

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR DAN BIAYA BETON BERTULANG AKIBAT PERUBAHAN METODE *TIE BEAM* *SOG* MENJADI *SUSPENDED*

Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn Extension

**I Putu Ryantha Praba Mustika⁽¹⁾, Ir. Ida Bagus Putu Bintana, M.T⁽²⁾,
I Made Jaya, ST, M.T⁽³⁾**

⁽¹⁾Mahasiswa Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

E-mail: puturyantha@gmail.com

⁽²⁾⁽³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

E-mail: gusbint@yahoo.com , imadejaya2969@gmail.com

ABSTRACT

In recent years, the construction of multi-story buildings has become a practical solution to address the decreasing availability of land amid the increasing demand for buildings. In such developments, the structural system plays a crucial role as the primary load-bearing component that ensures the stability and integrity of the building. Structural planning must consider key criteria that serve as benchmarks for construction feasibility, including serviceability, structural efficiency, construction method selection, and cost. In the Hilton Garden Inn Extension project, a change was implemented in the ground floor structural method—from a Tie Beam on Slab on Grade (SOG) system to a Suspended Tie Beam system. This study involves structural strength analysis using SAP2000 software, along with a cost evaluation following the change in structural method. A descriptive-quantitative approach was used. The analysis revealed that the existing column design was inadequate, prompting dimensional revisions, and highlighted overstress in the shear reinforcement of beams. The structural cost evaluation showed a 0.6% increase (Rp. 73,089,143.88) due to the column dimension adjustments required to address overstress conditions.

Keywords: *Building Structure, SAP2000, Tie Beam SOG, Suspended Tie Beam*

ABSTRAK

Pada saat ini pembangunan gedung bertingkat adalah solusi untuk mengatasi masalah ketersediaan lahan yang semakin berkurang saat kebutuhan akan gedung terus meningkat. Dalam pembangunan gedung bertingkat struktur memiliki peran penting yang berfungsi sebagai pemikul beban utama yang menjaga bangunan tetap berdiri kokoh. Dalam merencanakan struktur bangunan perlu ditetapkan kriteria-kriteria yang digunakan sebagai tolak ukur kelayakan pelaksanaan pembangunan, yaitu Kemampulayanan (*Service Ability*), Nilai Efisiensi Bangunan, Pemilihan Konstruksi dan Metode Pelaksanaan, Biaya (*Cost*). Pada pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension perencanaan struktur lantai *Ground Floor* mendapat perubahan metode yang digunakan yaitu metode *Tie Beam SOG* dirubah menjadi *Tie Beam Suspended*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kekuatan struktur menggunakan *software SAP 2000* serta perhitungan biaya struktur setelah dilakukannya perubahan metode struktur *Tie Beam Suspended* dengan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Hasil dari penelitian ini mendapatkan hasil tidak aman pada kolom dan dilakukan perubahan

dimensi kolom serta menjabarkan *over stress* yang terjadi pada tulangan geser balok. Hasil perhitungan biaya struktur mendapatkan perbandingan setelah dilakukannya perubahan dimensi kolom akibat *over stress* yang terjadi, yang Dimana biaya meningkat sebesar 0,6% (Rp. 73.089.143,88) setelah dilakukan perubahan dimensi kolom.

Kata kunci: Struktur Gedung, SAP2000, *Tie Beam SOG*, *Tie Beam Suspended*

PENDAHULUAN

Dalam perencanaannya metode pelaksanaan struktur juga mempengaruhi bagaimana bentuk struktur dan menjadi bagian penting untuk efisiensi dalam kemudahan dan waktu pelaksanaan pekerjaan struktur [1]. Penentuan metode kerja dapat dipengaruhi oleh beberapa factor. Beberapa faktor tersebut salah satunya adalah kondisi existing lapangan [2].

Struktur beton bertulang harus direncanakan dengan baik dengan mempertimbangkan efisiensinya. Indonesia memiliki tata cara perancangan untuk struktur beton bertulang yang sudah tertulis pada standar SNI 2847:2019 tentang “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung” dan standart SNI 1727:2020 tentang “Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain” [3] dengan SKBI-1.3.5.3-1989 tentang “Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung . Dalam hal perencanaan struktur juga selalu berkaitan dengan gempa. Faktor gempa tidak boleh diabaikan dikarenakan Indonesia terletak diantara 3 lempeng (Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik) [4]. Peraturan perencanaan struktur Gedung tahan gempa di Indonesia tertulis pada SNI 1726-2019 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” [3].

