

# KEGAGALAN STRUKTUR DAN PENANGANANNYA

Joni Irawan<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

## Ringkasan

*Bangunan yang terdapat di Banjarmasin dan sekitarnya, umumnya menggunakan sistem panggung. Sesuai dengan peraturan daerah Kota Banjarmasin, yang mengharuskan bangunan-bangunan menggunakan sistem panggung. Hal tersebut bertujuan agar keberadaan bangunan tidak mengganggu aliran air. Apabila bangunan tersebut menggunakan sistem panggung, maka di bawah bangunan terdapat ruang yang kosong. Ruang kosong tersebut mengakibatkan kolom bawah tanpa pengaku dinding, sehingga diperlukan sloof sebagai pengaku struktur bawah. Sloof hanya berfungsi untuk menahan beban lateral yang diakibatkan oleh tekanan tanah sekitar bangunan.*

*Pada penelitian ini, menggunakan kasus bangunan yang retak pada dinding bangunan dengan lebar retak 2 cm.*

*Pengumpulan data berdasarkan hasil pengamatan langsung dan gambar rencana dari konsultan perencana.*

*Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi bangunan, ternyata pada struktur bawah bangunan tersebut tidak menggunakan sloof, serta dimensi yang terpasang mempunyai ukuran yang sangat kecil dengan konfigurasi yang tidak monolit.*

*Setelah mengetahui semua data yang terpasang pada bangunan, kemudian dimodelkan dengan menggunakan software komputer. Pemodelan dibuat dua macam, model asli sesuai kondisi eksisting dan model dengan beberapa alternatif penanganan. Permodelan model eksisting menunjukkan hasil bahwa displacement pada bangunan atas melebihi nilai toleransi.*

*Hal tersebut disebabkan oleh tidak adanya sloof pada bangunan bawah, dimensi balok dan kolom baja yang terpasang sangat kecil, serta posisi kolom tidak sentris sampai ke bangunan bawah.*

*Setelah ditambahi dengan sloof dan penambahan balok serta kolom, displacement pada bangunan menjadi berkurang, masih dalam batas toleransi dan tegangan yang terjadi pada profil baja tidak overstress, tidak melebihi tegangan ijin.*

**Kata Kunci :** Balok, kolom, sloof, lendutan

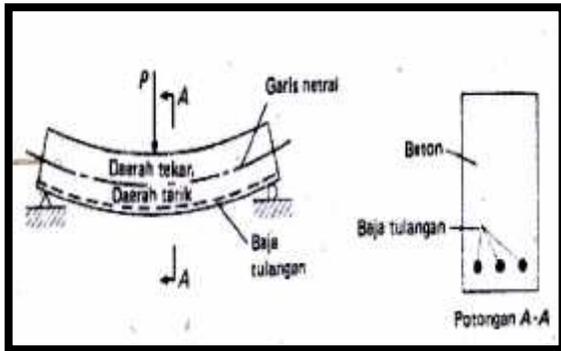
## 1. PENDAHULUAN

Kekuatan struktur merupakan hal yang mutlak diperlukan untuk kenyamanan pengguna bangunan tersebut. Terdapat beberapa unsur penting dalam struktur, yaitu balok, kolom, plat, dan pondasi. Kekuatan struktur bangunan atas ditentukan oleh balok dan kolom. Balok dan kolom merupakan satu kesatuan yang tidak bisa terpisahkan dari bagian struktur utama suatu bangunan. Balok bekerja menahan beban secara menyeluruh yang terdapat tepat di atas balok tersebut, maupun beban yang merupakan distribusi dari plat. Selanjutnya balok menyalurkan beban tersebut ke kolom. Kolom menempati posisi penting di dalam sistem struktur bangunan, sehingga dalam sistem perhitungan struktur harus mengacu pada prinsip strong column weak beam. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur secara keseluruhan. Letak kolom pun harus sentris antar kolom pada setiap lantai.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran yang merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya. Beton bertulang adalah merupakan gabungan dari dua jenis bahan beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah, sedangkan tulangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberi ke-

kuatan tarik yang diperlukan. Misalnya, kekuatan dari balok yang diperlihatkan pada Gambar 1 secara nyata dipertinggi dengan jalan menambahkan tulangan baja didaerah tarik.



