

OPTIMASI EFISIENSI KOLOM DALAM KROMATOGRAFI MENGUNAKAN VISUAL BASIC 2008

Harry S.J. Koleangan¹⁾

¹⁾ Program Studi Kimia FMIPA Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus Unsrat, Manado 95115

e-mail: koleanganharry@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dibuat sebuah program aplikasi yang ditujukan untuk optimasi efisiensi kolom yang digunakan dalam pemisahan secara kromatografi. Parameter-parameter untuk optimasi ini dianalisis menggunakan metode eliminasi Gauss dalam bentuk program komputer yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 2008 Express Edition. Penggunaan program ini terhadap suatu data sekunder memberikan hasil efisiensi kolom optimum, yang dinyatakan sebagai tinggi plat teoritis (H) terkecil, sebesar 0,0223 cm yang dicapai pada laju alir optimum 20,6 cm/det.

Kata kunci: Efisiensi kolom, eliminasi Gauss, persamaan van Deemter, Visual Basic 2008

OPTIMIZATION OF COLUMN EFFICIENCY IN CHROMATOGRAPHY USING VISUAL BASIC 2008

ABSTRACT

An application program to optimize column efficiency in chromatographic separation had been developed. Optimization parameters were analyzed using Gauss elimination method which was written in the form of a computer program using Visual Basic 2008 Express Edition programming language. Application of the program on the secondary data gave the optimum column efficiency, which was represented as height equivalent to a theoretical plate (H), of 0,0223 cm which was achieved at optimum flow rate of 20,6 cm/det

Keywords: Column efficiency, Gauss elimination, van Deemter equation, Visual Basic 2008

PENDAHULUAN

Efisiensi kolom merupakan elemen penting dalam melakukan pemisahan secara kromatografi karena keterpisahan komponen-komponen sampel dalam kromatografi sangat ditentukan oleh efisiensi kolom. Efisiensi kolom dinyatakan sebagai tinggi plat teoritis (*Height Equivalent to a Theoretical Plate/HETP*) dan diberi simbol H , di mana nilai H yang kecil menunjukkan efisiensi kolom yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kolom adalah difusi Eddy, difusi longitudinal, dan perbedaan kecepatan transfer massa yang terjadi di dalam kolom kromatografi selama proses pemisahan berlangsung. Pengaruh ketiga parameter ini terhadap tinggi plat teoritis dirumuskan dalam persamaan van Deemter, yaitu

$$H = A + \frac{B}{\mu} + \mu C \quad (1)$$

di mana A adalah difusi Eddy, B/μ adalah difusi longitudinal, μC adalah pengaruh transfer massa, dan μ adalah laju alir fasa gerak.

Dari persamaan ini terlihat bahwa difusi longitudinal berbanding terbalik dengan laju alir sedangkan pengaruh transfer massa berbanding lurus dengan laju alir, sehingga untuk mendapatkan efisiensi kolom tertinggi (yaitu, H minimum) maka harus dicari laju alir optimum dan nilai A , B , dan C harus diketahui. Laju alir optimum dapat diperoleh dengan cara mendiferensialkan persamaan (1) terhadap laju alir (μ) sehingga diperoleh

$$\mu_{opt} = \sqrt{\frac{B}{C}} \quad (2)$$

Dari persamaan (2) nampak bahwa untuk menemukan laju alir optimum maka parameter B dan C harus diketahui, sedangkan untuk menentukan parameter-parameter van Deemter ini dibutuhkan tiga persamaan linear simultan.

Penyelesaian persamaan linear simultan membutuhkan jumlah operasi aritmetika yang cukup banyak, berulang dan memerlukan ketelitian yang tinggi sehingga apabila dilakukan secara manual akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan seringkali menjemukan. Dengan sebuah program komputer, maka penyelesaian tersebut dapat dilakukan dengan waktu yang sangat singkat dan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Tujuan penelitian ini adalah membuat sebuah program komputer menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6 yang dapat digunakan untuk mencari laju alir yang menghasilkan efisiensi kolom tertinggi.

METODOLOGI PENELITIAN

Data dan Cara Perhitungan

Data penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari *textbook Analytical Chemistry: Principles* tulisan John H. Kennedy (1990), dengan rincian sebagai berikut: sebuah kolom kromatografi gas (GC) yang memiliki panjang 150 cm dan diisi dengan partikel-partikel berukuran 50 μ m hendak dioptimumkan efisiensi kolomnya. Hasil eksperimental untuk elusi satu analit disajikan dalam tabel di bawah ini.

