is stronger than the structure without stiffeners. Suggestions from the author is to perform calculations and observations as well as accurate data collection so as to minimize the occurrence of existing errors.*

**Keywords:** Retaining Wall, Strutting, Soil Compressive Strength

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Antara *bored pile* akan diisi dengan *bored pile* lainnya atau diisi dengan *bentonite* yang dicampur dengan semen, sampai membentuk struktur dinding penahan tanah. *Secant Pile Wall* adalah struktur bangunan penahan tanah yang pada prinsipnya mirip dengan *Contiguous Bored Pile Wall*. Sedikit berbeda dengan *Contiguous Bored Pile Wall*, *Secant Pile Wall* tersusun dari rangkaian *primary pile* (merupakan lubang bor terisi oleh beton *ready mix* tanpa tulangan) dan *secondary pile* (berupa *bored pile*).

*Diaphragm Wall Cast in Situ* adalah bangunan penahan tanah yang diproses dengan sistem penggalian parit dengan bantuan lumpur pengeboran (*bentonite slurry/polymer*) dimana dalam proses akhir pekerjaan diisi dengan keranjang besi dan dicor langsung dengan beton.

### 1.2. IDENTIFIKASI MASALAH

Masalah yang ada pada pembuatan dinding penahan tanah sebagai berikut:

1. Pembuatan dinding penahan tanah pada proyek MCC menggunakan metode *strutting* dikarenakan lahan yang terbatas jika menggunakan tipe dinding penahan tanah yang lain.
2. Pemasangan pengaku pada struktur *strutting* mempengaruhi dinding penahan tanah.
3. Perbedaan dapat terjadi pada struktur *strutting* sebelum dan setelah pemasangan pengaku.

### 1.3. BATASAN PENELITIAN

Dalam penulisan Analisis Struktur *Strutting Area Podium Millenium Centennial Tower*, penulis membatasi batasan dalam penulisan sebagai berikut:

1. Pengambilan data dilakukan pada proyek *millenium centennial center* (MCC)
2. Penelitian ini menganalisis pemasangan *strutting* pada proyek *millenium centennial center* (MCC)
3. Analisis daya dukung dinding penahan tanah menggunakan program ETABS

### 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan materi yang di ambil, penelitian tentang Analisis Struktur *Strutting Area Podium Millenium Centennial Tower* ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui efektivitas penggunaan metode *strutting* untuk menghitung lokasi dinding penahan tanah
2. Mengetahui material yang di gunakan dalam pelaksanaan
3. Mengetahui dan menganalisa kekuatan dinding penahan tanah tanpa pengaku dan dengan pengaku pada metode *strutting*

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Proyek

Proyek merupakan pekerjaan atau serangkaian aktivitas unik dan saling terkait yang harus diselesaikan pada jangka waktu yang ditentukan. Selain memiliki keterbatasan waktu suatu proyek memiliki karakteristik khusus, seperti:

1. Proyek bersifat sementara (*Temporary*) yang artinya suatu proyek pasti memiliki jadwal kapan di mulai dan kapan harus selesai. Sebuah proyek dikatakan selesai jika tujuannya telah tercapai sehingga proyek itu dihentikan.
2. Proyek bersifat unik artinya setiap proyek memiliki tipe, metode dan hasil (*output*) yang berbeda – beda pada suatu proyek.
3. *Progressive elaboration* artinya setiap proyek harus berkembang setiap waktunya dan berlanjut hingga proyek itu selesai. Dan setiap langkah nya semakin memperjelas tujuan proyek.

Dengan karakteristik tersebut, suatu proyek dengan proyek lainnya akan berbeda – beda, baik waktu, metode, dan hasil akhirnya.

## 2.2. Pengertian Material

Bahan bangunan (material) merupakan bahan pokok atau baku dalam pembangunan, baik yang tersedia di alam maupun yang di produksi. Contoh material alami adalah tanah liat, pasir, kayu dan batu, dan sebagainya. Bahan bangunan yang di produksi manusia seperti batu bata, dan sebagainya.

## 2.3. Pengertian Galian

Galian dapat digolongkan menjadi beberapa tipe atau jenis, antara lain galian biasa, galian batu, galian struktur, galian perkerasan beraspal.

### 1. Galian Biasa

Galian biasa merupakan galian yang tidak termasuk di dalam jenis galian yang lainnya. Mencakup seluruh galian yang tidak bisa diklasifikasi sebagai galian batu, galian struktur, galian sumber bahan (*borrow excavation*) dan galian perkerasan beraspal.

### 2. Galian Batu

Galian batu merupakan galian yang mengerjakan galian bongkahan batu dengan volume 1 m<sup>3</sup> atau lebih dan keseluruhan bebatuan dan material yang lainnya tidak efisien jika digali dengan alat manual.

### 3. Galian Struktur

Galian Struktur merupakan semua tipe galian pada segala jenis tanah dalam batas pekerjaan disepakati. Galian struktur merupakan galian khusus yang tidak bisa digolongkan dengan galian biasa atau galian batu. Salah satu metode yang digunakan dalam galian struktur ketika galian sudah terbentuk adalah dengan menggunakan metode *Strutting*.

## 2.4. Pembebanan

Beban adalah kumpulan dari berbagai jenis gaya yang bekerja pada suatu bidang struktur. Struktur yang akan dibuat dalam prosesnya mengikuti aturan tentang pembebanan yang telah ditentukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

## 2.5. Macam-Macam Beban pada Dinding Penahan Tanah

Dalam perencanaan dinding tanah terdapat beban – beban yang bekerja. Beban tersebut diinput pada aplikasi ETABS. Pembebanan pada konstruksi gedung terdiri dari:

### 1. Beban mati

Beban mati adalah beban yang bekerja pada struktur yang bersifat statis, termasuk berat struktur itu sendiri. Yang termasuk dalam beban mati adalah berat balok, kolom, pelat lantai dan dinding.

### 2. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang bersifat dinamis pada setiap struktur dan tidak sama. Berat manusia dan peralatannya atau beban – beban sesuai dengan peruntukannya.

#### a. Ruang Kantor

#### b. Ruang Pertunjukkan

#### c. Parkir

Terkait dengan beban yang bekerja pada sebuah konstruksi, aturan yang ada diatur didalam peraturan pembebanan gedung 1983.

### 3. Beban angin

Besarnya beban angin yang terjadi pada suatu struktur bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya beban angin antara lain, kecepatan angin, kerapatan massa, letak bangunan secara geografis, bentuk bangunan dan ketinggian dan kekakuan struktur bangunan.

### 4. Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang disebabkan oleh pergerakan tanah secara alami. Untuk bangunan tinggi beban gempa diaplikasikan dengan benar sehingga bangunan harus dapat menahan gempa ulang 50 tahun.

5. Beban *additional* (tergantung kondisi dan situasi)

Beban *additional* adalah beban yang harus ditinjau ulang pada suatu struktur bergerak yang memiliki nilai lebih besar daripada beban mati maupun beban hidup. Contoh beban *additional* adalah:

- a. Tandon air di atas bangunan
- b. Kuda – Kuda
- c. Tangga
- d. *Lift*
- e. Arsitektur seperti *sunscreen*

## 2.6. **STRUTTING**

*Strutting* adalah suatu perkuatan yang digunakan untuk memperkuat dinding penahan tanah pada struktur bawah atau *basement*. *Strutting* berfungsi sebagai pengaku atau perkuatan untuk struktur dinding penahan tanah.

## 2.7. **BASEMENT**

*Basement* adalah sebuah struktur bangunan yang tersusun secara vertikal atau beberapa tumpukan dari bangunan yang keseluruhan atau sebagian terletak di struktur bangunan bawah tanah. *Basement* adalah segmen dari bangunan gedung yang berada di bawah titik nol. *Basement* difungsikan sebagai pemanfaatan lahan dikarenakan mahal dan terbatasnya lahan proyek. Proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi *basement*, tiga hal penting yang perlu diperhatikan, yakni metode konstruksi, *retaining wall* dan *dewatering*.

## 3. **METODOLOGI PENELITIAN DAN DATA PENELITIAN**

### 3.1 **Metode Penelitian**

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode perhitungan perkuatan dinding penahan tanah dengan aplikasi ETABS. Setelah mencari pergeseran dinding penahan tanah, kemudian dibandingkan dengan deformasi dinding penahan tanah hasil pengamatan di lapangan. Analisis stabilitas yang dilakukan akan berdampak pada analisis deformasi dinding penahan tanah. Beberapa faktor yang mempengaruhi deformasi dinding penahan tanah adalah lebar galian, kedalaman galian, *safety factor*, kedalaman penetrasi dinding penahan tanah, kekakuan penyangga, dan lainnya.

Kondisi sisi dalam *D-wall* yang paling bahaya adalah karena sudah dilakukan galian untuk pondasi kolom gedung yang berbatasan dengan *D-wall*. *Diaphragm Wall* atau yang dapat kita sebut dengan dinding diafragma merupakan salah satu jenis dinding penahan tanah yang menggunakan beton bertulang untuk menahan gaya lateral tanah. Dinding diafragma ini merupakan jenis dinding penahan tanah yang sangat sering digunakan untuk menahan tanah karena pada proses pengerjaannya menyebabkan getaran yang minim, tidak berisik, kaku dan deformasi dinding yang kecil.

### 3.2 **Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu yang diperlukan untuk mengerjakan penelitian ini adalah waktu secara menyeluruh dalam proses penelitian yang berkaitan dengan pengambilan data penelitian. Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini lebih kurang selama 2 bulan. Tempat penelitian yang digunakan peneliti dalam mengambil data penelitian sebagai data dalam pembuatan tugas akhir. Peneliti mengambil data pada proyek *Millenium Centennial Center* (MCC), yang berlokasi di kota Jakarta, kecamatan setia budi, kelurahan karet, Jakarta selatan.

### 3.3 **Sumber Data**

Dalam penelitian ini, digunakan data dari kedua sumber tersebut:

1. Data primer

Data primer yaitu berupa observasi langsung ke tempat proyek.

Diterima 24/05/2022, Direvisi 25/05/2022, Disetujui untuk publikasi 25/05/2022.

Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, UTA<sup>45</sup> Jakarta, ISSN: 2502-8456 (media *online*)

2. Data sekunder

Data sekunder yaitu data yang setengah jadi, dalam artian sudah rapi sehingga kita hanya mencari dan mengumpulkan.

