

## **PERHITUNGAN LUAS PENULANGAN METODE *BISECTION* PADA KOLOM *BIAXIAL* MENGGUNAKAN DELPHI DENGAN RUMUS BRESLER**

Kamaludin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, ITENAS - Bandung, Jl. PHH Mustofa 23 Bandung  
email: kamal.itenas@gmail.com

### **ABSTRACT**

*One of the roles of technology in the field of engineering is in the field of structural engineering in designing an element in a concrete structure. Effective area of reinforcement on elements column is one that must be considered in planning a concrete structure. The stage of designing reinforcement often requires a fairly long process complicated and repetitive to get the balance requirements. There are several cases in designing reinforcement in concrete structures that are difficult to design if done manually because it requires a long and repetitive process. Seeing this situation requires a way to implement software technology on biaxial column reinforcement design. Software creation usually uses a numeric methods to facilitate implementation into programming languages. Problems what arises is how to apply numerical methods to solve problems the design problem of this biaxial column reinforcement, then one or several methods are needed numerical will be applied to the completion of the reinforcement design on the biaxial column element this is by utilizing software engineering technology. Case studies that will done in this study is the reinforcement design needed to withstand the load outside which is quite effective and efficient. The results of this study include the first, determining reinforcement area is faster and more accurate. Second, the error results obtained in determine this concrete reinforcement can be arranged as small as possible from the given tolerance value. Third, the area of reinforcement obtained in general is only a few iterations. Fourth, The application of the method for two (bisection) can be used in determining the area of reinforcement in a biaxial column because this method always converges to the actual value of the reinforcement.*

**Keywords:** *Design Reinforcement, Biaxial Column, Method for two (bisection), Capacity of Column, Bresler Formula*

### **PENDAHULUAN**

Maraknya penggunaan komputer di berbagai bidang kehidupan manusia, menuntut setiap orang untuk mengetahui dan mempelajari berbagai macam software pendukung yang dapat bermanfaat dalam mempermudah pekerjaan. Salah satu peranan teknologi komputer pada bidang rekayasa adalah pada bidang rekayasa struktur dalam mendisain suatu elemen pada struktur beton. Jumlah dan luas tulangan pada kolom beton merupakan salah satu yang harus diperhatikan dalam merencanakan elemen struktur beton. Tahap mendisain penampang dan jumlah tulangan kolom sering kali membutuhkan suatu proses yang cukup panjang dan rumit karena gaya yang bekerja merupakan gabungan dari gaya dalam

terutama gaya dalam lentur biaxial dan normal.

Ada beberapa kasus dalam mendisain luas dan jumlah tulangan pada penampang kolom struktur beton yang tidak mudah dirancang apabila dilakukan secara manual karena membutuhkan proses yang cukup panjang dan berulang.

Ada dua cara prosedur disain luas dan jumlah tulangan pada kolom yaitu

1. Prosedur pertama dengan cara coba-coba.
2. Prosedur kedua dengan menggunakan salah satu metode numerik.

Cara pertama umumnya lebih lama dikerjakan dibandingkan dengan cara kedua, hal ini dikarenakan tanpa dalam proses perhitungan tanpa memanfaatkan teknologi komputer dan metoda. Metode penyelesaian

cara kedua dalam menentukan jumlah dan luas tulangan kolom yang diperlukan akan diterapkan metode bagi dua (bisection). Metode ini dipilih karena memiliki solusi penyelesaian yang tertutup. Data input awal untuk metode ini dapat dimasukkan yaitu persentasi luas tulangan sebesar 1% dan maksimal 6% dari luas penampang kolom.

Melihat keadaan ini diperlukan suatu algoritma yang bisa diterapkan pada teknologi perangkat lunak. Pembuatan perangkat lunak biasanya menggunakan suatu metoda numerik untuk mempermudah implementasi ke bahasa pemrograman. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana menerapkan metoda numerik untuk menyelesaikan masalah disain ini. Selanjutnya diperlukan satu atau beberapa metode numerik yang akan diterapkan pada penyelesaian disain luas dan jumlah tulangan kolom. Studi Kasus yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah suatu penampang kolom dihitung jumlah dan luas tulangan yang diperlukan dengan metoda bagi dua dan menentukan algoritma yang tepat dalam penyelesaian ini.

