

Strategi Penyelesaian Numerik Berbasis Komputer Analisis Lentur Ultimate Penampang Beton¹ (Model Tegangan Parabolik PCA)

Wiryanto Dewobroto

wir@uph.edu

Jurusan Teknik Sipil - Universitas Pelita Harapan
Lippo Karawaci - Banten

Abstrak

Dampak teknologi komputer merambah ke berbagai kancan disiplin, mulai dari penulis, pemusik, fotografer, . . . , pelajar, pendidik dan tentu saja insinyur. Jika merunut pada asal kata komputer yaitu 'to compute' atau menghitung, maka komputer bagi insinyur ibarat senjata andalannya karena umumnya permasalahan yang terkait dengan hitung-menghitung merupakan dunianya sehari-hari.

Meskipun telah menjadi bagian dalam kehidupannya sehari-hari, kadang-kadang tanpa disadari bahwa para insinyur tersebut baru menggunakan komputer sebagai mesin kalkulator biasa saja dan belum mendaya-gunakan sepenuhnya. Hal tersebut ditengarai dengan masih digunakannya rumus-rumus empiris masa lalu yang memang diciptakan untuk mendapatkan penyelesaian sederhana karena keterbatasan teknologi.

Untuk insinyur sipil tentang perencanaan penampang beton bertulang, masih saja memakai model tegangan beton ultimate berbentuk persegi ekuivalen. Whitney (1937) mengusulkan model tersebut sebagai pendekatan untuk menghasilkan penyelesaian yang mendekati hasil riset eksperimen, dan memang berhasil dengan baik. Pendekatan diperlukan karena pada waktu itu sudah diketahui bahwa perilaku ultimate beton mempunyai distribusi tegangan yang bersifat non-linier (MacGregor, 1997), sehingga cukup kompleks bila dihitung dengan cara manual.

Usulan Whitney sampai sekarang masih diadopsi oleh berbagai peraturan, mulai dari ACI 318-02 sampai SNI 03-2847-2002 dan dijadikan dasar untuk membuat program komputer komersil yang dipakai secara profesional.

Sebenarnya didalam peraturan sudah dinyatakan bahwa bentuk distribusi yang lain dapat digunakan. PCA, asosiasi pabrik semen Amerika utara sudah memanfaatkan klasul tersebut, mereka menggunakan model beton parabolik untuk riset-risetnya dan menganggap bahwa model tersebut lebih eksak dibanding model persegi dari Whitney.

Model parabolik PCA memang khusus digunakan dengan komputer. Tulisan ini akan menyajikan strategi penyelesaiannya dan mengimplementasikan dalam suatu program komputer serta membandingkan hasilnya dengan model persegi yang umum.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model persegi Whitney mempunyai akurasi yang mendekati model parabolik PCA untuk penampang beton dengan tulangan tunggal. Meskipun demikian untuk penampang dan konfigurasi tulangan berbentuk lain perlu penelitian lebih lanjut. Adapun strategi penyelesaian atau algoritma yang disajikan dapat juga digunakan untuk menangani model beton non-linier yang lain.

Kata kunci : model beton parabolik, penyelesaian numerik berbasis komputer.

1. Model Beton

Dalam merencanakan komponen struktur beton bertulang terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial di Indonesia maka salah satu acuannya adalah *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002).

¹ Disajikan dalam Seminar Nasional Teknologi II, di Universitas Teknologi "Yogyakarta", 10 Desember 2005

Untuk pembuatan model matematis penampang beton dalam kondisi ultimate pada perencanaan tersebut perlu dilakukan asumsi-asumsi yang salah satunya adalah yang terdapat pada pasal 12.2.6, yaitu :

Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian.

Dari uraian di atas jelaslah bahwa peraturan masih membuka peluang untuk menggunakan distribusi tegangan beton yang tidak hanya berbentuk persegi saja. Meskipun sebenarnya bentuk persegi merupakan satu-satunya bentuk distribusi yang diusulkan oleh peraturan dan diberikan petunjuk yang lengkap mengenai spesifikasinya, yaitu seperti yang terdapat pada SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7 atau ACI 318-99 pasal 10.2.7.

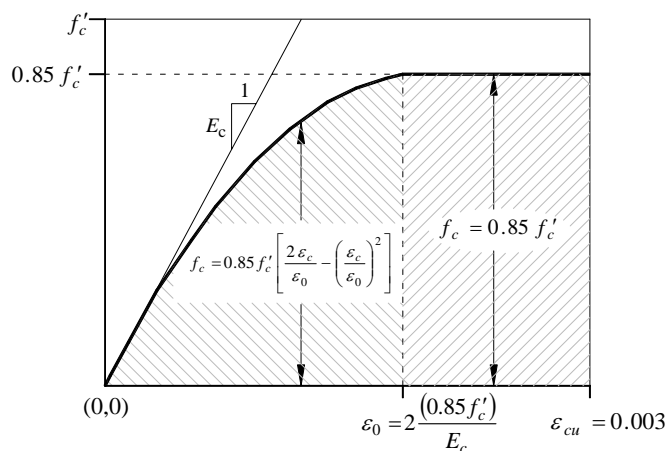
Selain ada bukti-bukti yang mendukung bahwa bentuk persegi mempunyai kesesuaian secara statistik dengan hasil eksperimen tetapi sebenarnya yang menyebabkan sangat populer adalah kesederhanaannya, sehingga perhitungan manual dapat mudah dilakukan tanpa kehilangan ketelitian.

Meskipun bertahun-tahun distribusi tegangan beton persegi ekuivalen telah digunakan, masih saja ada yang berpendapat lain, seperti misalnya adalah PCA (*Portland Cement Association*), asosiasi pabrik semen di Amerika utara, menyatakan bahwa untuk penelitian, bentuk distribusi parabolik lebih mendekati eksak (Fanella et al., 1999). PCA telah menggunakan model beton berbentuk parabolik sejak tahun 1935.

Model beton parabolik tidak sesuai bila dipakai dalam perhitungan manual, jika dipaksakan maka ketelitiannya tidak lebih baik jika dibandingkan dengan model beton persegi ekuivalen. Oleh karena tema seminar ini adalah membahas perkembangan teknologi dan manfaatnya maka tulisan yang membahas strategi penyelesaian numerik berbasis komputer untuk mencari kuat ultimate balok beton bertulang dengan model beton non-persegi cukup relevan untuk dibahas. Inilah salah satu keunggulan utama digunakannya teknologi komputer dibanding cara manual (tangan) yang mengandalkan mesin kalkulator sederhana.

2. Model Beton Parabolik PCA

Ketentuan PCA menetapkan bahwa hubungan tegangan dan regangan dari beton pada kondisi ultimate dapat digambarkan dalam bentuk parabolik sampai suatu regangan beton sebesar ϵ_0 , selanjutnya tegangan beton bernilai tetap sampai kondisi ultimate, ϵ_{cu} , seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Model Tegangan-Regangan Beton PCA (Fanella et al., 1999)

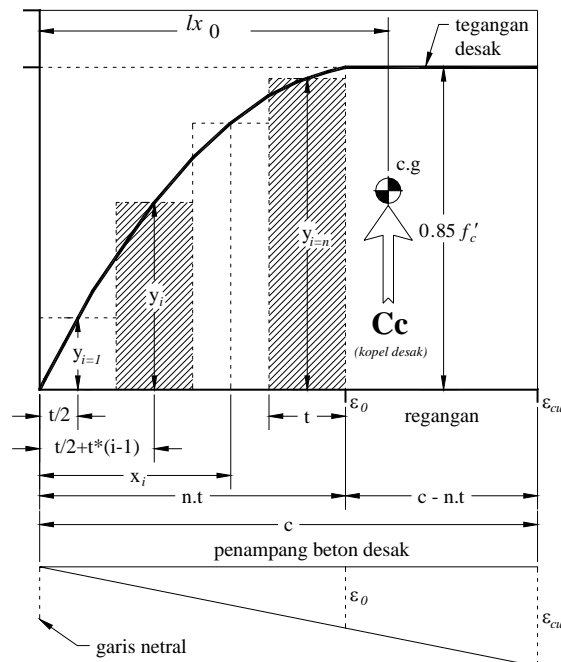
Seperti halnya model beton berbentuk blok persegi ekuivalen, maka tegangan tekan ultimate balok dibatasi sama dengan 85 % dari kuat tekan silinder, yaitu agar agar konsisten dengan hasil test dari kolom yang dibebani konsentris. Sehingga model beton PCA juga dapat dipakai untuk berbagai aplikasi perencanaan , dari lentur murni sampai beban langsung.

Apabila dibandingkan dengan bentuk kurva hubungan tegangan dan regangan uniaksial silinder beton (MacGregor, 1997) terlihat bahwa model PCA di atas terlihat lebih mirip, dibandingkan pendekatan persegi yang umum digunakan. Selain itu karena formula yang digunakan untuk mendefinisikan bagian parabola tersebut juga sama dengan yang digunakan dalam penelitian model persegi yaitu dari Hognested (MacGregor, 1997), maka wajarlah jika PCA mendeklarasikan modelnya lebih eksak.

3. Penyelesaian Numerik Model

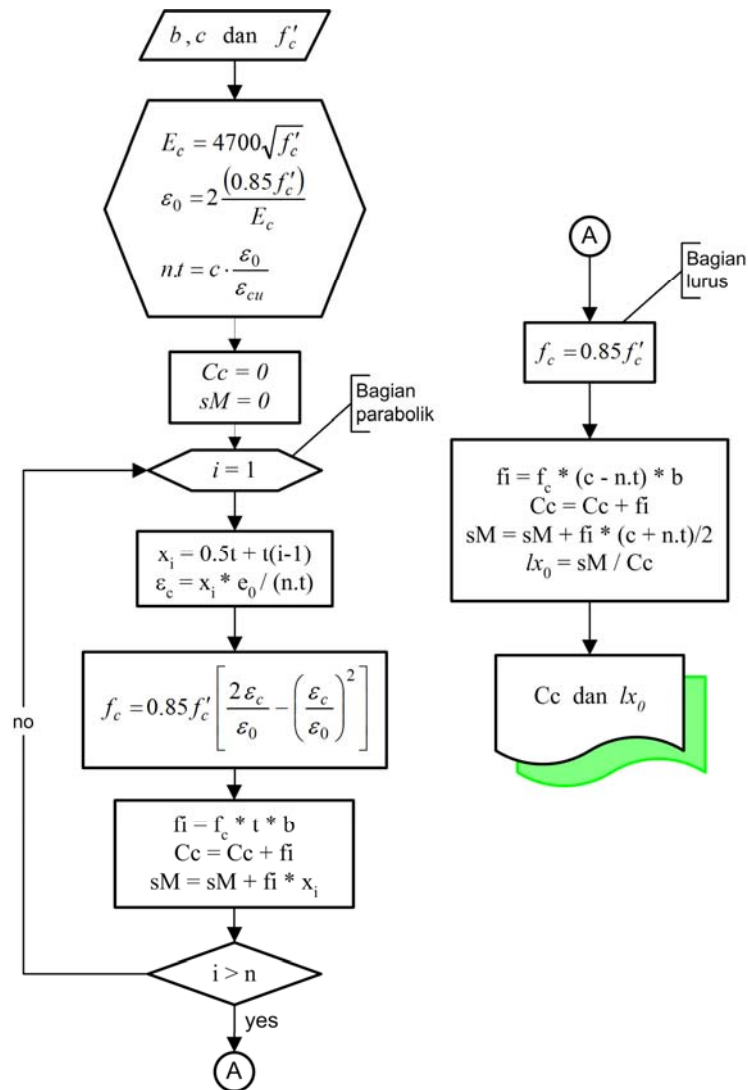
Masalah dalam memperhitungkan kopel desak beton yang kurva tegangannya berbentuk parabolik adalah mencari luasan di bawah kurva. Masalah tersebut dapat dengan mudah diselesaikan dengan pendekatan numerik, yaitu dengan membagi kurva tersebut menjadi segmen-segmen persegi dibawah kurva, dimana lebar segmen adalah t , tergantung dari jumlah pembagi segmen, n sedangkan tingginya, y adalah fungsi parabola tersebut.

Dengan memperhatikan gambar ‘pendekatan numerik’ yang disajikan di bawah ini, terlihat jelas bahwa ketelitiannya ditentukan oleh lebarnya t . Semakin kecil, yaitu mendekati nol maka hasilnya eksak. Semakin kecil t berarti diperlukan n atau jumlah pembagi yang lebih banyak. Untuk kasus umum, $n = 100$ sudah mencukupi dan bila perlu dapat ditingkatkan.



Gambar 2. Pendekatan Numerik

Jarak titik beratnya luasan kurva tegangan desak terhadap garis netral, lx_0 perlu dihitung dan dilaksanakan sekaligus yaitu dengan cara mencari statis momen luasan segmen terhadap jaraknya terhadap garis netral, seperti yang diperlihatkan dalam bagan alir berikut .



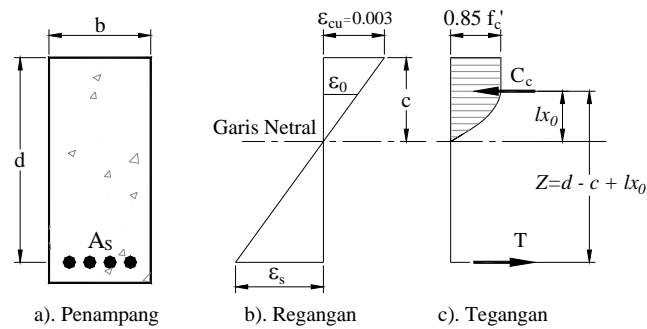
Gambar 3. Solusi Numerik Mencari Kopel Desak dan Jarak Titik Beratnya

4. Persyaratan Keseimbangan Pada Penampang

Dengan berpedoman pada diagram regangan pada setiap penampang akibat gaya-internal maka selanjutnya dapat diketahui tegangan tekan dan tegangan tarik internal pada penampang tersebut. Prinsip seperti itu umumnya disebut sebagai mengikuti persyaratan kompatibilitas penampang.

Selanjutnya resultan gaya tekan (Cc) dan gaya tarik (T) yang bekerja pada penampang akibat tegangan-tegangan tersebut harus mengikuti prinsip keseimbangan, artinya kopel desak harus sama besar dengan kopel tarik (Cc = T), khususnya untuk gaya internal akibat bending momen saja.

Masalah yang timbul adalah bahwa besarnya tegangan tekan dan tarik merupakan fungsi regangan yang ditentukan oleh posisi garis netral yaitu c . Padahal c juga yang menentukan tinggi blok tegangan tekan. Jadi jarak c harus ditentukan sedemikian sehingga kopel desak dan tarik berharga sama (Cc ≈ T). Karena hubungan tegangan dan regangan yang digunakan bersifat non-linier maka proses pelaksanaannya dilakukan secara iterasi dengan *trial-error*.

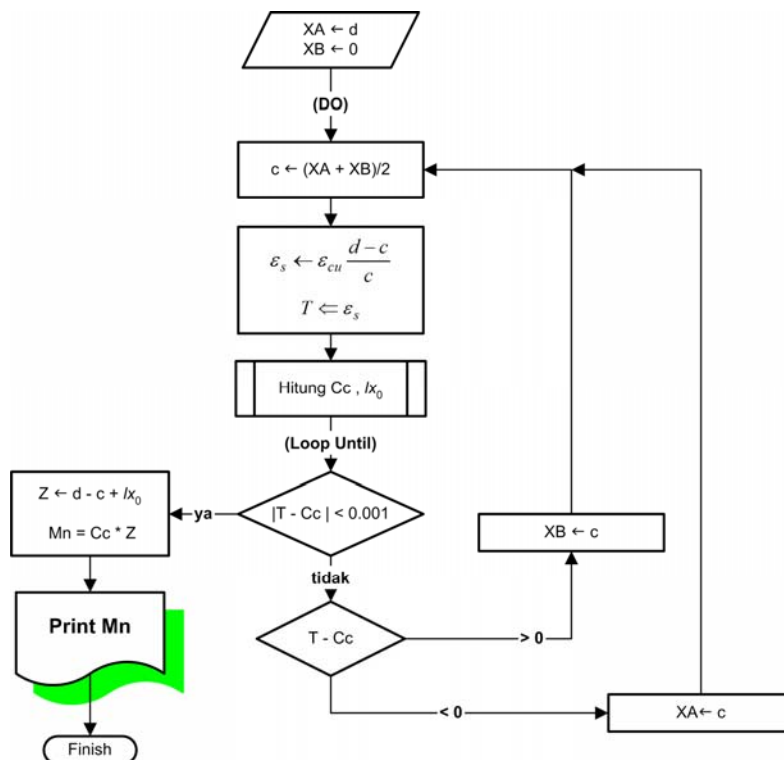


Gambar 4. Persyaratan Kompatibilitas dan Keseimbangan

Algoritma yang akan digunakan dalam proses *trial-error* adalah metode ‘pembagi interval’ (Lipschutz dan Poe, 1982). Metode Newton-Raphson yang canggih tidak digunakan karena harus disusun terlebih dahulu persamaan polinomial-nya dan dicari derivasinya terlebih dahulu, padahal luasan tegangan dibawah parabolik dicari dengan cara iterasi juga.

Metode pembagi interval memerlukan dua nilai batas sebagai masukan awal. Untuk itu batas bawah digunakan $XB=0$ dan batas atas digunakan $XA=d$, nilai pengontrol diambil selisih dari $T - Cc$. Jadi jika selisih bernilai negatif artinya kopel desak terlalu besar sehingga nilai c yang diberikan terlalu tinggi sehingga perlu dikurangi dan sebaliknya.

Proses iterasi *trial-error* dijelaskan dalam flowchart berikut.



Gambar 5. Analisa Momen Nominal dengan Iterasi

Selisih $T - Cc$ menentukan ketelitian proses iterasi, semakin kecil nilainya makin teliti hasilnya, tetapi tentu saja prosesnya semakin lama. Jadi ketelitian sebanding dengan proses pengerjaannya (suatu hal wajar dalam sehari-hari).

5. Penulisan Program

Setelah memahami proses analisis momen nominal penampang berdasarkan cara-cara iterasi selanjutnya mengimplementasikan ke sebuah program komputer. Bahasa yang digunakan tentu saja Visual Basic 6.0, sebuah bahasa yang mudah, fun, tetapi berdaya guna tinggi.

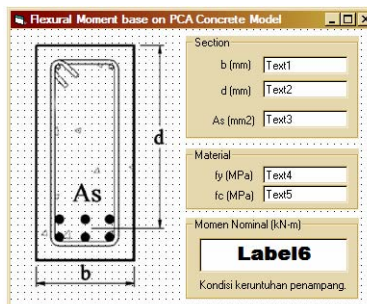
Seperti halnya program aplikasi komputer berbasis visual, maka langkah pertama adalah mendesain *interface*-nya. Agar menarik maka dalam form dipasang ‘gambar’ dari file *.jpg dengan ukuran 185 * 280 piksel. Selain itu juga didesain agar setiap input data yang telah selesai dihitung akan disimpan dalam file “default.txt”, jadi data sebelumnya akan tampil lagi dan jika perlu tinggal merubah data tersebut (tidak perlu semuanya).

5.1 Daftar Objek dan Tampilan Muka

VB adalah program yang berbasis objek, khususnya untuk menyiapkan tampilan *interface*-nya. Adapun objek yang dipakai adalah :

Tabel 1. Daftar Objek

Nama Objek / kontrol	Properties		Jenis Objek / kontrol
	Properti	Nilai	
formPCA	Caption Height Width Picture	Flexural Moment base on ... 4725 5805 File *.jpg (185x280 piksel)	Form
Frame1	Caption	Section	Frame
Frame2	Caption	Material	Frame
Frame3	Caption	Momen Nominal (kN-m)	Frame
Text1	Text	""	TextBox
Text2	Text	""	TextBox
Text3	Text	""	TextBox
Text4	Text	""	TextBox
Text5	Text	""	TextBox
Label1	Caption	b (mm)	Label
Label2	Caption	d (mm)	Label
Label3	Caption	As (mm ²)	Label
Label4	Caption	fy (MPa)	Label
Label5	Caption	fc (MPa)	Label
Label6	BorderStyle Font Font-size	1 - Fixed Single Arial Black 14	Label
Label7	Caption	Kondisi keruntuhan ...	Label



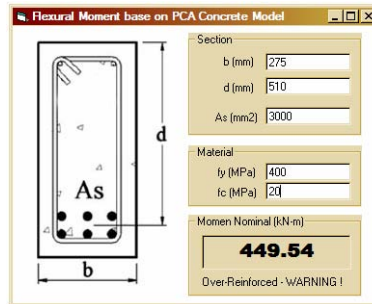
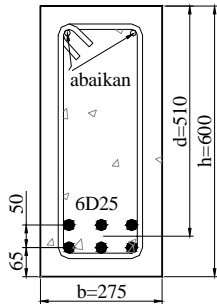
Gambar 6. Tata Letak Objek pada Tampilan Program

Jika penyusunan interface program sudah dibuat, maka tahap selanjutnya adalah menuliskan algoritma penyelesaian yang disajikan dalam flowchart ke dalam bahasa pemrograman agar dapat diproses oleh komputer. Listing lengkap dari program penyelesaian yang dimaksud diberikan dalam Lampiran A.

5.2 Verifikasi Program

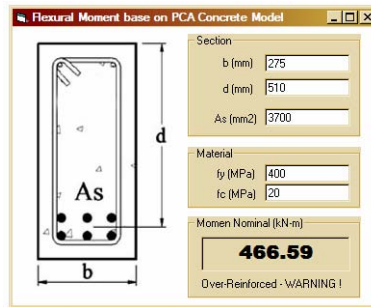
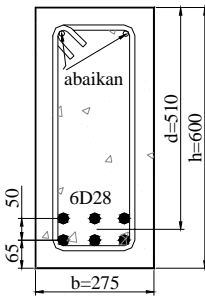
Setelah penulisan program selesai dan berhasil (dapat bekerja dengan baik) maka dilanjutkan dengan verifikasi, yaitu proses pengujian. Apakah program sudah benar dan dapat dipakai untuk keperluan profesional ? Salah satu caranya adalah dengan membandingkan hasil program yang dibuat dengan hasil penyelesaian lain. Semakin banyak yang dibandingkan semakin baik hasilnya. Sebagai pembanding diambil contoh penyelesaian manual yang didasarkan pada blok tegangan beton persegi ekuivalen yang terdapat pada Lampiran B, masing-masing untuk keruntuhan tarik dan tekan.

5.2.1 Keruntuhan Tarik



Model persegi menghasilkan $M_n = 458$ kN-m (selisih $\pm 1.9\%$)

5.2.2 Keruntuhan Tekan



Model persegi menghasilkan $M_n = 479$ kN-m (selisih $\pm 2.6\%$)

6. Kesimpulan

Penyelesaian numerik dengan model distribusi tegangan berbentuk parabolik dari PCA dapat dibuat dengan cara iterasi / pendekatan. Menurut PCA (Fanella, 1999) pemodelan tersebut lebih mendekati eksak dalam memprediksi kekuatan lentur penampang beton bertulang. Meskipun demikian cara yang digunakan tersebut hanya cocok jika diselesaikan dengan bantuan teknologi komputer.

Model persegi Whitney yang diusulkan tahun 1937 sebelum era komputer, ternyata masih relevan digunakan sebagai cara pendekatan sederhana dalam memprediksi kekuatan lentur ultimate penampang balok beton bertulang tunggal, khususnya bila dibandingkan dengan hasil penyelesaian berdasarkan model parabolik PCA yang lebih eksak. Meskipun demikian untuk penampang dan konfigurasi tulangan yang lain perlu penelitian yang lebih lanjut.

Algoritma atau strategi penyelesaian numerik berbasis komputer berbeda dengan cara-cara manual, meskipun demikian berlaku umum sehingga dapat digunakan untuk memodelkan distribusi beton lainnya yang bersifat non-linier. Sehingga disajikannya makalah ini dapat menjadi pendorong untuk digunakannya teknologi komputer untuk memprediksi perilaku kekuatan beton yang lebih baik.

7. Sumber Pustaka

1. ACI Committee 318, (1999). “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)”, ACI, Farmington Hills, MI, 145-161.
2. Fanella, D.A., Munshi J.A., dan Rabbat. B.G. (1999). “Notes on ACI 318 – 99 Building Code Requirements for Structural Concrete – with Design Applications”, *Portland Cement Association*, Skokie, IL
3. Lipschutz, S. dan Poe, A. (1982). “Theory and Problems of Programming With Fortran”, Schaum’s Outline Series, McGraw-Hill Int., Singapore
4. MacGregor, J.G. (1997). “Reinforced Concrete : Mechanics and Design 3rd Ed.”, Prentice-Hall International, Inc.
5. Panitia Teknik Standardisasi. (2002). “SNI 03 – 2847 – 2002 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”, Bandung
6. Whitney, C.S. (1937). “Design of Reinforced Concrete Members Under Flexure or Combined Flexure and Direct Compression”, ACI Journal March-April, in : *Jirsa, J.O. (2004). “Landmark Series”, Concrete International, May 04*
7. Wiryanto Dewobroto. (2003). “Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta

Lampiran A : Listing Program Komputer (Visual Basic 6.0)

```
*****
*****
****
****   Strategi Penyelesaian Numerik Berbasis Komputer   ****
****   Analisis Lentur Ultimater Penampang Beton         ****
****   (Model Tegangan Parabolik PCA)                   ****
****                                                    ****
****   oleh                                              ****
****                                                    ****
****   W I R Y A N T O   D E W O B R O T O               ****
****                                                    ****
****   email : wir@centrin.net.id          ****
****                                                    ****
****   Jurusan Teknik Sipil - Universitas Pelita Harapan ****
****                                                    ****
*****
*****
```

```
Dim b, d, As1, fc, fy
Const regUlt = 0.003
'sub-routine untuk mencari nilai c yang menghasilkan Cc = T
'iterasi metoda pembagi interval sampai ketelitian 4 digit
Sub Hitung()
'estimasi awal
  xa = d
  xb = 0
  Do
    c = (xa + xb) / 2
    'hitung resultante tarik pada tulangan baja
    regS = regUlt * (d - c) / c
    fs = fSteel(regS)
    Ts = As1 * fs
    'hitung resultante tekan pada blok beton
    Call KopelGaya(c, Cc, lengan)
    selisih = Ts - Cc
    If selisih < 0 Then
      xa = c
    Else
      xb = c
    End If
  Loop
```



```

        End If
    Loop Until Abs(selisih) < 0.0001
    Mn = Ts * (d - lengan) / 1000000#
    Label6.Caption = Format(Mn, "00.00")
    If fs < fy Then
        Label7.Caption = "Over-Reinforced - WARNING !"
    Else
        Label7.Caption = "Under-Reinforced Section"
    End If
'simpan data ke file "default.txt"
saveData
End Sub

'fungsi tegangan tekan pada beton sebagai model PCA
Function fc_PCA(reg)
    Ec = 4700 * fc ^ 0.5
    reg_0 = 2# * 0.85 * fc / Ec
    If reg <= reg_0 Then
        fc_PCA = 0.85 * fc * (2 * reg / reg_0 - (reg / reg_0) ^ 2)
    Else
        fc_PCA = 0.85 * fc
    End If
End Function

'fungsi tegangan tarik pada baja bentuk bi-linier
Function fSteel(reg)
    Es = 200000
    If reg < fy / Es Then
        fSteel = reg * Es
    Else
        fSteel = fy
    End If
End Function

'Sub-routine untuk mengintegrasikan luasan dibawah kurva dengan
'cara pendekatan : memotong-motong menjadi pias kecil-kecil
Sub KopelGaya(c, Cc, l_dr_sisi_desak)
Const n = 100
    Ec = 4700 * fc ^ 0.5
    reg_0 = 2# * 0.85 * fc / Ec
'mencari panjang dibawah kurva parabolik
    n_t = c * reg_0 / regUlt
'mencari lebar pembagi
    t = n_t / n
'proses iterasi dibawah kurva parabolik
    Cc = 0
    sMomen = 0
    For i = 1 To n
        xi = (0.5 * t + t * (i - 1))
        reg = xi * reg_0 / n_t
        fi = fc_PCA(reg) * t * b
        Cc = Cc + fi
        sMomen = sMomen + fi * xi
    Next i
'curva lurus
    fi = 0.85 * fc * b * (c - n_t)
    Cc = Cc + fi
    xi = (c + n_t) / 2
    sMomen = sMomen + fi * xi
    l_dr_sisi_desak = c - sMomen / Cc
End Sub

Private Sub Form_Load()
    bacaData
    Text1.Text = b
    Text2.Text = d
    Text3.Text = As1
    Text4.Text = fy
    Text5.Text = fc
    Hitung
End Sub

Sub bacaData()
    Open "default.txt" For Input As #1

```

```

    Input #1, b, d, As1 ' baca geometri penampang
    Input #1, fy, fc    ' baca properti material
    Close #1
End Sub
'isi file "default.txt" dengan format diatas harus dibuat dulu

Sub saveData()
    Open "default.txt" For Output As #1
    Write #1, b, d, As1 ' tulis geometri penampang
    Write #1, fy, fc    ' tulis properti material
    Close #1
    Close #1
End Sub
Private Sub Text1_Change()
    b = Val(Text1.Text)
    If b <> 0 Then Hitung
End Sub

Private Sub Text2_Change()
    d = Val(Text2.Text)
    If d <> 0 Then Hitung
End Sub

Private Sub Text3_Change()
    As1 = Val(Text3.Text)
    If As1 <> 0 Then Hitung
End Sub

Private Sub Text4_Change()
    fy = Val(Text4.Text)
    If fy <> 0 Then Hitung
End Sub

Private Sub Text5_Change()
    fc = Val(Text5.Text)
    If fc <> 0 Then Hitung
End Sub

```

Catatan :

Penulis menganggap bahwa pembaca sudah mempunyai kemampuan dasar pemrograman dengan Visual Basic 6.0. Oleh karena itu dalam penjelasannya tidak memberikan secara detail proses penulisan program. Jika memerlukan maka sudah ada buku khusus dari penulis (Wiryanto Dewobroto, 2003) yang dapat digunakan sebagai rujukan untuk belajar pemrograman, khususnya bagi yang berlatar belakang pendidikan sains dan teknik.

Untuk kalangan tersebut umumnya yang banyak diperlukan adalah operasi numerik dan *plotting*, suatu istilah penggambaran dengan vektor garis yaitu untuk menampilkan formula-formula atau geometri. Sehingga untuk mempelajari kemampuan Visual Basic 6.0 tidak perlu terlalu luas sehingga lebih fokus dan cocok untuk tingkat pemula.

Lampiran B : Penyelesaian Manual

Penampang Balok Tulangan Tunggal - Keruntuhan Tarik

$b = 275 \text{ mm}$, $d = 510 \text{ mm}$, $f'_c = 20 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85$, $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$A_{s_b} = \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} b d \left(\frac{510}{600 + f_y} \right) \approx 3040 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tarik $A_s = 6 \text{ } \varnothing 25 \approx 3000 \text{ mm}^2$. $\lll A_{s_b} \rightarrow$ tulangan tarik telah leleh.

$$M_n = A_s f_y \left(d - 0.59 \frac{A_s f_y}{f'_c b} \right) = 3000 * 400 * \left(510 - 0.59 \frac{3000 * 400}{20 * 275} \right) * 10^{-6} \approx 458 \text{ kN.m}$$

Penampang Balok Tulangan Tunggal - Keruntuhan Tekan

$$b = 275 \text{ mm} , d = 510 \text{ mm} , f'_c = 20 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85 , f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$A_{s_b} = \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} b d \left(\frac{510}{600 + f_y} \right) \approx 3040 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tarik $A_s = 6 \text{ } \varnothing 28 \approx 3700 \text{ mm}^2 \gg \gg A_{s_b} \rightarrow$ tulangan tarik belum leleh.

$$\text{Tinggi blok desak dapat dicari dengan rumus } \left(\frac{0.85 f'_c b}{A_s \epsilon_{cu} E_s} \right) a^2 + a - \beta_1 d = 0$$

Sehingga dapat diperoleh $a = 274.65 \text{ mm}$

$$M_n = 0.85 f'_c a b (d - a/2) = 0.85 * 20 * 274.65 * 275 * (510 - 274.65/2) * 10^{-6} \approx 479 \text{ kN.m}$$

Lampiran C : Tentang Pemakalah

Wiryanto Dewobroto (wir@centrin.net.id)

Dosen tetap di Jurusan Teknik Sipil , Universitas Pelita Harapan, Lippo Karawaci, Banten

P E N D I D I K A N =====

- Ir. (teknik sipil) Universitas Gadjamada, Yogyakarta 1989
- MT. (struktur) Universitas Indonesia, Jakarta 1998
- Mei-Juli 2002, peneliti tamu di "Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren" (Institute for Lightweight Structures Conceptual and Structural Design), Universität Stuttgart, Stuttgart, Jerman. (dibawah supervisi Prof. Dr.-Ing., FAcI Karl-Heinz Reineck)

P E N G A L A M A N K E R J A =====

- Engineer – PT. Wiratman & Associates, Jakarta (1989-1993)
- Chief Engineer – PT. Pandawa Swasatya Putra, Jakarta (1993-1998)
- Senior Engineer – PT. BMP Indonesia, Jakarta (1994-1995)
- Dosen tidak tetap – Universitas Tarumanagara (1992 -1995)
- Dosen tetap – Universitas Pelita Harapan (1998 - sekarang)

P U B L I K A S I I L M I A H =====

Presentasi / prosiding -----

- Wiryanto Dewobroto. (2005c). "Masih perlukah mempelajari Mekanika Teknik Klasik dalam Era Serba Komputer ?", Presentasi dan Prosiding: Lokakarya Pengajaran Konstruksi Beton dan Mekanika Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, 13-14 Juli 2005
- Wiryanto Dewobroto. (2005b). "Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover", Presentasi dan Prosiding: Civil Engineering National Conference "Sustainability Construction & Structural Engineering Based on Professionalism", Unika Soegijapranata, Semarang, 17-18 Juni 05.
- Wiryanto Dewobroto. (2005a). "Simulasi Keruntuhan Balok Beton Bertulang Tanpa Senggang dengan ADINA " , Prosiding Seminar Nasional "Rekayasa Material dan Konstruksi Beton 2005", Jurusan Teknik Sipil ITENAS, 4 Juni 05 , Hotel Grand Aquilla, Bandung.
- Katili, I., Wiryanto Dewobroto. (1998). "Analisa Non-linear pada Rangka Batang Ruang Dengan Metode Elemen Hingga", Presentasi dan Prosiding Seminar FTUI Depok : Quality in Research, 4-7 Agustus 1998, ISBN 979-8427-17-3

Buku -----

- Wiryanto Dewobroto .(2005). "Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0: Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai dengan SNI 03-2847-2002", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta. (rencana terbit : Desember 2005)
- Wiryanto Dewobroto . (2004). "Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta. (*cetak ulang*)
- Wiryanto Dewobroto. (2003). "Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta. (*cetak ulang*)
- Dewobroto, W.; Reineck, K.-H. (2002). "Beam with indirect support and loading", in: Reineck, K.-H. (2002): (Editor): Examples for the Design of Structural Concrete with Strut-and-Tie Models, ACI SP-208 (2002), ACI, Farmington Hills, MI, 145-161.

Artikel pada Jurnal Ilmiah -----

- Wiryanto Dewobroto. (2005c). "STRATEGI PEMBELAJARAN ERA DIGITAL: Usulan Skenario Dalam Menyambut Transformasi UPH Sebagai Kampus Digital", diterima di Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan DEPDIKNAS
- Wiryanto Dewobroto. (2005b). "Analisa Inelastis Portal - Dinding Pengisi dengan Equivalent Diagonal Strut", Jurnal Teknik Sipil ITB, Edisi Vol. 12 / 4, Oktober 05
- Hardjasaputra, H., Dewobroto, W., Setiawan, F. (2005a). "Proyek Tangki Air dari Semen-Pasir-Bambu di Mesjid Al-Ikhlash, Binong – Tangerang", Jurnal Teknik Sipil UPH, (ISSN:1693-6833) Vol.2 No.1 Jan.05.
- Wiryanto Dewobroto. (2004). "Perancangan Balok Beton Bertulang dengan SAP2000", Jurnal Teknik Sipil UPH, Vol.1 No.2 Juli 05.
- Wiryanto Dewobroto. (2004). "TINJAUAN TATA CARA PERANCANGAN TORSI TERBARU PADA BALOK BETON , Studi Kasus: Struktur Canopy dengan Torsi Keseimbangan", Jurnal Teknik Sipil UPH, (ISSN:1693-6833) Vol.1 No.1 Jan.04.
- Wiryanto Dewobroto. (2004). "Lebih Dekat dengan Kampus Uni-Stuttgart di Kota Asal Mercedes Benz", Majalah PELITA HARAPAN , (ISSN:1412-6311), Volume III/1, Jan.-Maret 04.