Pada pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension perencanaan struktur lantai Ground Floor awalnya digunakan metode Tie Beam Slab On Ground (SOG) yang dimana posisi Top Tie Beam atau Sloof sama dengan Top Pile Cap dengan Tie Beam yang terletak tepat diatas tanah. Perencanaan awal ini mendapat perubahan metode dari owner, metode Tie Beam SOG diubah menjadi Tie Beam Suspended, yang dimana posisi Top Tie Beam naik 60 cm dari Top Pile Cap. Perubahan ini terjadi dikarenakan SOG dinilai tidak efektif akibat kuantitas galian yang lebih banyak dan pengerjaan yang lebih sulit. Akibat dari perubahan metode struktur, terjadi perubahan pada bentuk struktur serta dimensi struktur sehingga perilaku struktur ikut mengalami perubahan menyesuaikan dengan metode Tie Beam Suspended. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kekuatan struktur beton bertulang setelah perubahan ke metode Tie Beam Suspended. Dari perubahan bentuk struktur dan perubahan dimensi struktur, biaya pelaksanaan pekerjaan struktur beton bertulang mengalami perubahan.

METODE PENELITIAN

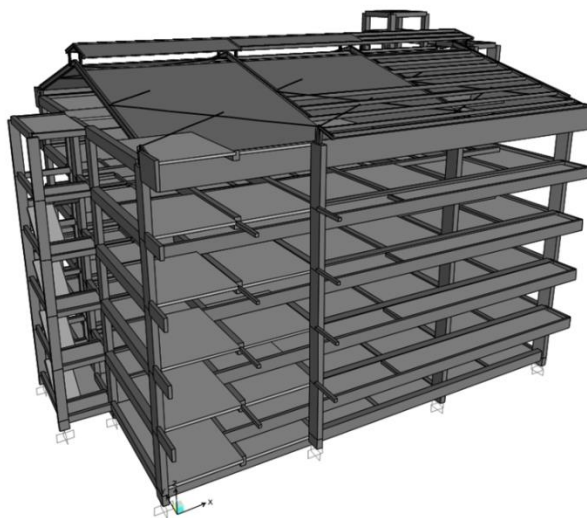
Penelitian ini dirancang dengan metode Deskriptif Kuantitatif guna menjawab rumusan masalah, dalam hal ini berisikan analisis kekuatan struktur setelah dilakukan perubahan metode Tie Beam SOG menjadi Tie Beam Suspended serta menghitung biaya. Penelitian deskriptif memiliki tujuan untuk mendeskripsikan dan memberikan gambaran mengenai suatu subjek atau objek dari sebuah penelitian. Kuantitatif bertujuan untuk membuat gambar atau deskriptif tentang suatu keadaan secara objektif yang menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan dan hasilnya.

Rancangan Penelitian diawali dengan mendapatkan data berupa gambar kerja (*Shop Drawing*), RKS struktur, item pekerjaan, dan kuantitas pekerjaan. Dilanjutkan pada tahap analisis data dilakukan pemodelan struktur bangunan sesuai dengan data gambar dengan menggunakan program *Structural Analysis Program 2000* (SAP2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur Pada SAP2000

Modeling gedung Hotel Hilton Garden Inn, Benoa dengan luas sekitar $\pm 1220\text{m}^2$ dilakukan menggunakan *software* SAP2000, berdasarkan gambar kerja yang telah tersedia. Pemodelan ini difokuskan pada struktur beton bertulang, mencakup elemen seperti kolom, sloof, balok, dan pelat. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan satuan Kg/m untuk memudahkan pemodelan serta input pembebanan. komponen *define material* dan *define material section* yang akan di input pada pemodelan struktur SAP2000 juga berdasarkan data standar gambar struktur *as built drawing*.



Gambar 1. Hasil Pemodelan SAP2000

Pembebanan Pada Model Struktur

Pembebanan yang diinput berdasarkan beban minimum yang tertera pada SNI pembebanan, serta terdapat juga perhitungan beban yang diinput seperti beban mati luar, beban hidup, beban angin, beban air hujan, dan beban gempa.

1. Beban Mati

Tabel 2. Perhitungan Berat /m² Dinding + Plesteran

Keterangan	Berat	Satuan	Keterangan	Berat	Satuan
Berat bata ringan merek falcon	= 600	Kg/m ³	Berat adukan dari semen	= 21	Kg/m ³
Berat dengan tebal 10 cm	= 60	Kg/m ²	Berat plesteran tebal 1,5 cm	= 31,5	Kg/m ²
			dikalikan 2 sisi	= 63	Kg/m ²
Total berat dinding dengan plesteran	=	123	Kg/m ²		