**3.4 Data Umum**

Dalam tugas akhir ini, data yang didapat peneliti pada proyek MCC, sebagai berikut

1. Pekerjaan : Dinding penahan tanah *basement* dengan menggunakan *strutting*
2. Lokasi : Jl. Jend. Sudirman Kav. 25 / Jl. Karet Gusuran Kel.Karet, Kec. Setiabudi, Jakarta Pusat

Berdiri di atas lahan seluas 9.926 m<sup>2</sup> dengan 53 lantai diatas tanah dan 6 *basement* yang bertujuan untuk menampung kebutuhan perkantoran – perkantoran di nadi kota Jakarta yaitu Jl. Jendral Sudirman Kav 25 atau Jl. Karet gusuran Kel. Karet. Kec. Setiabudi, Jakarta Selatan. Gambar 1 merupakan ilustrasi tampak depan dari *Millenium Centenial Center Tower* yang saat ini pembangunannya sudah selesai tahap finishing dan sudah mulai digunakan untuk perkantoran.

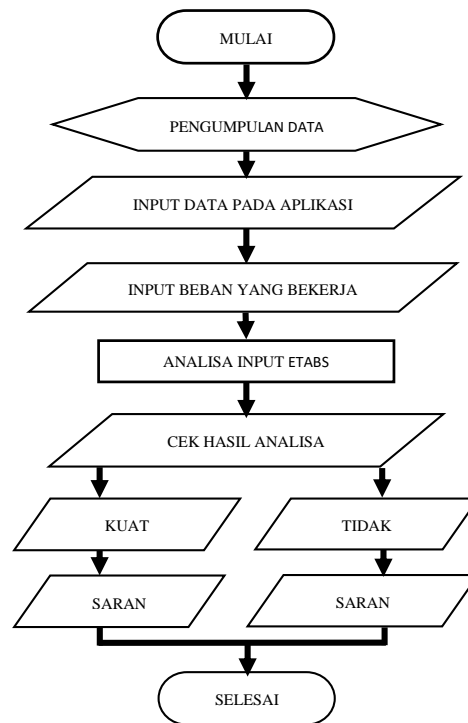


**Gambar 1. Tampak depan gedung millenium centenial center**

Pada prosesnya, gedung *Millennium Centennial Center* ini menggunakan dinding penahan tanah dengan pengaku sebagai perkuatan pada bagian *basement*. Proyek ini memiliki 6 *basement*, *basement* 1 (B1) 5,8 m, *basement* 2 (B2) 3,2 m, *basement* 3 (B3) 3,2 m, *basement* 4 (B4) 3,2 m, *basement* 5 (B5) 3,2 m, *basement* 6 (B6) 3,2m. Bahan yang digunakan untuk dinding penahan tanah yaitu:

<i>Column</i>	: H400x400x13x21
<i>Beam</i>	: H400x400x13x21
<i>Waller Beam</i>	: H400x400x13x21
Mutu	: BJ 370
<i>Load</i>	: ( <i>Dead Load, Live Load</i> )
<i>Combl</i>	: 1.2 DL + 1.2 LL

### 3.5 Diagram Penelitian



Gambar 2. Diagram penelitian

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

Untuk merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral. Tekanan tanah lateral adalah tekanan tanah yang ditimbulkan akibat dorongan tanah di balik struktur penahan tanah ke arah horizontal maupun vertikal. Pada saat melakukan galian, salah satu tegangan lateral akan mengecil terus menerus dan menimbulkan kelebihan tekanan pada satu sisi yang menyebabkan keruntuhan tanah.

Adapun teori lain yang menganalisa tentang tekanan tanah lateral yaitu teori Rankine. Menurut Rankine, keseimbangan plastis dimana masa tanah pada kondisi tepat akan runtuh, merupakan analisa tekanan tanah (Rankine, 1857). Tanah diasumsikan tidak berkohesi yang homogen dan isotropis terbentuk pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horisontal dan dinding vertikal berupa dinding yang licin dan sempurna.

### 4.2 Data Struktur

Data struktur berisi tentang data perencanaan gedung berisi tentang gambaran umum tentang model dan fungsi bangunan tersebut. Data yang ada sebagai berikut:

#### 1. Elevasi gedung

Berdiri diatas lahan seluas 9.926m<sup>2</sup> dengan 53 lantai diatas tanah dan 6 *basement* yang bertujuan untuk menampung kebutuhan perkantoran – perkantoran di nadi kota Jakarta yaitu Jl. Jendral Sudirman Kav 25 atau Jl. Karet gusuran Kel. Karet. Kec. Setiabudi, Jakarta Selatan. Gambar 1 merupakan ilustrasi tampak depan dari *Millenium Centenial Center Tower* yang saat ini pembangunannya Sudah selesai tahap finishing dan sudah mulai digunakan untuk perkantoran.

#### 2. Elemen struktural

Dalam hal ini penulis fokus pada struktur *basement*, dimana struktur *basement* meliputi kolom dan balok *strutting*.

a. Kolom

Dimensi kolom pada proyek menggunakan baja ukuran H400x400x13x21. Dengan mutu beton FC35.

**Tabel 1. Tabel story**

No	Nama	Lokasi	Dimensi (mm)	Mutu Beton
1	Story 1	Lantai 1 – Lantai 4	H400x400x13x21	FC 35
2	Story 1 – 1	Lantai 4 – Lantai Atap (7)	H400x400x13x21	FC 35
3	Story 1 – 2	Lantai atap (7) – Roof Top	H400x400x13x21	FC 35
4	Stroy 1 – 3	Ramp Lantai 1 – Atap Ramp	H400x400x13x21	FC 35

(Sumber: PT Acset)

b. Balok

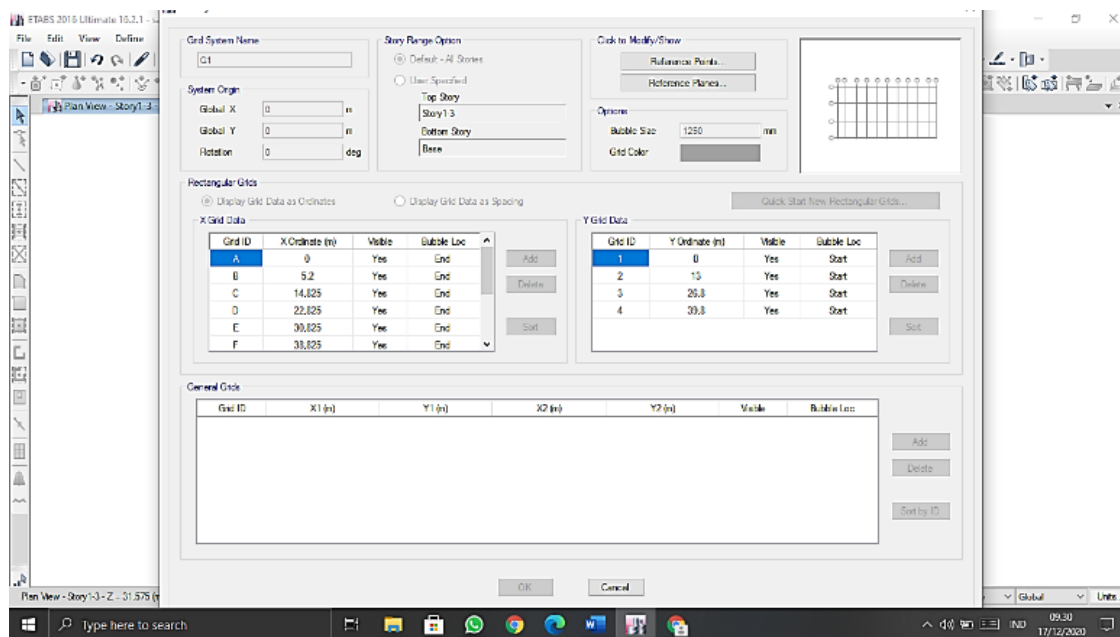
Dimensi balok pada struktur *basement* menggunakan dimensi H400x400x13x21 berikut: Balok yang digunakan menggunakan material dengan dimensi H400x400x13x21 dengan mutu beton FC 35.

**4.3 Permodelan Struktur**

Pada tahap ini digunakan aplikasi ETABS untuk menghitung dan membuat permodelan struktur. Langkah – langkah dalam menggunakan aplikasi ETABS sebagai berikut.

1. *Input data story and grid*

*Story and grid* adalah gedung pada ETABS dimana kita memasukan as bangunan gedung dan tinggi setiap lantai guna dijadikan acuan pada penggambaran. *Input story and grid* terlihat pada gambar berikut.

