

# ANALISIS DAN DESAIN KOLOM BIAKSIAL BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* BORLAND DELPHI

Saifoe El Unas, Ari Wibowo dan Ratna Kartikasari  
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

## ABSTRAK

Kompleksnya perhitungan kapasitas kolom biaksial dikarenakan adanya letak sumbu netral penampang yang miring dan membentuk sudut  $\theta$  akibat adanya interaksi antara momen lentur dua arah dan gaya aksial, menyebabkan perencanaan kolom menjadi lebih rumit dan lama jika dilakukan secara manual, sehingga harus digunakan prosedur coba-coba dan penyesuaian untuk mendapatkan hasil yang paling efisien. Perencanaan kolom biaksial memerlukan suatu alternatif perhitungan yang tepat, cepat, akurat dan efisien, sehingga proses desain pada kolom biaksial menjadi lebih mudah. Salah satu cara untuk mempermudah proses desain kolom biaksial adalah dengan menggunakan program komputer.

Perhitungan kekuatan kolom dalam menahan kombinasi lentur dan beban aksial didasarkan pada metode kekuatan batas sebagaimana tercantum dalam SNI 03-2847-2002, langkah awal pembuatan program adalah pembuatan algoritma dan diagram alir yang perhitungannya didasarkan persamaan-persamaan matematis yang diturunkan secara eksak, sedangkan bahasa pemrograman yang digunakan adalah Borland Delphi 7. Supaya keakuratannya terjamin akan dilakukan kontrol validitas program dengan rumus-rumus pendekatan yang sudah ada.

Hasil perhitungan program tidak banyak memiliki perbedaan jika dibandingkan dengan metode-metode yang ada. Namun perhitungan program cenderung lebih efisien, dari segi pemilihan jumlah tulangan paling mendekati luasan yang dibutuhkan oleh penampang. Program komputer ini menghasilkan pemilihan jumlah tulangan yang paling optimum berdasarkan rata-rata beban luar yang bekerja. Untuk mengetahui kecukupan dari hasil desain ini adalah dengan cara memasukkan data-data yang ada pada submenu analisis untuk kolom biaksial sehingga kapasitas kolom dalam menahan beban luar yang bekerja dapat diketahui dari laporan yang ada, dimana laporan ini didasarkan pada nilai  $\rho$  yang dicari dan terpenuhi atau tidaknya jarak spasi antar tulangan sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002.

Kata kunci : kolom biaksial, kekuatan kolom, Borland Delphi 7

## PENDAHULUAN

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui fundasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya)

lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. (Edward G.Nawy,1998: 306)

Pada kolom beban normal dan beban momen bekerja secara bersama-sama, saling mempengaruhi, dan tidak terpisahkan dan pola keruntuhan yang dibentukpun sejenis, sedang untuk geser pola keruntuhannya berbeda dengan keduanya. Karena itulah dalam

merencanakan kolom perlu lebih waspada yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural yang lainnya.(Edward G.Nawy,1998: 306)

Dengan adanya interaksi gaya-gaya dalam momen dan normal ini menyebabkan perhitungan kapasitas kolom menjadi lebih panjang dan rumit, dan diperlukan waktu yang relatif lama jika dilakukan secara manual. Sehingga untuk mempermudah proses analisis dan desain kolom ada beberapa cara yang bisa digunakan yaitu dengan bantuan

program komputer atau dengan menggunakan tabel atau grafik.

Pemakaian tabel dan grafik untuk perencanaan kolom juga banyak memiliki keterbatasan. Selama ini tabel dan grafik yang tersedia sudah dalam bentuk jadi dan penggunaannya dibatasi hanya pada ukuran penampang tertentu dan mutu beton tertentu. Hal inilah yang mendorong untuk menciptakan suatu program komputer untuk analisis dan desain kolom yang hasilnya dapat dilihat dalam bentuk grafik dan tabel dengan input data sesuai dengan apa yang diinginkan oleh perencana.

## TINJAUAN PUSTAKA

Kolom merupakan bagian vertikal dari suatu struktur rangka yang menerima beban tekan dan lentur. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi,(Edward G.Nawy,1998: 306).

### Prinsip Perencanaan Kolom

Dalam merencanakan komponen struktur yang dibebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus dipenuhi ketentuan sebagai berikut:( SNI 03-2847-2002,hal 70-71)

1. Perencanaan penampang yang dibebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus didasarkan atas kompatibilitas regangan dan tegangan dengan menggunakan asumsi dalam ayat 12.2
2. Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik tepat mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh  $f_y$  pada saat yang bersamaan dengan tercapainya regangan batas 0.003 pada bagian beton yang tertekan
3. Untuk komponen struktur lentur, dan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan dimana kuat rencana  $\phi P_n$

kurang dari nilai yang terkecil antara  $0.10 f_c' A_g$  dan  $\phi P_b$  rasio tulangan  $\rho$  yang ada tidak boleh melampaui 0.75  $\rho_b$  yang merupakan rasio tulangan yang menghasilkan kondisi regangan seimbang untuk penampang yang mengalami lentur tanpa beban aksial. Untuk komponen struktur dengan tulangan tekan, bagian  $\rho_b$  yang disamai oleh tulangan tekan tidak perlu direduksi dengan faktor 0.75.