### RUANG LINGKUP

1. Konsep disain menggunakan konsep rumus bresler.
2. Penampang berupa penampang persegi beton bertulang.
3. Disain memenuhi syarat kekuatan.
4. Metode Bagi Dua untuk mencari jumlah dan luas tulangan
5. Basis OS dapat berjalan di windows.
6. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu delphi

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan cara diawali dengan studi pustaka lalu membuat model penampang beton persegi bertulang dengan ukuran bebas kemudian merancang algoritma dan diimplementasikan ke bahasa pemrograman serta menerapkan metode numerik yaitu metode bagi dua (bisection) untuk luas dan jumlah tulangan yang diperlukan dalam mendesain penampang beton bertulang dan diakhiri kesimpulan.

Dipilihnya metode ini karena metode ini memiliki karakteristik range tertutup. Implementasi penerapan metode bagi dua (bisection) pada disain ini menggunakan bahasa komputer yaitu bahasa pascal atau pemrograman visual yang disebut Delphi. Metode bagi dua (bisection) diterapkan untuk penentuan jumlah dan luas tulangan yang diperlukan, sehingga tidak perlu lagi coba-coba dan mempermudah dalam menghitung kapasitas disain penampang balok. Adapun proses langkah-langkah dalam menentukan luas dan jumlah tulangan digambarkan pada gambar 1. Keakuratan data yang dihasilkan tergantung nilai toleransi yang diberikan, semakin kecil toleransi maka hasil data output yang diperoleh semakin akurat.

### ALGORITMA

Algoritma adalah urutan langkah-langkah logika untuk menyelesaikan suatu masalah atau problem.

Algoritma dari program ini adalah:

Masalah : Menentukan Luas Total Penulangan Kolom Biaxial

Input :  $P_u, M_{u_x}, M_{u_y}, E_x, E_y, f_c, f_y, b, h, d, d', \emptyset$

Output : Luas Penulangan Total Kolom

Narasi

1. Mulai
2. Input:  
 Penampang :  $b, h, d'$   
 Material :  $f_c', f_y$   
 Gaya Dalam :  $P_u, M_{u_x}, M_{u_y}, E_x, E_y$
3. Asumsi awal luas tulangan total  $A_{st} = 1\% \times b \times h$  s/d  $6\% \times b \times h$
4. Hitung  $P_{n_x}, P_{n_y}, P_{n_0}$
5. Menghitung  $P_{n_0}$   

$$P_{n_0} = C_c + C_{S_{Total}}$$

$$C_c = \text{Compression Concrete}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times (b \times h - A_{S_{Total}})$$

$$C_{S_{Total}} = \text{Compression Steel}$$

$$= C_{S_{Total}} = A_{S_{Total}} \times F_y$$
6. Menghitung  $P_{n_x}$   
 Asumsi awal runtuh tekan  $P_{n_x} > P_{b_x}$

a. Hitung  $P_{bx}$ :

$$P_b = C_c + C_s - T_s$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times (b \times h - A_{s_{total}})$$

$$C_s = A_s' \times f_s'$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

b. Hitung  $P_{nx}$  (satuan inggris)

$$P_{n_x} = \frac{b \times h \times f_c'}{3 \times h \times e_y} + 1,18 + \frac{A_s' \times f_y}{d \times d'} + 0,50$$

Apabila  $P_{nx} > P_{bx}$  maka asumsi kolom runtuh tekan sudah benar

7. Menghitung  $P_{ny}$

Asumsi awal runtuh tekan  $P_{ny} > P_{bx}$

8. Hitung  $P_{by}$

$$P_b = C_c + C_s - T_s$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times (b \times h - A_{s_{total}})$$

$$C_s = A_s' \times f_s'$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

Hitung  $P_{ny}$  (satuan inggris)

$$P_{n_y} = \frac{b \times h \times f_c'}{3 \times h \times e_x} + 1,18 + \frac{A_s' \times f_y}{(b - 2d) \times d} + 0,50$$

Apabila  $P_{ny} > P_{by}$  maka asumsi kolom runtuh tekan sudah benar

9. Hitung

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{n_x}} + \frac{1}{P_{n_y}} - \frac{1}{P_{n_0}}$$

a.  $P_n$  yang bekerja harus sama dengan  $P_n$  yang dipikul.