Gambar 1. Kedudukan batang-batang tulangan dalam balok beton bertulang.

Baja dan beton dapat bekerja sama atas dasar beberapa alasan: (1) lekatan (bond, atau interaksi antara batangan baja dengan beton keras sekelilingnya) yang mencegah selip (slip) dari baja relatif terhadap beton; (2) campuran beton yang memadai memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja; dan (3) angka kecepatan muai yang hampir sama.

### Lendutan Balok

Pada balok terlentur, selain dibatasi oleh momen ultimit maksimum yang terjadi tidak boleh melebihi momen nominal, juga dibatasi oleh lendutan maksimum atau lendutan ijin. Besarnya lendutan maksimum elemen lentur ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berupa kenyamanan pemakai bangunan, keselamatan, keindahan dan psikologis. Besar lendutan yang terjadi pada balok tergantung pada panjang bentang, ukuran penampang, material, dan beban yang bekerja. Untuk struktur balok sederhana, besar lendutan yang terjadi dapat dilihat pada persamaan yang terdapat pada Gambar 2.

$$f_{max} = \frac{5 w.L^4}{384 E.I} \leq f_{ijin}$$

(a) Lendutan akibat beban terbagi merata

$$f_{max} = \frac{1 P.L^3}{48 E.I} \leq f_{ijin}$$

(b) Lendutan akibat beban terpusat

Gambar 2. Persamaan besar lendutan pada balok

Struktur balok dengan model yang lain, nilai lendutan dapat dihitung dengan program analisa struktur. Sedangkan untuk struktur balok menerus dengan beban terbagi merata. Batas nilai lendutan maksimum elemen lentur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Batas Lendutan Maksimum Arah Vertikal

No.	Tipe elemen struktur	Lendutan Maksimum	BEBAN		Keterangan
			hidup	Total	
1.	Balok-balok pendukung lantai, lantai bangunan umum dan perumahan	$\frac{L}{360}$	✓		
2.	Balok kantilever seperti di atas	$\frac{L}{180}$	✓		
3.	Balok yang mendukung tembok penangan banjir	$\frac{L}{600}$		✓	
4.	Balok pendukung kemir	$\frac{L}{500}$	✓		
5.	Balok pendukung atap	$\frac{L}{360}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin
6.	Gording bentang tunggal atau menemu	$\frac{L}{180}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin
7.	Gording (kantilever)	$\frac{L}{90}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin

Pada balok-balok miring, pedoman batas lendutan dalam pedoman ini berlaku untuk arah lendutan tegak lurus sumbu kuat, kecuali bila ada ketentuan lain.

### Retak

Retakan dapat terjadi pada saat beton belum mengeras (masih plastis) yang sering disebut "Setting Shrinkage" dan "Settlement Shrinkage". Retakan ini masih dapat berkembang dan berlanjut walaupun beton sudah mengeras yang biasanya diakibatkan oleh curing/perawatan yang buruk. Salah satu penyebab utama yang sering dijumpai dilapangan adalah karena terlalu menganggap ringan atau karena kurang paham terhadap perilaku beton akibat "Early Thermal Movement"

Tabel 2 Batasan Lebar Retak Maksimum

NO	KONDISI LINGKUNGAN	LEBAR RETAK MAKSIMUM (mm)
1	Udara kering ada lapisan pelindung	0,40
2	Udara lembab	0,30
3	Air laut, basah dan kering silih berganti	0,15
4	Bangunan air	0,10