Tabel 3. Perhitungan Berat Dinding /m' Berdasarkan Tinggi Dinding

Berat dinding bata ringan terdistribusi persegi					
Tinggi Dinding (m)	Berat	Satuan	Koef. Dinding Berlubang	Berat	Satuan
2,45	= 301,350	Kg/m	0,6	= 180,810	Kg/m
2,47	= 303,810	Kg/m	0,6	= 182,286	Kg/m
1,55	= 190,650	Kg/m	0,6	= 114,390	Kg/m
1,48	= 182,040	Kg/m	0,6	= 109,224	Kg/m
0,95	= 116,850	Kg/m	0,6	= 70,110	Kg/m
3,37	= 414,510	Kg/m	0,6	= 248,706	Kg/m
Berat dinding/partisi/pintu full kaca terdistribusi persegi					
2,45	= 24,500	Kg/m			
Berat dinding bata ringan terdistribusi trapesium					
1,545	= 190,035	Kg/m	0,6	= 114,021	Kg/m
1,615	= 198,645	Kg/m	0,6	= 119,187	Kg/m
0,6	= 73,800	Kg/m	0,6	= 44,280	Kg/m
1,89	= 232,470	Kg/m	0,6	= 139,482	Kg/m
2,52	= 309,960	Kg/m	0,6	= 185,976	Kg/m
2,95	= 362,850	Kg/m	0,6	= 217,710	Kg/m

Tabel 4. Perhitungan Berat Finishing Lantai, Penggantung dan Mekanikal

Berat lantai dengan keramik			Berat lantai semen polish		
Tebal spesi 4cm	= 84	Kg/m ²	Tebal Spesi 5cm	= 105	Kg/m ²
Tebal keramik 1cm	= 17,8571	Kg/m ²	Penggantung	= 7	Kg/m ²
Penggantung	= 7	Kg/m ²			
Total	= 108,857	Kg/m ²	Total	= 112	Kg/m ²
Berat mekanikal	= 0,19	kN/m ²			
	= 19,3746	Kg/m ²			

Tabel 5. Perhitungan Beban Penutup Atap

Penutup Atap		
Keterangan	Berat	Satuan
Jenis atap bitumen datar	= 11	Kg/m ²
Jenis atap alderon 830	= 5,783	Kg/m ²

Tabel 6. Perhitungan Beban Lift

Beban lift			
Keterangan		Berat	Satuan
Lift dengan kapasitas 8 orng	=	630	Kg
Beban hidup 8 orng	=	800	Kg

2. Beban Hidup

Tabel 7. Beban Hidup Minimum

No.	Penggunaan	Berat	Keterangan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m ²	kecuali yang disebut no.2
2.	- Lantai & tangga rumah tinggal sederhana - Gudang-gudang selain untuk toko, pabrik, bengkel	125 kg/m ²	
3.	- Sekolah, ruang kuliah - Kantor - Toko, toserba - Restoran - Hotel, asrama - Rumah Sakit	250 kg/m ²	
4.	Ruang olahraga	400 kg/m ²	
5.	Ruang dansa	500 kg/m ²	
6.	Lantai dan balkon dalam dari ruang pertemuan	400 kg/m ²	masjid, gereja, ruang pagelaran/rapat, bioskop dengan tempat duduk tetap
7.	Panggung penonton	500 kg/m ²	tempat duduk tidak tetap / penonton yang berdiri
8.	Tangga, bordes tangga dan gang	300 kg/m ²	no.3
9.	Tangga, bordes tangga dan gang	500 kg/m ²	no. 4, 5, 6, 7
10.	Ruang pelengkap	250 kg/m ²	no. 3, 4, 5, 6, 7
11.	- Pabrik, bengkel, gudang - Perpustakaan, r.arsip, toko buku - Ruang alat dan mesin	400 kg/m ²	minimum
12.	Gedung parkir bertingkat : - Lantai bawah - Lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²	
13.	Balkon menjorok bebas keluar	300 kg/m ²	minimum

No.	Bagian Atap	Berat	Keterangan
1.	Atap / bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi	100 kg/m ²	atap dak
2.	Atap / bagiannya tidak dapat dicapai orang (diambil min.) : - beban hujan - beban terpusat	(40-0,8.α) kg/m ² 100 kg	α = sudut atap, min. 20 kg/m ² , tak perlu ditinjau bila α > 50°
3.	Balok/gording tepi kantilever	200 kg	

Sumber : SKBI - 1.3.53.1989 [5]

3. Beban Angin

Beban angin yang diinput terdapat tekanan positif (tiup) dan tekanan negative (isapan). Tekanan tiup di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5km dari pantai harus diambil minimum 40kg/m²