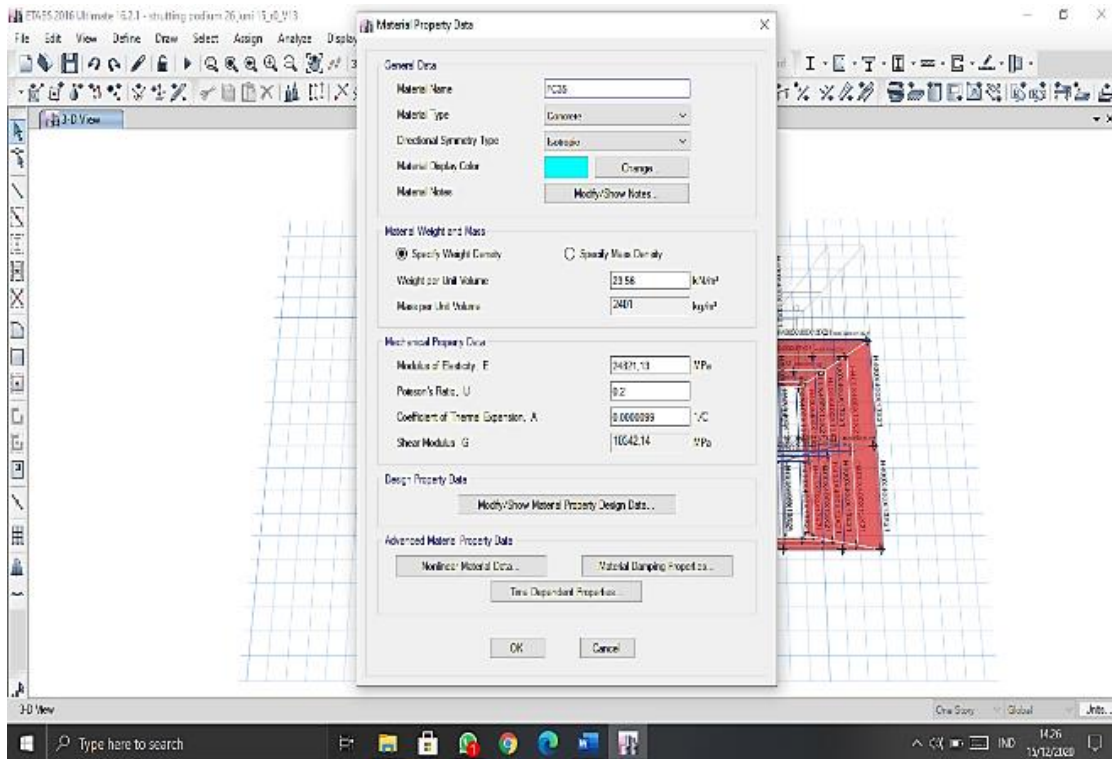


**Gambar 3. Gambar *input story dan grid* pada Etabs**

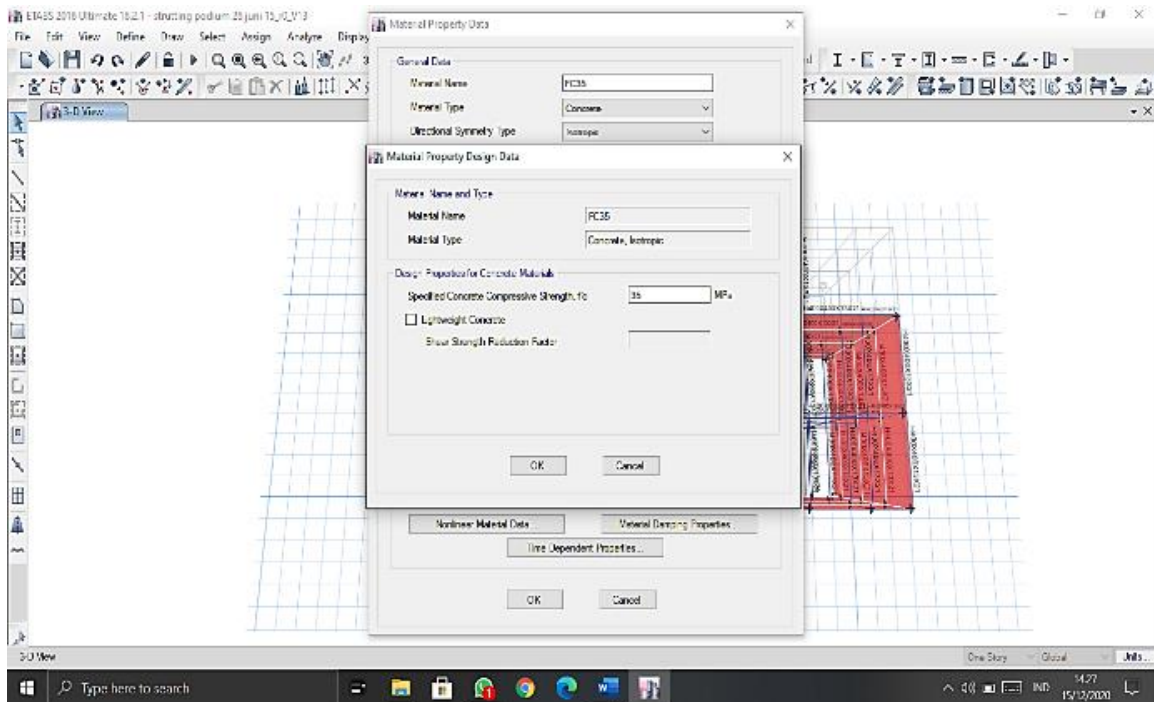
2. *Input material*

*Input material* adalah proses memasukan karakteristik material (mutu) yang digunakan pada pembangunan mutu yang didapatkan dari gambar gambar *shop drawing* dari kontraktor. Pada

gambar *shop drawing* terdapat keseluruhan elemen stuktur menggunakan mutu Beton K-300 /  $F_c'=35$ . *Input* karekteristik material pada proyek MCC terlihat pada gambar 4 dan 5 berikut.



Gambar 4. Tampilan 1 *input* material pada aplikasi Etabs



Gambar 5. Tampilan 2 *input* material pada aplikasi Etabs



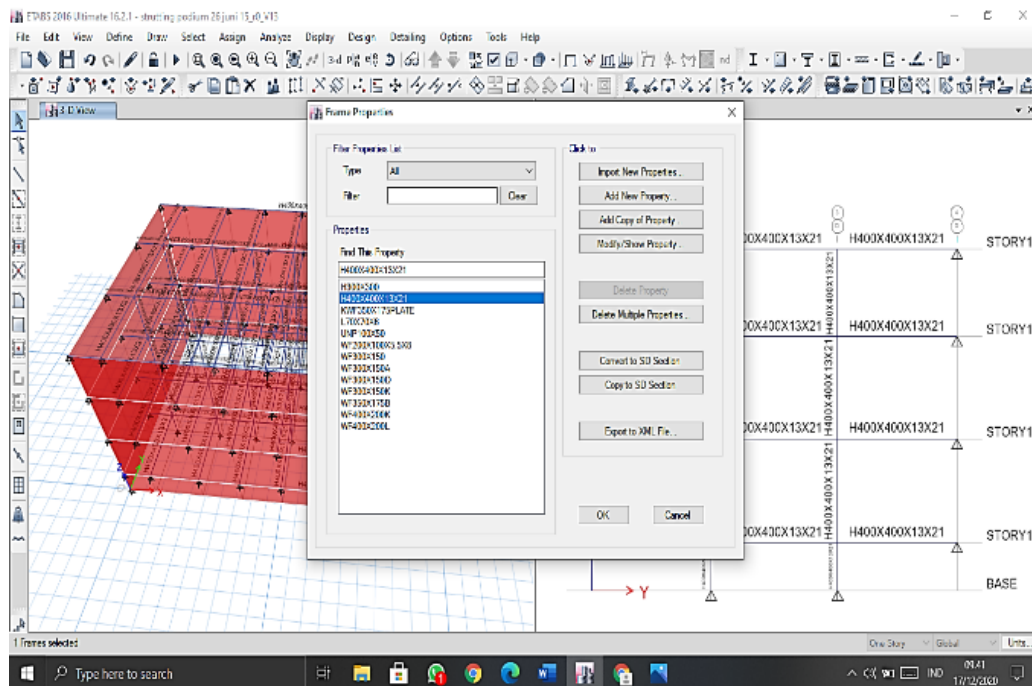
3. *Input* elemen struktur

*Input* elemen struktur pada MCC dibagi menjadi 3 elemen yaitu:

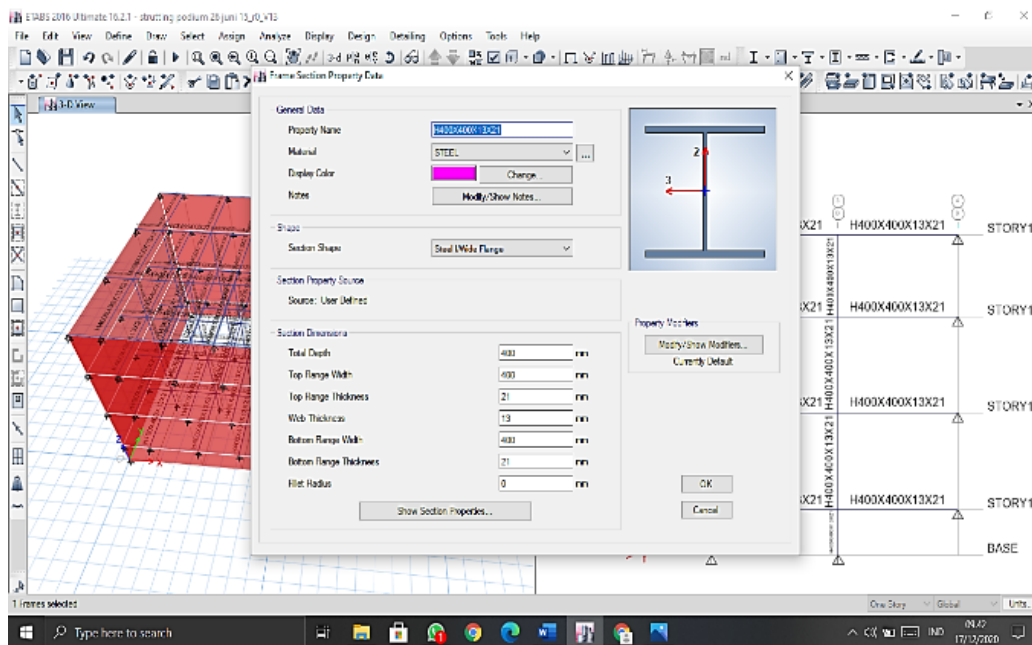
a. Elemen Struktur 1 (Balok dan Kolom)

b. Elemen Struktur 3 (*Shearwall*)

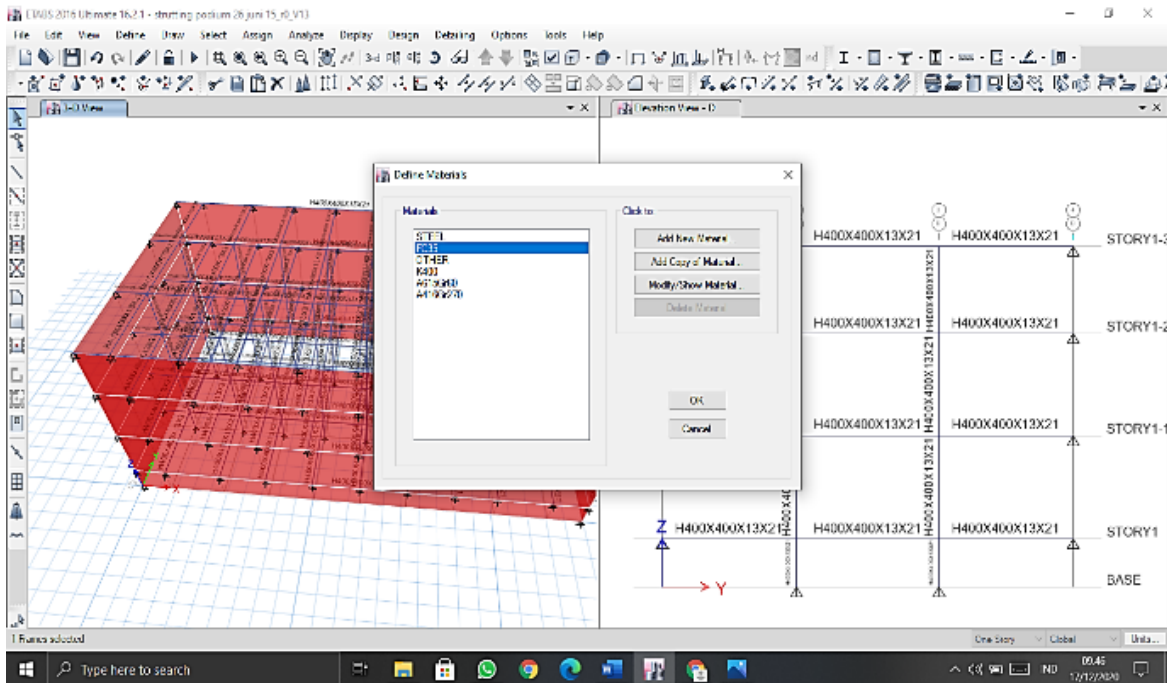
*Input* elemen struktur terlihat pada gambar berikut.