Sumber : ACI Committee 224

### Analisa Tegangan

Kriteria leleh untuk kondisi tegangan triaksial menurut Huber-von Mises-Hencky adalah:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \leq f_y^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  adalah merupakan tegangan – tegangan utama, sedangkan  $\sigma_c$  adalah tegangan efektif. Banyak dalam perencanaan struktur  $\sigma_3$  mendekati nol atau cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Dan persamaan (1) dapat direduksi menjadi:

$$\sigma_c^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 \leq f_y^2$$

atau dapat dituliskan pula sebagai berikut:

$$\frac{\sigma_1^2}{f_y^2} + \frac{\sigma_2^2}{f_y^2} - \frac{\sigma_1 \sigma_2}{f_y^2} \leq 1$$

### 3. KONDISI EKSTING, RETAK DAN PENYEBAB RETAK

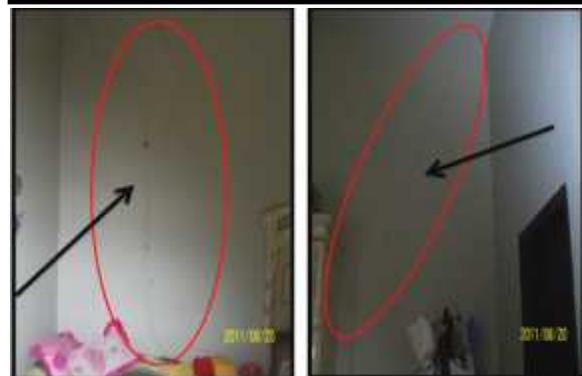


Gambar 3. Kondisi saat pelaksanaan bangunan

Berdasarkan pemeriksaan terhadap kondisi eksisting, kemungkinan penyebab keretakan pada bangunan adalah sebagai berikut :

- a) Pada struktur bangunan bawah tidak terdapat sloof, sehingga apabila terdapat beban lateral (horizontal), goyangan yang terjadi pada bangunan struktur atas akan besar, dikarenakan neut (tiang bawah) tanpa pengaku lateral.

- b) Angkur dari kolom terhadap dinding (hebel) jarak 1 m, seharusnya jarak antar angkur maksimal 40 cm, sehingga apabila terdapat beban lateral, akan mengakibatkan dinding kurang kaku dan simpangan (displacement) menjadi besar.
- c) Dimensi kolom dan balok profil baja 120x120x4, setelah dimodelkan pada program computer, tegangan yang terjadi melampaui tegangan yang diijinkan, simpangan (displacement) yang terjadi cukup besar.
- d) Terdapat beberapa kolom yang tidak lurus terhadap neut (tiang bawah), sehingga menyebabkan puntir pada balok lantai.
- e) Sambungan antara neut (tiang bawah) dengan balok tidak sempurna :
  - Ujung neut tidak menempel pada balok lantai 1
  - Selimut beton terlalu tipis, terdapat tulangan yang keluar, sehingga dapat mengakibatkan terjadi korosi pada tulangan yang dapat memperlemah balok dan neut.
- f) Terdapat beberapa neut yang miring, akibat kesalahan pada saat pelaksanaan.
- g) Dinding sebelah dalam pada lantai 2 tidak tepat berada dibawah tembok pada lantai 1, sehingga akan menyebabkan puntir pada balok dan dinding lantai 1.
- h) Letak Tangga tidak tepat di atas neut, dan pada sisi samping hanya menempel pada dinding, tidak terdapat balok tangga.



Gambar 4. Kondisi retak bangunan

### 3. METODE PENELITIAN

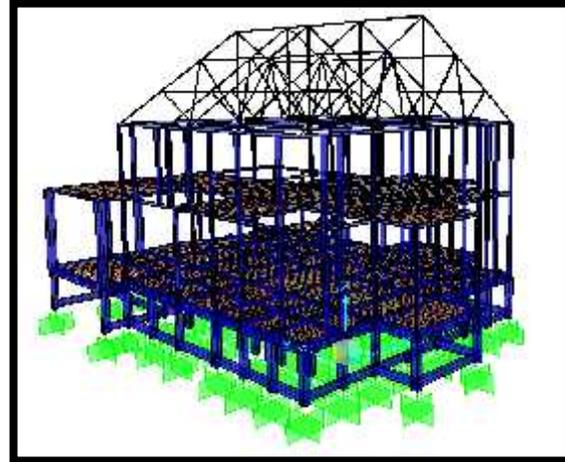
Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Permodelan kondisi eksisting
- b. Analisis kondisi eksisting
- c. Permodelan perbaikan struktur
- d. Analisis hasil perbaikan

