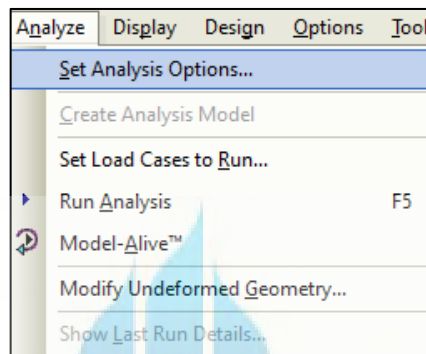


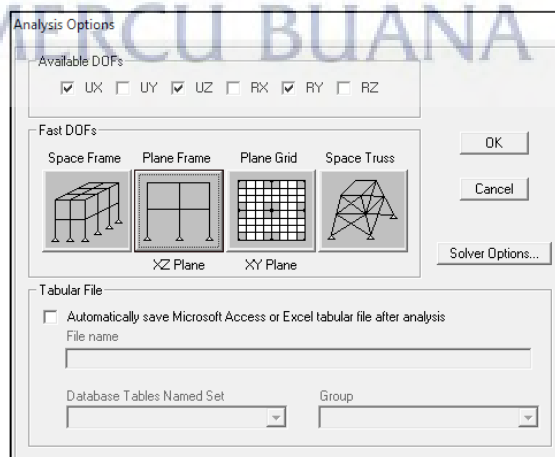
**BAB IV****HASIL DAN ANALISIS****4.1 Portal Sederhana**

Setelah struktur portal sederhana dimodelkan ke dalam SAP2000 dan sudah diberikan beban, maka program SAP2000 dapat dijalankan (*run*). Sebelum menjalankan program SAP2000, terlebih dahulu memilih opsi analisis yang akan dijalankan. (lihat Gambar 4.1)

**Gambar 4. 1 Set Analysis Option**

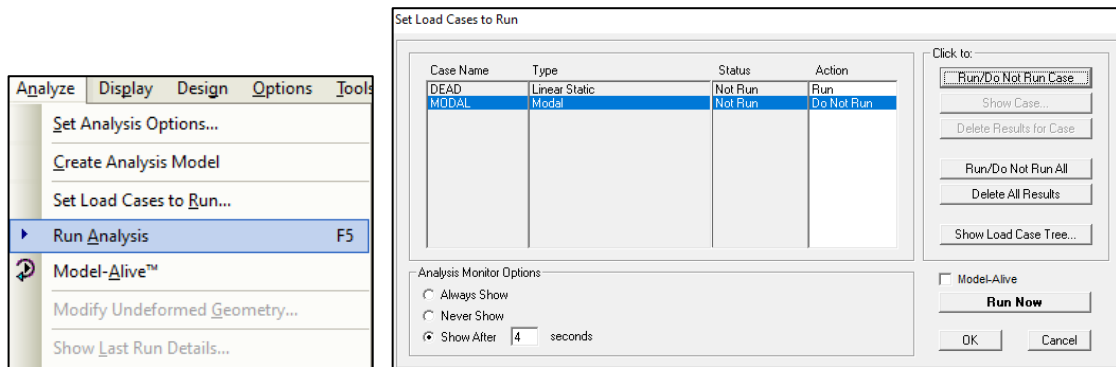
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada opsi analisis dapat dipilih *Plane Frame*, dikarenakan struktur yang akan dianalisis adalah portal sederhana yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.

**Gambar 4. 2 Analysis Option**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Setelah opsi analisis telah dipilih, maka program SAP2000 dapat dijalankan (run). Sebelum program tersebut dijalankan dipastikan terlebih dahulu Load Cases pada Modal tidak di *run* (dijalankan), yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3 Run Analysis**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Setelah program dijalankan, maka sap2000 akan mengeluarkan deformasi dari struktur yang sudah diberikan beban, seperti pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4 Deformasi Pada Portal Sederhana**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Gambar 4.4, ditunjukkan bahwa pada balok terjadi lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom. Maka, untuk analisis lendutan maksimum yang diperhitungkan adalah pada balok.

## 4.1.1 Lendutan Maksimum

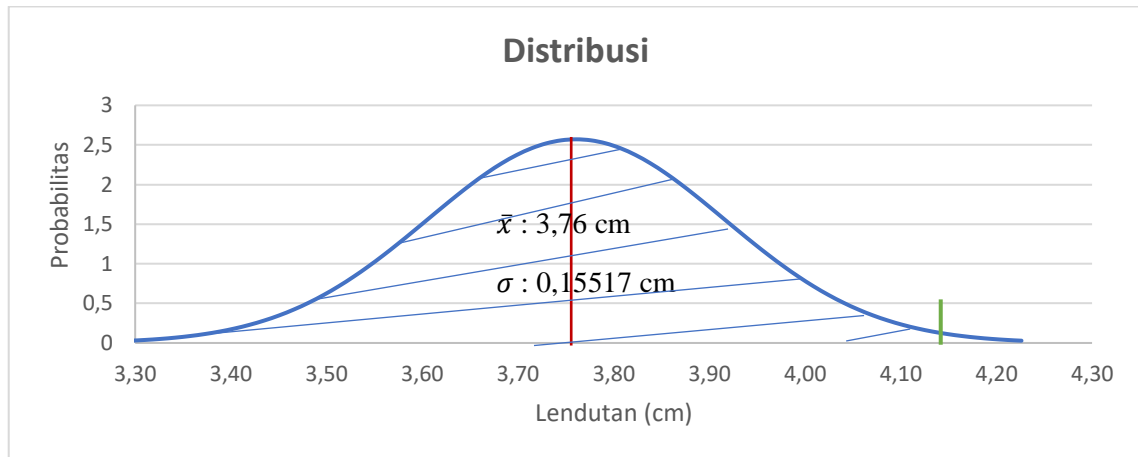
Setelah didapatkan hasil deformasinya, dapat dilihat pula lendutan yang dihasilkan dari struktur ini. Untuk hasil lendutan yang akan dianalisis adalah lendutan maksimum di antara 3 penampang. (lihat Tabel 4.1)

