

REDESAIN STRUKTUR GEDUNG KEUANGAN JAYAPURA MENGGUNAKAN MATERIAL BAJA DENGAN DIRECT ANALYSIS METHODE BERDASARKAN SNI 1729:2015

Alfonso Wanane^{1*}, Dominggus Bakarbesy², Arief Fath Atiya³

^{1*}Mahasiswa pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: alfonso.wanane@gmail.com

²Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: domybakarbesy@gmail.com

³Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: arief.ustj@gmail.com

ABSTRAK

Dengan keunggulan yang dimiliki material baja yaitu sifat mekanis yang lebih baik, seperti mampu menahan gaya tarik, tekan dan lentur yang cukup tinggi dan dengan bentuk penampang berupa profil yang membuat material baja lebih ringan dengan kekuatan tinggi, material konstruksi baja merupakan material yang cukup populer digunakan saat ini, khususnya dalam pembangunan gedung. Konstruksi gedung memerlukan berat bangunan yang lebih ringan agar penyerapan energi gempa yang diterima lebih kecil. Berat bangunan lebih kecil berpengaruh juga pada pemilihan pondasi yang digunakan agar lebih hemat namun tetap memenuhi kriteria keamanan. Terlepas dari kelebihanannya, material baja untuk konstruksi gedung khususnya elemen kolom memiliki risiko tekuk yang akan mempengaruhi kestabilan global dari elemen struktur lainnya. Maka perlu ada analisis lebih lanjut dalam mendesain konstruksi bangunan gedung baja. Direct Analysis Methode (DAM) merupakan metode analisis yang lebih khusus untuk elemen struktur yang menerima gaya tekan tinggi seperti kolom, dengan profil lebih langsing. Dengan DAM, perencana mampu menganalisis lebih lanjut kekuatan yang diberikan oleh struktur yang didesain dan memberikan pertimbangan lainnya terhadap model yang didesain serta pelaksanaan di lapangan nantinya. Penelitian ini mengkaji bangunan gedung Keuangan Negara yang berlokasi di Kota Jayapura, yang akan direncanakan ulang menggunakan material baja di mana sebelumnya menggunakan material beton bertulang, dengan menggunakan Direct Analysis Methode (DAM). Perencanaan ulang ini akan memerlukan data-data pendukung, antara lain gambar rencana dan data tanah di lokasi bangunan yang dikaji.

Kata Kunci : *Material Struktur Baja, Direct Analysis Methode (DAM), Pondasi Tiang Pancang*

1. PENDAHULUAN

Dengan keunggulan yang dimiliki material baja yaitu sifat mekanis yang lebih baik, seperti mampu menahan gaya tarik, tekan dan lentur yang cukup tinggi dan dengan bentuk penampang berupa profil yang membuat material baja lebih ringan dengan kekuatan tinggi, material konstruksi baja merupakan material yang cukup populer digunakan saat ini, khususnya dalam pembangunan gedung. Konstruksi gedung memerlukan berat bangunan yang lebih ringan agar penyerapan energi gempa yang diterima lebih kecil. Berat bangunan lebih kecil berpengaruh juga pada pemilihan pondasi yang digunakan agar lebih hemat namun tetap memenuhi kriteria keamanan. Hal ini didukung dengan elemen baja yang kompak sehingga akan menyederhanakan pelaksanaan di lapangan dan dengan pengawasan tidak terlalu ketat. Namun baja juga memiliki kekurangan yang cukup fatal yaitu adanya faktor tekuk yang sangat berbahaya bila tidak diperhitungkan dengan baik dan seorang *engineer* harus paham akan sifat dari material tersebut dalam menahan beban-beban yang bekerja sehingga tercipta sistem struktur yang aman bagi penggunaannya.

Direct Analysis Methode (DAM) adalah metode yang digunakan untuk menganalisis kestabilan elemen struktur. Analisis struktur pada umumnya menganalisis struktur dengan mengabaikan deformasi elemen atau menganggap tidak terjadi perubahan saat dibebani. Hal ini tidak menjadi masalah tetapi bila sampai pada tingkat konfigurasi pembebanan tertentu dapat mengakibatkan terciptanya deformasi yang membuat adanya momen sekunder dan kemudian menimbulkan bahaya tekuk yang tidak boleh diabaikan. Maka dengan menggunakan metode DAM, dapat dianalisis deformasi yang tercipta, yang tentunya akan menghasilkan desain yang lebih stabil dalam memikul beban sehingga momen sekunder dan faktor tekuk dapat diantisipasi dengan cepat. DAM sendiri sudah dimuat dalam peraturan SNI 1729:2015 yang secara persis mengadopsi AISC 2010 (Standar Amerika). Penelitian ini bertujuan untuk me-redesain Gedung Keuangan Negara yang berjumlah 10 lantai dengan menggunakan *Direct Analysis Method* (DAM) berdasarkan SNI 1729:2015 dan memakai material baja serta *bracing* sebagai elemen penahan lateralnya, yang semula menggunakan material beton bertulang dan dinding geser.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tujuan dari perencanaan struktur bangunan gedung adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lain seperti ekonomis dan kemudahan pelaksanaan. Struktur yang awet mestinya tidak memerlukan biaya perawatan yang terlalu berlebihan selama umur layannya. Perencanaan struktur dikatakan optimum apabila memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut : biaya minimum, berat minimum, waktu konstruksi minimum, tenaga kerja minimum, dan manfaat maksimum pada saat masa layan.

Konsep Dasar Analisis dan Perancangan

Proses analisis ataupun perencanaan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu dan sesuai lokasi struktur bangunan tersebut berada. Peraturan desain struktur baja di Indonesia diatur dalam SNI 1729:2015 tentang persyaratan baja struktural untuk bangunan gedung, yang disusun dengan mengacu pada peraturan AISC (*America Institute of Steel Constructions*). Dalam perencanaan struktur atas terdapat beberapa aspek yang ikut menjadi parameter dalam konsep desain struktur, di antaranya:

Pembebanan Struktur

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layanan merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Selain itu pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja.

Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung/bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Contoh berat komponen bangunan yang penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati dapat dilihat pada Tabel 1.

Beban Hidup

Beban hidup termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu jenis beban yang timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layanan gedung tersebut. Beban ini berupa: manusia, peralatan yang dapat dipindahkan, kendaraan bermotor, serta barang/benda lain yang letaknya tidak permanen (lihat juga Tabel 2).

Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Intensitas tekanan tiup yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 25 kg/m².

Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban dalam arah horisontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik dalam arah vertikal maupun horisontal. Pada beberapa kasus umumnya pengaruh gempa dalam arah horisontal lebih menentukan dari pada pengaruh gempa arah vertikal. Besarnya gaya gempa yang bekerja pada dasar struktur/bangunan ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini.

Tabel 1. Berat Beban Hidup pada Lantai Gedung

Kegunaan bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko toserba, hotel, asrama, rumah sakit.	250 kg/m ²
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain- lain	400 kg/m ²
Lantai olahraga	400 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m ²

Tabel 2. Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu (kls 1)	1000 kg/m ³
Pasir (kering udara)	1600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
Batu belah,batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (kering udara)	1700 kg/m ³
Tanah hitam	11400 kg/m ³
Komponen Gedung	
Spesi dari semen, per cm tebal	211 kg/m ²
Aspal,termasuk bahan mineral tambahan	14 kg/m ²
Dinding bata merah ½ baru	250 kg/m ²
Penutup atap genting	50 kg/m ²
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m ²

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots (1)$$

C adalah koefisien respon seismik yang ditentukan berdasarkan respon spektrum pada lokasi bangunan serta jenis sistem struktur yang digunakan, sedangkan W adalah berat seismik efektif yang berisi seluruh beban mati dan beban lainnya yang disyaratkan dalam peraturan mengenai gempa. Setiap komponen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memikul beban yang lebih besar dari pada beban layan atau beban aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.2 besarnya kuat perlu U, yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

- U = 1,4 D..... (2)
- U = 1,2 D + 1,6L + (Lr atau R)..... (3)
- U = 1,2 D + 1,6(Lr atau R) + (1,0 L atau 0,5 W)..... (4)
- U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0L + 0,5(Lr atau R) (5)
- U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L..... (6)
- U = 0,9 D + 1,0 W..... (7)
- U = 0,9 D + 1,0 E..... (8)

Teori Direct Analysis Method (DAM)

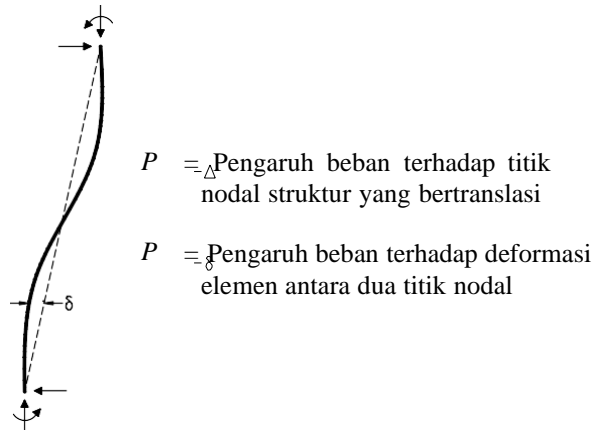
Istilah *Direct Analysis Method* (DAM) ada pada *chapter C Design for Stability* (AISC 2010), yang menjelaskan bahwa stabilitas adalah hal penting pada perencanaan struktur baja dan perlu ditinjau secara menyeluruh, baik tingkat struktur (global), maupun tingkat elemen-elemen penyusun (lokal). Dalam analisis struktur perlu memasukan juga faktor-faktor yang memengaruhinya, seperti :

1. Deformasi elemen akibat gaya-gaya internal yang bekerja, juga bentuk deformasi lain yang memengaruhi perilaku struktur
2. Pengaruh orde ke-2 atau non-linier geometri, baik P-Δ (global-struktur) maupun P-δ (lokal-elemen)
3. Adanya ketidak-lurusan elemen batang atau cacat bawaan akibat ketidaksempurnaan geometri (*geometry imperfections*)
4. Reduksi penampang akibat kondisi inelastis yang terjadi
5. Ketidakpastian kekuatan dan kekakuan pada perencanaan

Dapat dilihat faktor-faktor yang memengaruhi stabilitas di atas, dipengaruhi oleh gaya-gaya internal batang dan deformasi yang terjadi, dan untuk memprediksinya perlu analisis struktur.

Direct Analysis Method (DAM) dibuat untuk mengatasi keterbatasan Effective Length Methode (ELM) yang merupakan strategi penyederhanaan analisis cara manual. Akurasi DAM dapat diandalkan karena memakai komputer dan mensyaratkan program analisis struktur yang dipakai, seperti :

- Dapat memperhitungkan deformasi komponen-komponen struktur dan sambungannya yang memengaruhi deformasi struktur keseluruhan.
- Pengaruh orde ke-2 ($P-\Delta$ & $P-\delta$), perlu diperhitungkan dalam mencari gaya-gaya internal batang. Adapun $P-\Delta$ yang dimaksud adalah pengaruh pembebanan akibat terjadinya perpindahan titik-titik nodal elemen, sedangkan $P-\delta$ adalah pengaruh pembebanan akibat deformasi di elemen seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Deformasi Komponen Struktur

Pengaruh Cacat Bawaan (*initial imperfection*)

Ketidak sempurnaan atau cacat dari elemen struktur, seperti ketidak-lurusan batang akibat proses fabrikasi atau konsekuensi adanya toleransi pelaksanaan lapangan, akan menghasilkan apa yang disebut efek *destabilizing*. Beban *notional* merupakan beban lateral yang diberikan pada titik nodal semua level, berdasarkan persentasi beban vertikal yang bekerja di level tersebut, dan diberikan pada sistem struktur penahan beban gravitasi melalui rangka atau kolom vertikal atau dinding sebagai simulasi pengaruh adanya cacat bawaan.

$$N1 = 0.002 Y1, \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

N1 = beban notional di level 1

Y1 = beban gravitasi di level 1 hasil beban kombinasi LRFD

Penyesuaian Kekakuan

Adanya leleh setempat (*partial yielding*) akibat tegangan sisa pada profil baja (*hot rolled* atau *welded*) akan menyebabkan pelemahan kekuatan saat mendekati kondisi batasnya. Kondisi tersebut pada Direct Analysis Method (DAM) akan diatasi dengan penyesuaian kekakuan struktur, yaitu memberikan faktor reduksi kekakuan. Faktor reduksi kekakuan $EI^* = 0.8tbEL$ dan $EA^* = 0.8 EA$ dipilih DAM dengan dua alasan, yaitu:

Pertama : portal dengan elemen langsing, yang kondisi batasannya ditentukan oleh stabilitas elastis dengan faktor 0,8 x kuat tekuk elastis. Hal ini ekuivalen dengan batas aman yang ditetapkan pada perencanaan kolom langsing memakai Effective Length Method, persamaan E3-3 (AISC 2010), yaitu, $Pn = 0,9 (0,877 Pe) = 0,79 Pe$.