Percobaan	u (cm/s)	t_R (s)	W (s)
1	10	450	24
2	30	150	7,5
3	50	90	5

di mana : t_R = waktu retensi
 W = lebar pita

Dari data waktu retensi dan lebar pita, jumlah plat teoritis (N) untuk masing-masing laju alir dihitung melalui persamaan berikut:

$$N = \left(\frac{4t_R}{W} \right)^2 \quad (3)$$

di mana hasil yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan tinggi plat teoritis untuk setiap laju alir dengan menggunakan persamaan

$$H = \frac{L}{N} \quad (4)$$

di mana L adalah panjang kolom yang digunakan. Dengan menggunakan data dari tiga percobaan di atas maka diperoleh tiga tinggi plat teoritis (H) sehingga didapatkan persamaan linear simultan sebagai berikut:

$$H_1 = A + \frac{B}{10} + 10C \quad (5)$$

$$H_2 = A + \frac{B}{30} + 30C \quad (6)$$

$$H_3 = A + \frac{B}{50} + 50C \quad (7)$$

Perhitungan selengkapnya untuk menentukan N dan H dilakukan melalui program komputer yang dibuat.

Algoritma Program

Ada tiga tahapan utama untuk menyelesaikan suatu persamaan linear simultan sebagaimana dalam persamaan van Deemter. Untuk mempermudah pemrograman, setiap tahapan ini dijadikan prosedur pemrograman tersendiri. Ketiga prosedur tersebut adalah: *MasukkanData* untuk memasukkan data, *Eliminasi* untuk melakukan eliminasi, dan *SubstitusiBalik* untuk melakukan substitusi balik.

Algoritma pemasukkan data adalah sebagai berikut:

Masukkan panjang kolom

For $i = 0$ to 2

Masukkan data laju alir ke-(i)

Masukkan data waktu retensi ke-(i)

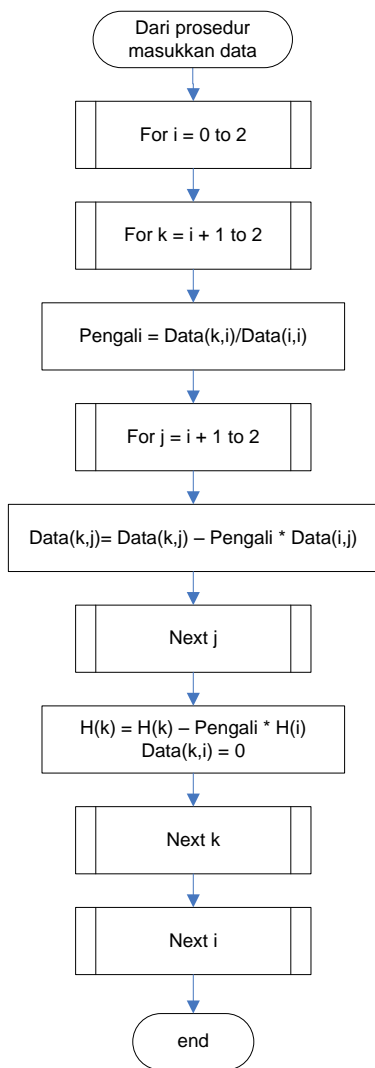
Masukkan data lebar pita ke-(i)

Hitung jumlah plat teoritis ke-(i)

Hitung tinggi plat teoritis ke-(i)

Next i

Proses eliminasi dilakukan menggunakan metode Gauss. Untuk mempermudah penyajian algoritma untuk proses eliminasi, maka algoritmanya dituliskan dalam bentuk *flowchart* sebagai berikut:

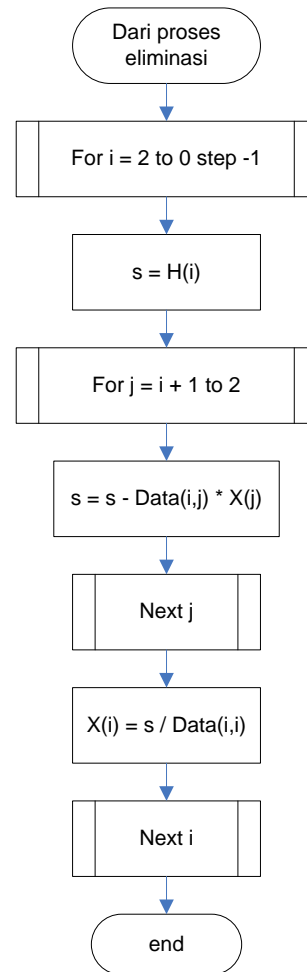


Gambar 1. *Flowchart* Proses Eliminasi Gauss

Selanjutnya, algoritma dari proses substitusi balik dalam bentuk *flowchart* terlihat pada gambar 2.