Tabel 4. 1 Lendutan Maksimum Portal Sederhana

No	Mutu (MPa)	Lendutan (cm)	No	Mutu (MPa)	Lendutan (cm)	No	Mutu (MPa)	Lendutan (cm)
1	28,84	4,02216	11	33,39	3,73808	21	35,39	3,63092
2	29,15	4,00072	12	33,97	3,70604	22	35,67	3,61664
3	29,3	3,99047	13	34,24	3,69139	23	35,95	3,60253
4	29,83	3,95486	14	34,25	3,69086	24	36,23	3,58858
5	29,87	3,95221	15	34,52	3,67639	25	36,52	3,57431
6	29,92	3,9489	16	34,54	3,67533	26	37,08	3,54722
7	30	3,94364	17	34,8	3,66157			
8	30,04	3,94101	18	34,82	3,66052			
9	30,37	3,91954	19	35,09	3,64641			
10	33,11	3,75386	20	35,1	3,64589			

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Setelah didapatkan hasil lendutan maksimum pada setiap mutu, maka dapat melihat kurva distribusi normal untuk nilai-nilai lendutan tersebut. Pada nilai lendutan maksimum tersebut, didapatkan Standar Deviasi dan mean dari beberapa lendutan diatas (Tabel 4.1), yaitu: 0,15517cm dan 3,76cm. Maka didapatkan kurva distribusi normal pada lendutan tersebut. (lihat Gambar 4.5)



**Gambar 4. 5 Distribusi Normal Lendutan Maksimum Portal Sederhana**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Berdasarkan SNI 2847:2013 terdapat lendutan yang diijinkan pada struktur bangunan untuk melihat kelayakan pada bangunan tersebut. (lihat Gambar 4.6)

**Tabel 9.5(b) Lendutan izin maksimum yang dihitung**

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup $L$	$l/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup $L$	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) <sup>1</sup>	$l/480^{\ddagger}$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) <sup>1</sup>	$l/240^{\S}$

\*Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (*camber*), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.  
<sup>1</sup>Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktural. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau.  
<sup>‡</sup>Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.  
<sup>§</sup>Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktural. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.

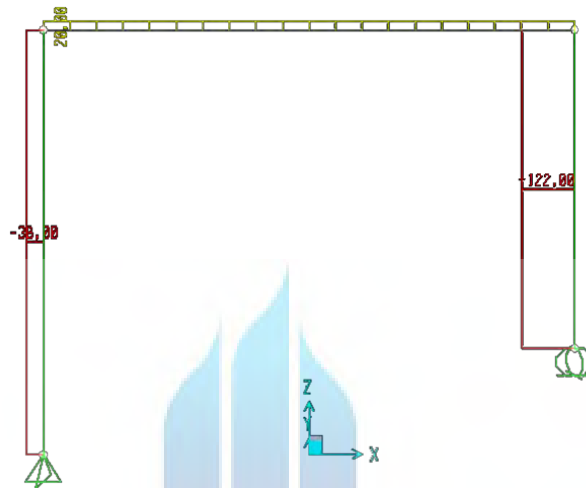
**Gambar 4. 6 Lendutan Izin Maksimum yang Dihitung**

(Sumber: SNI 2847:2013)

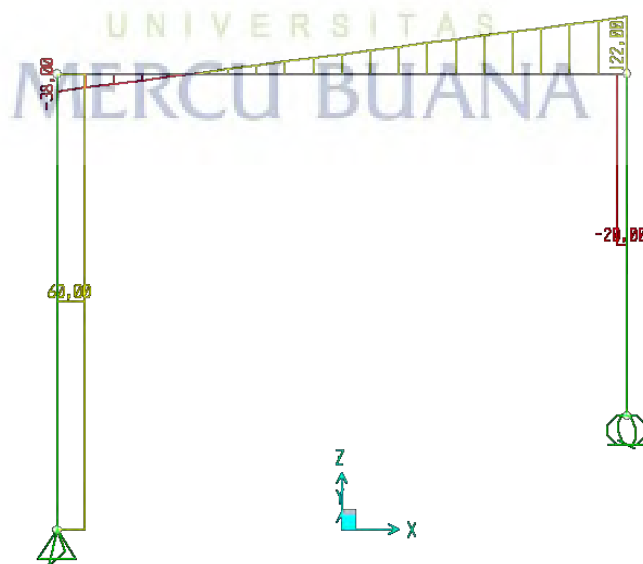
Pada struktur yang dianalisis diasumsikan seperti tanda diatas, batas lendutan pada struktur portal tersebut dengan panjang batang 10000 mm adalah 41,67 mm. Pada kurva

distribusi normal yang didapatkan bahwa lendutan yang terjadi mencapai 42,3 mm, sehingga dapat dihitung keandalan portal tersebut. Dan diperoleh 0,00418 atau 0,418% bahwa struktur tersebut dapat runtuh.