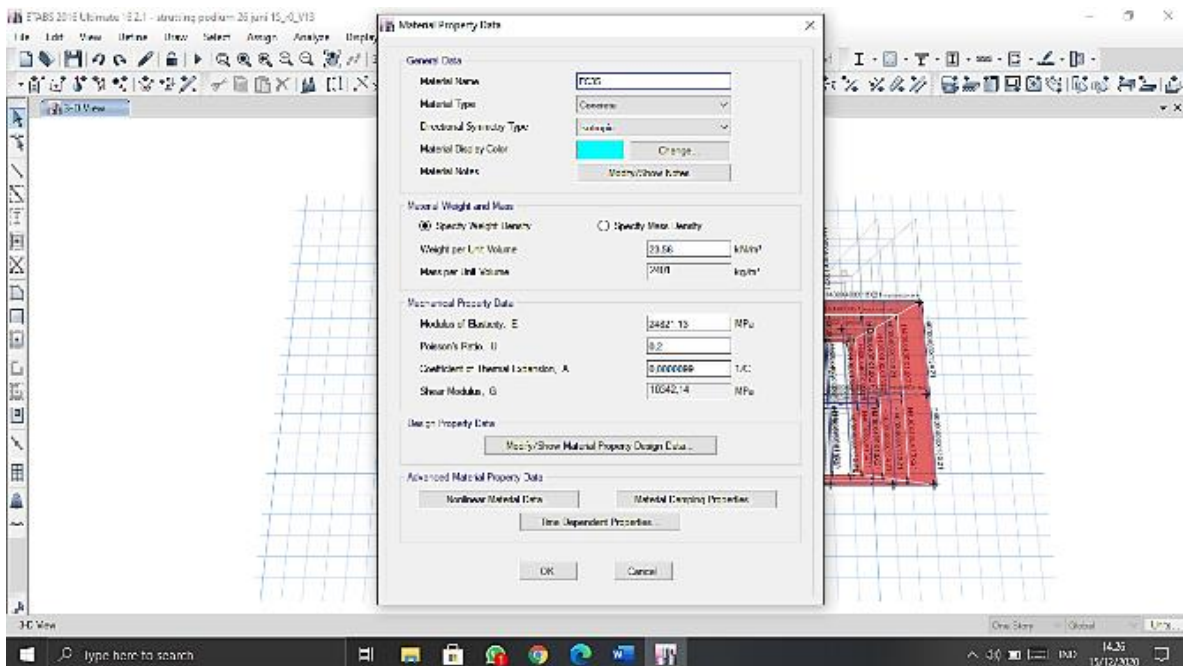
**Gambar 6.** Tampilan 3 *input* material pada aplikasi Etabs



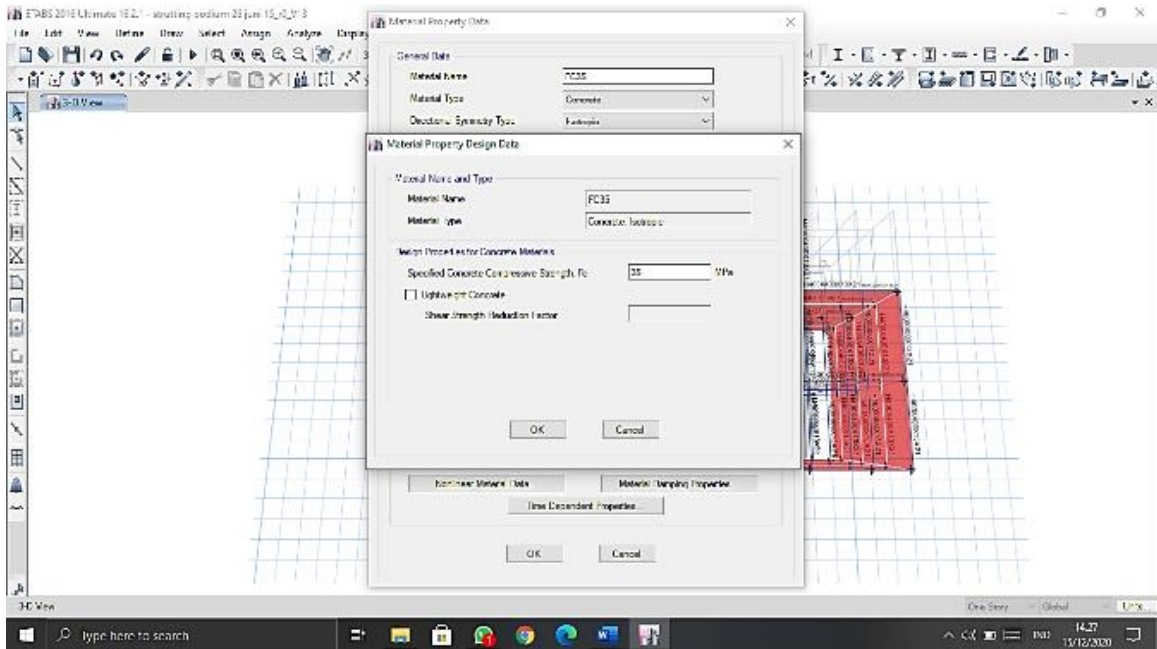
**Gambar 7.** Tampilan *input* dimensi pada aplikasi Etabs



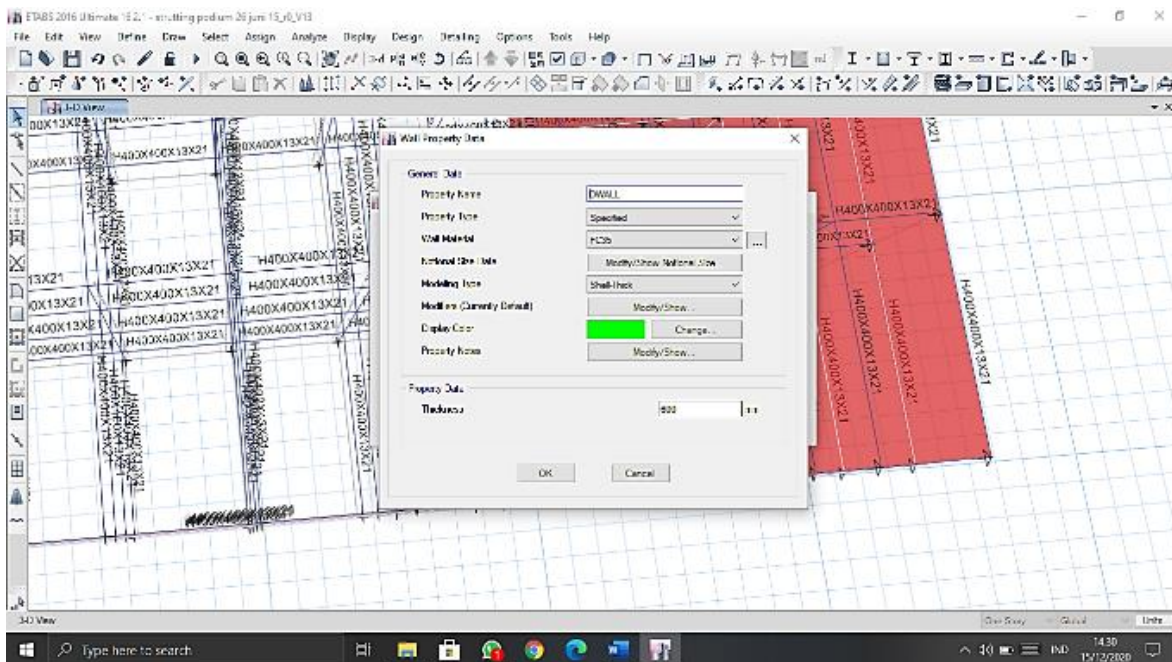
Gambar 8. Tampilan 4 *input* material pada aplikasi Etabs



Gambar 9. Tampilan 5 *input* material pada aplikasi Etabs



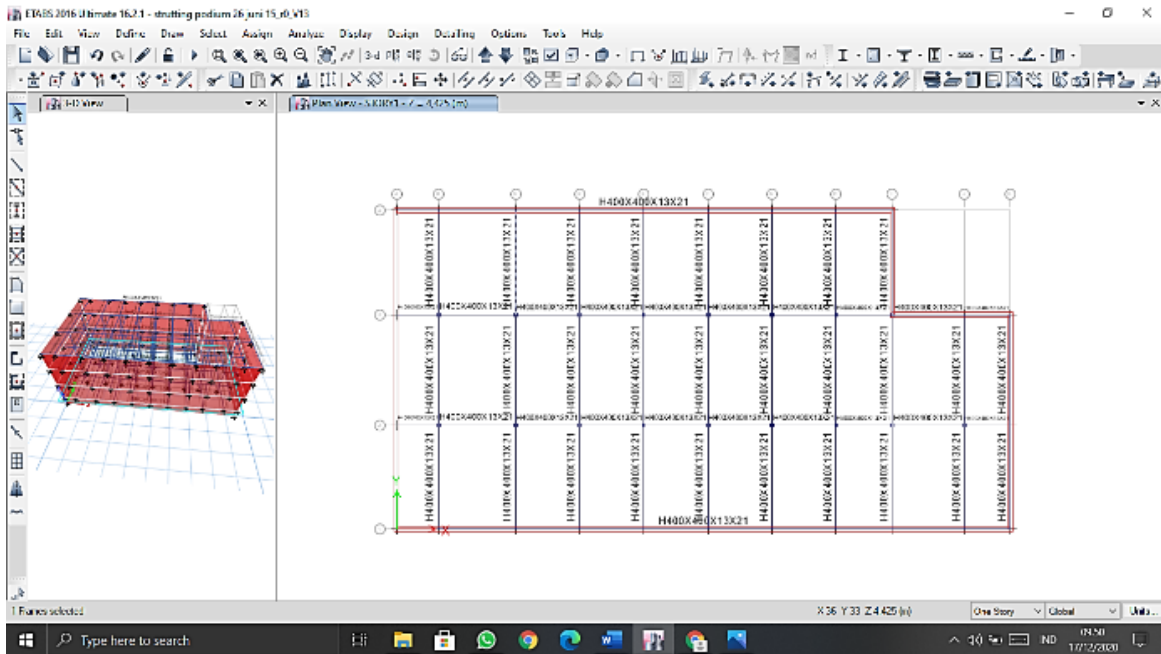
Gambar 10. Tampilan 6 input material pada aplikasi Etabs