4. Peningkatan kekuatan komponen struktur lentur boleh dilakukan dengan menambahkan pasangan tulangan tekan dan tulangan tarik secara bersamaan.
5. Kuat tekan rencana  $\phi P_n$  dari komponen struktur tekan tidak boleh diambil lebih besar dari ketentuan sebagai berikut :

untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral yang sesuai dengan 9.10.(4) atau komponen struktur komposit yang sesuai dengan ayat 12.16 :

$$\phi P_n(\max) = 0.85\phi(0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan sengkang pengikat yang sesuai dengan 9.10.(5)

$$\phi P_n(\max) = 0.80\phi(0.85 f_c'(A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

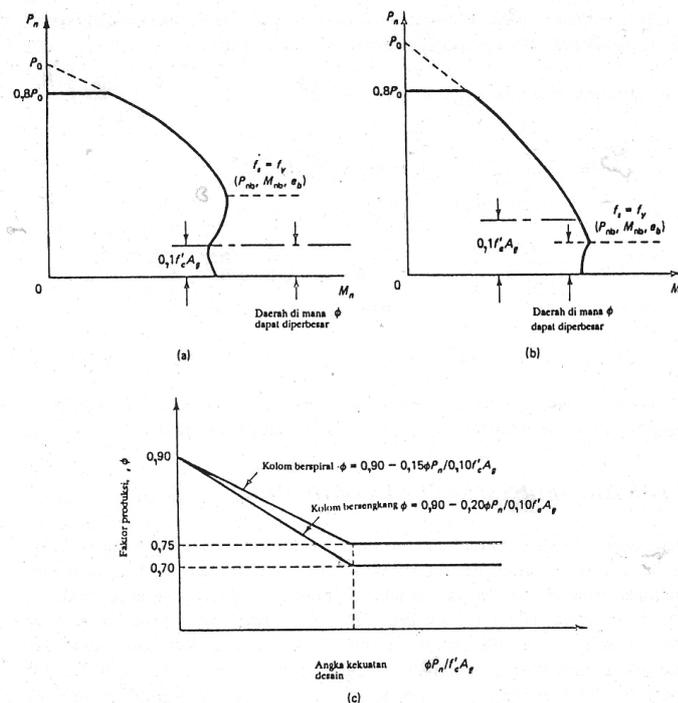
6. Komponen struktur yang dibebani aksial tekan harus direncanakan terhadap momen maksimum yang mungkin menyertai beban aksial tersebut. Beban aksial terfaktor  $P_u$  dengan eksentrisitas yang ada, tidak boleh melampaui nilai yang ditentukan dalam 12.3.(5). momen maksimum terfaktor  $M_u$  harus diperbesar untuk memperhitungkan pengaruh kelangsingan sesuai dengan ayat 12.10 ( dalam skripsi ini batasan masalah hanya pada kolom pendek sehingga efek kelangsingan diabaikan).

### Faktor Reduksi Kekuatan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 ayat 11.3 maka harga faktor reduksi  $\phi$  untuk elemen struktur yang mengalami lentur dan gaya aksial adalah sebagai berikut :

- komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa  $\phi = 0.65$
- komponen struktur dengan tulangan spiral  $\phi = 0.7$

Harga faktor reduksi  $\phi$  ini dapat diperbesar bila elemen struktur mengalami lentur dan gaya aksial tekan yang rendah. Apabila yang bekerja hanya momen lentur tanpa beban aksial, maka harga faktor reduksi  $\phi$  menjadi 0.8 gambar 1 (c) memperlihatkan daerah dimana harga  $\phi$  dapat ditambah dari 0.65 menjadi 0.8 untuk kolom bersengkang, 0.7 sampai 0.8 untuk kolom berspiral.



Gambar 1. daerah-daerah yang menentukan dalam modifikasi faktor reduksi  $\phi$ ; (a)  $0.1f'_c A_g < \phi P_{nb}$  ; (b)  $0.1f'_c A_g > \phi P_{nb}$  ; (c) variasi  $\phi$  untuk berbagai batang tekan bertulangan simetris.

### Diagram Gaya Aksial-Momen (diagram P-M) Untuk Kolom Yang Ditentukan Oleh Kegagalan Material

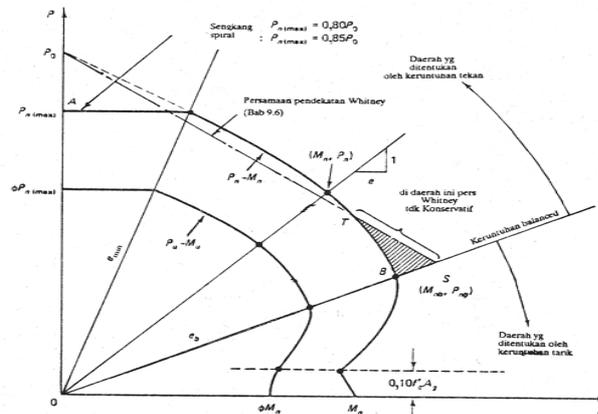
Kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur dapat digambarkan

dalam bentuk suatu kurva interaksi antara kedua gaya dalam tersebut. Gambar 2 memperlihatkan contoh diagram tersebut.

Setiap titik dalam kurva ini menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal  $P_n$  dan kekuatan momen nominal

$M_n$  yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya. Diagram interaksi tersebut dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tarik dan daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tekan, dengan pembatasnya

adalah titik balanced (titik B). contoh berikut ini mengilustrasikan pembuatan diagram P- M untuk penampang segiempat tipikal. (Edward G.Nawy,1998: 343)



Gambar 2. Diagram interaksi kolom

## Elemen Struktural Yang Mengalami Gaya Tekan Dan Momen Biaksial

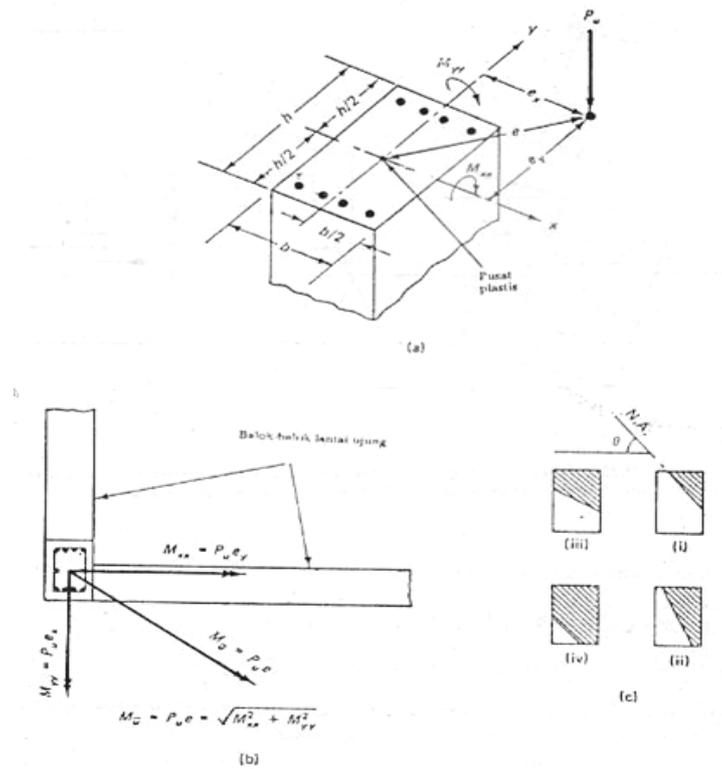
### Analisis dengan Metode Eksak

Kolom-kolom pada pojok bangunan adalah suatu elemen struktur yang mengalami momen lentur biaksial, yaitu momen lentur terhadap x dan y pada gambar 2.4. selain itu lentur biaksial dapat terjadi apabila pada bentang yang bersebelahan di kepala jembatan tidak sama. Kolom yang mengalami momen  $M_{xx}$  terhadap sumbu x menghasilkan eksentrisitas  $e_y$ , dan momen  $M_{yy}$  terhadap sumbu y menghasilkan eksentrisitas  $e_x$ . dengan demikian sumbu netralnya membentuk sudut  $\theta$  dengan garis horisontal.

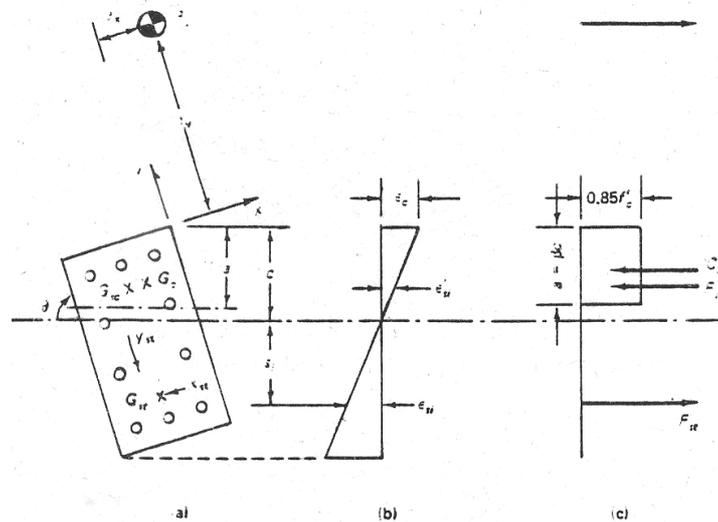
Besar sudut  $\theta$  bergantung pada interaksi momen lentur terhadap kedua sumbu dan besarnya beban  $P_u$ . Daerah yang tertekan pada beton dapat mempunyai bentuk yang seperti diperlihatkan pada gambar 3 (c). Karena kolom demikian harus dirancang terhadap prinsip awalnya, maka harus

digunakan prosedur coba- coba dan penyesuaian dimana keserasian tegangan harus dipertahankan pada setiap taraf tulangan. Prosesnya serupa dengan yang telah dibahas untuk kolom dengan tulangan pada semua sisinya. Hanya saja dalam lentur biaksial diperlukan adanya perhitungan tambahan karena posisi sumbu netral yang miring, dan adanya empat kemungkinan beton daerah beton yang tertekan.

Gambar 4 memperlihatkan distribusi regangan dan gaya-gaya pada penampang kolom segiempat,  $G_c$  adalah pusat berat daerah beton yang tertekan, yang koordinatnya  $x_c$  dan  $y_c$  dari sumbu netral berturut-turut dalam arah x dan y.  $G_{sc}$  adalah posisi resultan pada tulangan tarik yang koordinatnya  $x_{sc}$  dan  $y_{sc}$  dari sumbu netral berturut-turut dalam arah x dan y.  $G_{st}$  adalah posisi resultan pada tulangan tarik yang koordinatnya  $x_{st}$  dan  $y_{st}$  dari sumbu netral berturut-turut dalam arah x dan y.



Gambar 3. kolom pojok yang mengalami gaya aksial : (a) penampang kolom dengan lentur biaksial;(b) vektor momen  $M_{xx}$  dan  $M_{yy}$  pada potongan kolom;(c) macam-macam bentuk daerah beton yang tertekan



Gambar 4. keserasian regangan dan gaya-gaya pada kolom segiempat yang mengalami lentur biaksial.

### Metode Kontur Beban

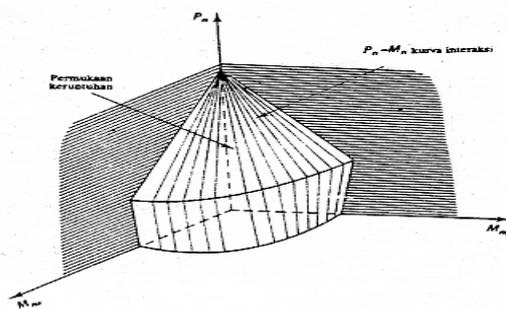
Untuk kolom pojok, suatu metode yang dengan cepat dapat digunakan adalah desain kolom terhadap jumlah vektor  $M_{xx}$  dan  $M_{yy}$  dan menggunakan lingkaran tulangan di dalam penampang bujur sangkar. Akan tetapi, dalam hal

banyak prosedur ini dianggap tidak ekonomis. Pendekatan lainnya yang telah cukup baik dibuktikan dengan eksperimen adalah dengan mentransformasikan lentur biaksial menjadi momen uniaksial dan eksentrisitas uniaksial ekuivalen. Dengan

demikian penampangnya dapat dirancang terhadap lentur uniaksial, dan penampang yang diperoleh dengan cara demikian akan mampu memikul momen lentur biaksial rencana.

Pada metode ini ditinjau permukaan runtuh (*failure surface*) - bukan bidang runtuh - dan metode ini biasa disebut sebagai *metode kontur bresler-parme*. Metode ini melibatkan

potongan permukaan runtuh tiga dimensi, seperti yang diperlihatkan pada gambar 5 untuk suatu gaya konstan  $P_n$  sehingga didapatkan bidang potongan yang menyatakan hubungan antara  $M_{nx}$  dan  $M_{ny}$ . Dengan perkataan lain, permukaan kontur S dapat dipandang sebagai bidang lengkung yang terdiri atas sekumpulan kurva yang disebut *kontur beban*.



Gambar 5. permukaan interaksi keruntuhan (*failure interaction surface*) untuk lentur biaksial pada kolom

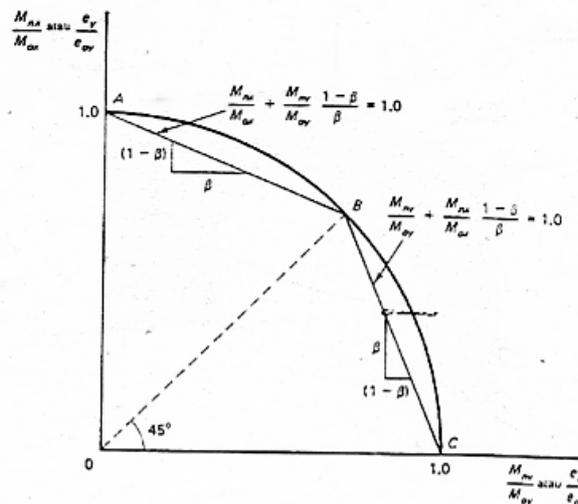
Persamaan umum tak berdimensi kontur beban untuk  $P_n$  konstan dapat dinyatakan :

$$\left(\frac{M_{nx}}{M_{ox}}\right)^{\alpha_1} + \left(\frac{M_{ny}}{M_{oy}}\right)^{\alpha_2} = 1.0$$

dimana  $M_{nx} = P_n e_y$  dan  $M_{ny} = P_n e_x$

$M_{ox} = M_{nx}$  untuk  $P_n$  tertentu apabila  $M_{ny}$  atau  $e_x = 0$

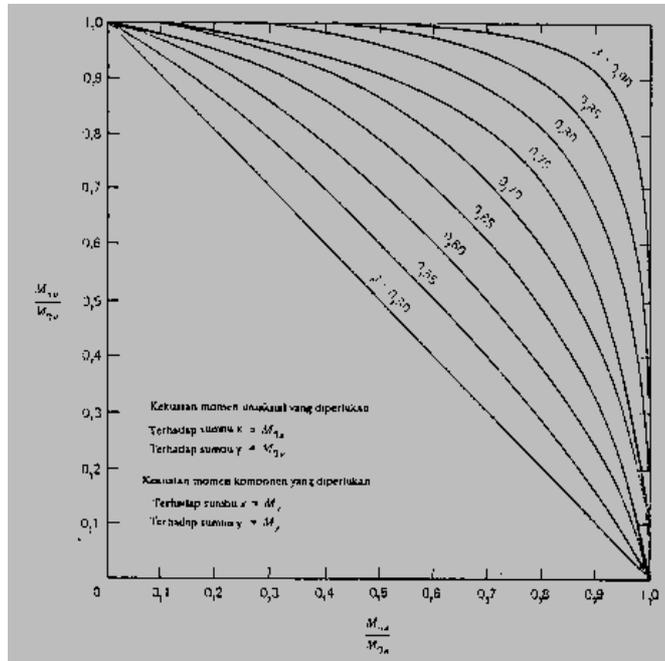
$M_{oy} = M_{ny}$  untuk  $P_n$  tertentu



Gambar 6. plot kontur interaksi yang dimodifikasi pada  $P_n$  konstan untuk kolom yang mengalami lentur biaksial.

Gambar 7 dapat digunakan untuk memilih  $\beta$  dalam analisis dan desain kolom biaksial. Dengan demikian metode kontur gaya merupakan metode untuk mencari kekuatan momen ekuivalen  $M_{ox}$

dan  $M_{oy}$  yang dapat dipakai untuk merencanakan kolom yang seolah olah mengalami lentur uniaksial. (Edward G.Nawy,1998: 376-382)



Gambar 7. Diagram faktor kontur  $\beta$  untuk kolom persegi yang mengalami lentur biaksial.

### Bahasa pemrograman DELPHI

Delphi merupakan perangkat pengembangan aplikasi yang sangat terkenal dilingkungan windows. Dengan menggunakan perangkat lunak ini anda dapat membangun berbagai aplikasi windows (permainan, multimedia, *database*, dan lain-lain) dengan cepat dan mudah. Dengan pendekatan visual anda dapat menciptakan aplikasi yang canggih (dan pasti akan disukai pemakai) tanpa banyak menuliskan kode.

Delphi menggunakan bahasa object pascal Sebagai bahasa dasar. Banyak istilah yang akan digunakan dalam Delphi seperti aplikasi, form, dan komponen. Aplikasi atau program aplikasi adalah sederetan kode yang digunakan untuk mengatur komputer agar melakukan sesuatu sesuai dengan keinginan yang membuatnya. Aplikasi dapat dibedakan menjadi aplikasi windows dan aplikasi konsol. Aplikasi

windows adalah aplikasi yang berjalan pada windows, aplikasi non-windows, misalnya yang berjalan pada DOS, biasa disebut aplikasi konsol.

Secara umum, sebuah aplikasi paling tidak melibatkan sebuah form. Namun tentu saja sebuah aplikasi juga bisa melibatkan banyak form. Ketika dijalankan, form akan berupa suatu jendela. Oleh karena itu istilah form dan jendela seringkali dipertukarkan.

Sebuah form umumnya banyak melibatkan komponen lain (mengingat form sendiri juga tergolong Sebagai komponen). Namun perlu diketahui, tidak semua komponen terlihat secara visual. Komponen yang terlihat secara visual biasa juga disebut kontrol. Pada Delphi, sebuah aplikasi akan diletakkan pada sebuah proyek.sejumlah proyek dapat membawahi sejumlah form.(Abdul Kadir,2000: 1-2)

## METODOLOGI

### Metode Analisa Data

Perhitungan kekuatan kolom dalam kombinasi aksial dan lentur didasarkan pada metode kekuatan batas sebagai mana tercantum dalam ayat 12.2 SNI 03-2847-2002. ketentuan dalam ayat 12.2 berlaku untuk perencanaan komponen struktur terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial.

### Prosedur Pembuatan Program

Dalam pembuatan program ini akan digunakan bahasa pemrograman DELPHI 7.0 sehingga diharapkan akan dapat membuat suatu program

perencanaan kolom biaksial yang nantinya dapat digunakan untuk berbagai macam kolom persegi yang mengalami lentur biaksial dan tergantung dari input data-data yang diberikan.

### Metode Presentasi Hasil

Hasil analisis dari program perencanaan kolom biaksial ini akan ditampilkan dalam bentuk diagram interaksi kolom ( diagram interaksi  $P_u-M_u$ ) pada bidang yang tepat. Sehingga besarnya kapasitas kolom dalam menahan lentur dan aksial dapat diketahui dengan mudah, cepat, dan tepat.

## PEMBAHASAN

### Desain Kolom Biaksial

Program desain kolom persegi yang mengalami lentur biaksial sebenarnya terdiri dari dua pilihan, yaitu desain kolom persegi Biaksial simetris dan desain kolom persegi biaksial asimetris. Perbedaan keduanya hanya terletak dalam hal jumlah tulangan searah lebar dan tinggi kolom ( $n_B$  dan  $n_H$ ). Pada desain kolom biaksial simetris, jumlah tulangan searah lebar dan tinggi kolom disamakan. Sedangkan pada desain kolom persegi asimetris, pemakai diberi kesempatan untuk menentukan sendiri berapa jumlah tulangan yang diinginkan masing-masing untuk searah lebar dan

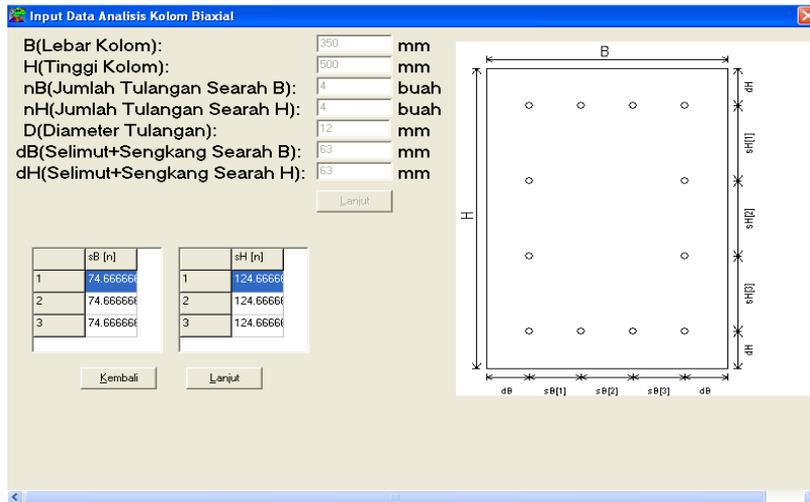
tinggi kolom. Dalam desain, nilai  $d_B$  dan  $d_H$  diambil sama, yaitu sebesar  $d$ . Hal ini dilakukan demi unsur kepraktisan dalam desain.

### Petunjuk Tiap Menu

#### Analisis Kolom Persegi Biaksial

Tampilan submenu *Analisis* ini digunakan untuk menganalisa kelayakan kolom persegi yang sudah ada. Kelayakan meliputi kekuatan kolom dan terpenuhinya jarak sesuai dengan peraturan yang ada. Pada tampilan input submenu Analisis Kolom Persegi Biaksial (gambar 8.) terdapat beberapa menu sebagai berikut :

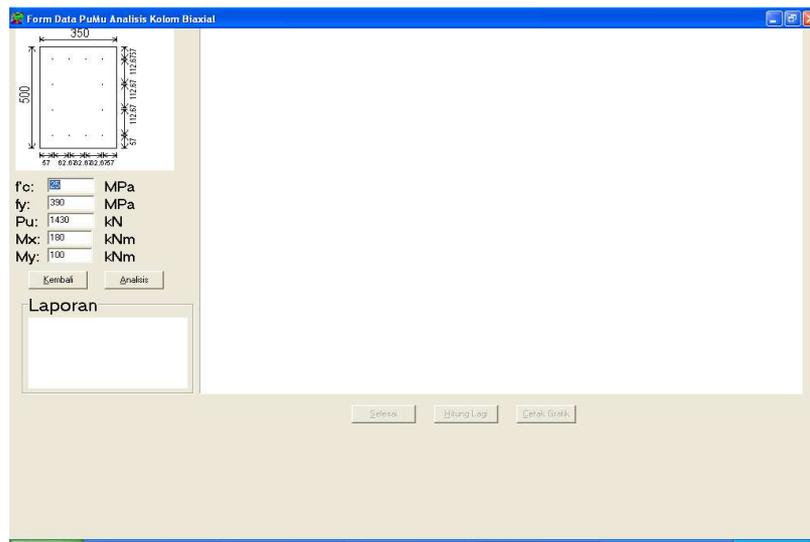
- Lebar kolom (B) → milimeter
- Tinggi kolom (H) → milimeter
- Jumlah tulangan searah B ( $n_B$ ) → minimum 2
- Jumlah tulangan searah H ( $n_H$ ) → minimum 2
- Tebal selimut+senggang searah B ( $d_B$ ) → milimeter, minimal 50 mm
- Tebal selimut+senggang searah H ( $d_H$ ) → milimeter, minimal 50 mm
- Jarak spasi antar tulangan searah B ( $s_B$ ) → milimeter, minimal 40 mm
- Jarak spasi antar tulangan searah H ( $s_H$ ) → milimeter, minimal 40 mm



Gambar 8. Input data analisis kolom Biaxial

Setelah semua data dimasukkan dengan benar, akan muncul suatu tampilan menu baru di mana pada menu itu akan tampak

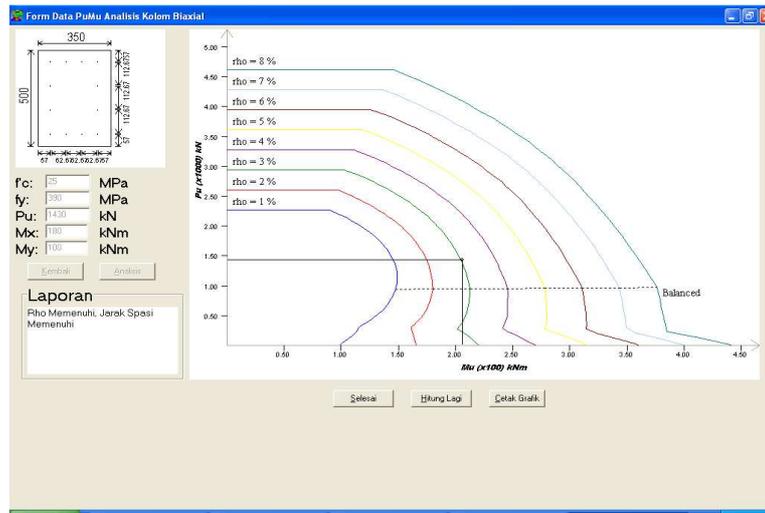
sketsa dari dimensi penampang yang dimasukkan *user* (gambar 9.)



Gambar 9. Form Data PuMu Analisis Kolom Biaxial (sketsa penampang)

Jika *user* telah setuju dengan sketsa penampang yang telah ditampilkan, maka *user* dipersilahkan mengisikan data beban luar serta mutu beton dan baja yang digunakan. Setelah menekan tombol *Analisis*, maka muncullah Grafik

Hubungan antara  $P_u$  dan  $M_u$  pada tempat yang telah disediakan (gambar 10.). Pada setiap proses memasukkan data, *user* diberi kesempatan untuk merevisi kembali data yang dimasukkan dengan menekan tombol *Kembali*.



Gambar 10. Form Data PuMu Analisis Kolom Biaxial (grafik interaksi  $P_u - M_u$  dan laporan)

Kolom *Laporan* pada bagian kiri bawah berisi hasil analisis terhadap kekuatan dan jarak dari input kolom beserta mutu dan beban yang bekerja.

#### Desain Kolom Persegi Biaksial Simetri

*Desain Kolom Persegi Simetri* digunakan untuk mendesain kolom yang bertulangan simetris pada keempat sisinya. Pada tampilan input submenu *Desain Kolom Persegi Simetri* (gambar 11.) terdapat beberapa menu sebagai berikut :

- Lebar kolom (B) → milimeter
- Tinggi kolom (H) → milimeter
- Tebal selimut+sengkang (d) → millimeter, minimal 50 mm

Gambar 11. Input data desain simetris kolom Biaxial

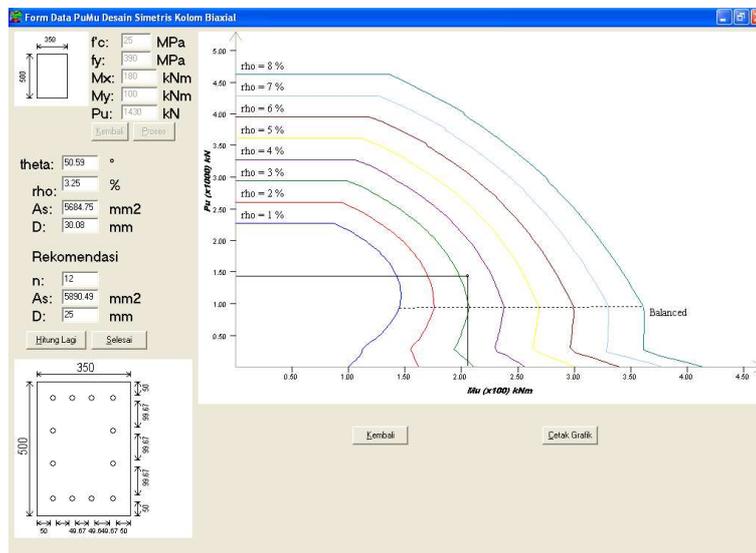
Setelah semua data dimasukkan dengan benar, akan muncul suatu tampilan menu baru di mana pada menu itu akan tampak

sketsa dari penampang yang dimasukkan (gambar 12.).

Gambar 12. Form Data PuMu Desain simetris kolom Biaksial (sketsa penampang)

Jika *user* telah setuju dengan sketsa penampang yang telah ditampilkan, maka *user* dipersilahkan mengisikan data mutu beton dan baja yang ada. Kemudian masukkan nilai  $P_u$ ,  $M_x$  dan  $M_y$  dari beban luar yang bekerja. Setelah menekan tombol *Proses*, akan muncul jumlah dan diameter tulangan serta sketsa

penampang yang direkomendasikan (gambar 13.). Nilai ini telah disesuaikan dengan dimensi tulangan di pasaran dan telah melalui seleksi optimasi. Pada setiap proses memasukkan data, *user* diberi kesempatan untuk merevisi kembali data yang dimasukkan dengan menekan tombol *Kembali*.



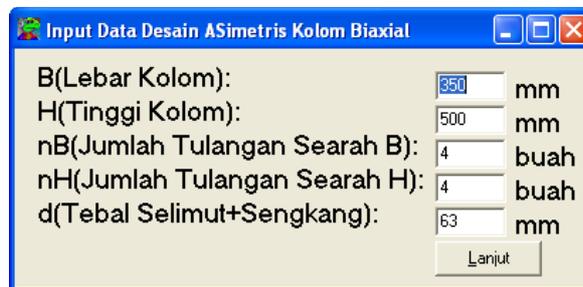
Gambar 13. Form Data PuMu Desain simetris kolom Biaksial (sketsa penampang rekomendasi)

## Desain Kolom Persegi Biaksial Asimetris

*Desain Kolom Persegi Biaksial Asimetri* digunakan untuk mendesain kolom yang bertulangan beda pada arah B dan H.

Pada tampilan input submenu *Desain Kolom Persegi Biaksial Asimetri* (gambar 14.) terdapat beberapa menu sebagai berikut :

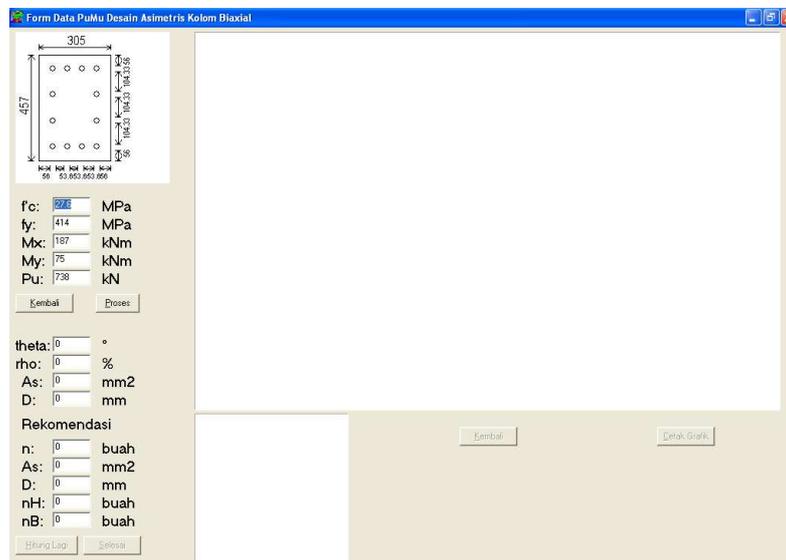
- Lebar kolom (B) → milimeter
- Tinggi kolom (H) → milimeter
- Jumlah tulangan searah B (nB) → minimal 2
- Jumlah tulangan searah H (nH) → minimal 2
- Tebal selimut+sengkang (d) → milimeter, minimal 50 mm



Gambar 14. Input data desain asimetris kolom Biaxial

Setelah semua data dimasukkan dengan benar, akan muncul suatu tampilan menu baru di mana pada menu itu akan tampak

sketsa dari penampang yang dimasukkan (gambar 15.)



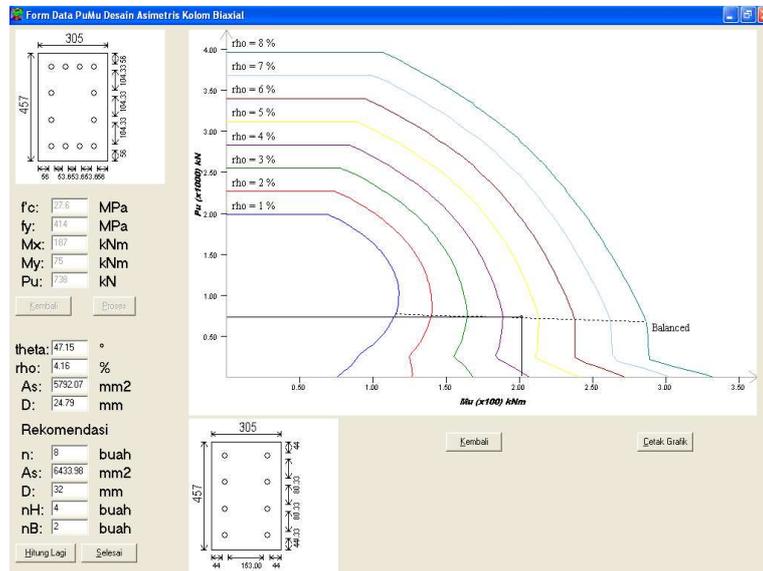
Gambar 15. Form Data PuMu Desain Asimetris Kolom Biaxial (sketsa penampang)

Jika *user* telah setuju dengan sketsa penampang yang telah ditampilkan, maka *user* dipersilahkan mengisi data mutu beton dan baja yang digunakan.. Kemudian *masukkan* nilai  $P_u$ ,  $M_x$  dan  $M_y$  dari beban luar yang bekerja. Setelah

menekan tombol *Proses*, akan muncul jumlah dan diameter tulangan serta sketsa penampang yang direkomendasikan untuk masing-masing arah B dan H (gambar 16.). Nilai ini telah disesuaikan dengan dimensi tulangan di pasaran dan

telah melalui seleksi optimasi. Pada setiap proses memasukkan data, *user* diberi kesempatan untuk merevisi

kembali data yang dimasukkan dengan menekan tombol *Kembali*.



Gambar 16. Form Data PuMu Desain Asimetris Kolom Biaxial (sketsa penampang )

## KESIMPULAN

Perhitungan perencanaan kolom biaxial secara manual memerlukan ketelitian dan waktu yang relatif lama, sehingga harus digunakan prosedur coba-coba dan penyesuaian untuk analisis dan desain kolom sehingga didapatkan hasil yang paling efisien. Adanya grafik-grafik untuk perencanaan kolom memang cukup membantu, tapi faktor kesalahan manusia tidak dapat dihindari karena nilai yang didapat dari grafik tergantung dari ketelitian perencana dalam membaca grafik yang ada. Rumus-rumus pendekatan untuk perencanaan kolom biaxial seperti metode kontur beban dan metode beban berlawanan dari (blesler – parme) serta metode eksentrisitas uniaksial equivalent merupakan metode-metode empiris yang memakai bantuan grafik-grafik dalam perencanaan kolom biaxial. Jika diterapkan dalam perencanaan, metode-metode tersebut memiliki hasil yang berbeda-beda karena memang pada dasarnya rumus-rumus yang dipakai hanya berupa pendekatan.

Sedangkan persamaan-persamaan matematis yang secara eksak belum tersedia untuk perencanaan secara langsung. Hal ini dikarenakan letak dari sumbu netral penampang yang miring dan membentuk sudut  $\theta$  akibat adanya interaksi antara momen lentur dua arah dan beban aksial. Serta adanya empat kemungkinan daerah beton yang tertekan. Sampai saat ini belum ada persamaan-persamaan matematis yang dapat digunakan untuk menghitung dua hal tersebut.

Perencanaan kolom yang dilakukan dengan bantuan grafik interaksi kolom yang dihasilkan oleh program komputer pada skripsi ini sangat membantu dalam mengatasi kesulitan-kesulitan yang dihadapi dalam perencanaan kolom biaxial. Analisis dan desain kolom biaxial jadi lebih mudah praktis dan cepat. Hasil perhitungannya pun lebih akurat karena persamaan-persamaan yang dipakai dalam program ini diturunkan

berdasarkan persamaan matematis yang eksak dan perhitungannya dilakukan secara iterasi oleh komputer serta memperhitungkan tegangan yang terjadi pada tiap tulangan. Letak dari sumbu netral dari penampang kolom yang miring dapat diketahui lewat besarnya  $\theta$ . Hasil desain pada program komputer ini juga menghasilkan pemilihan jumlah tulangan yang paling optimum berdasarkan data-data beban luar yang diberikan ( $P_u, M_x$  dan  $M_y$ ) serta mutu beton dan mutu baja yang diinputkan. Kondisi penampang berada di daerah tarik atau tekan dapat diketahui lewat grafik interaksi yang dibentuk. Jika ingin mengetahui kecukupan dari hasil desain dengan cara memasukkan data-data yang

ada pada submenu analisis untuk kolom biaksial sehingga kapasitas kolom dalam menahan beban luar yang bekerja dapat diketahui dari laporan yang ada. Laporan ini didasarkan pada nilai  $\rho$  yang dicari dan terpenuhi atau tidaknya jarak spasi antar tulangan sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002.

Hasil perhitungan program tidak banyak memiliki perbedaan jika dibandingkan dengan metode-metode yang ada. Namun perhitungan program cenderung lebih efisien, dari segi pemilihan jumlah tulangan paling mendekati luasan yang dibutuhkan oleh penampang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- G. Nawi, Edward. 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*.
- Kadir, Abdul. 2001. *Dasar Pemrograman Delphi 5.0*. Yogyakarta: Andi.
- Winter, George Dan H. Nilson, Arthur. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Salmon, Charles G dan Chu-Kia Wang. 1993. *Reinforced Concrete Design*. Edisi keempat, terjemahan Binsar Hariandja. Bandung: Erlangga
- Macgregor, James G. 1998. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. International Edition, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Pranata, Anthony. 2000. *Pemrograman Borland Delphi*. Edisi 3, Yogyakarta: Andi