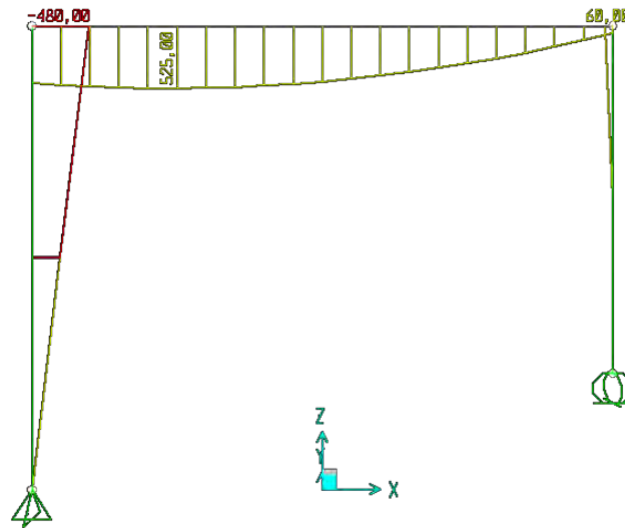
Dapat dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9 normal, lintang, dan momen yang terjadi.



**Gambar 4. 7 Gaya Dalam (Normal)**  
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)



**Gambar 4. 8 Gaya Dalam (Lintang)**  
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)



**Gambar 4. 9 Gaya Dalam (Momen)**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Tabel 4.2 ditunjukkan besarnya momen, lintang, dan normal pada portal sederhana.

**Tabel 4. 2 Gaya Dalam Portal Sederhana**

Mutu Beton	Frame	P	V2	M3	Mutu Beton	Frame	P	V2	M3
		KN	KN	KN-m			KN	KN	KN-m
FC 28,84	Balok	20	122	525	FC 34,25	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 29,15	Balok	20	122	525	FC 34,52	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 29,30	Balok	20	122	525	FC 34,54	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 29,83	Balok	20	122	525	FC 34,80	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 29,87	Balok	20	122	525	FC 34,82	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 29,92	Balok	20	122	525	FC 35,09	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 30	Balok	20	122	525	FC 35,10	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60

Mutu Beton	Frame	P	V2	M3	Mutu Beton	Frame	P	V2	M3
		KN	KN	KN-m			KN	KN	KN-m
FC 30,04	Balok	20	122	525	FC 35,39	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 30,37	Balok	20	122	525	FC 35,67	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 33,11	Balok	20	122	525	FC 35,95	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 33,39	Balok	20	122	525	FC 36,23	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 33,97	Balok	20	122	525	FC 36,52	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60
FC 34,24	Balok	20	122	525	FC 37,08	Balok	20	122	525
	K. Kiri	-38	60	-480		K. Kiri	-38	60	-480
	K.Kanan	-122	-20	60		K.Kanan	-122	-20	60

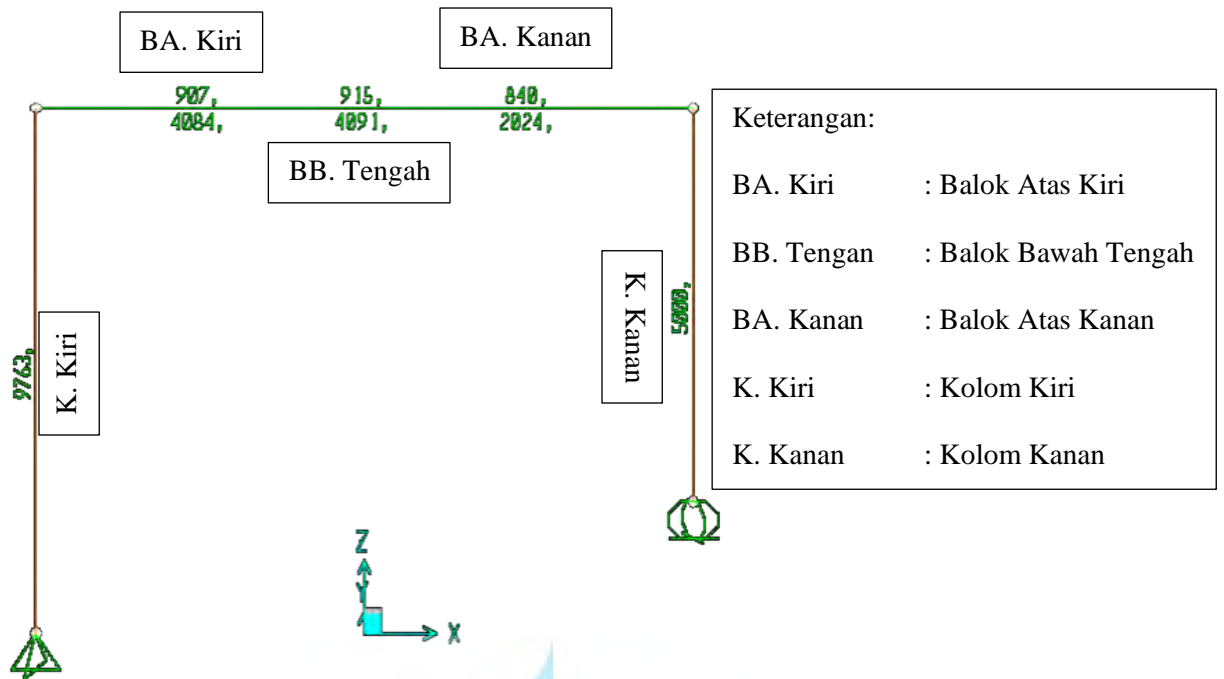
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Gaya dalam yang dihasilkan memiliki nilai yang sama pada setiap mutu beton, dikarenakan mutu beton tidak mempengaruhi gaya dalam yang dihasilkan. Maka dari itu, analisis dilanjutkan dengan mencari volume tulangan pada struktur.

#### 4.1.2 Volume Tulangan

Setelah didapatkan luas tulangan dari SAP2000 (lihat Gambar 4.10) untuk menghitung volume tulangan. Untuk luas tulangan yang didapatkan pada portal sederhana dapat dilihat pada Tabel 4.3.





**Gambar 4. 10 Luas Tulangan FC 30 MPa**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat luas tulangan pada portal sederhana.