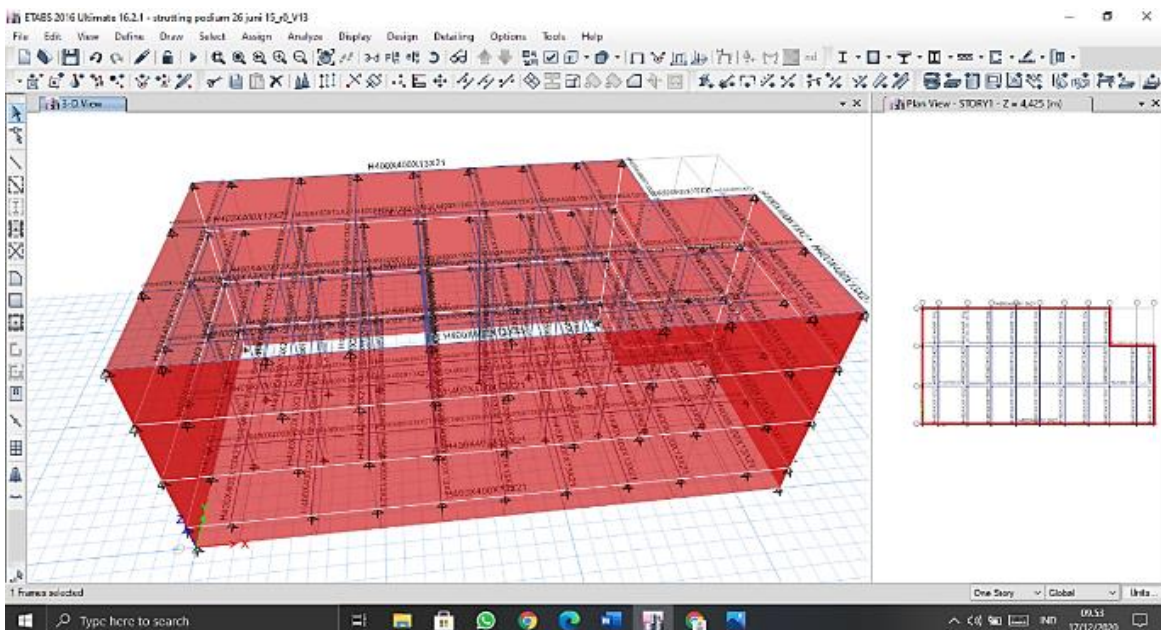
Gambar 11. Tampilan input material shearwall pada aplikasi Etabs



Permodelan Struktur bisa dalam bentuk permodelan 2D dan 3D. Permodelan dapat 2D dan 3D terlihat pada gambar berikut:



**Gambar 12. Denah permodelan 2D**



**Gambar 13. Permodelan 3D**

#### 4.4 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya atau tekanan tanah yang disebabkan dari akibat adanya tekanan tanah di belakang konstruksi penahan tanah ke arah horizontal maupun vertikal. Pada mulanya, apabila tanah tidak digali, tegangan tanah seimbang ke segala arah.

#### 4.5 Analisa Tekanan Tanah Lateral

Perubahan letak dari dinding penahan tanah dan sifat tanahnya sangat mempengaruhi nilai besaran tekanan tanah lateral. Tiga keadaan yang dapat menjadi pembeda pada tekanan tanah lateral yang terjadi, yakni:

1. Tekanan tanah pada keadaan diam ( *Soil pressure at rest* )

Tekanan tanah ini akan terjadi dan bekerja pada suatu *retaining wall* jika *retaining wall* sama sekali tidak bisa bergerak di dalam tanah. Hal ini dinyatakan dalam persamaan:

$$P_o = K_o \times \gamma \times H$$

Di mana (in which):

$P_o$  : Tekanan tanah dalam keadaan diam

$\gamma$  : Berat volume tanah (*Heavy soil volume*)

$K_o$  : Koefisien tekanan tanah pada keadaan diam (*The coefficient of earth pressure at rest*)

$H$  : Ketinggian dinding

2. Tekanan tanah aktif ( *Active earth pressure* )

Kondisi tekanan tanah aktif yaitu situasi kondisi struktur dinding bergerak berlawanan dengan bagian tanah timbunan/muncul apabila struktur dinding penahan tanah bagian atas bergerak relatif ke depan terhadap dasarnya, hal ini dikarenakan momen yang terjadi atau bekerja pada struktur dinding tersebut. Tekanan tanah aktif dapat diaplikasikan pada suatu *retaining wall* apabila *retaining wall* tersebut harus menahan longsornya tanah. Dengan kata lain tekanan tanah aktif dapat terjadi apabila *retaining wall* bergerak menjauhi tanah.

$$P_a = K_a \times \gamma \times H$$

Di mana:

$P_a$  : Tekanan tanah aktif

$K_a$  : Koefisien tekanan tanah aktif

$\Gamma$  : Berat volume tanah (*Heavy soil volume*)

$H$  : Ketinggian dinding

3. Tekanan tanah pasif ( *Passive earth pressure* )

Tekanan tanah pasif dapat diaplikasikan pada suatu dinding *retaining wall* apabila tanah tersebut harus menahan Bergeraknya *retaining wall*, atau dengan kata lain tekanan tanah pasif akan terjadi apabila dinding terdorong menuju tanah. Hal ini dinyatakan dalam rumus perhitungan:

$$P_p = K_p \times \gamma \times H$$

Di mana (In which):

$P_p$  : Tekanan tanah pasif

$K_p$  : Koefisien tekanan tanah pasif (*The coefficient of passive earth pressure*)

$\gamma$  : Berat volume tanah (*Heavy soil volume*)

$H$  : Ketinggian dinding

Adapun teori lain yang menganalisa tentang tekanan tanah lateral yaitu teori Rankine. Menurut teori Rankine, analisa tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat masa tanah pada kondisi tepat akan runtuh (Rankine, 1857). Tanah dianggap tidak berkoheisi homogen dan isotropis yang terbentuk pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horisontal dan dinding vertikal berupa dinding yang tidak halus dan sempurna. Perhitungan dengan menggunakan rumus di atas akan menghasilkan data yang akan di pakai untuk analisa penggunaan dinding penahan tanah. Perhitungan tekanan tanah yang bekerja pada dinding tanah tersebut sebagai berikut:

Hitung koefisien tanah yang ada  $Ka_1$ ,  $Ka_2$ , dan  $Ka_3$ :

Layer 1						
$Pa_1$	:	$q \cdot Ka_1 \cdot H$	:	$10 \cdot 0,22 \cdot 14$	:	$30,8 \text{ ton/m}$
Layer 2						
$Pa_2$	:	$(1/2) \cdot \gamma_1 \cdot Ka_1 \cdot H$	:	$(1/2) \cdot 11,09 \cdot 0,22 \cdot 14$	:	$17,0786 \text{ ton/m}$
Layer 3						
$Pa_3$	:	$q \cdot Ka_2 \cdot H$	:	$10 \cdot 1,10 \cdot 4$	:	$44 \text{ ton/m}$
Layer 4						
$Pa_4$	:	$(1/2) \cdot \gamma_2 \cdot Ka_2 \cdot H$	:	$(1/2) \cdot 16,84 \cdot 1,10 \cdot 4$	:	$37,048 \text{ ton/m}$
Layer 5						
$Pa_5$	:	$q \cdot Ka_3 \cdot H$	:	$10 \cdot 2,62 \cdot 6$	:	$157,2 \text{ ton/m}$
Layer 6						
$Pa_6$	:	$(1/2) \cdot \gamma_3 \cdot Ka_3 \cdot H$	:	$(1/2) \cdot 17,625 \cdot 2,62 \cdot 6$	:	$138,5325 \text{ ton/m}$
$Ka_1$	=	$\tan^2(45+(\phi/2))$	=	$\tan^2(45+(5,14/2))$	=	$0,22$
$Ka_2$	=	$\tan^2(45+(\phi/2))$	=	$\tan^2(45+(31/2))$	=	$1,10$
$Ka_3$	=	$\tan^2(45+(\phi/2))$	=	$\tan^2(45+(0/2))$	=	$2,62$

$Ka_1$  : Koefisien Tanah Aktif pada Layer 1

$Ka_2$  : Koefisien Tanah Aktif pada Layer 2

$Ka_3$  : Koefisien Tanah Aktif pada Layer 3

Total Tekanan Tanah Aktif

$$\Sigma pa = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 + Pa_4 + Pa_5 + Pa_6 = 424,6591 = 425 \text{ ton/m}$$

#### 4.6 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur pada aplikasi Etabs adalah proses input beban-beban yang bekerja pada 25 gedung nantinya. Beban-beban yang bekerja pada bangunan ini seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa.

#### 4.7 Beban Mati

Terdapat 2 macam beban mati yang bekerja pada proyek MCC. Yang pertama adalah beban mati gedung dan yang kedua adalah beban mati tambahan.

##### 1. Beban mati struktural (DL)

*Dead load* atau beban mati struktural adalah beban sendiri bangunan. Beban mati bergantung dengan material yang digunakan.