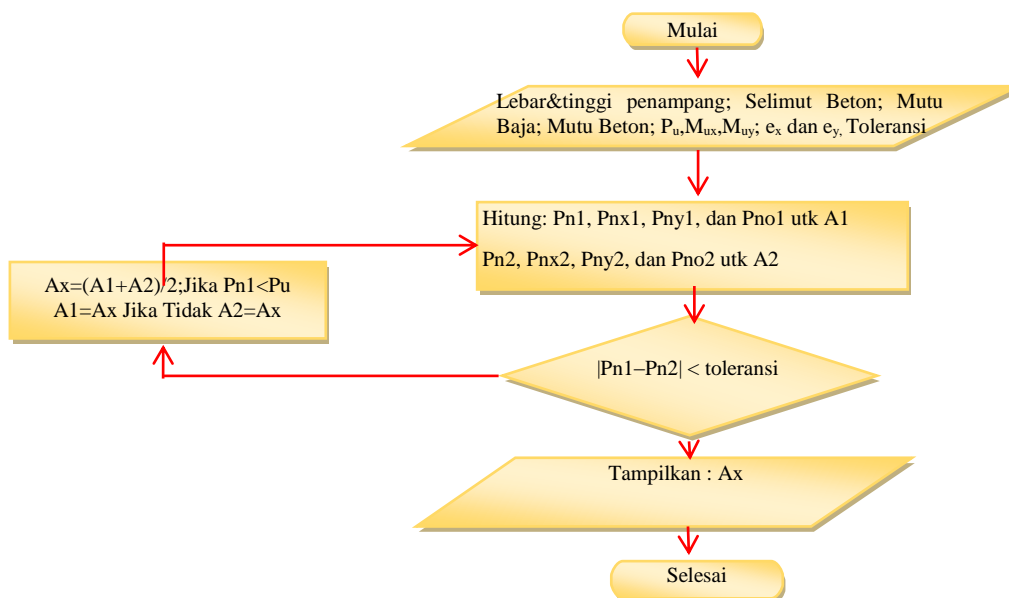
b. Jika kurang dari  $P_n$  yang dipikul maka  $A_{s_{total}}$  diperbesar.

c. Jika lebih dari  $P_n$  yang dipikul maka  $A_{s_{total}}$  diperkecil.

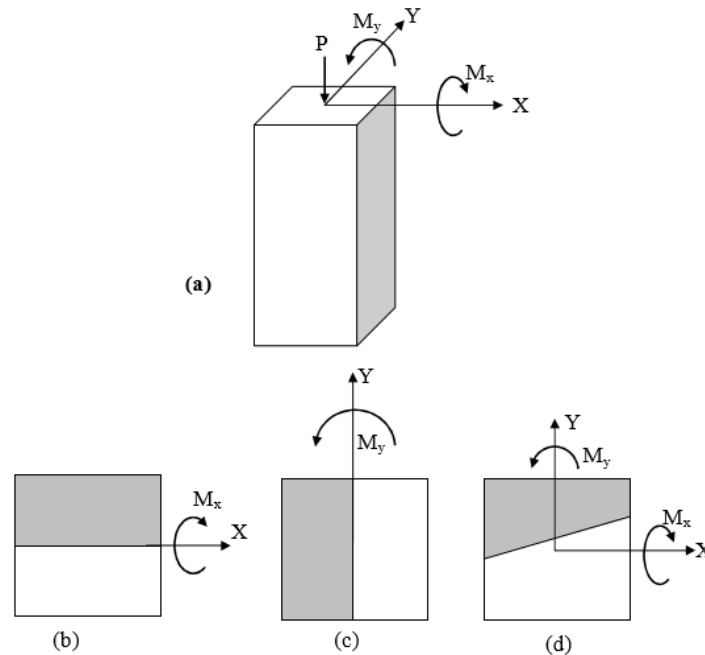
d. Jika  $A_{s_{total}}$  sudah diperbesar namun tetap kurang dari  $P_n$  yang dipikul maka penampang yang harus diperbesar (nilai b, h).

