

# Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Beban Crane

RIZKITA DWI FAJRINA<sup>1</sup>, EUNEKE WIDYANINGSIH, S.T., M.T.<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email : rizkitadwi23@gmail.com

## ABSTRAK

*Bangunan workshop dengan crane biasanya menggunakan baja yang menjadi material utama strukturnya mengingat baja memiliki nilai redaman tinggi yang dapat menahan beban besar pada struktur. Pada kasus ini, struktur memiliki material utama struktur berupa beton bertulang. Sehingga, dilakukan analisis perilaku struktur beton bertulang dalam menahan beban crane dalam kondisi statis menggunakan software analisis struktur dengan output berupa data analisis gempa statik ekuivalen, gaya dalam, dan pengecekan terhadap elemen struktur tersebut. Dari hasil analisis gempa statik ekuivalen, didapat nilai gaya geser dasar sebesar 277.352 kN dan nilai gaya gempa lateral arah x dan y sebesar 277.352 kN. Pada analisis struktur, didapat distribusi nilai pada gaya aksial sebesar -570.492 kN, untuk gaya geser sebesar 273.501 kN, dan untuk gaya momen sebesar -133.514 kNm. Lalu pada analisis elemen struktur didapat hasil bahwa pada analisis balok lentur memiliki nilai rasio sebesar 0.968 dan struktur memiliki prinsip "strong column-weak beam".*

**Kata kunci:** bangunan workshop, analisis struktur, beton bertulang, beban crane

## 1. PENDAHULUAN

SMART (Sadang Manufacturing, Research, and Technology) Valley adalah kawasan manufaktur dan riset dalam negeri yang memiliki 16 *workshop* sebagai tempat produksi perlengkapan tol dengan 4 *workshop* di antaranya dipasang *overhead hoist crane* sebagai alat untuk mempermudah proses pengangkatan barang pada saat produksi. Pada umumnya, bangunan *workshop* yang dipasang *crane* menggunakan baja yang mampu meningkatkan nilai redaman pada sistem struktur sebagai material utama strukturnya yang mengakibatkan baja dinilai lebih mampu untuk menahan beban besar pada bangunan. Sehingga, baja banyak digunakan pada bangunan *workshop* yang dipasang *crane* pada bangunannya. Namun, pada kasus ini, struktur bangunannya menggunakan material beton bertulang sebagai material utama strukturnya. Maka dari itu, penulis akan melakukan analisis struktur beton bertulang akibat beban *crane* pada bangunan *workshop* proyek SMART Valley.

## 2. KAJIAN TEORI

### 2.1 Struktur Bangunan

#### 1. Struktur Beton Bertulang

Campuran beton terdiri dari air, agregat kasar, agregat halus, semen, dan bahan tambahan lainnya. Dengan bercampurnya material penyusun beton dapat menjadikan beton menjadi material yang memiliki tingkat durabilitas tinggi. Selain itu, beton juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap air, api, serta suhu yang tinggi. Sehingga, struktur beton bertulang kerap dijadikan pilihan untuk menjadi material utama dalam suatu struktur bangunan. Namun, struktur beton bertulang bersifat lemah terhadap

lendutan yang diakibatkan dari beban yang bekerja pada struktur. Maka dari itu, struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk mengatasi permasalahan lendutan yang berpotensi memperlemah kekuatan struktur.

## 2. Elemen Struktural

Kolom adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menahan beban vertikal dari bagian atas bangunan. Sedangkan, balok adalah salah satu bagian dari struktur yang berfungsi untuk memikul beban-beban transversal yang diterima dari atap, lantai, atau struktur bangunan lainnya.

## 2.2 Bangunan *Workshop*

*Workshop* adalah suatu tempat atau bangunan yang berisi perkakas, alat, atau mesin yang berfungsi sebagai tempat fabrikasi, perbaikan, dan perawatan peralatan.

### 1. Struktur *Crane*

*Overhead hoist crane* adalah suatu rangkaian dari *hoist crane* yang terpasang pada bagian atap bangunan untuk mengangkat dan memindahkan beban juga dirancang untuk mengangkat dan memindahkan beban berat dalam ruangan dengan menggunakan sistem rel gantung.

### 2. Beban Statis

Beban statik adalah beban terpusat yang terkonsentrasi pada titik tertentu di mana beban *crane* tersebut berada dan dalam kondisi diam.

## 2.3 Pembebanan Struktur

### 1. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

### 2. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaiannya, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu.

### 3. Beban Gempa

Beban gempa pada suatu struktur adalah beban yang bekerja akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya getaran gempa.