**Tabel 4. 3 Luas Tulangan Portal Sederhana**

Mutu (MPa)	Luas Tulangan Longitudinal (mm <sup>2</sup> )							
	K. Kiri	K. Kanan	BA. Kiri	BB. Kiri	BA. Tengah	BB. Tengah	BA. Kanan	BB. Kanan
28,84	9811	5000	1001	4081	1009	4088	841	2034
29,15	9798	5000	976	4082	983	4089	841	2031
29,30	9792	5000	963	4082	971	4089	841	2030
29,83	9770	5000	921	4083	928	4091	840	2026
29,87	9768	5000	918	4084	925	4091	840	2025
29,92	9766	5000	914	4084	921	4091	840	2025
30,00	9763	5000	907	4084	915	4091	840	2024
30,04	9761	5000	904	4084	912	4091	840	2024
30,37	9747	5000	878	4085	885	4092	839	2021
33,11	9636	5000	836	4090	836	4097	836	2002
33,39	9625	5000	836	4090	836	4097	836	2000
33,97	9603	5000	836	4091	836	4098	836	1996
34,24	9592	5000	835	4091	835	4098	835	1995
34,25	9592	5000	835	4091	835	4098	835	1995
34,52	9581	5000	835	4091	835	4099	835	1993
34,54	9580	5000	835	4091	835	4099	835	1993



Mutu (MPa)	Luas Tulangan Longitudinal (mm <sup>2</sup> )							
	K. Kiri	K. Kanan	BA. Kiri	BB. Kiri	BA. Tengah	BB. Tengah	BA. Kanan	BB. Kanan
<b>34,80</b>	9570	5000	835	4091	835	4099	835	1991
<b>34,82</b>	9570	5000	835	4091	835	4099	835	1991
<b>35,09</b>	9539	5000	835	4092	835	4099	835	1990
<b>35,10</b>	9559	5000	835	4092	835	4099	835	1990
<b>35,39</b>	9538	5000	834	4092	834	4099	834	1988
<b>35,67</b>	9537	5000	834	4092	834	4099	834	1987
<b>35,95</b>	9527	5000	834	4092	834	4099	834	1985
<b>36,23</b>	9516	5000	834	4092	834	4099	834	1984
<b>36,52</b>	9505	5000	833	4092	833	4099	833	1982
<b>37,08</b>	9484	5000	833	4092	833	4099	833	1979

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Setelah didapatkan luas tulangnya, maka dapat diperoleh volume tulangan yang dibutuhkan dan mengalikan dengan panjang tulangan. Hasil dari volume tulangan tersebut merupakan bilangan yang dikalikan  $10^6$ . (lihat Tabel 4.4)

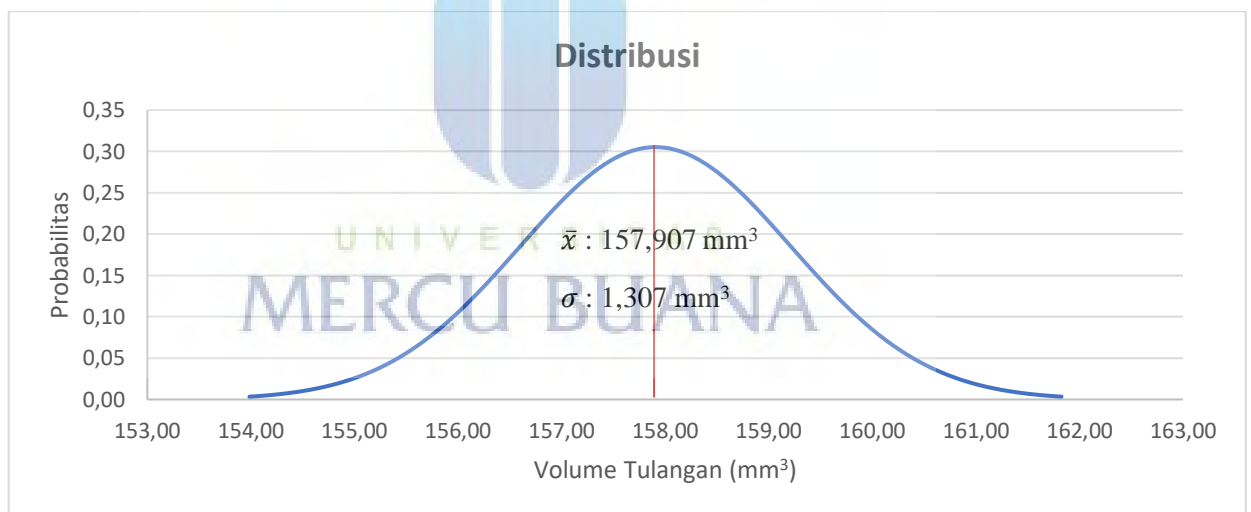
**Tabel 4. 4 Volume Tulangan Portal Sederhana**