10. Output : Luas Total Penulangan

11. Selesai.



Gambar 1 Flowcart Penentuan Luas dan Jumlah Tulangan



Gambar 2 (a) tampilan 3D, (b) Momen terhadap sumbu x (c) Momen terhadap sumbu y (d) Momen 2 arah terhadap sumbu x dan y

### Persyaratan Bresler dalam Biaxial Bending

Elemen kolom biasanya memiliki 2 arah momen yang saling tegak lurus terhadap sumbu x dan y dan beban aksial serah dengan sumbu z yang diilustrasikan pada gambar 2.

Kapasitas kolom akibat lentur dua arah (*biaxial bending*) dapat dicek dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Boris Bresler berikut ini:

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_{ux}} + \frac{1}{P_{uy}} - \frac{1}{P_{uo}}$$

atau

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{no}}$$

dengan:

$P_{ux}$  = Beban aksial arah sumbu x  
 $P_{uy}$  = Beban aksial arah sumbu y  
 $P_{uo}$  = Beban aksial maksimal

Sedangkan untuk tekan yang diabaikan dapat digunakan rumus:

$$\frac{M_{ux}}{M_x} + \frac{M_{uy}}{M_y} \leq 1$$

atau

$$\frac{M_{nx}}{M_{ox}} + \frac{M_{ny}}{M_{oy}} \leq 1$$

Selanjutnya langkah-langkah perhitungan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Hitung  $e_y = M_{ux}/P_n$  dan  $e_x = M_{uy}/P_n$ .
2. Dengan  $e_y$  kita cari  $P_x$  dan dengan  $e_x$  kita cari  $P_y$ .
3. Hitung kekuatan nominal penampang beton saja ( $P_{nb}$ )  
 $P_{nb} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c$ , dimana  $c = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_y} d$   
 $c$  = jarak garis netral dari tepi serat beton tertekan
4. Hitung  $a = \beta_1 \cdot c$ ,  $F_b = a/d$  dan  $K_b = F_b(1 - F_b/2)$
5. Hitung momen  $M_{nb}$  dan  $e_b$   
 $M_{nb} = 0,85 \cdot f_c \cdot K_b \cdot b \cdot d^2 + A_s \cdot f_y (d - d')$

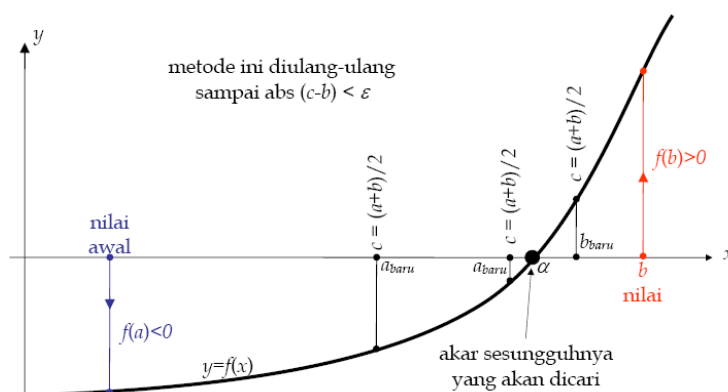
$$E_b = M_{nb}/P_{nb}$$

6. Hitung e dengan pembesaran momen dan cek apakah  $e < e_b$  arat  $e > e_b$   
Dimana  $e_b = e_a + (h/2-d^2)$
7. Bila  $e < e_b$ , Untuk mencari  $P_x$  dan  $P_y$  dapat didekati dengan  
 $P_x = P_o - (e/e_b)^2(P_o - P_{nb})$ ,  $P_o = 0,85 \cdot f^c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y$   
Dari persamaan tersebut didapatkan a (akar – akar persamaan kuadrat), maka P diperoleh.
8. Hitung  $P_i$  dengan persamaan :  
$$\frac{1}{P_i} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o}$$
  
Bila  $P_i > P_u$  maka penampang cukup kuat  
Bila  $P_i < P_u$  maka penampang perlu diperbesar

### Metode Bagi Dua (Metode Bisection)

Dalam penyelesaian matematika dari suatu model persoalan nyata bidang rekayasa, sering yang dicari adalah nilai-nilai variable  $x$  atau VAriabel  $t$  sedemikian rupa sehingga terpenuhi persamaan  $f(x)$  atau  $f(t) = 0$  yang digunakan dalam model. Dalam beberapa kasus, melalui faktorisasi  $f(x)$  atau  $f(t) = 0$  dapat diperoleh penyelesaian seperti yang diinginkan; akant etapi, lebih banyak jabaran persamaan dalam model mempunyai yang rumit, sehingga teknik analisis matematika murni tidak dapat memberikan solusi. Ilustrasi pada gambar 3.