### 4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan berfungsi untuk memprediksi besarnya beban yang mungkin terjadi dalam suatu struktur bangunan. Adapun kombinasi pembebanan yang ada pada SNI 1727-2020 adalah sebagai berikut:

- a. Kombinasi 1 =  $1,4D$
- b. Kombinasi 2 =  $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- c. Kombinasi 3 =  $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. Kombinasi 4 =  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- e. Kombinasi 5 =  $0,9D + 1,0W$
- f. Kombinasi 6 =  $1,2D + Ev + Eh + L + 0,2S$
- g. Kombinasi 7 =  $0,9D + Ev + Eh$

## 2.4 Analisis Elemen Struktur Gedung

Analisis elemen struktur beton bertulang dilakukan untuk melihat kualitas dari elemen struktur tersebut yang mana berkaitan dengan prinsip "*strong column-weak beam*". Dalam analisis tersebut dilakukan penyelidikan terhadap bagian struktur beton bertulang yang mengalami beban aksial dan lentur.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang menjadi tujuan penelitian adalah dengan mengumpulkan data. Adapun data-data yang diperlukan adalah data mengenai material struktur gedung dan *crane*, data mutu material struktur gedung dan *crane*, dan data dimensi struktur gedung dan *crane*. Tahapan selanjutnya adalah studi literatur yang mana dilakukan dengan membaca jurnal serta buku terkait kasus pada penelitian ini. Lalu selanjutnya adalah melakukan analisis dengan metode numerik untuk mendapatkan hasil dari pemodelan struktur yang bertujuan untuk menganalisis setiap elemen struktur yang dimodelkan. Dari analisis dengan metode numerik yang sudah dilakukan, dilihat terlebih dahulu perilaku pemodelan struktur yang tanpa beban *crane*. Apabila struktur sudah stabil, maka selanjutnya dilakukan pemodelan struktur dengan beban *crane*. Lalu selanjutnya dilakukan analisis dari *output* yang didapatkan dari *software* analisis struktur dan melakukan pembahasan sehingga mendapatkan kesimpulan maupun saran dari penelitian yang sudah dilakukan.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Gempa Statik Ekuivalen

Tabel 1. Perhitungan Gaya Geser Dasar

Gaya Gempa Statik			
Respons Spektra :		Parameter Struktur :	
Ss	0.898 g	R	8
S1	0.4085 g	I <sub>e</sub>	1
Sds	0.683 g	<b>Koefisien Gempa Statik :</b>	
Sd1	0.515 g	C <sub>s</sub>	0.085
<b>Perioda Pendekatan :</b>		C <sub>s</sub> max	0.111
C <sub>t</sub>	0.0466	C <sub>s</sub> min	0.0301 > 0,01
x	0.9	C <sub>s</sub> *	0.111
h <sub>n</sub>	10 m	<b>Gaya Geser Dasar</b>	
T <sub>a</sub>	0.3702 s	W	249522.300 kg
<b>Batas Atas Perioda :</b>			249.522 kN
C <sub>u</sub>	1.4	V	27735.184 kg
T <sub>max</sub>	0.5182 s		277.352 kN

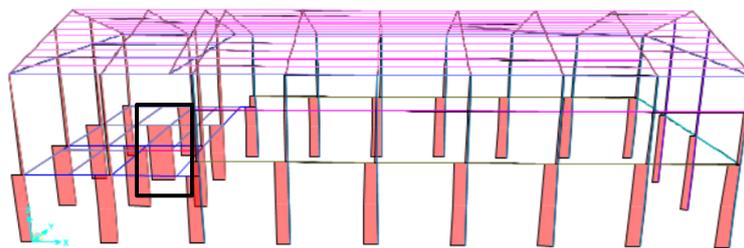
**Tabel 2. Perhitungan Gaya Gempa Lateral**

Gaya Gempa Lateral					
Number	Berat Seismik (W) [kN]	$h_i$ [m]	$W_i \cdot h_i^k$	$C_{vx}$	$F_{x-y}$ [kN]
1	2495.223	10	25507.901	1.000	277.352

Dari hasil analisis gempa statik ekuivalen, didapat hasil bahwa nilai gaya geser dasar sebesar 277.352 kN dan untuk nilai gaya gempa lateral arah x dan y sebesar 277.352 kN.

## 4.2 Analisis Struktur Bangunan

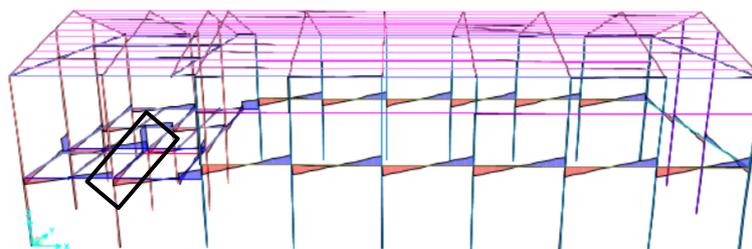
### 1. Gaya Aksial



**Gambar 1. Gaya Aksial yang Terjadi pada Struktur**

Pada gaya aksial yang ditunjukkan dari pemodelan didapat distribusi nilai gaya aksial yang terjadi sebesar -570.492 kN yang terjadi pada *label frame* nomor 97 yaitu kolom pada area *mezzanine*.