##### 2. Beban mati tambahan (SIDL)

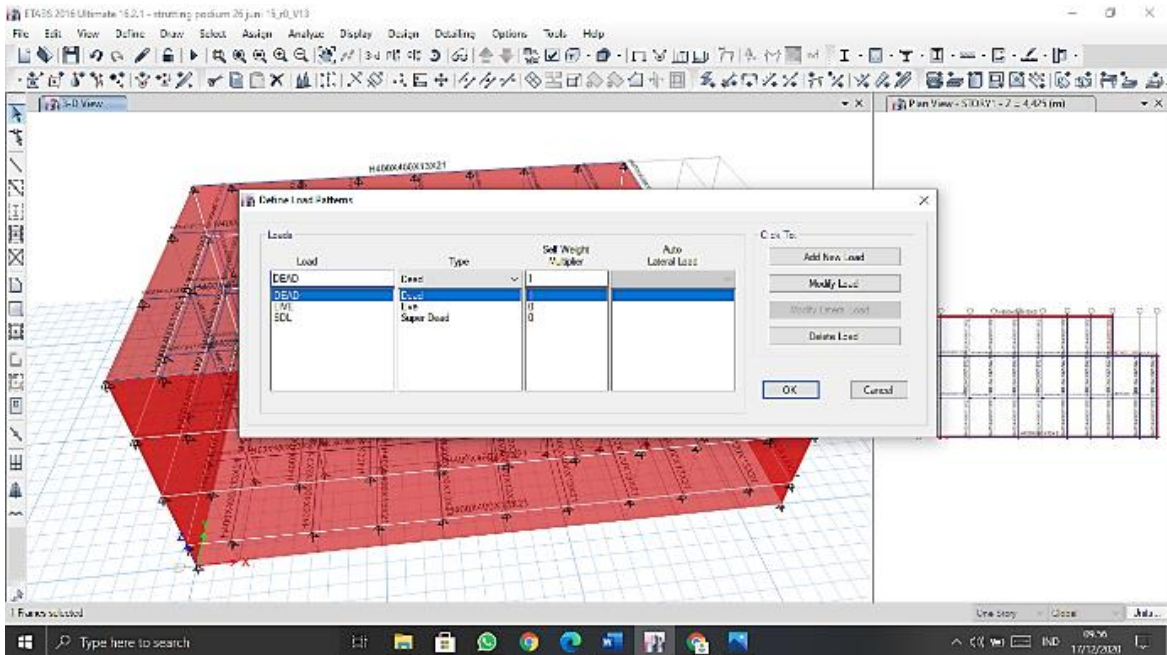
Beban mati tambahan berat elemen diluar struktur bangunan yang secara permanen berada pada struktur dan membebani struktur tersebut.

#### 4.8 Beban Hidup

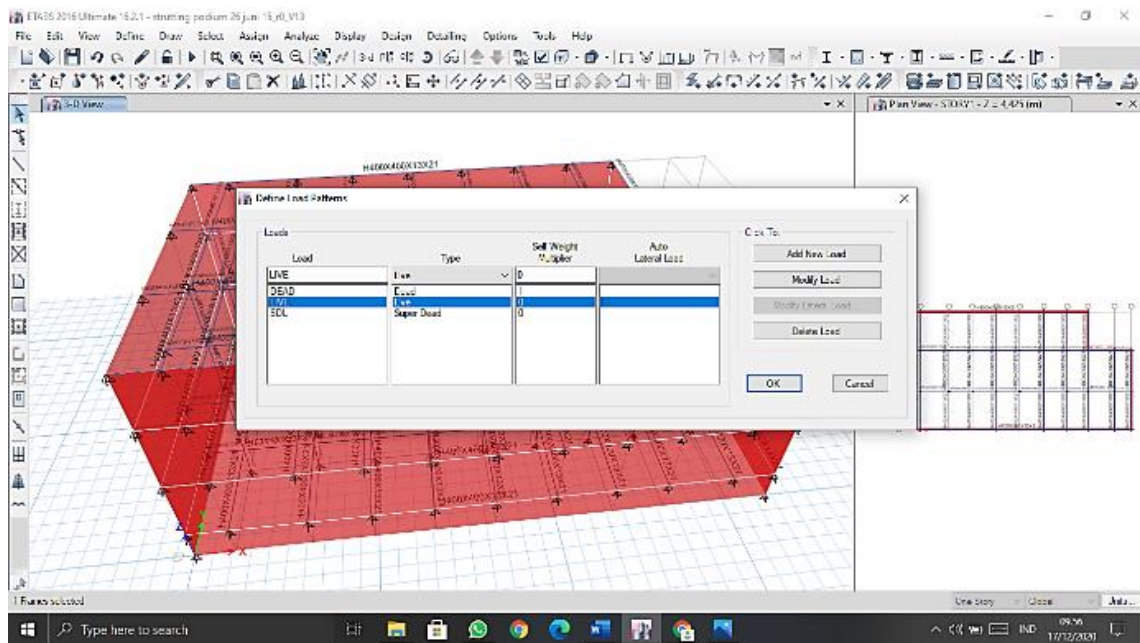
Beban hidup adalah beban – beban yang bekerja pada suatu gedung secara berpindah pindah, dan beban hidup masing masing lantai berbeda, tergantung desain atau fungsi area.

#### 4.9 Input Pembebanan

Setelah perhitungan beban maka proses selanjutnya adalah input beban ke aplikasi etabs. Input pembebanan terlihat pada gambar 14, gambar 15 dan 16.