4. Beban Air Hujan

Tabel 8. Beban Air Hujan

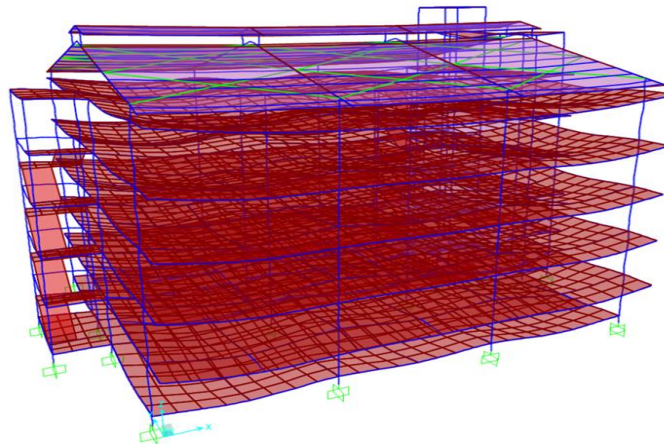
No.	Bagian Atap	Berat	Keterangan
1.	Atap / bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi	100 kg/m ²	atap dak
2.	Atap / bagiannya tidak dapat dicapai orang (diambil min.) : - beban hujan - beban terpusat	(40-0,8.α) kg/m ² 100 kg	α = sudut atap, min. 20 kg/m ² , tak perlu ditinjau bila α > 50°
3.	Balok/gording tepi kantilever	200 kg	

5. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa, dengan mencari nilai SS dan S1 pada daerah nusa dua tanjung benoa menggunakan bantuan website Desain Spektra Indonesia – Kementrian PUPR ([Desain Spektra Indonesia](http://DesainSpektraIndonesia.com)), yang akan dihitung berdasarkan SNI

Analisis Struktur Dengan Menggunakan SAP2000

Berdasarkan analisis struktur Gedung Hotel Hilton Garden Inn Extension yang dilakukan dengan bantuan *software* SAP2000, dengan berdasarkan SNI 2847:2019 tentang “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung” dan standar SNI 1727:2020 tentang “Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain” dengan SKBI-1.3.5.3-1989 tentang “Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung”. Dan SNI 1726-2019 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.



Gambar 2. Run Analysis Pemodelan SAP

Pada analisis struktur dengan dimensi awal sesuai dengan *as built drawing* struktur kolom mengalami OS (*Over Stress*) yang terjadi di beberapa tercantum pada tabel berikut.

Tabel 1. Tipe Kolom dan Lokasi OS

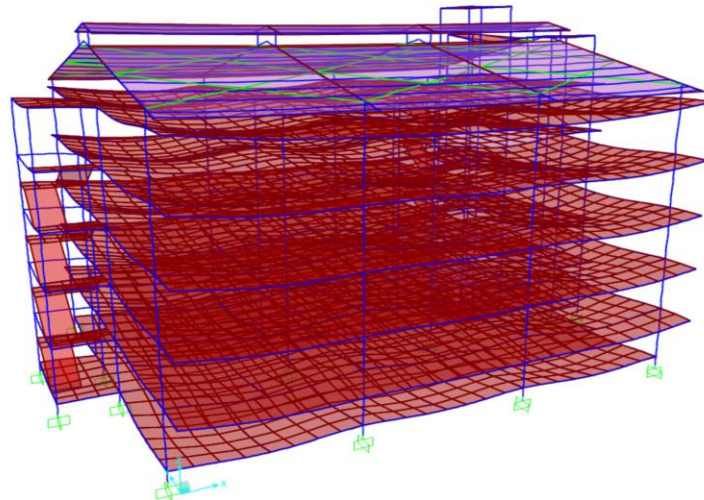
Tipe kolom	Ukuran (mm)			Lokasi OS (Grid)	
K1	300	x	800	LT GF	XA,X4 ; XA,X5
					XB,X2 ; XB,X3 ; XB,X5
					XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
					XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
					XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				LT 2	XA,X4 ; XA,X5
					XB,X2 ; XB,X3 ; XB,X5
					XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
					XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
					XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				LT3	XB,X2 ; XB,X3
					XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
					XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
					XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				LT4	XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
					XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
K2	350	x	350	LT GF	XB',X4 ; XB,X4"
				LT 2	XB,X4"
K3	200	x	500	LT GF	XH',X3 ; XH',X4'
				LT 2	XH',X3 ; XH',X4'
				LT 3	XH',X4'

Kolom yang mengalami *Over Stress* (OS) perlu dilakukan perubahan dimensi untuk mendapatkan hasil struktur yang aman, Perubahan ukuran kolom tercantum pada tabel berikut.