Mutu (MPa)	Volume Tulangan Longitudinal ( $\times 10^6$ mm <sup>3</sup> )								Total
	K. Kiri	K. Kanan	BA. Kiri	BB. Kiri	BA. Tengah	BB. Tengah	BA. Kanan	BB. Kanan	
<b>28,84</b>	78,488	30,000	3,337	13,603	5,045	20,440	2,803	6,780	160,496
<b>29,15</b>	78,384	30,000	3,253	13,607	4,915	20,445	2,803	6,770	160,177
<b>29,30</b>	78,336	30,000	3,210	13,607	4,855	20,445	2,803	6,767	160,023
<b>29,83</b>	78,160	30,000	3,070	13,610	4,640	20,455	2,800	6,753	159,488
<b>29,87</b>	78,144	30,000	3,060	13,613	4,625	20,455	2,800	6,750	159,447
<b>29,92</b>	78,128	30,000	3,047	13,613	4,605	20,455	2,800	6,750	159,398
<b>30,00</b>	78,104	30,000	3,023	13,613	4,575	20,455	2,800	6,747	159,317
<b>30,04</b>	78,088	30,000	3,013	13,613	4,560	20,455	2,800	6,747	159,276
<b>30,37</b>	77,976	30,000	2,927	13,617	4,425	20,460	2,797	6,737	158,938
<b>33,11</b>	77,088	30,000	2,787	13,633	4,180	20,485	2,787	6,673	157,633
<b>33,39</b>	77,000	30,000	2,787	13,633	4,180	20,485	2,787	6,667	157,538
<b>33,97</b>	76,824	30,000	2,787	13,637	4,180	20,490	2,787	6,653	157,357
<b>34,24</b>	76,736	30,000	2,783	13,637	4,175	20,490	2,783	6,650	157,254
<b>34,25</b>	76,736	30,000	2,783	13,637	4,175	20,490	2,783	6,650	157,254
<b>34,52</b>	76,648	30,000	2,783	13,637	4,175	20,495	2,783	6,643	157,165
<b>34,54</b>	76,640	30,000	2,783	13,637	4,175	20,495	2,783	6,643	157,157
<b>34,80</b>	76,560	30,000	2,783	13,637	4,175	20,495	2,783	6,637	157,070

Mutu (MPa)	Volume Tulangan Longitudinal ( $\times 10^6 \text{ mm}^3$ )								Total
	K. Kiri	K. Kanan	BA. Kiri	BB. Kiri	BA. Tengah	BB. Tengah	BA. Kanan	BB. Kanan	
34,82	76,560	30,000	2,783	13,637	4,175	20,495	2,783	6,637	157,070
35,09	76,312	30,000	2,783	13,640	4,175	20,495	2,783	6,633	156,822
35,10	76,472	30,000	2,783	13,640	4,175	20,495	2,783	6,633	156,982
35,39	76,304	30,000	2,780	13,640	4,170	20,495	2,780	6,627	156,796
35,67	76,296	30,000	2,780	13,640	4,170	20,495	2,780	6,623	156,784
35,95	76,216	30,000	2,780	13,640	4,170	20,495	2,780	6,617	156,698
36,23	76,128	30,000	2,780	13,640	4,170	20,495	2,780	6,613	156,606
36,52	76,040	30,000	2,777	13,640	4,165	20,495	2,777	6,607	156,500
37,08	75,872	30,000	2,777	13,640	4,165	20,495	2,777	6,597	156,322

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Dari total volume tulangan tersebut didapatkan simpangan baku dan rata-rata, yaitu 1,307  $\text{mm}^3$  dan 157,907  $\text{mm}^3$ . Maka dapat dilihat distribusi normal dari volume total tulangan tersebut. (lihat Gambar 4.11)



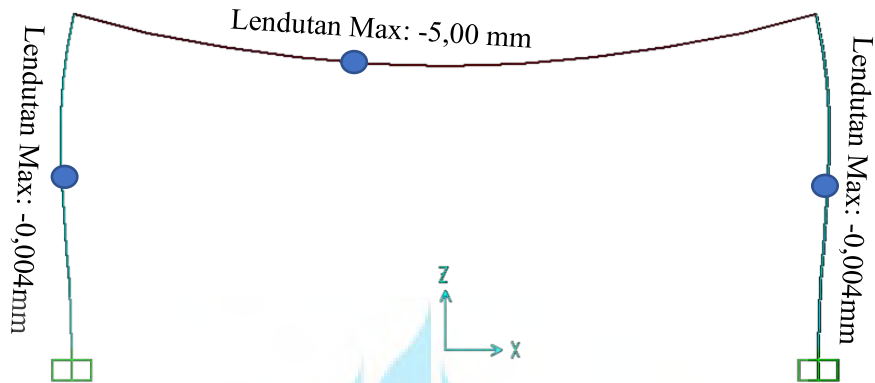
**Gambar 4. 11 Distribusi Normal Volume Tulangan Portal Sederhana**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada portal sederhana ini dapat dilihat bahwa semakin tinggi mutu yang digunakan, maka semakin rendah volume tulangan yang dibutuhkan. Maka, harga pekerjaan pada struktur tersebut akan semakin murah jika mutu beton yang digunakan semakin tinggi dari mutu beton rencananya.

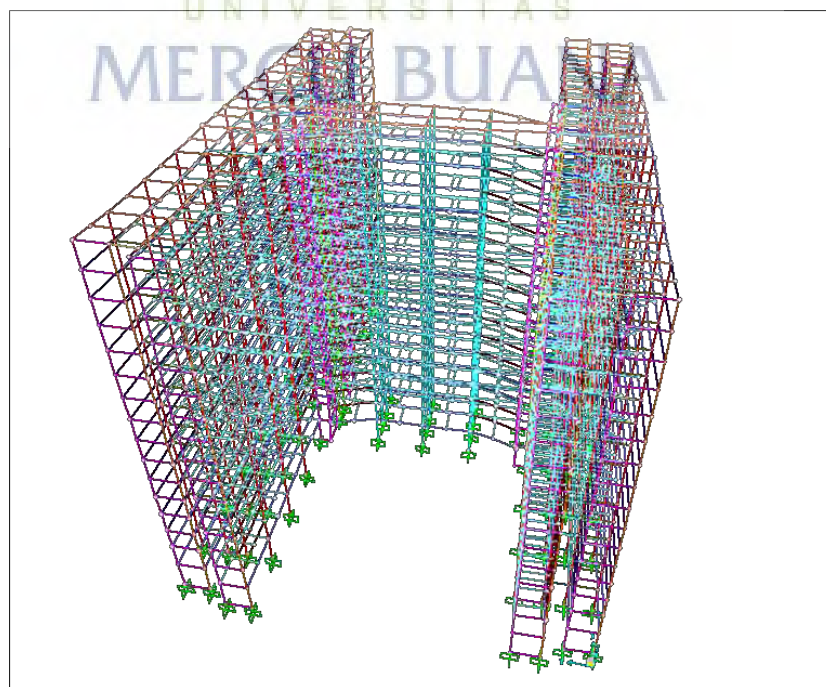
## 4.2 Struktur Rumah Susun Cakung Barat