Jika terdapat suatu  $f(x)$  yang menerus  $\in [a,b]$  dan  $f(a) \cdot f(b) < 0$ , maka paling tidak  $f(x)$  mempunyai satu akar  $f(x)$  mempunyai satu akar  $\in [a,b]$ .



Gambar 3 Ilustrasi metode bagi dua

8. Selesai

### Algoritma

1. Mulai
2. Diketahui sebagai data :  $f(x)$ , Toleransi ( $\epsilon$ ) atau ( $n$ ) kali iterasi.
3. Tentukan perkiraan nilai awal ( $a$ ) dan nilai awal ( $b$ ) dengan syarat  $f(a) \cdot f(b) < 0$ . bisa dengan cara memplot fungsi  $f(x)$ .
4. Hitung  $c = (a+b)/2$
5.  $abs(f(x)) < \epsilon$  atau sudah iterasi  $n$  kali maka jawabannya adalah  $c$  dan Selesai.
6. jika  $f(a) \cdot f(c) < 0$  maka  $b = c$  dan jika tidak maka  $a = c$
7. Ulangi tahap 3

### Bahasa Pemrograman Delphi

Delphi adalah suatu program berbasis bahasa Pascal yang telah memanfaatkan suatu teknik pemrograman yang disebut RAD, dan membuat pemrograman menjadi lebih mudah. Selain itu delphi adalah suatu bahasa pemrograman yang telah memanfaatkan metode pemrograman Object Oriented Programming (OOP). Sebagai salah satu piranti pengembangan software berbasis windows, umumnya delphi lebih banyak digunakan untuk pengembangan aplikasi desktop berbasis database, tapi

sebagai perangkat pengembangan yang bersifat general-purpose delphi mampu digunakan dalam berbagai jenis proyek pengembangan software lainnya.

Program Delphi dikenal juga dengan nama IDE (Integrated development Environment), yaitu lingkungan pengembangan aplikasi yang terpadu. Melalui IDE ini dibangun aplikasi-aplikasi dari merancang tampilan untuk pemakai (antarmuka pemakai), menuliskan kode sampai mencari penyebab kesalahan (debugging).

### Statemen IF

Dalam melakukan perhitungan, seringkali ditemukan adanya beberapa pilihan yang harus ditentukan. Sebagai contoh, dari nilai mahasiswa akan ditentukan apakah mahasiswa tersebut lulus atau tidak, dan jika lulus apakah predikat dari nilainya tersebut. Dalam menangani hal ini telah disediakan statemen untuk percabangan, yaitu dengan menggunakan statemen IF.

Statemen IF termasuk pada statemen logika yang digunakan untuk memberikan perumpamaan atau penambahan keterangan. Statemen ini bisa juga diaplikasikan untuk kondisi ganda atau sering disebut juga Statemen IF Ganda atau Majemuk yang artinya dalam statemen IF bisa terdapat statemen IF yang lain lagi. Aturan penulisan statemen if adalah sebagai berikut :

```
if condition then
    statement1;
else
    statement2;
end
```

dimana kondisi diatas adalah ekspresi boolean, jika kondisi berharga true maka statement1 akan dieksekusi, sedangkan jika kondisi bernilai false maka statemen2 yang akan dieksekusi. Bagian else dapat dihilangkan apabila terdapat satu kondisi saja sehingga statemen if diatas menjadi

```
f condition then
    statemen;
```

### Looping

Perulangan (*Looping*) merupakan suatu instruksi yang digunakan untuk mengeksekusi sejumlah instruksi program

secara berulang-ulang. Perulangan mempunyai peranan penting sebab adakalanya bagian dari program perlu dieksekusi kembali berulang-ulang untuk melakukan sejumlah proses. Seperti yang telah diulas pada modul dua dalam bahasa pemrograman proses perulangan dalam sintaks instruksi dan penggunaan yang bervariasi, adapun intruksi yang sering digunakan dalam bahasa Fortran adalah GO...TO, IF, dan DO...CONTINUE. Sedangkan dalam bahasa Pascal intruksi yang digunakan yaitu WHILE...DO, REPEAT...UNTIL, FOR...TO...DO, dan FOR...DOWNT...TO.