Kedua : struktur portal yang mempunyai elemen kaku atau *stocky* maupun sedang dengan faktor 0,8 Tb, adalah untuk memperhitungkan adanya pelemahan (*softening*) akibat kombinasi aksial tekan dan momen lentur.

Jadi kebetulan jika ternyata faktor reduksi kolom langsing dan kolom kaku mempunyai nilai saling mendekati atau sama. Untuk itu satu faktor reduksi sebesar 0,8 Tb dipakai bersama untuk semua nilai kelangsingan batang (AISC 2010). Faktor Tb mirip dengan reduksi kekakuan inelastis kolom akibat hilangnya kekakuan batang. Untuk kombinasi $Pr \leq 0,5Py$ dimana Pr = adalah gaya tekan perlu hasil kombinasi LRFD.

Persyaratan Dasar Desain Struktur Bangunan Gedung

Ketidakteraturan Struktur

Suatu struktur bangunan harus didefinisikan sebagai suatu struktur bangunan beraturan atau tidak beraturan berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan dalam pasal 7.3.2 SNI 1726:2019. Ketidakberaturan struktur tersebut dapat dibedakan berdasarkan pada konfigurasi horisontal dan vertikal dari struktur bangunan tersebut. Struktur bangunan yang dikategorikan memiliki ketidakberaturan vertikal atau horisontal harus memenuhi persyaratan tambahan tertentu sehingga menjamin keamanan pengguna bangunan gedung tersebut.

Pondasi Tiang Pancang

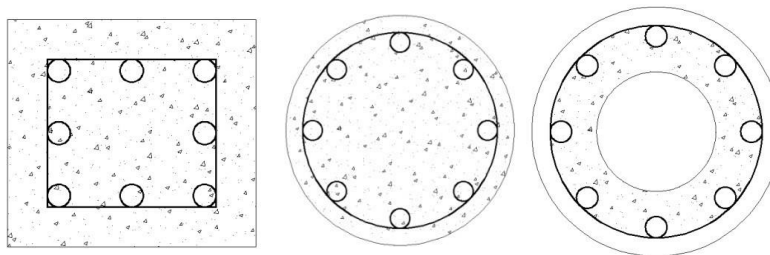
Fungsi dari sebuah tiang adalah untuk mentransmisikan beban aksial kolom serta beban momen ke lapisan tanah keras. Hal ini dapat dicapai oleh tahanan ujung tiang, tahanan friksi tiang maupun kombinasi dari keduanya. Kapasitas tiang pancang dapat diperkirakan berdasarkan rumus-rumus empiris yang ada dengan memanfaatkan data-data sifat mekanik tanah yang diperoleh dari pengujian CPT atau SPT. Namun demikian guna memberi jaminan tentang kapasitas tiang, pada umumnya dilakukan uji beban atau uji PDA sebanyak minimal 10% dari jumlah seluruh tiang pancang yang ada.

Tiang pancang pada umumnya sudah dicetak di pabrik (*precast*) dan kemudian dikirim ke lokasi proyek untuk menjalani proses pemancangan. Keuntungan dari penggunaan tiang pancang pracetak ini antara lain adalah :

1. Terjaminnya mutu beton tiang pancang
2. Waktu pelaksanaan yang lebih cepat
3. Kemudahan pengerjaan

Kerugian dari penggunaan tiang pancang pracetak ini antara lain adalah :

1. Kebisingan pada saat pengerjaan
2. Getaran yang timbul pada saat pengerjaan
3. Kesulitan transportasi tiang pancang
4. Biaya pengerjaan yang mahal dikarenakan membutuhkan alat khusus pembantu pengerjaan



Gambar 2. Jenis Penampang Tiang Pancang Beton

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data yaitu:

1. Studi Literatur
Data yang diambil berasal dari literatur-literatur yang berkaitan dengan topik penelitian, antara lain SNI Baja 1729:2015, SNI Struktur Beton 2847:2019” hingga SNI Gempa 1726:2019.
2. Data Sekunder
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil peninjauan lapangan dan instansi terkait berupa : gambar bestek dan data tanah.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Perencanaan struktur lantai
Telah diketahui beban hidup dan mati yaitu $430 \approx 500 \text{ kg/m}^2$, dan jarak antara balok 3 m maka tebal plat dan luas tulangan dapat ditentukan dengan tebal praktis super *floordeck*.

Didapatkan :

$$H = 12 \text{ cm}$$

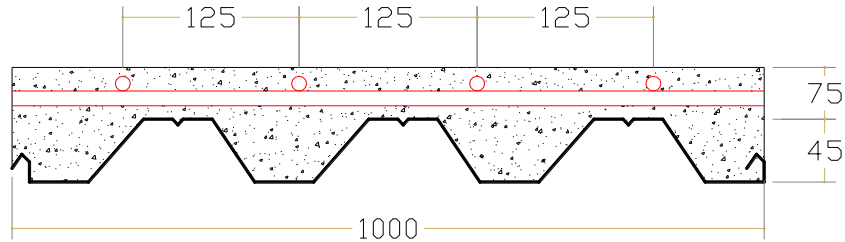
$$A's = 3,38 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Persyaratan SNI 1729:2015 memberikan batasan tebal plat di atas *deck* tidak boleh kurang dari 50 mm.

Maka :

Tebal rusuk *deck* 45 mm dan tebal total plat 120 mm. Tulangan direncanakan berdasarkan tabel brosur Wiremesh produk dari PT.UNION METAL. Dengan luas tulangan 3,38 cm²/m maka digunakan tulangan D 10 mm dan spasi tulangan sejarak 125 mm.

Sketsa :



Gambar 3. Detail Plat Lantai Bondex

2. Perhitungan beban angin (W)

Perhitungan beban angin menggunakan SNI 1727:2013 yang bertujuan untuk mendapatkan nilai tekanan angin pada tiap lantai (q_z). Perhitungan akan menggunakan prosedur pengarah sesuai SNI 1727:2013 Pasal 27 hal. 62.