Kode Program

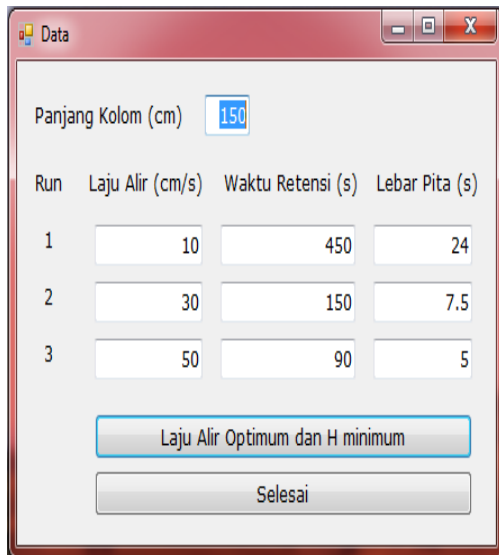
Kode program selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 2. *Flowchart* Proses Substitusi Balik

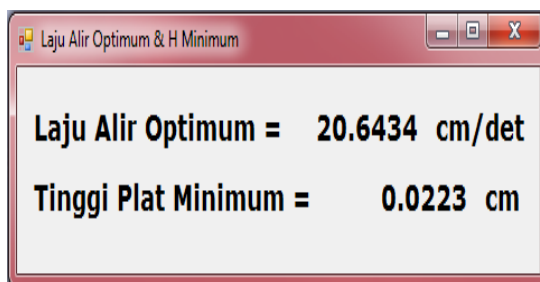
HASIL DAN PEMBAHASAN

Program yang telah dibuat diuji menggunakan data yang ada. Ketika pertama kali dijalankan, program meminta masukkan data. Dengan memasukkan data yang ada maka diperoleh tampilan sebagaimana disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Setelah Data Dimasukkan

Data yang telah dimasukkan selanjutnya diproses untuk menghasilkan laju alir optimum dan H minimum. Hal ini dilakukan dengan menekan tombol *Laju Optimum & H minimum* sehingga diperoleh tampilan seperti dalam Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Setelah Tombol *Laju Alir Optimum & H Minimum* Ditekan

Hasil perhitungan di atas diperoleh melalui tiga prosedur program. Prosedur pertama untuk memasukkan data dan menghitung N dan H , dan dua prosedur lainnya berfungsi untuk menghitung A , B , dan C .

Kode program untuk prosedur yang bertugas untuk memasukkan data dan menghitung nilai N dan H adalah:

```
'subrutin untuk memasukkan data
Private Sub MasukkanData()
    Panjang = CDbI(txtPanjang.Text)
    'ulangan pertama
    DataMentah(0, 0) =
    CDbI(txtLajuAlir1.Text)
    DataMentah(0, 1) =
    CDbI(txtWaktuRetensi1.Text)
```

```
DataMentah(0, 2) =
    CDbI(txtLebarPita1.Text)
    'ulangan kedua
    DataMentah(1, 0) =
    CDbI(txtLajuAlir2.Text)
    DataMentah(1, 1) =
    CDbI(txtWaktuRetensi2.Text)
    DataMentah(1, 2) =
    CDbI(txtLebarPita2.Text)
    'ulangan ketiga
    DataMentah(2, 0) =
    CDbI(txtLajuAlir3.Text)
    DataMentah(2, 1) =
    CDbI(txtWaktuRetensi3.Text)
    DataMentah(2, 2) =
    CDbI(txtLebarPita3.Text)
End Sub
```

```
'subrutin untuk menghitung koefisien
dari A, B, C dan nilai N dan H
dalam pers VD
Private Sub KoefABC()
    Dim i, j As Integer 'i=banyaknya
    baris, j=banyaknya kolom
    For i = 0 To 2
        N(i) = (4 * DataMentah(i, 1) /
    DataMentah(i, 2)) ^ 2
        H(i) = Panjang / N(i)
        For j = 0 To 3
            Select Case j
                Case 0
                    Data(i, j) = 1
                Case 1
                    Data(i, j) = 1 / DataMentah(i, 0)
                Case 2
                    Data(i, j) = DataMentah(i, 0)
                Case 3
                    Data(i, j) = H(i)
            End Select
        Next
    Next
End Sub
```

Setelah data dimasukkan, maka proses selanjutnya adalah eliminasi. Kode program untuk melakukan hal ini adalah 'subrutin untuk melakukan eliminasi

```
Private Sub Eliminasi()
    Dim i, j, k As Integer
    Dim Pengali As Double
    For i = 0 To 2
        For k = i + 1 To 2
            Pengali = Data(k, i) / Data(i, i)
            For j = i + 1 To 2
                Data(k, j) = Data(k, j) - Pengali * Data(i, j)
```

```

Next
H(k) = H(k) - Pengali * H(i)
Data(k, i) = 0
Next
Next
End Sub

```

Kode program ini akan melakukan perhitungan dalam beberapa tahap. Pertama, program akan mengeliminasi *A* dalam persamaan 5 sampai 7, sehingga dihasilkan dua persamaan yang hanya mengandung *B* dan *C*. Selanjutnya program akan mengeliminasi *B*, sehingga dihasilkan satu persamaan yang mengandung *C*.

Setelah diperoleh satu persamaan yang mengandung satu variabel *C*, maka proses selanjutnya adalah melakukan substitusi balik. Kode program untuk melakukan hal ini adalah

```

'subrutin untuk melakukan substitusi balik
Private Sub SubstitusiBalik()
    Dim i, j As Integer
    Dim s As Double
    For i = 2 To 0 Step -1
        s = H(i)
        For j = i + 1 To 2
            s = s - Data(i, j) * X(j)
        Next
        X(i) = s / Data(i, i)
    Next
    A = X(0)
    B = X(1)
    C = X(2)
End Sub

```

Dalam kode program di atas, variabel *A*, *B*, dan *C* dihitung oleh persamaan $X(i)$, di mana yang dihitung lebih dulu adalah *C*, kemudian *B*, dan terakhir *A*. Karena proses substitusi ini dimulai dari penentuan *C* kemudian mundur sampai ke *A*, maka proses ini disebut substitusi balik. Setelah *A*, *B*, dan *C* diketahui, maka program selanjutnya melakukan perhitungan laju alir optimum dan

H minimum dengan hasil sebagaimana disajikan dalam Gambar 6.

KESIMPULAN

Berdasarkan uji program di atas maka dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat dapat digunakan untuk menentukan tinggi plat teoritis dan laju alir optimum dari fasa gerak dalam kromatografi. Keuntungan menggunakan program ini dibandingkan menggunakan metode manual adalah perhitungan dapat dilakukan dengan lebih cepat dengan tingkat ketelitian tinggi dan tidak mengenal lelah.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapra, S. C. and R. P. Canale. 2006. *Numerical Methods for Engineers. 5th Ed.*, McGraw-Hill, New York, NY 10020.
- Conte, S. D. and Carl de Boer. 1980. *Elementary Numerical Analysis. An Algorithmic Approach. 3rd Ed.* McGraw-Hill, New York.
- Dewobroto, W. 2004. *Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0*. P.T. Elex Media Komputindo. Jakarta
- Kennedy, J. H. 1990. *Analytical Chemistry: Principles*. Second Edition. Saunders College Publishing.
- Munadi, S. 1995. *Perhitungan Matriks dengan Quick Basic*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Petroutsos, E., M. Ridgeway. 2008. *Mastering Visual 2008*, SYBEX Inc., 1151 Marina
- Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery. 2007. *Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing. 3rd Ed.*, Cambridge University Press.

Lampiran Kode Program

```

Public Class Data
    '*****
    'Program untuk menentukan laju alir optimum & H minimum
    'Dibuat oleh: Ir. Harry S. J. Koleangan, M.Si.
    'Jurusan Kimia, FMIPA Unsrat, Manado
    '*****

    Dim Panjang As Double
    Public Shared DataMentah(2, 2) As Double          'DataMentah (baris, kolom)