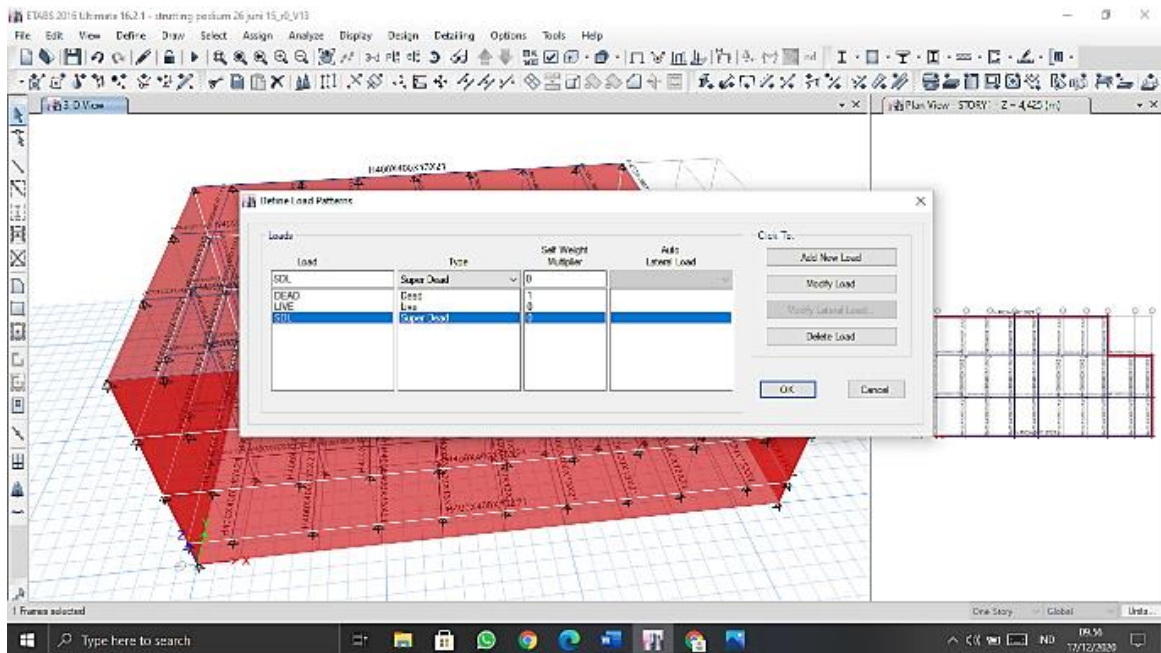


Gambar 14. Gambar input pembebanan 1



Gambar 15. Gambar input pembebanan 2

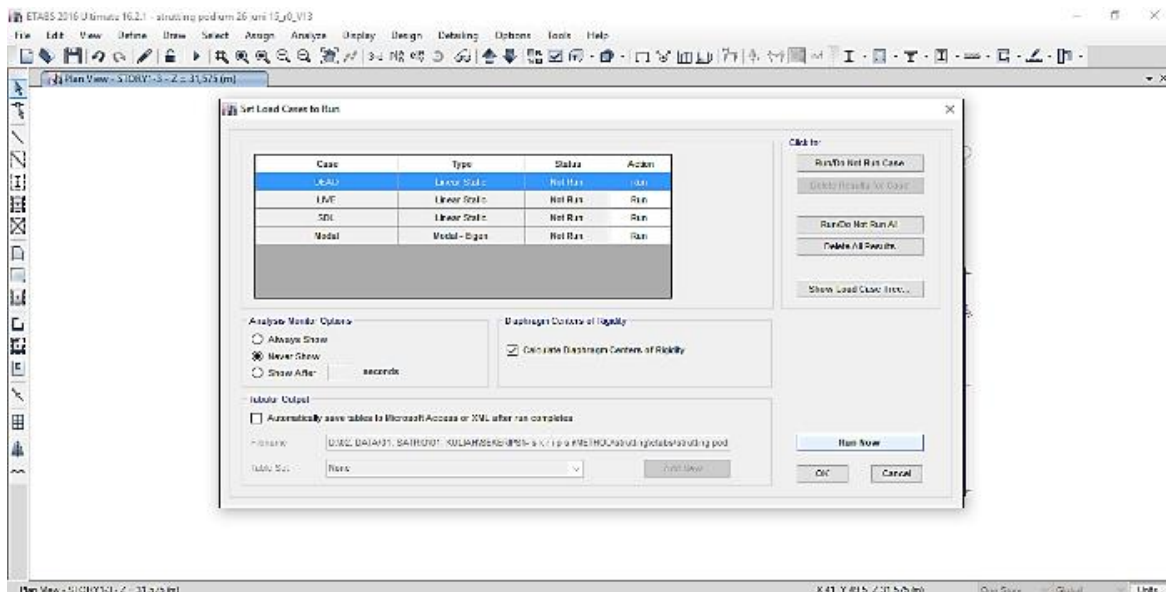




Gambar 16. Gambar input pembebanan 3

#### 4.10 Running Awal Tanpa Pengaku

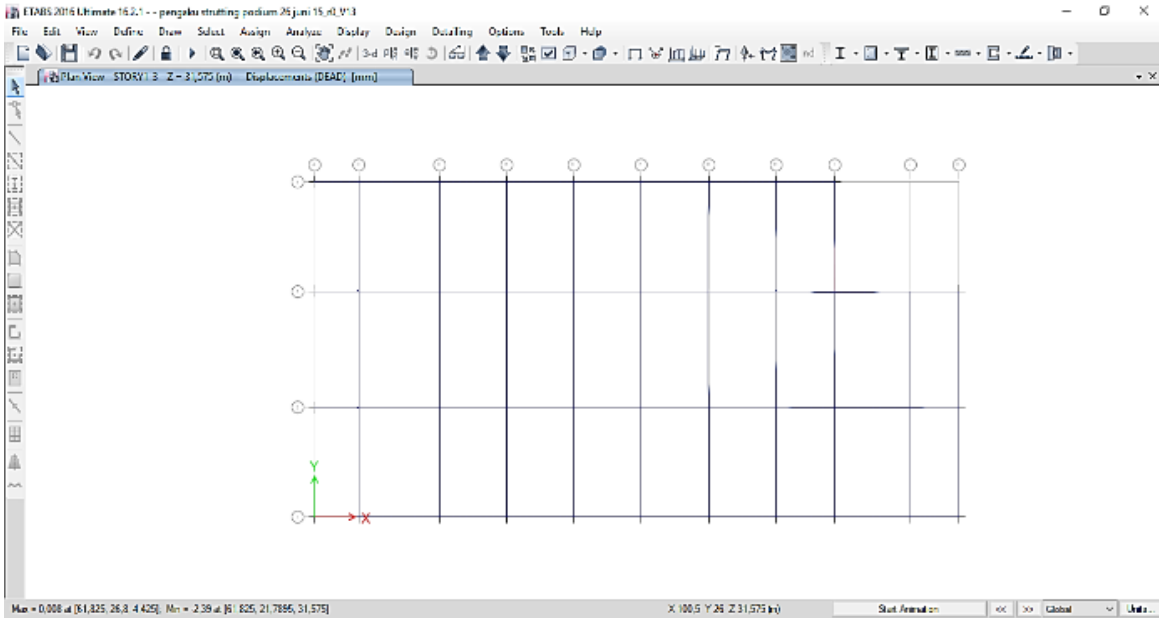
Setelah semua data selesai di *input*, tahap selanjutnya melakukan *running*. *Running* dilakukan untuk mendapatkan hasil dari *input* data yang kemudian akan di analisa 2 data yang akan *dirunning* yaitu data sebelum menggunakan pengaku dan data sesudah menggunakan pengaku. Proses *running* tanpa pengaku terlihat pada gambar 17.



Gambar 17. Tahap awal *running* tanpa pengaku



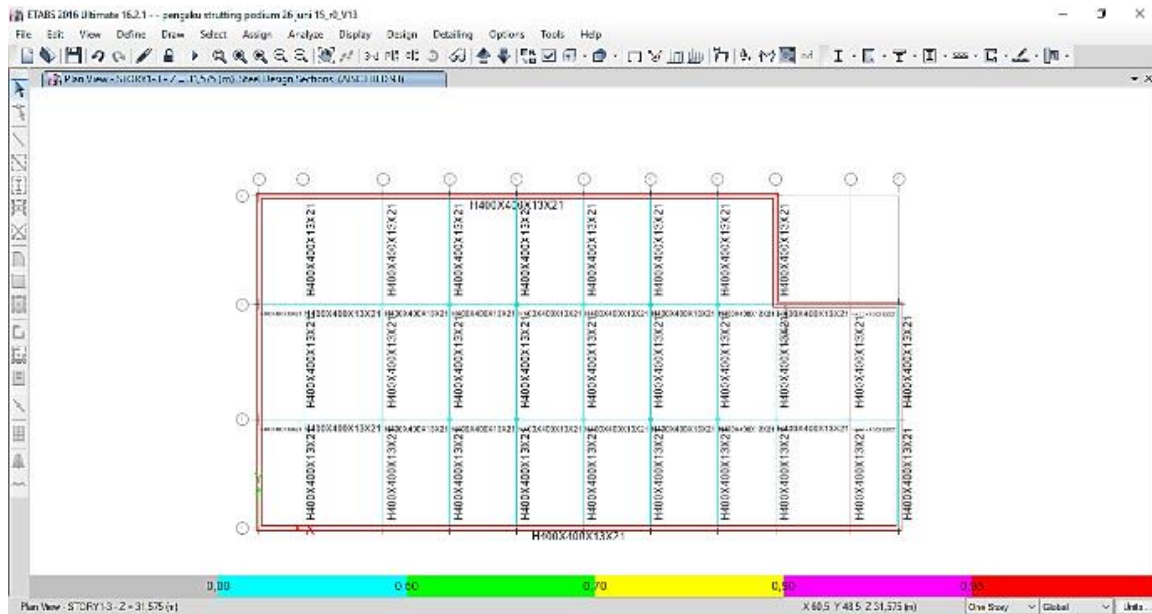
Pada tahap ini klik *analyze*, kemudian pilih set *load cases to run*, pilih *run now*, pilih *ok*. Tunggu sampai hasil *running* tanpa pengaku keluar seperti gambar 18.



Gambar 18. Hasil *running* tanpa pengaku

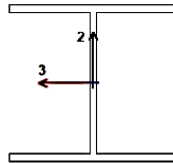
#### 4.11 Running Frame Design Tanpa Pengaku

Proses selanjutnya melakukan running frame design data yang tanpa menggunakan pengaku. Proses hasil running terlihat pada gambar 19 dan hasil running tanpa pengaku pada gambar 20, 21, 22, 23.



Gambar 19. Gambar hasil *running* tanpa pengaku

**ETABS 2016 Steel Frame Design**  
**AISC LRFD 93 Steel Section Check (Strength Summary)**



Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
STORY1-3	B540	79	61325	DSIS2	Moment Resisting Frame	H400X400X13X21	Non-Compact

**Gambar 20. Hasil *running* tanpa pengaku 1**

Design Code Parameters

$\Phi_b$	$\Phi_o$	$\Phi_t$	$\Phi_v$	$\Phi_{o,Angle}$
0,9	0,85	0,9	0,9	0,9

Section Properties

A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>33</sub> (cm <sup>4</sup> )	r <sub>33</sub> (mm)	S <sub>33</sub> (cm <sup>3</sup> )	A <sub>v3</sub> (cm <sup>2</sup> )	Z <sub>33</sub> (cm <sup>3</sup> )	
214,5	65361,6	174,5	3268,1	149,9	3600,1	
J (cm <sup>4</sup> )	I <sub>22</sub> (cm <sup>4</sup> )	r <sub>22</sub> (mm)	S <sub>22</sub> (cm <sup>3</sup> )	A <sub>v2</sub> (cm <sup>2</sup> )	Z <sub>22</sub> (cm <sup>3</sup> )	C <sub>w</sub> (cm <sup>6</sup> )
274,7	22406,6	102,2	1120,3	52,4	1695,1	8043896

Material Properties

E (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	$\alpha$
200000	370	NA

Stress Check Message - l/r > 300

**Gambar 21. Gambar hasil *running* tanpa pengaku 2**

Demand/Capacity (D/C) Ratio (H1-1b)

D/C Ratio	Axial Ratio	Flexural Ratio <sub>Major</sub>	Flexural Ratio <sub>Minor</sub>
6,624	0 +	6,615 +	0,009

Stress Check Forces and Moments (H1-1b) (Combo DSIS2)

Location (mm)	P <sub>u</sub> (kN)	M <sub>u33</sub> (kN-m)	M <sub>u22</sub> (kN-m)	V <sub>u2</sub> (kN)	V <sub>u3</sub> (kN)
61325	0	1106,0376	4,8773	-1433,9917	-5,9356

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors

	L Factor	K	C <sub>m</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>b</sub>
Major Bending	0,156	1	1	1	1	1,177
Minor Bending	1	1	1	1	1	

Axial Force and Capacities

P <sub>u</sub> Force (kN)	$\Phi P_{nc}$ Capacity (kN)	$\Phi P_{nt}$ Capacity (kN)
0	86,2571	7144,182

**Gambar 22. Gambar hasil *running* tanpa pengaku 3**

Moments and Capacities		
	$M_u$ Moment (kN-m)	$\phi M_n$ Capacity (kN-m)
Major Bending	1106,0376	167,2076
Minor Bending	4,8773	551,131

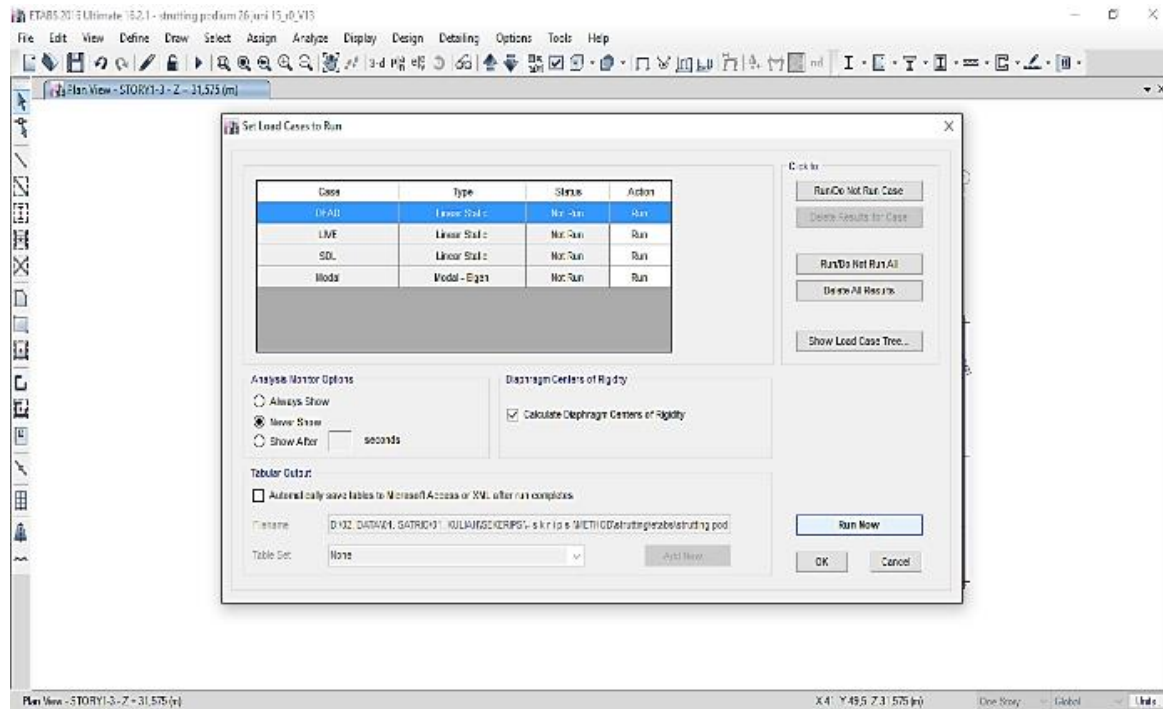
  

Shear Design			
	$V_u$ Force (kN)	$\phi V_n$ Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	1433,9917	1046,0503	1,371
Minor Shear	5,9356	2994,559	0,002