Tabel 3. Perhitungan Nilai Tekanan Velositas Tiap Tingkat (q_z)

Lantai	Z (m)	Eksposur (B)	Z _g	a	K _z	K _{zt}	K _d	V	q _z (N/m ²)	q _z (kN/m ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Top	44,15	1,121	365,8	7	1,099	1	0,85	33	623,36	0,62
10	40,6	1,062	365,8	7	1,073	1	0,85	33	608,61	0,61
9	36,6	1,043	365,8	7	1,041	1	0,85	33	590,84	0,59
8	32,6	1,012	365,8	7	1,007	1	0,85	33	571,62	0,57
7	28,6	0,981	365,8	7	0,97	1	0,85	33	550,64	0,55
6	24,6	0,942	365,8	7	0,93	1	0,85	33	527,44	0,53
5	20,6	0,874	365,8	7	0,884	1	0,85	33	501,36	0,50
4	16,6	0,822	365,8	7	0,831	1	0,85	33	471,37	0,47
3	12,6	0,783	365,8	7	0,768	1	0,85	33	435,67	0,44
2	8,6	0,681	365,8	7	0,688	1	0,85	33	390,63	0,39
1	3,6	0,575	365,8	7	0,537	1	0,85	33	304,58	0,30
Dasar	0	0,575	365,8	7	0	1	0,85	33	0,00	0,00

Sumber : SNI 1727:2013 Pembebanan Bangunan Gedung dan Non Gedung

3. Perhitungan beban air hujan (R)

Perhitungan beban air hujan menggunakan SNI 1727:2013 yang bertujuan untuk mendapatkan nilai beban air pada lantai atap (R). Besar beban genangan air akibat hujan rencana ditentukan sebagai berikut :

$$R = 0,0098 \cdot (ds + dh)$$

Di mana :

ds = kedalaman air sebelum masuk lubang drainase (mm)

dh = kedalaman air tambahan di atas lubang drainase (mm)

maka :

$$R = 0,0098 \cdot (ds + dh)$$

$$R = 0,0098 \cdot (10 + 20)$$

$$R = 0,294 \text{ kN/m}^2$$

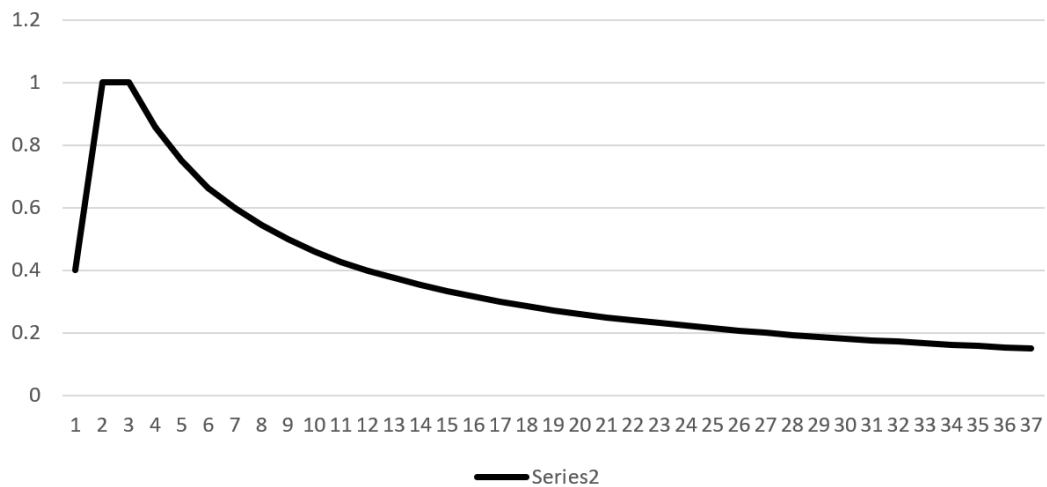
4. Perhitungan beban gempa (E)

Beban gempa dihitung berdasarkan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung SNI 1726:2019, menggunakan metode respon spektrum dan statik ekuivalen.

Tabel 4. Desain Respon Spektrum

T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
1	2	3	4
0	0,4	2,305	0,260
0,1	1,000	2,405	0,249
0,6	0,857	2,505	0,240
0,7	0,750	2,605	0,230
0,8	0,663	2,705	0,222
0,905	0,597	2,805	0,214
1,005	0,543	2,905	0,207
1,105	0,498	3,005	0,200
1,205	0,460	3,105	0,193
1,305	0,427	3,205	0,187
1,405	0,399	3,305	0,182
1,505	0,374	3,405	0,176
1,605	0,352	3,505	0,171
1,705	0,332	3,605	0,166
1,805	0,315	3,705	0,162
1,905	0,299	3,805	0,158
2,005	0,285	3,905	0,154
2,105	0,272	4,005	0,150
2,205			

Grafik Respon Spektrum



Gambar 4. Grafik Respon Spektrum

- Distribusi gempa lateral ekuivalen
Gaya gempa (Fx) yang timbul di semua tingkat
 $F_x = C_v \cdot V$

Di mana :

$$F_x = \frac{W_x \cdot H_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i^k}$$

Tabel 5. Beban Gempa Tiap Lantai Arah x dan y

Lantai	hi (m)	Wi (Kn)	$w_i H_i^k$ (kN.m)	Cvx	Fx (kN)	Fy (kN)
1	2	3	4	5	6	7
Lantai top	44,15	305,8	595994,27	0,021	167,77	167,77
Lantai 10	40,6	1833,4	3022102,05	0,108	850,70	850,70
Lantai 9	36,6	3966	5312716	0,189	1495,5	1495,5
Lantai 8	32,6	6821,8	7249910,54	0,259	2040,8	2040,8
Lantai 7	28,6	5035,8	4119062,58	0,147	1159,5	1159,5
Lantai 6	24,6	5035,8	3047449,65	0,109	857,84	857,84
Lantai 5	20,6	5035,8	2136981,51	0,076	601,55	601,55
Lantai 4	16,6	5035,8	1387658,18	0,049	390,62	390,62
Lantai 3	12,6	5035,8	799479,65	0,029	225,05	225,05
Lantai 2	8,6	4058,4	300161,32	0,011	84,49	84,49
Lantai 1	3,6	5192,1	67289,91	0,002	18,94	18,94
Σ	Σ	47356	28038806	1,000		

5. Kontrol Hasil Analisis struktur
 a. Kontrol berat struktur

Tabel 6. Perbandingan Berat Struktur

Versi	Mati tambahan (Kn)	Hidup (Kn)
Manual	22409.69	24946.69
ETABS	22119.54	25148.72

Sumber : Hasil Analisis, 2020

- b. Kontrol *time period*

Tabel 7. Nilai *Time Period* Tertinggi

Case	Mode	Periode sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue Rad ² /sec ²
Modal	1	0.929	1.076	6.76	45.706
Modal	2	0.918	1.089	6.843	46.833
Modal	3	0.577	1.732	10.88	118.376

Sumber : Hasil Analisis, 2020

- c. Kontrol jumlah ragam

Tabel 8. Nilai *Time Period* Tertinggi

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	29	0.9001	0.8997
Modal	30	0.9057	0.9074
Modal	31	0.9059	0.9075