Pernyataan perulangan dipakai untuk melakukan proses berulang terhadap pernyataan sederhana atau pernyataan terstruktur

### Struktur While()

Karakteristik while() adalah:

1. Dilakukan pengecekan kondisi terlebih dahulu sebelum dilakukan perulangan. Jika kondisi yang dicek bernilai benar (true) maka perulangan akan dilakukan.
2. Blok statemen tidak harus ada. Struktur tanpa statemen akan tetap dilakukan selama kondisi masih true.

Bentuk Umum

```
while <kondisi> do
begin
    <pernyataan yang akan
    dijalankan>
end
```

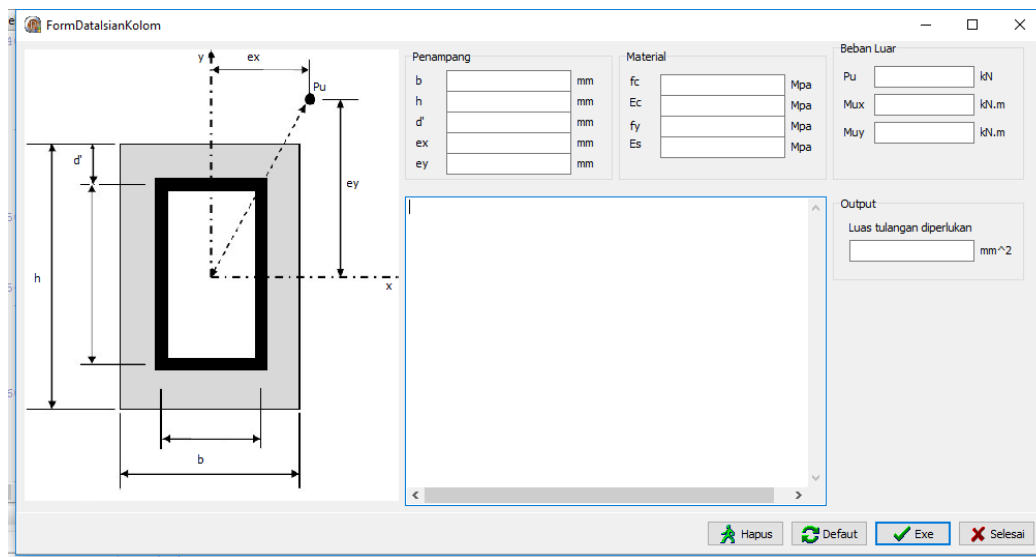
### Struktur Repeat ... Until()

Karakteristik Repeat() adalah:

1. Dilakukan perulangan terdahulu kemudiandilakukan pengecekan. Jika kondisi yang dicek bernilai benar (true) maka perulangan akan dihentikan.
2. Blok statemen tidak harus ada. Struktur tanpa statemen akan tetap dilakukan selama kondisi masih salah.

Bentuk Umum

```
Repeat
    <pernyataan yang akan
    dijalankan>
Until (<kondisi>)
```



Gambar 4 Tampilan Form Isian Data Teknis Kolom

**Struktur For**

Karakteristik:

1. Digunakan untuk perulangan yang batasnya sudah diketahui dengan jelas, misalnya dari 1 sampai 10.
2. Memerlukan 2 buah variabel awal dan akhir perulangan.
3. Nilai variabel penghitung akan secara otomatis bertambah atau berkurang tiap kali sebuah pengulangan dilaksanakan.