Tabel 2. Perubahan Dimensi Kolom Dan Lokasi Perubahan

Tipe Kolom Awal	Ukuran (mm)			Tipe Kolom Perubahan	Ukuran (mm)			Lokasi Perubahan Kolom	
K1	300	x	800	K1 1	500	x	800	LT GF	XA,X4 ; XA,X5
									XB,X2 ; XB,X3 ; XB,X5
									XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
									XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
									XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				K1 2	450	x	800	LT 2	XA,X4 ; XA,X5
									XB,X2 ; XB,X3 ; XB,X5
									XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
									XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
									XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				K1 2	450	x	800	LT3	XB,X2 ; XB,X3
									XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
									XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
									XH,X2 ; XH,X3 ; XH,X4 ; XH,X5
				K1 3	400	x	800	LT4	XD,X2 ; XD,X3 ; XD,X4 ; XD,X5
									XF,X2 ; XF,X3 ; XF,X4 ; XF,X5
K2	350	x	350	K2 1	400	x	400	LT GF	XB',X4 ; XB,X4"
				K2 1	400	x	400	LT 2	XB',X4 ; XB,X4"
K3	200	x	500	K3 1	300	x	500	LT GF	XH',X3 ; XH',X4'
				K3 2	250	x	500	LT 2	XH',X3 ; XH',X4'
				K3 2	250	x	500	LT 3	XH',X3 ; XH',X4'

Setelah dilakukan perubahan dimensi pada kolom yang mengalami Over Stress (OS) dilakukan Run Analysis dengan mematikan run pada modal case.



Gambar 3. *Run Analysis* Pemodelan SAP Setelah dilakukan Perubahan

Pada analisis *Longitudinal Reinforcing* balok tidak terdapat *Over Stress* (OS) yang terjadi. Sedangkan pada *Shear Reinforcing* terdapat *Over Stress* (OS) pada beberapa balok, OS yang terjadi hanya pada beberapa titik dalam 1 bentang balok yang ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 11. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt GF

LT GF						
Tipe Balok	Ukuran (mm)		Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb	Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
TB1	250 x 500		XB,X2-X3	7700	COMB2	0,00; 366,67; 733,33; 1100,00; 6600,00; 6966,67; 7333,33; 7700,00
			XD,X4-X5	7700	COMB2	6600,00; 6792,86
			XH,X2-X3	7700	COMB2	0,00; 366,67; 733,33; 1100,00; 6600,00; 6966,67; 7333,33; 7700,00
			XH,X4-X5	7700	COMB2	0,00; 366,67; 733,33; 1100,00; 5500,00; 5950,00
TB3	200 x 500		XC,X4"-X5	5175	COMB2	0,00; 646,43
TB4	200 x 400		XD,X3-X4	3450	COMB1	0,00; 225,00
					COMB2	0,00; 225,00; 2300,00; 2375,00
					COMB3	0,00; 225,00
					COMB4A	0,00; 225,00
					COMB4B	0,00; 225,00
					COMB6A	0,00; 225,00
					COMB6B	0,00; 225,00
					COMB1	0,00; 150,00
TB5	200 x 400		XH,X3-X4	3450	COMB2	0,00; 150,00; 2050,00; 2300,00
					COMB3	0,00; 150,00
					COMB4A	0,00; 150,00
					COMB4B	0,00; 150,00
					COMB6A	0,00; 150,00
					COMB6B	0,00; 150,00

Tabel 12. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt 2

LT 2						
Tipe Balok	Ukuran (mm)		Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb	Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
B3	250 x 450		XA,X3-X4	3100	COMB6A	100,00; 207,14; 2875,00; 3100,00
			X4,XC-XD	4150	COMB2	0,00; 100,00; 207,14
					COMB3	100,00; 207,14
					COMB4B	100,00; 207,14
B6	250 x 300		X5,XA-XB	1900	COMB6B	100,00; 207,14
					COMB1	633,33; 709,09
					COMB2	633,33; 709,09
					COMB3	633,33; 709,09
					COMB4A	633,33; 709,09
					COMB4B	633,33; 709,09
					COMB6A	633,33; 709,09
					COMB6B	633,33; 709,09
B7	200 x 300		X4,XB"-XC	2750	COMB1	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB2	0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB3	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB4A	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB4B	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB6A	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB6B	2020,00; 2385,00; 2750,00
					COMB1	655,00; 945,00
B8	150 x 300		XB",X4"-X5	3780	COMB2	655,00; 945,00
					COMB3	655,00; 945,00
					COMB4A	655,00; 945,00
					COMB4B	655,00; 945,00
					COMB5A	655,00; 945,00
					COMB5B	655,00; 945,00
					COMB6A	655,00; 945,00
					COMB6B	655,00; 945,00
LP	150 x 600		XB,X1-X2	1800	COMB2	0,00; 450,00; 900,00
			XH,X1-X2	1800	COMB2	0,00; 450,00; 900,00
			XH,X5-X6	1800	COMB1	26200,0; 26637,5; 27075,0
			X6",XA-XH	27075	COMB2	26200,0; 26637,5; 27075,0
					COMB3	26200,0; 26637,5; 27075,0
					COMB4A	26200,0; 26637,5; 27075,0
					COMB4B	26200,0; 26637,5; 27075,0
					COMB4B	26200,0; 26637,5; 27075,0