Setelah program di run, maka sap2000 akan mengeluarkan deformasi dari struktur yang sudah diberikan beban, seperti pada Gambar 4.12. Portal yang digunakan sebagai contoh diambil pada portal lantai 15 sisi tengah bangunan.



**Gambar 4. 12 Deformasi Pada Lendutan Terbesar** (Diambil dari Portal Lantai 15)  
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat untuk deformasi keseluruhan pada struktur rumah susun cakung barat.



**Gambar 4. 13 Deformasi Keseluruhan Struktur Rumah Susun**  
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Untuk lendutan maksimum terjadi pada balok, maka analisis lendutan yang akan dilakukan adalah pada balok.

#### 4.2.1 Lendutan Maksimum

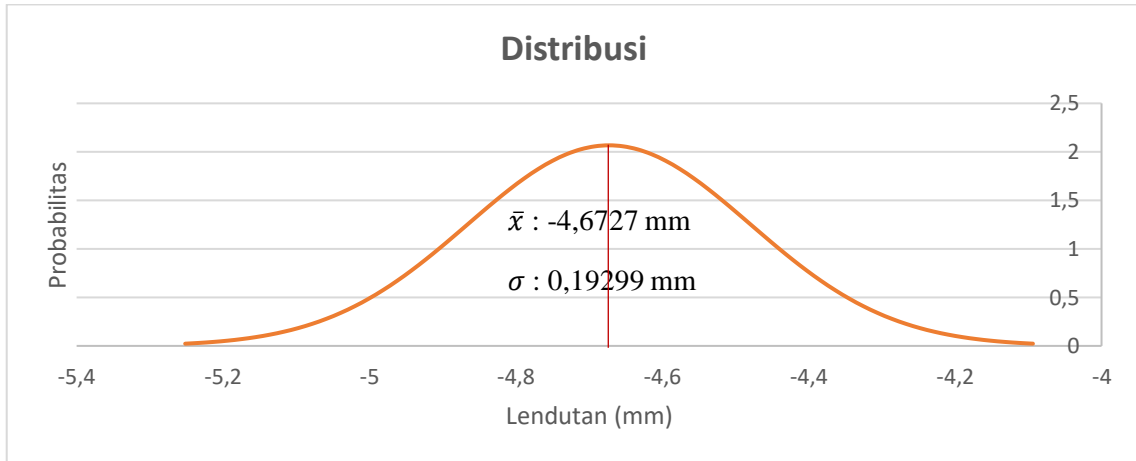
Berdasarkan hasil analisis, didapatkan lendutan maksimum dari semua penampang, maka dapat di analisis lendutan terhadap mutu beton yang digunakan. Lendutan maksimum yang akan di analisis dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4. 5 Lendutan Maksimum Struktur Rumah Susun Cakung Barat**

No	Mutu (MPa)	Lendutan (mm)	No	Mutu (MPa)	Lendutan (mm)	No	Mutu (MPa)	Lendutan (mm)
1	28,84	-5,00	11	33,39	-4,64	21	35,39	-4,51
2	29,15	-4,97	12	33,97	-4,60	22	35,67	-4,49
3	29,30	-4,96	13	34,24	-4,59	23	35,95	-4,48
4	29,83	-4,91	14	34,25	-4,59	24	36,23	-4,45
5	29,87	-4,91	15	34,52	-4,57	25	36,52	-4,44
6	29,92	-4,91	16	34,54	-4,57	26	37,08	-4,41
7	30,00	-4,90	17	34,80	-4,55			
8	30,04	-4,90	18	34,82	-4,55			
9	30,37	-4,87	19	35,09	-4,53			
10	33,11	-4,66	20	35,10	-4,53			

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Setelah didapatkan hasil lendutan maksimum pada setiap mutu, maka dapat dilihat kurva distribusi normal untuk nilai-nilai lendutan tersebut. Didapatkan Standar Deviasi dan mean dari beberapa lendutan di atas (Tabel 4.5), yaitu: 0,19299mm dan -4,6727mm. Maka dapat dihitung untuk mendapatkan kurva distribusi normal pada lendutan tersebut. (lihat Gambar 4.14)



**Gambar 4. 14 Distribusi Normal Struktur Rumah Susun Cakung Barat**  
(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Berdasarkan SNI 2847:2013 terdapat lendutan yang diijinkan pada struktur bangunan untuk melihat kelayakan pada bangunan tersebut. (lihat Gambar 4.15)

**Tabel 9.5(b) Lendutan izin maksimum yang dihitung**

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup $L$	$l/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup $L$	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) <sup>†</sup>	$l/480^‡$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$l/240^§$

\*Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (*camber*), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.  
<sup>†</sup>Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktural. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau.  
<sup>‡</sup>Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.  
<sup>§</sup>Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktural. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.

**Gambar 4. 15 Lendutan Ijin Maksimum yang dihitung**  
(Sumber: SNI 2847:2013)

Pada struktur yang dianalisis, batas lendutan pada struktur bangunan tersebut dengan panjang batang 7400 mm adalah 20,56 mm. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa lendutan

maksimum pada variasi mutu beton di struktur bangunan tersebut tidak melebihi lendutan yang diijinkan.