Bentuk Umum:

```

for <nilai_awal> to <nilai_akhiri> do
begin
    <pernyataan yang akan dijalankan>
end
    
```

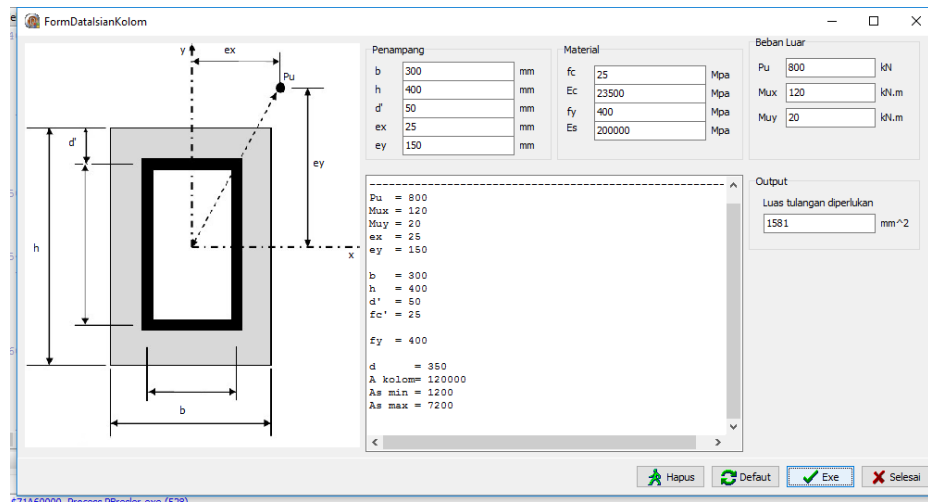
**IMPLEMTASI KE BAHASA PEMROGRAMAN**

Gambar 4 memperlihatkan tampilan aplikasi yang telah dibuat, termasuk info gambar dan tabel keluran historis panjang las. Input berua data material, mutu las, mutu baja, toleransi dan jumlah iterasi.

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Data hasil proses pencarian luas tulangan diperlihatkan pada Gambar 5. Data ini memperlihatkan bahwa hasil akhir luas

tulangan beberapa iterasi saja yaitu kurang lebih 15 iterasi. Pada tahap awal iterasi ada beberapa nilai yang naik turun sebelum konvergen ke luas tulangan yang sebenarnya. Perbedaan turun naiknya luas tulangan diawal diperkirakan 20-30% terhadap angka sebelumnya akan tetapi selanjutnya terjadi konvergen diangka yang sebenarnya. Metode bagi dua cocok diterapkan pada penentuan panjang luas tulangan, hal ini dikarenakan ternyata metode ini terjadi konvergen ke angka yang dicari. Selain itu metode ini cocok digunakan kerana metode ini termasuk motede tertutup dengan memberikan nilai awal yaitu luas awal 1% dari luas penampang untuk batas bawah dan luas tulangan maksimum 6% dari luas penampang untuk batas atas. Meskipun nilai awal luas tulangan dirubah-rubah akan tetap konvergen di luas penampang yang memenuhi syarat. Perubahan nilai awal sebagai data harus berada pada range angka yang sebenarnya. Data yang dihasilkan memiliki hasil yang sama (tergantung nilai toleransi yang diberikan) bila dihitung ulang secara manual hal ini menunjukkan bahwa proses perhitungan sudah benar dan penulisan algoritma program sudah benar.



Gambar 5 Tabel Output dari Rekayasa Perangkat Lunak

## KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini diantaranya pertama, menentukan luas tulangan lebih cepat dan akurat. Kedua, kesalahan hasil yang diperoleh dalam menentukan luas tulangan ini bisa diatur sekecil mungkin dari nilai toleransi yang diberikan. Ketiga, luas tulangan yang diperoleh secara umum hanya beberapakali iterasi saja. Keempat, Penerapan metode bagi dua (bisection) ini dapat digunakan dalam menentukan luas tulangan karena metode ini selalu konvergen ke nilai luas tulangan yang sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, A., (1998) "Metode Numerik", Erlangga,
- Kadir, A., (2000) "Pemrograman dengan Delphi", Erlangga,
- Edward. G.N., (1998). Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung: Refika Aditama.
- Anonim. 2002. Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2847-2002) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung.
- Winter, G. dan Arthur. H.N. (1993). Perencanaan Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Salmon, C. G dan Wang. C.K., (1993). Reinforced Concrete Design. Edisi keempat, terjemahan Binsar Hariandja. Bandung: Erlangga
- Macgregor, J. G., (1998). Reinforced Concrete Mechanics and Design. International Edition, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.