Tabel 13. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt 3

LT 3						
Tipe Balok	Ukuran (mm)			Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
B3	250	x	450	XA,X3-X4	3100	COMB6A 2875,00; 3100,00
				X4,XC-XD	4150	COMB2 0,00; 100,00; 207,14
						COMB3 100,00; 207,14
						COMB4A 100,00; 207,14
						COMB4B 100,00; 207,14
						COMB6B 100,00; 207,14
B6	250	x	300	X5,XA-XB	1900	COMB1 633,33; 709,09
						COMB2 633,33; 709,09
						COMB3 633,33; 709,09
						COMB4A 633,33; 709,09
						COMB4B 633,33; 709,09
						COMB6A 633,33; 709,09
B7	200	x	300	X4,XB'-XC	2750	COMB6B 633,33; 709,09
						COMB1 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB2 0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB3 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4A 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4B 2020,00; 2385,00; 2750,00
B8	150	x	300	XB',X4"-X5	3780	COMB6A 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB1 655,00; 945,00
						COMB2 655,00; 945,00
						COMB3 655,00; 945,00
						COMB4A 655,00; 945,00
						COMB4B 655,00; 945,00
LP	150	x	600	XB,X1-X2	1800	COMB5A 655,00; 945,00
				XH,X1-X2	1800	COMB5B 655,00; 945,00
						COMB6A 655,00; 945,00
						COMB6B 655,00; 945,00
				XH,X5-X6	1800	COMB1 655,00; 945,00
						COMB2 900,00; 1350,00; 1800,00
						COMB6A 900,00; 1350,00; 1800,00
				X6,XA-XH	27075	COMB2 0,00; 450,00; 900,00
						COMB6A 0,00; 450,00; 900,00
						COMB2 0,00; 450,00; 900,00
						COMB1 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB2 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB3 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4A 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4B 26200,0; 26637,5; 27075,0

Tabel 3. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt 4

LT 4						
Tipe Balok	Ukuran (mm)			Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
B3	250	x	450	XA,X3-X4	3100	COMB6A 2875,00; 3100,00
				X4,XC-XD	4150	COMB2 0,00; 100,00; 207,14; 2178,57; 2325,00
						COMB3 100,00; 207,14
						COMB4A 100,00; 207,14
						COMB4B 100,00; 207,14
						COMB6B 100,00; 207,14
B5	250	x	300	XH,X3-X4	3450	COMB2 1700,00; 2000,00; 2300,00
B6	250	x	300	X5,XA-XB	1900	COMB1 633,33; 709,09
						COMB2 633,33; 709,09; 987,88; 1266,67
						COMB3 633,33; 709,09
						COMB4A 633,33; 709,09
						COMB4B 633,33; 709,09
						COMB6A 633,33; 709,09
B7	200	x	300	X4,XB'-XC	2750	COMB6B 633,33; 709,09
						COMB1 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB2 0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB3 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4A 0,00; 335,00; 670,00; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4B 2020,00; 2385,00; 2750,00
B8	150	x	300	XB',X4"-X5	3780	COMB6A 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB1 655,00; 945,00
						COMB2 655,00; 945,00
						COMB3 655,00; 945,00
						COMB4A 655,00; 945,00
						COMB4B 655,00; 945,00
LP	150	x	600	X6,XA-XH	27075	COMB5A 655,00; 945,00
						COMB5B 655,00; 945,00
						COMB6A 655,00; 945,00
						COMB6B 655,00; 945,00
						COMB1 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB2 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB3 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4A 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4B 26200,0; 26637,5; 27075,0