#### 4.2.2 Volume Tulangan

Setelah itu didapatkan luas tulangan dari SAP2000 untuk menghitung volume tulangan.

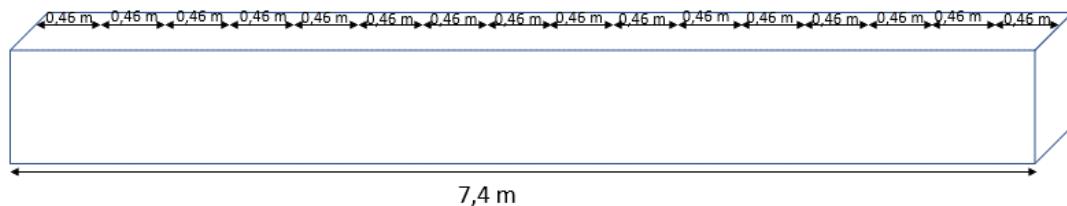
Untuk luas tulangan yang didapatkan pada portal sederhana dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Contoh Luas Tulangan Balok Frame 3 Fc 28,84**

No	DesignSect Text	Location mm	FTopArea mm <sup>2</sup>	FBotArea mm <sup>2</sup>
1	G1 lt 2	0	666,736	437,072
2	G1 lt 2	462,5	580,426	216,773
3	G1 lt 2	925	368,738	216,773
4	G1 lt 2	1387,5	216,773	216,773
5	G1 lt 2	1850	216,773	216,773
6	G1 lt 2	2312,5	216,773	332,456
7	G1 lt 2	2775	216,773	478,415
8	G1 lt 2	3237,5	216,773	580,426
9	G1 lt 2	3700	216,773	580,426
10	G1 lt 2	4162,5	216,773	580,426
11	G1 lt 2	4625	216,773	487,197
12	G1 lt 2	5087,5	216,773	345,495
13	G1 lt 2	5550	216,773	216,773
14	G1 lt 2	6012,5	216,773	216,773
15	G1 lt 2	6475	335,355	216,773
16	G1 lt 2	6937,5	575,076	216,773
17	G1 lt 2	7400	632,914	415,269

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Gambar 4.16 balok dengan panjang tulangan yang akan diperhitungkan.

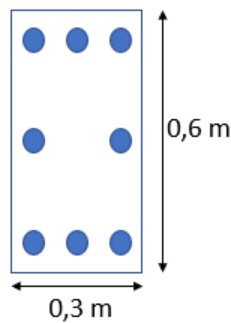


**Gambar 4. 16 Sektsa Balok Frame 3**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Gambar 4.17 menunjukkan detail tulangan balok untuk frame 3.





**Gambar 4. 17 Detail Tulangan Balok Frame 3**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Tabel 4.6 lokasi atau panjang tulangan bersifat kumulatif maka dari itu untuk mendapatkan volume tulangan, panjang tulangan harus dikurangi dengan panjang tulangan sebelumnya agar tidak bersifat kumulatif. Setelah itu, maka akan didapatkan volume tulangan dengan mengkalikan  $F_{TopArea}$  (Luas Tulangan Bagian Atas) dan  $F_{BottomArea}$  (Luas Tulangan Bagian Bawah). (lihat Tabel 4.7)

**Tabel 4. 7 Contoh Perhitungan Volume Tulangan Balok Frame 3**

DesignSect	Panjang Tulangan	$F_{TopArea}$	$F_{BotArea}$	Volume Top Area	Volume Bottom Area	Total Volume
Text	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			
G1 lt 2	0	666,736	437,072	0	0	0
G1 lt 2	462,5	580,426	216,773	268447	100257,5	368704,5
G1 lt 2	462,5	368,738	216,773	170541,3	100257,5	270798,8
G1 lt 2	462,5	216,773	216,773	100257,5	100257,5	200515
G1 lt 2	462,5	216,773	216,773	100257,5	100257,5	200515
G1 lt 2	462,5	216,773	332,456	100257,5	153760,9	254018,4
G1 lt 2	462,5	216,773	478,415	100257,5	221266,9	321524,5
G1 lt 2	462,5	216,773	580,426	100257,5	268447	368704,5
G1 lt 2	462,5	216,773	580,426	100257,5	268447	368704,5
G1 lt 2	462,5	216,773	580,426	100257,5	268447	368704,5
G1 lt 2	462,5	216,773	580,426	100257,5	268447	368704,5
G1 lt 2	462,5	216,773	487,197	100257,5	225328,6	325586,1
G1 lt 2	462,5	216,773	345,495	100257,5	159791,4	260049
G1 lt 2	462,5	216,773	216,773	100257,5	100257,5	200515
G1 lt 2	462,5	216,773	216,773	100257,5	100257,5	200515
G1 lt 2	462,5	335,355	216,773	155101,7	100257,5	255359,2
G1 lt 2	462,5	575,076	216,773	265972,7	100257,5	366230,2
G1 lt 2	462,5	632,914	415,269	292722,7	192061,9	484784,6

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)