Sumber : Hasil Analisis, 2020

- d. Gaya geser dasar nominal, V (*Base Shear*)
 V dinamik > V statik

Tabel 9. Hasil Gaya Geser Dasar Modifikasi

Beban Gempa		Fx	Fy	Fx	Fy
Statik	EqX-1	8691.28	0	7387.588	0
	EqX-2	8691.28	0	7387.588	0
	EqY-1	0	8586.09	0	7298.1765
	EqY-2	0	8586.09	0	7298.1765
Dinamik	Spec-X	8692.65	8588.88		
	Spec-Y	8692.65	8588.88		

Sumber : Hasil Analisis, 2020

- e. Simpangan Struktur

Tabel 10. Simpangan Struktur Arah X

Lantai	Type	Arah	Delta Tot mm	Selisih Δx mm	Cd	Δx mm	Tinggi Lt mm	Δa mm	Chek
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Dx	x	58.513	6.823	4	27.292	3550	88.75	OK
10	Dx	x	51.69	5.088	4	20.352	4000	100	OK
9	Dx	x	46.602	6.798	4	27.192	4000	100	OK
8	Dx	x	39.804	5.843	4	23.372	4000	100	OK
7	Dx	x	33.961	5.914	4	23.656	4000	100	OK
6	Dx	x	28.047	5.821	4	23.284	4000	100	OK
5	Dx	x	22.226	5.679	4	22.716	4000	100	OK
4	Dx	x	16.547	5.244	4	20.976	4000	100	OK
3	Dx	x	11.303	4.578	4	18.312	4000	100	OK
2	Dx	x	6.725	4.613	4	18.452	5000	125	OK
1	Dx	x	2.112	2.112	4	8.448	3600	90	OK

Tabel 11. Simpangan Struktur Arah Y

Lantai	Type	Arah	Delta Tot mm	Selisih Δx mm	Cd	Δx mm	Tinggi Lt mm	Δa mm	Chek
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Dy	y	57.001	5.449	4	21.796	3550	88.75	OK
10	Dy	y	51.552	6.035	4	24.14	4000	100	OK
9	Dy	y	45.517	5.472	4	21.888	4000	100	OK
8	Dy	y	40.045	5.902	4	23.608	4000	100	OK
7	Dy	y	34.143	5.943	4	23.772	4000	100	OK
6	Dy	y	28.2	5.82	4	23.28	4000	100	OK
5	Dy	y	22.38	5.693	4	22.772	4000	100	OK
4	Dy	y	16.687	5.26	4	21.04	4000	100	OK
3	Dy	y	11.427	4.607	4	18.428	4000	100	OK
2	Dy	y	6.82	4.615	4	18.46	5000	125	OK
1	Dy	y	2.205	2.205	4	8.82	3600	90	OK

Sumber : SNI 1726:1019 Ketahanan Gempa Bangunan Gedung

6. Analisis Struktur DAM

- a.) Penentuan *Notional Load*

Kombinasi beban

Berdasarkan AISC bagian C-C2.4 hal 24-26, yang mengacu pada kombinasi LRFD (Y_i)

Combo 2 : 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)

Tabel 12. Beban Notional Berdasarkan Pembebanan LRFD

LT. i	Combo 2 (Kn)	Combo2.b(Kn)	Yi (kN)
1	2	3	4
11	1515.65	1212.87	1515.65
10	7323.26	5948.93	7323.26
9	16996.63	15488.52	16996.63
8	31990.97	30426.27	31990.97
7	44005.96	42441.26	44005.96
6	56303.77	54455.86	56303.77
5	68601.58	66753.66	68601.58
4	80871.58	79051.97	80871.58
3	93173.87	91325.96	93173.87
2	103589.24	101426.82	103589.24
1	116107.26	114374.17	116107.26

Sumber : Hasil Analisis, 2022

b.) Penyesuaian kekakuan

Tabel 13. Nilai Penyesuaian Kekakuan Elemen Struktur

LT. i	Pr (Kn)	Py (Kn)	Pr/Py (kN)	ketentuan	τ_b
11	1515.65	18381.6	0.0825	C2-2a	1.0
10	7323.26	18381.6	0.3984	C2-2a	1.0
9	16996.63	18381.6	0.9247	C2-2b	0.28
8	31990.97	18381.6	1.7404	C2-2b	-5.15
7	44005.96	18381.6	2.3940	C2-2b	-13.35
6	56303.77	18381.6	3.0631	C2-2b	-25.28
5	68601.58	18381.6	3.7321	C2-2b	-40.79
4	80871.58	18381.6	4.3996	C2-2b	-59.83
3	93173.87	18381.6	5.0689	C2-2b	-82.50
2	103589.24	18381.6	5.6355	C2-2b	-104.49
1	116107.26	18381.6	6.3165	C2-2b	-134.33

Sumber : Hasil Analisis, 2020

Akibat nilai $\tau_b < 1,0$ maka nilai N harus dikoreksi agar mempermudah perhitungan DAM berdasarkan AISC bagian C-C2.3 untuk simulasi ketidaksempurnaan elemen struktur.

Maka :

$\tau_b = 1,0$ (untuk semua penyesuaian kekakuan)

$N_i = 0,003 Y_i$ (N_i koreksi)

Di mana :

0,003 = Simulasi beban *notional* dan pelemahan inelastik

Y_i = beban gravitasi di level i, berdasarkan kombinasi LRFD (Wiryanto Dewobroto)

$E' = 0,8 \tau_b E$

$E' = 0,80 \times 1,0 \times 200000 \text{ MPa}$

$E' = 160000 \text{ MPa}$

c.) Pendistribusian beban *notional*

Tabel 14. Distribusi Beban *Notional* pada Portal

LT. i	Yi (kN)	Ni (kN)	Arah X dan Y 14 portal (Kn)	Chek (Kn)	Ket
1	2	3	4	5	6
11	1515.65	4.55	1.14	4.55	OK
10	7323.26	21.97	1.57	21.97	OK
9	16996.63	50.99	3.64	50.99	OK
8	31990.97	95.97	6.86	95.97	OK
7	44005.96	132.02	9.43	132.02	OK
6	56303.77	168.91	12.07	168.91	OK
5	68601.58	205.80	14.70	205.80	OK
4	80871.58	242.61	17.33	242.61	OK
3	93173.87	279.52	19.97	279.52	OK
2	103589.24	310.77	22.20	310.77	OK
1	116107.26	348.32	24.88	348.32	OK