### 4. HASIL DAN ANALISIS

#### Permodelan Kondisi Eksisting

Permodelan kondisi eksisting dengan menggunakan software komputer. Model kondisi eksisting seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Pada kondisi eksisting kolom yang digunakan profil baja 120x120x4, dan pemasangan sloof tidak menyeluruh, hanya keliling bagian luar bangunan saja.



Gambar 5. Kondisi eksisting bangunan

#### Analisis Kondisi Eksisting Bangunan

Setelah bangunan eksisting dimodelkan, maka didapatkan hasil analisis dari kondisi eksisting tersebut. Hasil analisis seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

#### Permodelan perbaikan struktur

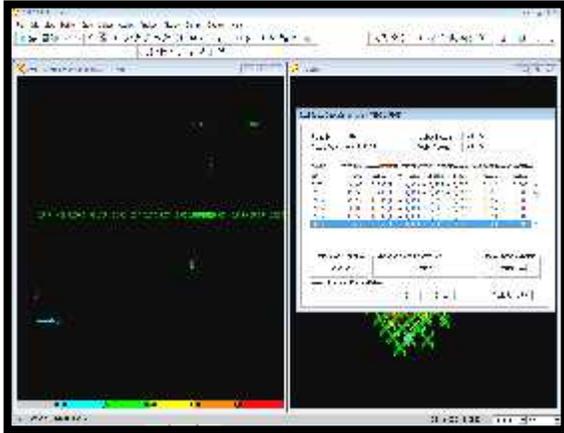
Perbaikan struktur dengan menambahkan balok dan kolom dengan dimensi yang lebih besar, yaitu baja profil H 150x150x10 dan Kolom beton 30/30. Serta penambahan sloof pada semua arah, yang menghubungkan semua kolom. Model perbaikan terlihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Analisa tegangan baja pada balok eksisting.

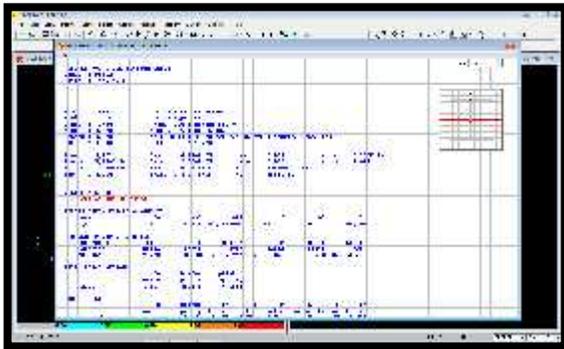
BALOK (Ton)							
No.	Frame	Total Ratio	P Ratio	Mmajor Ratio	Mminor Ratio	Ratio Limit	Status Check
1.	1418	1,409	0,000	1,408	0,000	1,000	overstress
2.	1417	1,868	0,000	1,866	0,000	1,000	overstress
3.	1416	2,132	0,000	2,131	0,000	1,000	overstress
4.	1415	2,271	0,000	2,269	0,002	1,000	overstress
5.	1414	2,268	0,000	2,266	0,000	1,000	overstress
6.	1413	1,527	0,000	1,526	0,000	1,000	overstress
7.	1411	1,569	0,000	1,568	0,000	1,000	overstress
8.	1410	2,910	0,000	2,909	0,000	1,000	overstress
9.	1718	2,257	0,004	2,252	0,002	1,000	overstress
10.	1719	1,846	0,003	1,842	0,000	1,000	overstress
11.	1721	1,031	0,003	1,029	0,000	1,000	overstress
12.	1440	1,306	0,009	1,293	0,004	1,000	overstress
13.	1444	1,268	0,004	1,263	0,000	1,000	overstress
14.	1445	1,315	0,003	1,311	0,000	1,000	overstress
15.	1446	1,315	0,002	1,312	0,000	1,000	overstress
16.	1447	1,235	0,002	1,233	0,000	1,000	overstress
17.	1908	1,130	0,000	1,098	0,032	1,000	overstress
18.	1664	1,170	0,001	1,168	0,000	1,000	overstress
19.	1665	1,606	0,000	1,601	0,004	1,000	overstress
20.	1666	1,398	0,000	1,396	0,001	1,000	overstress
21.	1680	1,264	0,008	1,253	0,004	1,000	overstress
22.	1255	1,430	0,005	1,419	0,005	1,000	overstress
23.	1256	1,353	0,007	1,344	0,002	1,000	overstress

Tabel 4. Analisa tegangan baja pada kolom eksisting

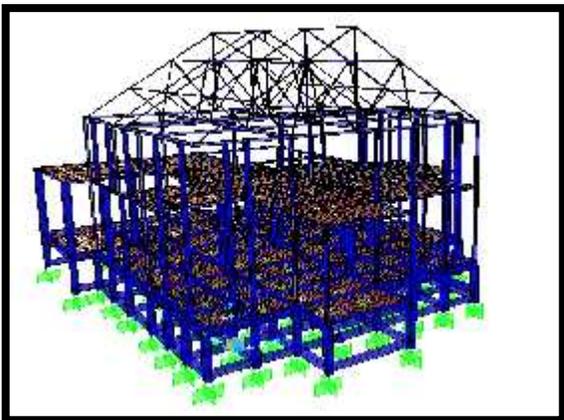
KOLOM (Ton)							
No.	Frame	Total Ratio	P Ratio	Mmajor Ratio	Mmijor Ratio	Ratio Limit	Status Check
1.	7	1,223	0,494	0,095	0,634	1,000	overstress
2.	9	1,115	0,549	0,061	0,505	1,000	overstress
3.	76	1,360	0,048	1,231	0,082	1,000	overstress
4.	173	2,498	1,296	0,559	0,643	1,000	overstress



Gambar 6. Tegangan baja overstress kondisi eksisting.



Gambar 7. Nilai tegangan baja overstress kondisi eksisting



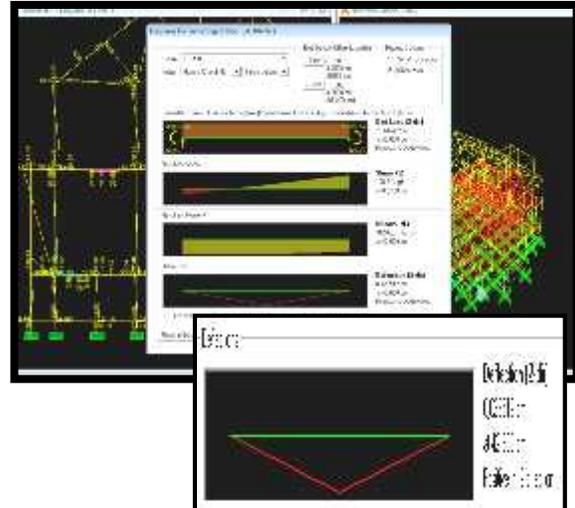
Gambar 8. Permodelan perbaikan struktur

### Analisis Hasil Perbaikan

#### Perhitungan Lendutan

Tipe elemen struktur : Lantai yang tak memikul/ dipasang pada elemen non struktural yang cenderung rusak oleh lendutan yang besar. Lendutan maksimum :  $1/360 \times L$ ,  $L$  maks = 3,26 m, Lendutan ijin =  $326/360 = 0,906$  cm, Lendutan eksisting = 3,5 cm (diukur di lapangan), melebihi batas lendutan ijin. Lendutan perbaikan = 0,0285 cm.

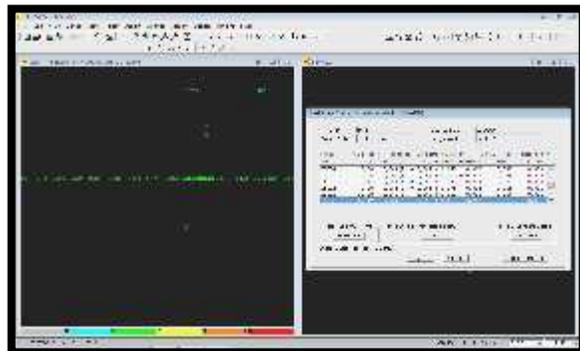
Jadi, lendutan yang terjadi setelah perbaikan aman karena masih dalam batas kurang dari lendutan yang diijinkan. Lendutan setelah adanya penambahan struktur kolom dan balok dapat dilihat pada Gambar 9.



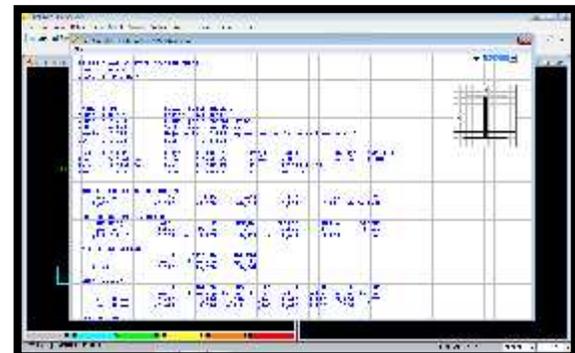
Gambar 9. Grafik lendutan setelah perbaikan

#### Tegangan Balok dan Kolom Baja

Setelah dilakukan perbaikan pada eksisting maka tegangan juga tidak lagi mengalami *over-stress*. Hal tersebut terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Tegangan baja OK didenah perbaikan.



Gambar 11. Nilai tegangan baja OK didenah perbaikan

### Kondisi Pelaksanaan Perbaikan

Setelah dianalisis penambahan balok dan kolom dengan dimensi 150x150x4, Penambahan kolom beton 30/30 dan penambahan sloof. Kemudian dilakukan tahapan-tahapan pelaksanaan perbaikan. Pelaksanaan perbaikan seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kondisi pelaksanaan perbaikan struktur

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

- Pada struktur bangunan bawah tidak terdapat sloof, sehingga apabila terdapat beban lateral (horizontal), goyangan yang terjadi pada bangunan struktur atas akan besar, dikarenakan balok neut (tiang bawah) tanpa pengaku lateral. Sehingga untuk kasus ini diperlukan tambahan sloof secara menyeluruh sebagai pengaku lateral.
- Setelah meninjau dan mengevaluasi serta menganalisa perencanaan ulang dengan menggunakan program software komputer dan peninjauan lapangan, struktur balok, kolom beton serta balok dan kolom baja eksisting tidak aman, sehingga harus diperkuat dengan penambahan kolom dan balok.
- Terdapat beberapa kolom yang tidak sentris terhadap neut yang menghabungkan dengan fondasi, hal tersebut dapat menimbulkan momen yang cukup besar pada balok penumpu dan mengakibatkan lendutan yang melebihi nilai toleransi. Perkuatan dengan memberikan *bracing* pada posisi bawah kolom dengan neut.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*, Bandung : Offset.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : PT. Gramedia.
- Nawi, Edward G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung PT. Rafika Aditama.
- Schodek, Daniel L. (1991). *Struktur*. Bandung: PT. Eresco.
- W.C, Vis dan Gideon H Kusuma. (1995). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.
- Wigroho, Haryanto Yoso. (2001). *Analisis dan Perancangan Struktur Frame Menggunakan SAP 2000*. Yogyakarta: Andi.