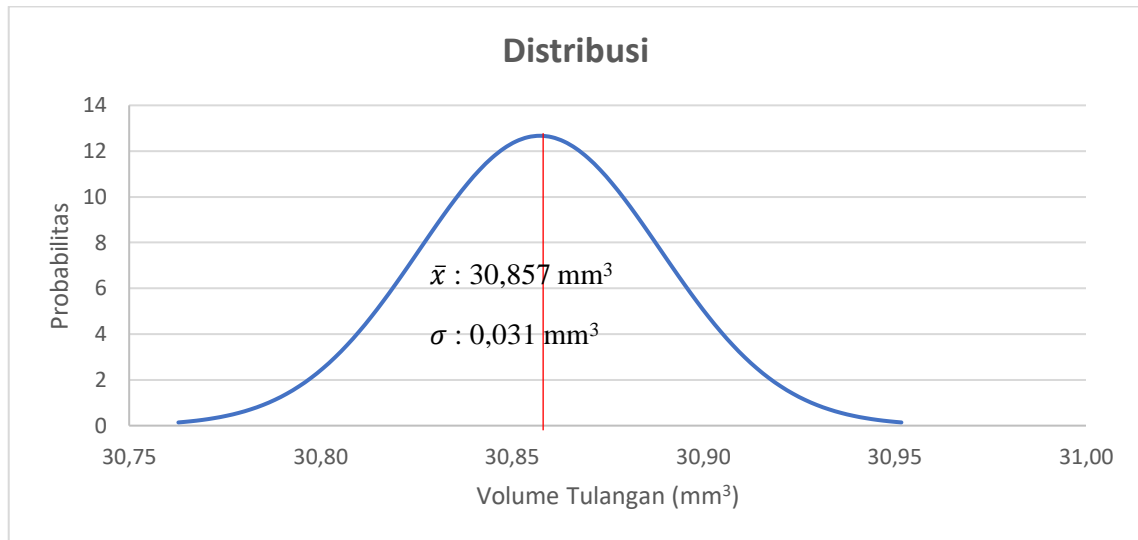
Pada Tabel 4.8 dapat dilihat perhitungan volume tulangan untuk semua mutu beton. Hasil dari volume tulangan tersebut merupakan bilangan yang dikalikan  $10^9$ .

**Tabel 4. 8 Volume Tulangan Total**

No	Mutu (MPa)	Volume Tulangan Longitudinal ( $\times 10^9 \text{mm}^3$ )		
		Kolom	Balok	Total
1	28,84	23,345	7,478	30,823
2	29,15	23,345	7,477	30,822
3	29,30	23,345	7,477	30,822
4	29,83	23,345	7,475	30,820
5	29,87	23,345	7,475	30,820
6	29,92	23,345	7,474	30,819
7	30,00	23,345	7,474	30,819
8	30,04	23,345	7,474	30,819
9	30,37	23,345	7,473	30,818
10	33,11	23,345	7,508	30,853
11	33,39	23,345	7,512	30,857
12	33,97	23,345	7,521	30,866
13	34,24	23,345	7,525	30,870
14	34,25	23,345	7,474	30,819
15	34,52	23,345	7,529	30,874
16	34,54	23,345	7,530	30,875
17	34,80	23,345	7,533	30,878
18	34,82	23,345	7,534	30,879
19	35,09	23,345	7,538	30,883
20	35,10	23,345	7,538	30,883
21	35,39	23,345	7,542	30,887
22	35,67	23,345	7,545	30,890
23	35,95	23,345	7,549	30,894
24	36,23	23,345	7,553	30,898
25	36,52	23,345	7,556	30,901
26	37,08	23,345	7,556	30,901

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Dari total volume tulangan tersebut didapatkan simpangan baku dan rata-rata, yaitu 0,031  $\text{mm}^3$  dan 30,857  $\text{mm}^3$ . Maka dapat dilihat distribusi normal dari volume total tulangan tersebut. (lihat Gambar 4.17)



**Gambar 4. 18 Distribusi Normal Volume Tulangan Struktur Rumah Susun Cakung Barat**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Dapat dilihat bahwa pada struktur rumah susun cakung barat semakin tinggi mutu yang digunakan, maka semakin tinggi juga volume tulangan yang akan dibutuhkan. Maka, harga pekerjaan pada struktur tersebut akan semakin murah jika mutu beton yang digunakan semakin kecil dari mutu beton rencananya. Perlu digaris bawahi bahwa distribusi volume tulangan pada Gambar 4.18 didasarkan pada keberagaman mutu beton yang sudah disampaikan pada Gambar 3.8.

#### 4.2.3 Simpangan Antar Lantai Gedung Rusun Cakung Barat

Pada gedung rumah susun cakung barat juga dilakukan perhitungan simpangan antar lantai maksimum yang terjadi pada setiap mutu beton yang diuji. Pada Tabel 4.9 dapat dilihat simpangan antar lantai yang terjadi pada setiap mutu beton.

**Tabel 4. 9 Simpangan Antar Lantai Maksimum**

NO	MUTU Mpa	Simpangan antar lantai Maksimum mm	NO	MUTU Mpa	Simpangan antar lantai Maksimum mm
1	28,84	18,062	14	34,25	14,564
2	29,15	17,900	15	34,52	14,390
3	29,30	17,786	16	34,54	14,370

NO	MUTU	Simpangan antar lantai Maksimum	NO	MUTU	Simpangan antar lantai Maksimum
	Mpa	mm		Mpa	mm
4	29,83	17,463	17	34,80	14,190
5	29,87	17,419	18	34,82	14,200
6	29,92	17,360	19	35,09	14,013
7	30,00	17,314	20	35,10	13,999
8	30,04	17,300	21	35,39	13,800
9	30,37	17,100	22	35,67	13,670
10	33,11	15,335	23	35,95	13,480
11	33,39	15,158	24	36,23	13,333
12	33,97	14,788	25	36,52	13,167
13	34,24	14,565	26	37,08	12,700

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)



**Gambar 4. 19 Simpangan Antar Lantai Maksimum**

(Sumber: Olahan Penulis, 2022)

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat grafik simpangan antar lantai maksimum setiap mutu beton, semakin tinggi mutu beton maka semakin rendah simpangan antar lantai yang terjadi pada bangunan tersebut.