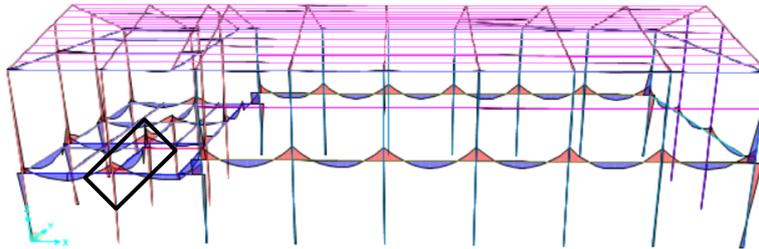
### 2. Gaya Geser



**Gambar 2. Gaya Geser yang Terjadi pada Struktur**

Pada gaya geser yang ditunjukkan dari pemodelan didapat distribusi nilai gaya geser sebesar 273.501 kN yang terjadi pada *label frame* nomor 18 yaitu balok area *mezzanine*.

### 3. Gaya Momen



**Gambar 3. Gaya Momen yang Terjadi pada Struktur**

Pada gaya momen yang ditunjukkan dari pemodelan didapat distribusi nilai gaya momen sebesar -133.514 kNm yang terjadi pada *label frame* nomor 18 yaitu balok area *mezzanine*.

### 4.3 Analisis Elemen Struktur Bangunan

#### 1. Analisis Balok Lentur

Pada analisis balok, dikeluarkan tabel nilai  $M_u$  dari setiap elemennya lalu diraih nilai  $M_u$  tertinggi untuk nantinya dapat dihitung kekuatannya atas penulangan yang digunakan. Pada balok area *mezzanine*, didapat hasil bahwa balok dengan nomor label 18 memiliki nilai  $M_u$  paling besar sehingga dibandingkan dengan  $\phi M_n$  dari  $A_{s\text{perlu}}$  yang didapat dari pemodelan. Dari perbandingan keduanya, didapat hasil bahwa  $\phi M_n > M_u$  yang mana hal tersebut dinilai aman dan sudah sesuai dengan yang disyaratkan serta memiliki nilai rasio sebesar 0.968. Detail perhitungan dan nilai terdapat pada perhitungan di bawah ini.

**Tabel 3.** Hasil  $M_u$  dari Pemodelan

BALOK AREA MEZZANINE						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	M2	M3
18	5.5	COMB2	Combination	Max	0	-133.5141
18	5.5	COMB2	Combination	Min	0	-133.5399

**Tabel 4.** Hasil  $\phi M_n$  dari Perhitungan  $A_{s\text{perlu}}$

No	Area	Sisi	As perlu (mm)		Diameter mm	a (mm)	Mn (kNm)	fMn (kNm)
			Kiri	Kanan		$A_s * f_y / 0.85 * f'_c * b$	$A_s * f_y (d - a / 2)$	$0.9 * M_n$
1	Mezzanine	Atas	699	699	16	55.484	153.324	137.992
2		Bawah	527	527	16	41.831	117.108	105.397

#### 2. Interaksi Balok-Kolom

**Tabel 4.** Nilai  $P_u$  dan  $M_u$  pada Kolom

KOLOM AREA MEZZANINE								
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	M2	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	
97	4.15	COMB2	Combination	Max	-570.492	4.6071	3.5369	
97	4.15	COMB2	Combination	Min	-570.529	4.5987	3.2453	

**Tabel 5. Nilai  $\phi P_n$  dan  $\phi M_n$  pada Kolom**

No	Area	Sisi	As perlu (mm)		Diameter	Pn (kN)	fPn (kN)	Mn (kNm)	fMn (kNm)
			Kiri	Kanan	mm				
1	Label 97 - Mezzanine	Atas	1200	1200	16	3018.402	1961.961	253.197	227.877
2		Bawah	1200	1200	16	3018.402	1961.961	253.197	227.877

Adapun rumus untuk melakukan pengecekan terhadap interaksi balok – kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} < 1 \quad (1)$$

Dari rumus di atas, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{570.529}{1961.961} + \frac{4.6071}{227.877} < 1$$

0.311 < 1 ... **(OK!)**

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan hasil bahwa struktur tersebut memiliki prinsip "*strong column – weak beam*".

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis gempa statik, diperoleh hasil bahwa kuat geser dasar memiliki nilai sebesar 277.352 kN dan untuk perhitungan gaya gempa lateral arah x dan y didapat nilai sebesar 277.352 kN. Dari hasil analisis gaya dalam pada struktur ini didapat hasil untuk gaya aksial sebesar -570.492 kN, untuk gaya geser sebesar 273.501 kN, dan untuk gaya momen sebesar -133.514 kNm. Struktur bangunan beton bertulang ini sudah memenuhi syarat di mana  $\phi M_n > M_u$  dengan nilai rasio sebesar 0.968 dan memenuhi prinsip "*strong column – weak beam*".

## DAFTAR PUSTAKA

- Resmonida, D.Y. 2020. *Studi Kinerja Pelat dan Balok Beton Bertulang di gedung E Fakultas Teknik Universitas Lampung Akibat Getaran*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 1727: 2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847: 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 1726: 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Honarto R. J. et al. 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*. (Skripsi). Manado: Universitas Sam Ratulangi.