Tabel 4. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt 5

LT 5						
Tipe Balok	Ukuran (mm)			Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
B3	250	x	450	XA,X3-X4	3100	COMB6A 2875,00; 3100,00
				X4,XC-XD	4150	COMB1 100,00; 207,14
						COMB2 0,00; 100,00; 207,14; 2178,57; 2325,00
						COMB3 0,00; 100,00; 207,14
						COMB4A 0,00; 100,00; 207,14
						COMB4B 0,00; 100,00; 207,14
						COMB6B 100,00; 207,14
						COMB1 1700,00; 2000,00; 2300,00
B5	250	x	300	XH,X3-X4	3450	COMB2 1150,00; 1700,00; 2000,00; 2300,00
						COMB3 1700,00; 2000,00; 2300,00
						COMB4A 1700,00; 2000,00; 2300,00
						COMB4B 1700,00; 2000,00; 2300,00
						COMB1 633,33; 709,09
B6	250	x	300	X5,XA-XB	1900	COMB2 633,33; 709,09; 987,88; 1266,67
						COMB3 633,33; 709,09
						COMB4A 633,33; 709,09
						COMB4B 633,33; 709,09
						COMB6A 633,33; 709,09
						COMB6B 633,33; 709,09
						COMB1 0,00; 335,00; 670,00; 2020,00; 2385,00; 2750,00
B7	200	x	300	X4,XB'-XC	2750	COMB2 0,00; 335,00; 670,00; 985,71; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB3 0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4A 0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB4B 0,00; 335,00; 670,00; 1971,43; 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB5A 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB5B 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB6A 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB6B 2020,00; 2385,00; 2750,00
						COMB1 655,00; 945,00
B8	150	x	300	XB',X4"-X5	3780	COMB2 655,00; 945,00
						COMB3 655,00; 945,00
						COMB4A 655,00; 945,00
						COMB4B 655,00; 945,00
						COMB5A 655,00; 945,00
						COMB5B 655,00; 945,00
						COMB6A 655,00; 945,00
						COMB6B 655,00; 945,00
						COMB2 17742,90; 18128,60; 18514,30
LP	150	x	600	X1,XB-XH	24300	COMB1 26200,0; 26637,5; 27075,0
				X6,XA-XH	27075	COMB2 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB3 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4A 26200,0; 26637,5; 27075,0
						COMB4B 26200,0; 26637,5; 27075,0

Tabel 5. Titik Lokasi Bentang Balok OS Lt Attic MEP

LT ATTIC MEP						
Tipe Balok	Ukuran (mm)			Lokasi OS (Grid)	Panjang Bentang (mm)	Comb Lokasi OS (Titik Bentang) (mm)
B3	250	x	450	X4,XC-XD	4150	COMB2 0,00; 207,14
						COMB3 0,00; 207,14
						COMB4A 0,00; 207,14
						COMB4B 0,00; 207,14
				XA,X3-X4	3450	COMB1 3225,00; 3345,00
						COMB2 3225,00; 3345,00
						COMB3 3225,00; 3345,00
						COMB4A 3225,00; 3345,00
B7	200	x	300	X4,XB'-XC	2750	COMB4B 3225,00; 3345,00
						COMB6A 3225,00; 3345,00
						COMB1 1971,43; 2360,71; 2750,00
						COMB2 0,00; 492,86; 985,71; 1971,43; 2360,71; 2750,00
						COMB3 1971,43; 2360,71; 2750,00
						COMB4A 1971,43; 2360,71; 2750,00
						COMB4B 1971,43; 2360,71; 2750,00
LP	150	x	600	X1,XB-XH	24300	COMB6B 1971,43; 2360,71; 2750,00
						COMB2 5785,71; 6171,43; 6557,14; 6942,86; 17357,1; 17742,9; 18128,6; 18514,3

Pada balok yang mengalami Over Stress (OS) dapat ditambahkan tulangan torsi untuk mengatasi Over Stress (OS) yang terjadi pada beberapa titik yang diakibatkan oleh beban torsi yang berlebihan.

Perhitungan Biaya Struktur

Perhitungan biaya struktur berdasarkan kuantitas yang didapat dari Perusahaan. Dengan adanya perubahan kolom untuk mendapatkan hasil struktur yang aman maka diperlukan perhitungan kuantitas kolom setelah dilakukan perubahan. Perhitungan biaya juga berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan 2023 (AHSP 2023)

Tabel 6. Data Kuantitas Struktur & Rekap Kuantitas Struktur Kolom Perubahan

Volume Pekerjaan Struktur Gedung Hilton Garden Inn Extension					
No	Keterangan	Volume			
		Beton (Kg)	Besi (Kg)	Wiremash (m2)	Begisting (m2)
1	Kolom				
	- Kolom Lantai GF	28,98	5645,70		184,65
	- Kolom Lantai 2	21,93	4837,36		143,82
	- Kolom Lantai 3	20,63	4771,83		140,51
	- Kolom Lantai 4	17,36	4618,48		133,37
	- Kolom Lantai 5	15,59	4528,05		130,81
	- Kolom Lantai Attic MEP	5,95	1507,68		54,59
	Total Kolom	110,43	25909,10		787,73
2	Tie Beam	27,57	7654,15		195,62
3	Beam				
	- Beam Lantai 2-5	145,43	46811,39		786,92
	- Beam Lantai Attic MEP	36,68	10921,47		992,52
	- Beam Roof Top	2,51	803,63		19,37
	Total Beam	184,61	58536,49		1798,81
4	Slab				
	- Slab Lantai GF	73,52	6136,56		14,90
	- Slab Lantai 2-5 WM	317,62		2003,93	2477,38
	- Slab Kantilever Lantai 2-5		10002,27		
	- Slab Lantai Attic MEP WM	71,87		520,07	621,94
	- Slab Kantilever Lantai Attic MEP		1909,96		
	- Slab Roof Top WM	6,36		50,56	56,27
	Total Slab	469,39	18048,79	2574,56	3170,49
5	Tangga				
	- Tangga #1	8,33	1337,23		77,97
	- Tangga #2	10,02	1593,45		94,26
	Total Tangga	18,35	2930,67		172,23