Sumber : Hasil Analisis, 2020

d.) Kontrol Analisis Struktur DAM
Simpangan DAM

Tabel 15. Simpangan Arah X

Lantai	Type	Arah	Delta Tot Mm	Selisih Δx mm	Cd	Δx mm	Tinggi Lt mm	Δa mm	Chek
11	Dx	x	2.821	0.069	4	0.276	3550	88.75	OK
10	Dx	x	2.752	0.219	4	0.876	4000	100	OK
9	Dx	x	2.533	0.218	4	0.872	4000	100	OK
8	Dx	x	2.315	0.247	4	0.988	4000	100	OK
7	Dx	x	2.068	0.268	4	1.072	4000	100	OK
6	Dx	x	1.8	0.288	4	1.152	4000	100	OK
5	Dx	x	1.512	0.305	4	1.22	4000	100	OK
4	Dx	x	1.207	0.319	4	1.276	4000	100	OK
3	Dx	x	0.888	0.321	4	1.284	4000	100	OK
2	Dx	x	0.567	0.371	4	1.484	5000	125	OK
1	Dx	x	0.196	0.196	4	-0.784	3600	90	OK

Tabel 16. Simpangan Arah Y

e.) Contoh gaya dalam hasil analisis DAM

Diambil contoh kasus kolom C23 lantai 1 dan joint 1215 sebagai parameter pembanding Kombo 5 / LRFD 5-8

Tabel 17. Contoh Perbandingan Gaya Dalam

Gaya	No DAM	Metode DAM
M	113.709	186.697
N	6666.45	3215.73
Ux	-30.558	-54.276
Uy	-72.69	-139.981
Uz	-13.665	7.191

Sumber : Hasil Analisis,

2020

7. Kontrol ketidakberaturan horisontal dan vertikal

Ketidakberaturan horisontal pada struktur diatur dalam SNI 1726:2019 tabel 10. Dalam hal ini akan diidentifikasi dengan bantuan program ETABS. Dari 5 tipe ketidakberaturan yang telah dibahas di atas maka dapat disimpulkan bahwa struktur memiliki ketidakberaturan no. 1a dan 2. Konsekuensinya perlu ditinjau lebih lanjut pasal-pasal yang terkait dalam tabel berikut ini.

Tabel 18. Pasal yang Terkait Ketidakberaturan Horisontal

	Pasal referensi	Penerapan KDS
1a	7.3.3.4	D,E dan F
	7.7.3	B,C,D,E,dan F
	7.8.4.3	C,D,E,dan F
	7.12.1	C,D,E,dan F
	Tabel 13	D,E dan F
2	12.2.2	B,C,D,E,dan F
	7.3.3.4	D,E, dan F
	Tabel 13	D,E, dan F

Ketidakberaturan vertikal pada struktur diatur dalam SNI 1726:2019 tabel 11. Dalam hal ini akan didefinisikan dengan bantuan program ETABS. Dari 5 tipe ketidakberaturan yang telah dibahas di atas maka dapat disimpulkan bahwa struktur yang ada memiliki ketidakberaturan no. 2, konsekuensinya perlu ditinjau lebih lanjut pasal-pasal yang terkait dalam tabel berikut ini.

Tabel 19. Pasal yang Terkait Ketidakberaturan Vertikal

2	Pasal referensi	Penerapan KDS
---	-----------------	---------------

Lantai	Type	Arah	Delta Tot mm	Selisih Δx mm	Cd	Δx mm	Tinggi Lt mm	Δa mm	Chek
11	Dy	y	2.915	0.06	4	0.24	3550	88.75	OK
10	Dy	y	2.855	0.218	4	0.872	4000	100	OK
9	Dy	y	2.637	0.243	4	0.972	4000	100	OK
8	Dy	y	2.394	0.258	4	1.032	4000	100	OK
7	Dy	y	2.136	0.278	4	1.112	4000	100	OK
6	Dy	y	1.858	0.295	4	1.18	4000	100	OK
5	Dy	y	1.563	0.314	4	1.256	4000	100	OK
4	Dy	y	1.249	0.325	4	1.3	4000	100	OK
3	Dy	y	0.924	0.331	4	1.324	4000	100	OK
2	Dy	y	0.593	0.376	4	1.504	5000	125	OK
1	Dy	y	0.217	0.217	4	-0.868	3600	90	OK

	tabel 16	D,E dan F
--	----------	-----------

8. Perencanaan elemen struktural
 Perencanaan elemen struktural meliputi desain balok anak, balok induk, kolom utam, kolom lift, *bracing* hingga pondasi yang direncanakan berdasarkan hasil analisis struktur.

a.) Balok anak

Tabel 20. Section Property WF 300.150.9.16

	Profil	
	b = 150 mm	h = 268 mm
	d = 300 mm	Fu = 370 MPa
	tw = 9 mm	Fy = 240 MPa
	Tf = 16 mm	E = 200000 MPa
	ro = 18 mm	Ag = 2747 mm ²
	Zx = 843204 mm ³	
	Ix = 843204 mm ⁴	
	Iy = 9016281 mm ⁴	
	Zy = 1634436 mm ⁴	

- Kuat lentur penampang
 $\phi M_n = \phi \cdot F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 + \frac{1}{2} d)$
 $\phi M_n = 0,9 \cdot 240 \cdot 7212 \cdot (82,975 + \frac{1}{2} 300)$
 $\phi M_n = 362927882 \text{ N.mm}$
 $\phi M_n = 362,93 \text{ kN.m} > M_u = 58,983 \text{ kN.m} \dots\dots (\text{Profil Aman !})$
- Kuat geser profil
 Maka : $\phi V_n = V_u$
 $\phi V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot d \cdot t_w$
 $\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 240 \cdot 300 \cdot 9$
 $\phi V_n = 349920 \text{ N}$
 $\phi V_n = 35692 \text{ Kg}$
 Jadi : $\phi V_n = V_u$
 $\phi V_n = 35692 \text{ kg} > V_u = 14,52 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{Profil Aman !})$

b.) Perencanaan balok induk arah X

Tabel 21. Section Property WF 350.257.9.16

	Profil	
	b = 257 mm	Iy = 45284899 mm ⁴

	d = 350 mm	Zy = 2576153 mm ³
	tw = 9 mm	Zx = 1600937 mm ³
	Tf = 16 mm	Fu = 370 MPa
	ro = 18 mm	Fy = 240 MPa
	h = 189 mm	E = 200000 MPa
	rx = 52,73	Ag = 9925 mm ²
	ry = 67,55	
	Ix = 27596826 mm ⁴	

- Material leleh (Momen plastis)
 $\phi M_n = 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x$
 $= 0,9 \times 240 \times 1600937$
 $= 345802392 \text{ N.mm} \approx 345,8 \text{ kN.m} > M_u = 312 \text{ kN.m} \dots (\text{OK!})$
- Kuat geser balok
 $\phi V_n = \phi V \times 0,6 \times F_y \times A_w \times C_w$
 $\phi V_n = 1 \times 0,6 \times 240 \times (9 \times 189) \times 1$
 $\phi V_n = 244,9 \text{ kN}$
Maka :
 $V_u = 214 \text{ kN} < \phi V_n = 244,9 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{Aman})$

c.) Perencanaan kolom

Tabel 22. Section Property WF 350.257.9.16

	Profil	
	b = 450 mm	Iy = 607940119 mm ⁴
	d = 850 mm	Zy = 57559225 mm ³
	tw = 19 mm	Zx = 17396275 mm ³
	Tf = 40 mm	Fu = 410 MPa
	ro = 18 mm	Fy = 250 MPa
	h = 334 mm	E = 200000 MPa
	rx = 137	Ag = 42346 mm ²
	ry = 119,8	
	Ix = 795023916 mm ⁴	

- Kuat tekan nominal
 $F_{cr} \text{ tekuk puntir} > F_{cr} \text{ tekuk lentur}$ maka (tekuk lentur menentukan)
 $P_n = F_{cr} \cdot A = 198 \times 42346$
 $= 8380,52 \text{ kN}$
 $\phi \cdot P_n = 0,9 \times 8381$
 $= 7542,47 \text{ kN} > P_u = 6983 \text{ Kn} \dots \dots (\text{OK})$
- Kapasitas lentur
 $M_x = 331 \text{ kN.m}$ (Hasil ETABS)
 $M_y = 104 \text{ kN.m}$ (Hasil ETABS)

Material leleh (Momen Plastis)

$$\begin{aligned} \emptyset M_{nx} = M_p &= 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\ &= 0,9 \times 250 \times 17396275 \\ &= 3914161875 \text{ N.mm} \approx 3914 \text{ Kn.m} > M_u = 331 \text{ kN.m} \text{ (OK..!)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_{ny} = M_p &= 0,9 \cdot F_y \cdot Z_x \\ &= 0,9 \times 250 \times 57559225 \\ &= 12950825625 \text{ N.mm} \approx 12951 \text{ Kn.m} > M_u = 104 \text{ kN.m} \text{ (OK..!)} \end{aligned}$$

d.) Perencanaan *Bracing*

Tabel 23. Section Property WF 400.400.12.18

	Profil	
	b = 400 mm	Iy = 192052416 mm ⁴
	d = 400 mm	Zy = 6209856 mm ³
	tw = 12 mm	Zx = 3147888 mm ³
	Tf = 18 mm	Fu = 370 MPa
	ro = 18 mm	Fy = 240 MPa
	h = 328 mm	E = 200000 MPa
	rx = 55,09	Ag = 18336 mm ²
	ry = 102,3	
	Ix = 55644544 mm ⁴	

e.) Kuat tekan nominal

Fcr tekuk punter > Fcr tekuk lentur maka (tekuk lentur menentukan)

$$\begin{aligned} P_n = F_{cr} \cdot A &= 222 \times 18336 \\ &= 4068 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot P_n &= 0,9 \times 4068 \\ &= 3661 \text{ kN} > P_u = 1057 \text{ Kn} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

f.) Desain kapasitas aksial

Pu = 2886 kN (Hasil Etabs)

Cek kondisi leleh

$$\emptyset P_n = 0,9 \times F_y \times A_g$$

$$\emptyset P_n = 0,9 \times 240 \times 18336$$

$$\emptyset P_n = 3960 \text{ kN} > P_u = 1057 \text{ Kn} \text{ (OK)}$$

Cek kondisi fraktur

$$\emptyset P_n = 0,75 \times F_u \times A_e$$

Di mana : Ae = U.Ag

$$A_e = 0,85 \times 18336$$

$$A_e = 15586 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\emptyset P_n = 0,75 \times F_u \times A_e$$

$$\emptyset P_n = 0,9 \times 370 \times 15586$$

$$\emptyset P_n = 4325 \text{ kN} > P_u = 2886 \text{ Kn} \dots \text{ (OK)}$$

9. Perencanaan Pondasi

Pondasi tiang termasuk jenis pondasi dalam. Terdapat beberapa macam jenis pondasi tiang, antara lain tiang pancang dan tiang bor namun dalam penulisan ini hanya akan dibahas mengenai perencanaan pondasi tiang pancang. Perencanaan tiang pancang meliputi daya dukung tanah, daya dukung pondasi, penentuan jumlah tiang pondasi, pile cap dan penulangannya dengan cara penyelidikan tanah SPT dengan kedalaman 40m.

a.) Data perencanaan tiang pancang

Data tiang pancang sebagai berikut :

Diameter tiang = 0,55 m ≈ 55 cm

Panjang tiang = 20 m

Luas penampang tiang = $\frac{1}{4} (3,14)(d)^2 = 0,072 \text{ m}^2 \approx 0,7 \text{ mm}^2$

Tebal selimut beton tiang = 5 cm ≈ 0,1 m

F'c tiang pancang = 40 MPa ≈ K-500

F'c pile cap = 30 MPa ≈ K-400

Fy baja tulangan = 400 MPa

Tabel 24. Perhitungan Daya Dukung Tanah Tiap Kedalaman

Depth	Ii	Jenis tanah	N	qc	Ap	Ast	Fi	Ii Fi	∑Ii fi	Pall
(m)	(m)	`	SPT	(t/m ²)	(m ²)	(m)	(t/m ²)	(t/m)	(t/m)	(ton)
2	2	C	12	240	0.072	1.7	12	24	24	14.04
4	2	C	25	500	0.072	1.7	25	50	74	37.53
6	2	C	26	520	0.072	1.7	26	52	126	55.97
8	2	C	28	560	0.072	1.7	28	56	182	76.27
10	2	C	27	540	0.072	1.7	27	54	236	94.44
12	2	S	17	680	0.072	1.7	3.4	6.8	242.8	100.1
14	2	S	12	480	0.072	1.7	2.4	4.8	247.6	97.01
16	2	S	11	440	0.072	1.7	2.2	4.4	252	97.58
18	2	S	15	600	0.072	1.7	3	6	258	103.5
20	2	S	14	560	0.072	1.7	2.8	5.6	263.6	104.5
22	2	S	15	600	0.072	1.7	3	6	269.6	107.5
24	2	S	16	640	0.072	1.7	3.2	6.4	276	110.7
26	2	S	16	640	0.072	1.7	3.2	6.4	282.4	112.9
28	2	S	14	560	0.072	1.7	2.8	5.6	288	112.9
30	2	S	12	480	0.072	1.7	2.4	4.8	292.8	112.6
32	2	S	14	560	0.072	1.7	2.8	5.6	298.4	116.5
34	2	S	15	600	0.072	1.7	3	6	304.4	119.5
36	2	S	17	680	0.072	1.7	3.4	6.8	311.2	123.8
38	2	S	18	720	0.072	1.7	3.6	7.2	318.4	127.2
40	2	S	20	800	0.072	1.7	4	8	326.4	131.9

Sumber : Hasil Analisis, 2020

b.) Perkiraan kebutuhan tiang pancang

$$n = P_u / Q_{all} = 305,7 / 97,57 = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

jarak antar as tiang pancang kelompok (*pile group*) adalah :

- Syarat jarak tiang (antar as tiang)

$$(2,5 \emptyset) < S < (4 \emptyset)$$

$$(2,5 \times 55) < S < (4 \times 55)$$

$$137,5 \text{ cm} < S < 220 \text{ cm}$$

Maka nilai S diambil : 150 cm

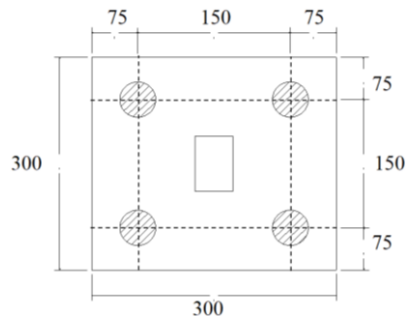
- Syarat jarak as tiang kr tepi

$$S > 1,25 \emptyset$$

$$S > 1,25 \times 55$$

$$S > 69 \text{ cm}$$

Maka nilai S diambil 75 cm



Gambar 5. Detail Pondasi

Dari perhitungan sebelumnya direncanakan dimensi penampang pile cap dan asumsi ketebalan pile cap sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= 300 \text{ cm} \approx 3 \text{ m} \\ L &= 300 \text{ cm} \approx 3 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 65 \text{ cm} \approx 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

c.) Perhitungan tulangan pile cap

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom.

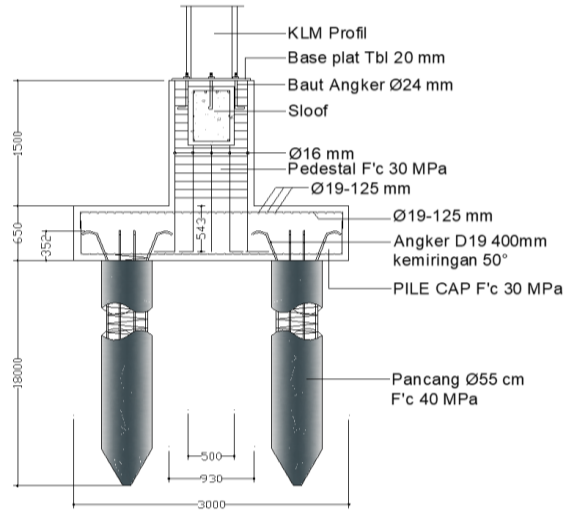
$$\begin{aligned} M_u &= 2 (2376) (0,65 - (0,65/2)) = 1544 \text{ kN.m} \\ R_n &= M_u / \phi b d^2 \\ &= (1544 \times 10^6) / (0,9 \times 3000 \times 650^2) \\ &= 1,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 85,30}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,89}{0,85 \times 30}} \right] \\ &= 0,005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho b d \\ &= 0,005 \times 3000 \times 578 \\ &= 8670 \text{ mm}^2 \\ A_s &= 0,0018 \times 650 \\ &= 3510 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

Digunakan tulangan 31 Ø19 – 125 mm, $A_s = 8785 \text{ mm}^2 > 8670 \text{ mm}^2 \dots(\text{Ok})$



Gambar 6. Detail Tulangan Pile Cap dan Tiang Pancang

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Gaya geser dasar berdasarkan analisis beban gempa menggunakan metode respon spektrum dan statik ekuivalen sebagai berikut :
 - Respon spektrum
 - $F_x = 8692,65 \text{ kN}$
 - $F_y = 8588,88 \text{ kN}$
 - Statik ekuivalen
 - $F_x = 8691,28 \text{ kN}$
 - $F_y = 8586,09 \text{ kN}$
- Setelah melakukan analisis dan mendesain struktur Gedung Keuangan Negara dengan material baja yang sebelumnya menggunakan material beton maka diperoleh dimensi komponen struktur sebagai berikut :
 - Balok gording menggunakan profil LLC 125.150.20.3,2
 - Balok kuda-kuda menggunakan profil WF 450.200.9.14 BJ37
 - Kolom K1 menggunakan profil WF 850.450.19.40 BJ41
 - Kolom K2 menggunakan profil H-beam 419.407.31.49 BJ37
 - Kolom anak menggunakan profil H-beam 400.400.13.12 BJ37
 - Balok induk X menggunakan profil WF 350.257.9.16 BJ37
 - Balok induk Y menggunakan profil WF 350.257.9.16 BJ 37
 - Balok anak menggunakan profil WF 300.150.9.16 BJ37
 - Plat lantai menggunakan bondek tipe superfloor deck dengan ketebalan plat 120 mm
- Hasil perencanaan struktur pondasi dengan menggunakan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut:
 - Dimensi pile cap
 - Panjang = 3,6 m
 - Lebar = 3,6 m
 - Tebal = 65 cm
 - $F'_c = 30 \text{ MPa}$
 - $F_y = 400 \text{ MPa}$
 - Dimensi tiang pancang
 - Diameter = D55 cm
 - Kedalaman = 18 m
 - Jumlah tiang = 4 buah
 - $F'_c = 40 \text{ MPa}$
 - $F_y = 400 \text{ MPa}$
 - Penurunan kelompok tiang = 7,5 mm

Saran

Penelitian lebih lanjut terkait redesain ini dapat dilakukan pada aspek waktu dan biaya sehingga akan memberikan hasil yang menyeluruh sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis material struktur bangunan yang dikaji.

6. DAFTAR PUSTAKA

Agus Setiawan (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*.

Agus Setiawan (2008). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*.

Batara Ignatius Pakpahan, ST. *Redesain Struktur Gedung Swiss-Bell Hotel Jayapura Menggunakan Konstruksi Baja Sesuai SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012*.

Braja M. Das. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*.

SNI 1729 (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

SNI 1726 (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.

SNI 2847 (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya*.

Wiryanto Dewobroto (2016). *Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*.