Gambar 23. Gambar hasil *running* tanpa pengaku 4

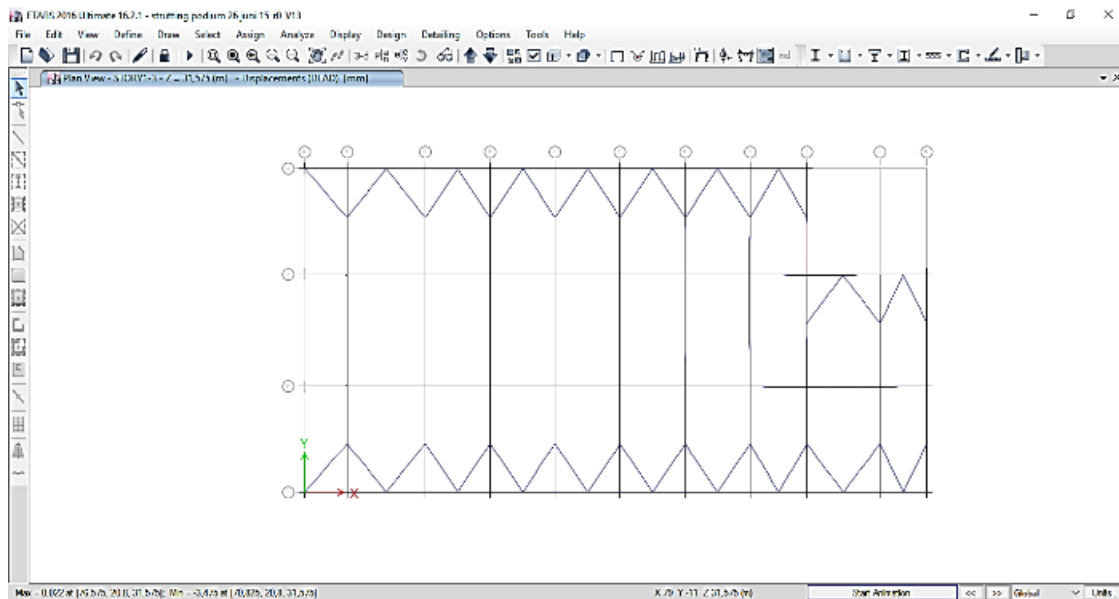
#### 4.12 Running Awal Dengan Pengaku

*Running* yang sama dilakukan untuk data yang menggunakan pengaku. Tahapan yang dilakukan sama dengan *running* data tanpa pengaku. Proses *running* dengan menggunakan pengaku terlihat pada gambar 24 berikut.



Gambar 24. Gambar proses *running* dengan pengaku 5

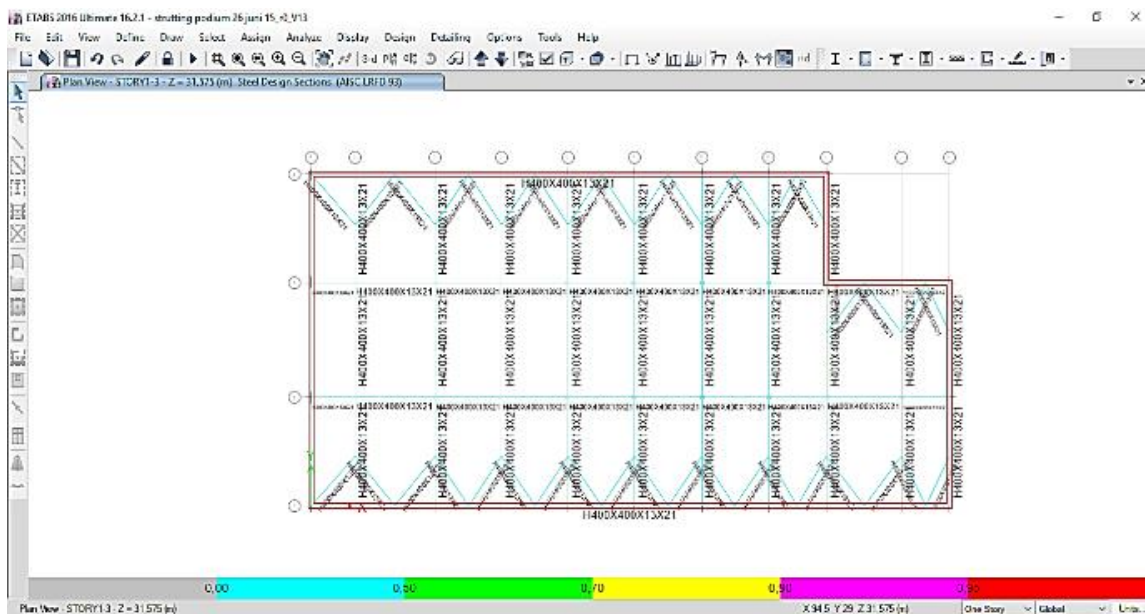
Hasil proses *running* dengan menggunakan pengaku terlihat pada gambar 25 berikut.



Gambar 25. Gambar hasil *running* dengan menggunakan pengaku

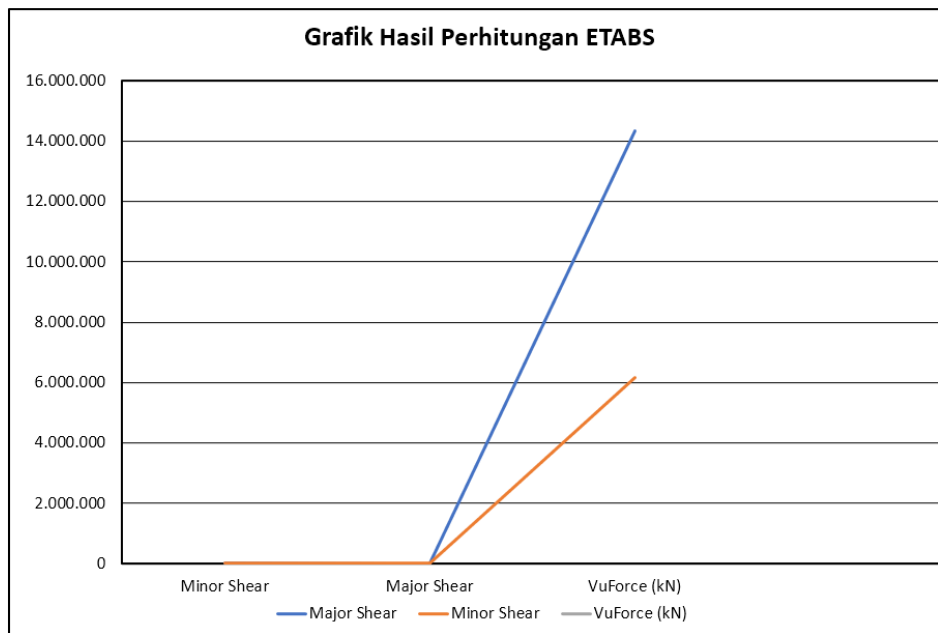
#### 4.13 *Running Frame Design Dengan Pengaku*

Setelah *running* awal selesai dilanjutkan dengan proses *running frame design*. Cara yang digunakan sama dengan *running* pada data tanpa pengaku. Untuk proses *running frame design* dengan pengaku terlihat pada gambar 26.



Gambar 26. Gambar hasil *running frame design* dengan menggunakan pengaku

Dari hasil analisa diatas diperoleh dua nilai yang berbeda, hasil analisa struktur tanpa menggunakan pengaku memperoleh nilai 1.371, sedangkan hasil analisa struktur dengan menggunakan pengaku memperoleh nilai 0.589. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur baja dengan pengaku lebih kuat dan kaku dibandingkan dengan struktur baja tanpa pengaku. Berikut grafik hasil perhitungan ETABS yang memperlihatkan perbedaan cukup signifikan. Struktur dengan pengaku menunjukkan hasil yang lebih rendah, yang artinya struktur dengan lebih kuat dibandingkan dengan struktur tanpa pengaku.



**Gambar 27. Grafik hasil perhitungan ETABS**

Keterangan :

Tanpa pengaku : — (blue line)  
 Dengan pengaku : — (orange line)

Sebelum melakukan pekerjaan dinding penahan tanah dilakukan analisa atau observasi yang cukup, untuk mencegah hal – hal diluar schedule dan perencanaan. Penambahan pengaku menjadi salah satu alternatif yang bisa digunakan dalam pekerjaan struktur dinding penahan tanah.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan dan hasil pengolahan data proyek menggunakan metode ETABS, maka kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut :

1. Dinding penahan tanah dengan metode *strutting* dapat digunakan pada proyek dengan lokasi yang terbatas, penggunaan *strutting* dengan tambahan pengaku lebih kuat dibandingkan *strutting* tanpa pengaku.
2. Untuk mendukung daya dukung dinding penahan tanah, material yang digunakan untuk pemasangan *strutting* adalah
  - a. *Column* H400x400x13x21
  - b. *Beam* H400x400x13x21
  - c. *Waller Beam* H400x400x13x21

Dengan mutu material yang digunakan adalah BJ370

3. Berdasarkan hasil Analisa yang ada kekuatan dinding penahan tanah dengan menggunakan struktur *strutting* tanpa pengaku memiliki nilai *stress ratio* sebesar 1,371 untuk *major shear* dan 0,002 untuk *minor shear*. Sedangkan hasil untuk struktur dengan menggunakan pengaku 0.589 untuk *major shear* dan 0,001 untuk *minor shear*. dimana struktur *strutting* dengan tambahan pengaku lebih kuat dari yang tanpa pengaku.

## 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Dibutuhkan perhitungan yang matang sebelum melakukan pekerjaan galian. Untuk menghindari hal – hal diluar perencanaan.
2. Pemilihan material harus mengikuti spesifikasi yang sesuai atau tepat dengan perencanaan dan hasil observasi, disesuaikan dengan lokasi proyek.
3. *Strutting* dapat menjadi alternatif sebagai penambah perkuatan untuk dinding penahan tanah .

## DAFTAR PUSTAKA

- Sutanto, R.; Moren, W., 2018, *Perencanaan Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Moren Jalan Kranggan Semarang, Jurnal Teknik Unika Soegijapratama Semarang, Vol. 2, No. 1*, Juni 2018: Halaman 1.
- Baehaki; Soelarso ,2019, *Redesign Struktur Balok pada Gedung Kuliah FT. UNTIRA Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013, Jurnal Teknik, Vol. 15, No. 1*, Juni 2019: Halaman 13.
- Indarto, H.; Hermawan, H., 2017, *Mekanisme Kebijakan Standar Ketahanan Gempa Baru Pada Bangunan, Jurnal Teknik, Vol. 38, No. 2*, 2016: Halaman 103.
- Hardianto, W.; Hanintyo, A. B., 2014, *Perencanaan Struktur Gedung Kuliah di Yogyakarta, Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 3, No. 4*, 2014: Halaman 1056.