Tabel 7. Perhitungan Total Biaya Struktur

Perhitungan Total Biaya Struktur					
No	Ket	Vol	Sat	Harga Satuan Pekerjaan	Jumlah Harga
1	Pekerjaan Beton Struktur	810,34	m3	Rp 1.168.807,00	Rp 947.133.339,55
2	Pekerjaan Pembesian Tulangan	113079,21	kg	Rp 16.257,28	Rp 1.838.360.385,17
3	Pekerjaan Pembesian Tulangan	14028,42	kg	Rp 24.558,31	Rp 344.514.259,70
4	Pemasangan Bekisting untuk	195,62	m2	Rp 249.089,00	Rp 48.725.968,19
5	Pemasangan Bekisting untuk Balok	1798,81	m2	Rp 426.302,00	Rp 766.837.025,33
6	Pemasangan Bekisting untuk Kolom	787,73	m2	Rp 417.722,00	Rp 329.050.897,89
7	Pemasangan Bekisting untuk Plat	3170,49	m2	Rp 562.922,00	Rp 1.784.738.166,74
8	Pemasangan Bekisting untuk Tangga	172,23	m2	Rp 388.104,00	Rp 66.843.697,21
Total Harga					Rp 6.126.203.739,78

KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada struktur bangunan Gedung Hilton Garden Inn Extension setelah dilakukan perubahan metode *Tie Beam SOG* menjadi *Suspended* dapat disimpulkan:

1. Struktur Bangunan Gedung Hilton Garden Inn Extension tidak aman, dikarenakan terdapat over stress yang terjadi pada beberapa titik kolom pada lantai GF, lantai 2, lantai 3, dan lantai 4.
2. Setelah dilakukan analisis dengan mencoba merubah dimensi kolom yang mengalami over stress didapatkan hasil dimensi kolom sebagai berikut:
 - a. Kolom K1 (300x800mm) menjadi K1 1 (500x800mm), K1 2 (450x800mm) dan K1 3 (400x800mm) serta penambahan 2 besi tulangan utama.
 - b. Kolom K2 (350x350mm) menjadi K2 1 (400x400mm).
 - c. Kolom K3 (200x500mm) menjadi K3 1 (300x500mm) dan K3 2 (250x500mm).

Balok yang mengalami *Over Stress* (OS) yang diakibatkan oleh beban torsi yang berlebihan dapat ditambahkan tulangan torsi untuk mengatasi *Over Stress* (OS) yang terjadi pada beberapa titik.

3. Biaya Struktur Bangunan Gedung Hotel Hilton Garden Inn Extension mencakup struktur *Tie Beam*, Kolom, *Beam*, Plat lantai, Plat Kantilever, dan Tangga, didapatkan total biaya sebesar Rp. 6.126.203.739,78. Sedangkan biaya rencana awal sebesar Rp. 6.053.114.595,91. Sehingga biaya setelah dilakukan perubahan bertambah sebesar 0.6% (Rp. 73.089.143,88)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Naully, M. Rahman Rambe, and F. Patriotika, "Analisa Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pelat Lantai Konvensional Dengan Pelat Lantai Pracetak Pada Gedung Berlantai Tiga," *Statika*, vol. 5, no. 2, pp. 55–65, Sep. 2022.
- [2] M. Wulandari, R. Hari Murti, T. Iga Mawarni, and V. Erdiningtyas, "Perbandingan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai Slab On Ground (SOG) Dan Pelat Lantai Konvensional Dari Segi Biaya Dan Waktu," *Orbith*, vol. 20, no. 2, pp. 167–177, Jul. 2024.
- [3] F. Jaglien, L. Servie, O. Dapas, and S. E. Wallah, "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 4, pp. 471–482, Jul. 2020.
- [4] A. Mistavhirul, T. Setianingrum, I. Nurhada, and Sukamta, "Redesain Struktur Gedung Hotel Citihub Magelang," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 67–76, 2018.
- [5] "SNI 03-1727-1989 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung."