

# ANALISIS PERBANDINGAN KEKUATAN KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI, KOLOM BERLUBANG DAN KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)*

Mifta Helmina

Karmila Achmad,ST.,MT. dan Nama Masrul Huda, M.A.

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan

---

## Abstrak

Kolom merupakan salah satu bagian dari struktur yang terpenting dari bangunan. Kolom berfungsi memikul beban yang berada di atasnya untuk diteruskan ke tanah melalui pondasi. Beberapa jenis kolom yang sering digunakan pada bangunan di Indonesia yaitu kolom persegi, kolom silinder dan kolom persegi panjang. Kolom yang sering digunakan pada bangunan berupa kolom persegi berlubang, karena kolom berlubang bertujuan sebagai tempat santasi air hujan dan menambah nilai estetika pada bangunan itu sendiri. Seperti yang kita ketahui beberapa daerah di Indonesia sering terjadi pergeseran lempeng bumi yang mengakibatkan gempa. Untuk meminimalisir keruntuhan kolom akibat gempa, maka diperlukan perkuatan pada kolom tersebut. Perkuatan yang sering digunakan yaitu *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* merupakan salah satu jenis perkuatan pada FRP. Penggunaan CFRP lebih populer dibanding perkuatan lainnya seperti GFRP atau AFRP karena kekuatan yang tinggi dan bobot unit yang kecil. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan nominal ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ).

Untuk jenis kolom yang digunakan yaitu kolom persegi (KP), kolom berlubang (KB) dan kolom persegi perkuatan (KPP) dengan dimensi yang digunakan berukuran 400 mm x 400 mm dengan tulangan pokok 12D16 dan tulangan sengkang  $\emptyset 10-150$ . Kolom berlubang menggunakan rasio lubang berukuran 3 inch (7,5 cm), untuk tebal CFRP berukuran 1 mm.

Hasil dari perhitungan diagram interaksi untuk KP yaitu  $P_n = 1785$  kN dan  $M_n = 292,06$  kNm. Untuk hasil perhitungan KB mendapatkan nilai keruntuhan tarik  $P_n = 5733$  kN dan  $M_n = 934,479$  kNm, untuk nilai keruntuhan tekan  $P_n = 2141,28$  kN dan  $M_n = 349,029$  kNm. Untuk hasil perhitungan dari KPP yaitu  $P_n = 2166$  kN dan  $M_n = 373,28$  kNm. Untuk pengaruh kekuatan CFRP pada KP sebesar  $P_n = 38\%$  dan  $M_n = 127\%$ . Pada umumnya disuatu bangunan, kolom akan diberi lubang dengan rasio tertentu yaitu ( $\leq 4\%$  dari luas penampang), dan hal tersebut mengakibatkan penurunan kekuatan pada kolom.

**Kata kunci:** CFRP, Kolom, Kolom Berlubang.

## Abstract

*Columns are the most important structures of a building. The functions to carry the load above it to be passed to the ground through the foundation. Some types of columns often used in buildings in Indonesia are square columns, cylindrical columns, and rectangular columns. The columns often used in buildings are hollow square columns because the hollow column is intended as a place to handle rainwater and add aesthetic value to the building itself. As we*

know, some regions in Indonesia often shift the Earth's plates which cause earthquakes. To minimize column collapse due to an earthquake, reinforcement in the column is needed. The reinforcement used is Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) is one type of reinforcement in FRP. The use of CFRP is more popular than other reinforcement such as GFRP or AFRP because of its high strength and small unit weight. This research was conducted to obtain the nominal compressive strength ( $P_n$ ) and nominal moment ( $M_n$ ).

For the types of columns used are square columns (KP), hollow columns (KB) and square reinforcement columns (KPP) with dimensions used measuring 400 mm x 400 mm with 12D16 main reinforcement and stirrup reinforcement  $\emptyset 10-150$ . The perforated column uses a 3 inch (7.5 cm) hole ratio, for CFRP thickness of 1 mm.

The results of the calculation of the interaction diagram for KP are  $P_n = 1785$  kN and  $M_n = 292.06$  kNm. The results of the KB calculation, the tensile collapse value  $P_n = 5733$  kN and  $M_n = 934,479$  kNm, for the compressive collapse value  $P_n = 2141.28$  kN and  $M_n = 349,029$  kNm. The results of calculations from KPP, namely  $P_n = 2166$  kN and  $M_n = 373.28$  kNm. The effect of CFRP strength on KP is  $P_n = 38\%$  and  $M_n = 127\%$ . Generally, in a building, the column will be given a hole with a certain ratio ( $<4\%$  of the cross-sectional area), and it results in a decrease in strength of the column.

**Keywords : CFRP, Column, Hollow Column.**

---

## **I. Pendahuluan**

### **1.1 Latar Belakang**

Kolom merupakan salah satu bagian dari struktur yang terpenting dari bangunan. Kolom berfungsi memikul beban yang berada di atasnya untuk diteruskan ke tanah melalui pondasi. Maka kolom merupakan komponen struktur yang menerima kombinasi gaya aksial tekan dan momen. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya atau bahkan merupakan batas runtuh keseluruhan struktur bangunan. Beberapa jenis kolom yang sering digunakan pada bangunan di Indonesia yaitu kolom persegi, kolom silinder dan kolom persegi panjang. Kolom yang sering digunakan pada bangunan berupa kolom berlubang, karena kolom berlubang bertujuan sebagai tempat santasi air hujan dan menambah nilai estetika pada bangunan itu sendiri.

Seperti yang kita ketahui beberapa daerah di Indonesia sering terjadi pergeseran lempeng bumi yang mengakibatkan gempa. Untuk meminimalisir keruntuhan kolom akibat gempa, maka diperlukan perkuatan pada kolom tersebut. Perkuatan yang sering digunakan yaitu *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP). *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) merupakan salah satu

jenis perkuatan pada FRP. Daya tahan CFRP yang tinggi lebih ekonomis digunakan pada lingkungan korosif dimana baja akan mudah berkarat. Penggunaan CFRP lebih populer dibandingkan jenis FRP lain seperti *Glass* dan *Aramid*. Beberapa keunggulan dari CFRP seperti kekuatan yang tinggi, bobot unit yang kecil, mudah diaplikasikan dan ditangani, biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah. Kerugian yang paling prinsip dari penggunaan CFRP sebagai sistem perkuatan adalah harga material yang relatif lebih mahal.

Adanya perkuatan untuk kolom akan mempengaruhi terhadap perhitungan pada kolom. Sehingga perlu penelitian tentang **“ANALISIS PERBANDINGAN KEKUATAN KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI, KOLOM BERLUBANG DAN KOLOM DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)*”**

## **1.2 Rumusan Penelitian**

1. Berapa kuat tekan nominal untuk kolom persegi, kolom berlubang dan kolom perkuatan?
2. Berapa momen nominal pada masing-masing penampang kolom?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui nilai  $P_n$  dan  $M_n$  pada perkuatan kolom.
2. Untuk mengetahui pengaruh kekuatan kolom dengan penambahan CFRP.

## **1.4 Batasan Penelitian**

1. Kuat tarik diabaikan.
2. Peraturan-peraturan yang digunakan dalam analisis ini berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia.
3. Mutu Beton ( $f'_c$ ) yang digunakan adalah 30 MPa.
4. Mutu Baja ( $f_y$ ) yang digunakan adalah 400 MPa.
5. Untuk Kolom persegi berukuran 40/40 dengan tulangan utama 12D16 dan tulangan sengkang  $\emptyset 10$ -150 mm.
6. Menggunakan 1 lapis CFRP dengan tebal 1 mm.
7. Mutu CFRP adalah 79762,77 Psi = 549,944 MPa.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Mendapatkan nilai kuat tekan nominal ( $P_n$ ) dan momen nominal ( $M_n$ ) pada kolom.
2. Mendapatkan pengaruh kekuatan kolom dengan perkuatan CFRP.

3. Mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang struktur beton bertulang khususnya kolom.

## **II. Landasan Teori**

### **2.1 Kolom**

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang bertugas menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil (Dipohusodo,1994). SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Kolom merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Kolom beton (tiang beton) adalah beton bertulang yang diletakkan dengan posisi vertikal. Kolom berfungsi sebagai pengikat pasangan dinding bata dan penerus beban dari atas menuju *sloof* yang kemudian diterima oleh pondasi. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

### **2.2 Jenis-Jenis Kolom**

Bentuk dan susunan tulangan pada kolom dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

1. Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
2. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral sengkang atau lateral.
3. Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja atau pipa. Structural di dalamnya dengan/tanpa diberi tulangan pokok memanjang.

### **2.3 Kolom Berlubang**

Kolom merupakan elemen struktur yang mempunyai peranan yang sangat penting jika dibandingkan dengan elemen struktur yang lain tetapi pada kenyataannya banyak bangunan gedung karena tuntutan estetika kadang-kadang kurang memperhatikan pengaruh lubang akibat adanya instalasi pipa untuk pembuangan air hujan, sanitasi, listrik, dll. Yang tertanam pada kolom, karena dengan adanya lubang dapat mengurangi luas penampang kolom sehingga dapat mengurangi kekuatan strukturnya.

Penelitian terhadap kolom segiempat yang berlubang pada beton mutu rendah pernah dilakukan oleh (Supriyadi, 1997), yaitu meneliti mengenai pengaruh rasio lubang dengan dimensi kolom terhadap kapasitas lentur kolom beton bertulang dan didapat hasil bahwa dengan rasio lubang sebesar 9,43% kolom belum menunjukkan keruntuhan tekuk (*buckling failure*) sampai beban batasnya dicapai. Penelitian ini akan mempelajari secara analitis kekuatan lentur kolom segiempat berlubang dengan taraf beban aksial  $P = 0,20.f_c'.A_g$  s/d  $0,60.f_c'.A_g$ , dan menggunakan luas lubang lebih dari 4 persen pada beton mutu normal.

## **2.4 CRRP Sebagai Perkuatan Pada Kolom**

Pada dasarnya bangunan konstruksi khususnya kolom dapat mengalami perubahan setelah dibangun, dan harus melakukan perbaikan atau perkuatan pada kolom tersebut. Tetapi dengan perkembangan jaman, untuk melakukan perkuatan pada bangunan tersebut, tidak harus merubah dimensi pada kolom itu sendiri. Untuk perkuatan pada bangunan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*), AFRP (*Aramid Fiber Reinforced Polymer*). Perkuatan yang sering digunakan pada kolom yaitu CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), karena dari segi penggunaan CFRP lebih populer dan mempunyai banyak keuntungan, serta mudah dikerjakan, dan biaya instalasi atau pemeliharaan yang rendah.

## **2.5 Pembebanan Pada Kolom**

1. Beban Mati dinyatakan dengan lambang D
2. Beban Hidup dinyatakan dengan lambang L
3. Beban Angin dinyatakan dengan lambang W
4. Beban Gempa dinyatakan dengan lambang E
5. Beban Khusus dinyatakan dengan lambang S

## **III. Metode Penelitian**

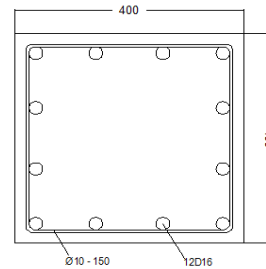
### **3.1 Data Struktur**

1. Kolom Persegi (KP)

$$F_y = 400 \text{ MPa}$$

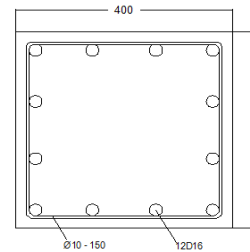
$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$d'$  = 40 mm  
 Dimensi Penampang = 400 mm x 400 mm  
 Tulangan Pokok = 12D16  
 Tulangan Sengkang =  $\text{Ø}10-150$



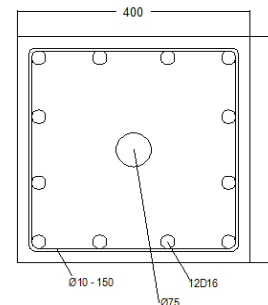
## 2. Kolom Persegi Dengan Perkuatan CFRP (KPP)

$F_y$  = 400 MPa  
 $F_c'$  = 30 Mpa  
 $d'$  = 40 mm  
 Dimensi Penampang = 400 mm x 400 mm  
 Tulangan Pokok = 12D16  
 Tulangan Sengkang =  $\text{Ø}10-150$   
 Tebal CFRP = 1 mm.  
 Mutu CFRP = 79762,77 Psi = 549,944 MPa



## 3. Kolom Persegi Berlubang (KB)

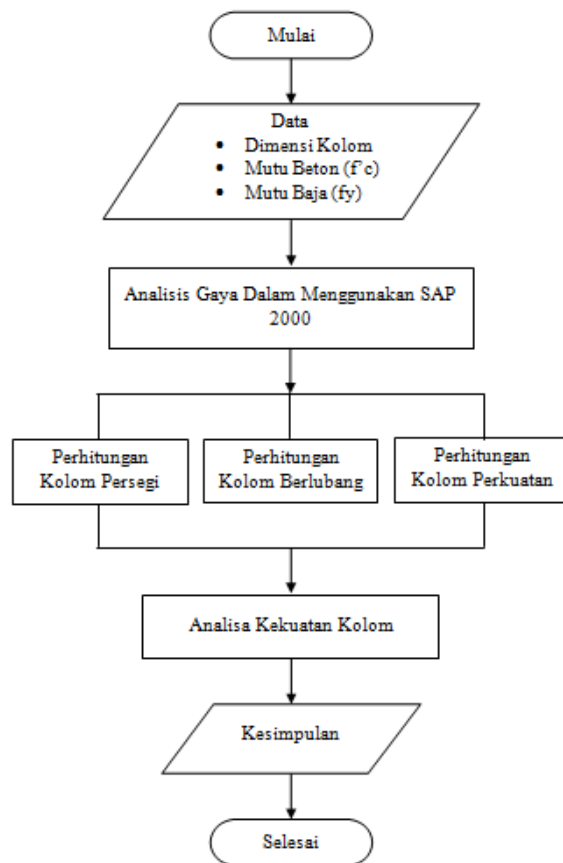
$F_y$  = 400 MPa  
 $F_c'$  = 30 Mpa  
 $d'$  = 40 mm  
 Dimensi Penampang = 400 mm x 400 mm  
 Tulangan Pokok = 12D16  
 Tulangan Sengkang =  $\text{Ø}10-150$   
 Diameter Pipa = 3inch=7,5cm



### 3.2 Data Sekunder

1. Data gambar.
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, PPIUG-1983.
3. Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung, SK SNI T-15-1991 03, selanjutnya disebut SNI-1991.
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002, selanjutnya disebut SNI-2847.

### 3.3 Diagram Alir Analisa Kolom



Gambar 1 Diagram Alir Analisa Kolom

## IV. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Kapasitas Kolom Persegi (KP)

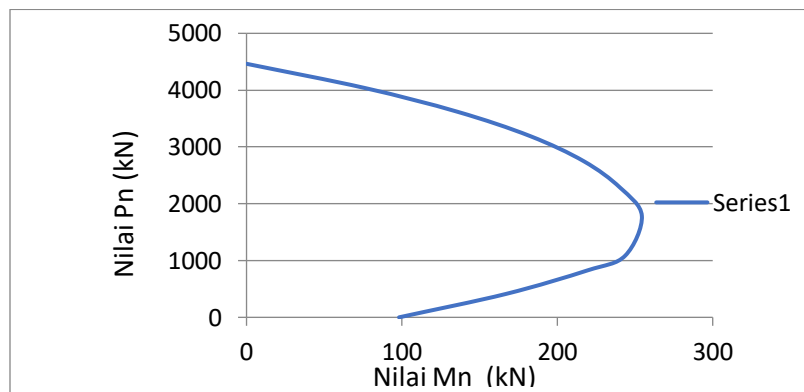
Hasil  $P_n$  dan  $M_n$  Pada Kolom Persegi dari perhitungan kapasitas KP dengan luas penampang 400 mm x 400 mm, maka diperoleh hasil data  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$  yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$  Pada KP

$M_n$ (kNm)	$P_n$ (kN)	$e$ (mm)
0	4463.7	0
76.07	4038	19
135.74	3619.3	38
182.524	3190.8	57

217.044	2748.2	79
240.363	2284.1	105
254.407	1786.8	142
243.658	1085.1	225
219.274	825	266
167.101	413.1	404
98.138	0	≈ tak terhingga

Jadi kesimpulan data diatas, kapasitas kolom persegi dapat menahan beban sebesar  $P_u = 79,322$  kN dengan Momen sebesar  $M_u = 10,787$  kNm. Untuk membuat grafik diagram interaksi KP dapat menggunakan nilai  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$ . Hasil grafik diagram interaksi KP dapat dilihat pada gambar 4.3.



#### 4.2 Kapasitas Kolom Berlubang (KB)

Hasil  $P_n$  dan  $M_n$  Pada Kolom Persegi dari perhitungan kapasitas KB dengan luas penampang  $400$  mm x  $400$  mm, maka hasil dari keruntuhan tarik sebesar  $P_n = 1707,2539$  kN dengan  $M_n = 243,454$  kNm. Untuk keruntuhan tekan didapatkan hasil sebesar  $P_n = 208,7283$  kN dengan  $M_n = 29,7647$  kNm.

#### 4.3 Kapasitas Kolom Persegi Dengan Perkuatan CFRP (KPP)

Hasil  $P_n$  dan  $M_n$  Pada Kolom Persegi dari perhitungan kapasitas KB dengan luas penampang  $400$  mm x  $400$  mm, maka diperoleh hasil data  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$  yang dapat dilihat pada tabel 2.

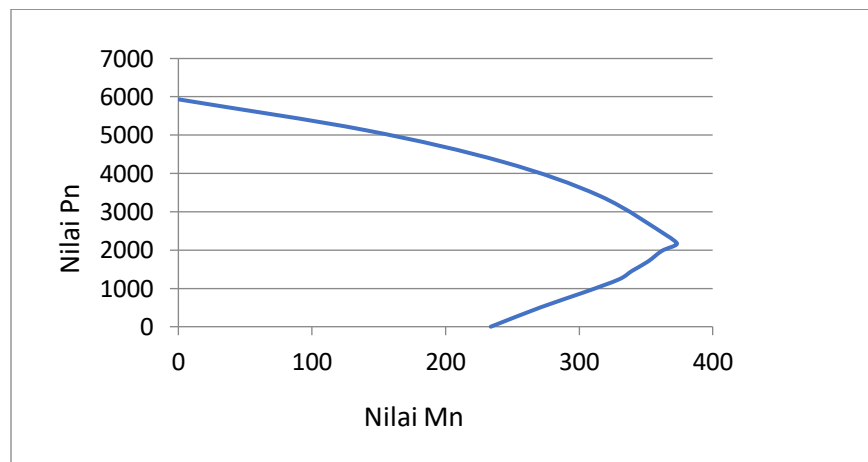
Tabel 4.2 Hasil  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$  Pada KPP

$M_n$ (kNm)	$P_n$ (kN)	$e$ (mm)
0	5935	0
140.03	5130	27



242.83	4304	56
315.74	3410	93
365.29	2389	153
373.28	2166	172
362.01	1980	183
351.46	1699	207
339.64	1458	233
330.02	1239	266
304.13	903	337
271.21	506	536
233.85	0	≈ tak terhingga

Jadi kesimpulan data diatas, kapasitas kolom persegi dengan perkuatan dapat menahan beban sebesar  $P_u = 79,322$  kN dengan Momen sebesar  $M_u = 10,787$  kNm. Untuk membuat grafik diagram interaksi KPP dapat menggunakan nilai  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $e$ . Hasil grafik diagram interaksi KPP dapat dilihat pada gambar 4.6.



#### 4.4 Analisa Kekuatan Kolom Persegi Menggunakan CFRP

Jadi hasil dari perhitungan diagram interaksi untuk KP yaitu  $P_n = 1786,8$  kN dan  $M_n = 254,407$  kNm. Untuk hasil perhitungan KB mendapatkan nilai  $P_n = 208,7283$  kN dan  $M_n = 29,7647$  kNm. Untuk hasil perhitungan dari KPP yaitu  $P_n = 2166$  kN dan  $M_n = 373,28$  kNm.

Untuk pengaruh perkuatan CFRP terhadap kolom (KP) dengan sebesar  $P_n = 3,794\%$  dan  $M_n = 1,188\%$ . Pengaruh penambahan rasio pada lubang mengakibatkan turunnya kekuatan pada kolom sebesar  $P_n 15,778\%$  dan  $M_n 2,246\%$ . Karena pada umumnya disuatu bangunan, kolom yang ada akan diberi lubang dengan rasio tertentu yaitu ( $\leq 4\%$  dari luas penampang) dan hal tersebut mengakibatkan penurunan kekuatan pada kolom.

## V. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Untuk kuat tekan nominal pada Kolom Persegi yaitu  $P_n = 1786,8$  kN, kuat tekan nominal pada Kolom Berlubang yaitu  $P_n = 208,7283$  kN, dan kuat tekan nominal pada Kolom dengan Perkuatan yaitu  $P_n = 2166$  kN.
2. Untuk momen nominal pada kolom persegi yaitu  $M_n = 254,407$  kNm, momen nominal kolom berlubang yaitu  $M_n = 29,7647$  kNm dan momen nominal pada kolom dengan perkuatan yaitu  $M_n 373,28$  kNm.

### 5.2 Saran

1. Perlu penelitian lanjutan tentang perkuatan CFRP pada kolom berlubang, atau perkuatan lainnya seperti GFRP dan AFRP.
2. Apabila luas penampang pipa atau rongga ukurannya berbeda dengan yang diperhitungkan dalam penelitian ini, maka kekuatan kolom harus diperhitungkan kembali.

### Daftar Pustaka

- [1] Dipohusodo, Istimawan (1994), *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Umum.
- [2] Dwi Ayu, Dinar, 2018, *Pengaruh Rasio Lubang Pada Dimensi Penampang Terhadap Kekuatan Kolom Beton*, JUTATEKS, 2, 2, 71-74.
- [3] Supriyadi (1997), *Pengaruh Lubang dan Ratio Tulangan Pada Kuat Batas Kolom Beton Berlubang*, Tesis S2 Fakultas Teknik Sipil UGM Yogyakarta.