```

```

Dim Data(2, 3), N(2), H(2), X(2) As Double      'X(0)=A, X(1)=B, X(2)=C
Public Shared A, B, C As Double
Dim LajuAlirOptimumForm As New LajuAlirOptimum

'subrutin untuk mengoreksi data (textbox) yang kosong
Private Sub Koreksi(ByVal Kotak As TextBox)
    Kotak.Focus()
    Kotak.SelectAll()
End Sub

'subrutin untuk memberikan komentar terhadap data kosong
Private Sub Komen(ByVal m As Integer, ByVal Keterangan As String)
    MsgBox("Data " & Keterangan & " ulangan ke " & m + 1 & " tidak diisi dengan
benar", , "Data Salah")
End Sub

'subrutin untuk memasukkan data
Private Sub MasukkanData()
    Panjang = CDb1(txtPanjang.Text)
    'ulangan pertama
    DataMentah(0, 0) = CDb1(txtLajuAlir1.Text)
    DataMentah(0, 1) = CDb1(txtWaktuRetensi1.Text)
    DataMentah(0, 2) = CDb1(txtLebarPita1.Text)
    'ulangan kedua
    DataMentah(1, 0) = CDb1(txtLajuAlir2.Text)
    DataMentah(1, 1) = CDb1(txtWaktuRetensi2.Text)
    DataMentah(1, 2) = CDb1(txtLebarPita2.Text)
    'ulangan ketiga
    DataMentah(2, 0) = CDb1(txtLajuAlir3.Text)
    DataMentah(2, 1) = CDb1(txtWaktuRetensi3.Text)
    DataMentah(2, 2) = CDb1(txtLebarPita3.Text)
End Sub

'subrutin untuk validasi data
Private Sub ValidasiData()
    Dim i, j As Integer
    If Panjang <= 0 Then
        MsgBox("Data panjang kolom tidak diisi dengan benar", , "Data Salah")
        Koreksi(txtPanjang)
        Exit Sub
    End If
    For i = 0 To 2
        For j = 0 To 2
            If DataMentah(i, j) <= 0 Then
                If j = 0 Then
                    Komen(i, "Laju Alir")
                    If i = 0 Then
                        Koreksi(txtLajuAlir1)
                        Exit Sub
                    End If
                    If i = 1 Then
                        Koreksi(txtLajuAlir2)
                        Exit Sub
                    End If
                    If i = 2 Then
                        Koreksi(txtLajuAlir3)
                        Exit Sub
                    End If
                End If
                If j = 1 Then
                    Komen(i + 1, "Waktu Retensi")
                    If i = 0 Then
                        Koreksi(txtWaktuRetensi1)
                        Exit Sub
                    End If
                    If i = 1 Then
                        Koreksi(txtWaktuRetensi2)
                        Exit Sub
                    End If
                    If i = 2 Then
                        Koreksi(txtWaktuRetensi3)
                        Exit Sub
                    End If
                End If
                If j = 2 Then
                    Komen(i + 1, "Lebar Pita")
                    If i = 0 Then

```

```

        Koreksi(txtLebarPita1)
        Exit Sub
    End If
    If i = 1 Then
        Koreksi(txtLebarPita2)
        Exit Sub
    End If
    If i = 2 Then
        Koreksi(txtLebarPita3)
        Exit Sub
    End If
End If
End If
Next
End Sub

'subrutin untuk menghitung koefisien dari A, B, C dan nilai N dan H dalam pers VD
Private Sub KoefABC()
    Dim i, j As Integer      'i=banyaknya baris, j=banyaknya kolom
    For i = 0 To 2
        N(i) = (4 * DataMentah(i, 1) / DataMentah(i, 2)) ^ 2
        H(i) = Panjang / N(i)
        For j = 0 To 3
            Select Case j
                Case 0
                    Data(i, j) = 1
                Case 1
                    Data(i, j) = 1 / DataMentah(i, 0)
                Case 2
                    Data(i, j) = DataMentah(i, 0)
                Case 3
                    Data(i, j) = H(i)
            End Select
        Next
    Next
End Sub

'subrutin untuk melakukan eliminasi
Private Sub Eliminasi()
    Dim i, j, k As Integer
    Dim Pengali As Double
    For i = 0 To 2
        For k = i + 1 To 2
            Pengali = Data(k, i) / Data(i, i)
            For j = i + 1 To 2
                Data(k, j) = Data(k, j) - Pengali * Data(i, j)
            Next
            H(k) = H(k) - Pengali * H(i)
            Data(k, i) = 0
        Next
    Next
End Sub

'subrutin untuk melakukan substitusi balik
Private Sub SubstitusiBalik()
    Dim i, j As Integer
    Dim s As Double
    For i = 2 To 0 Step -1
        s = H(i)
        For j = i + 1 To 2
            s = s - Data(i, j) * X(j)
        Next
        X(i) = s / Data(i, i)
    Next
    A = X(0)
    B = X(1)
    C = X(2)
End Sub

Private Sub btExit_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btExit.Click
    Me.Close()
End Sub

'subrutin untuk menghitung laju alir optimum dan H minimum
Dim lajuOptimum As Double

```

```
Dim hMin As Double
Public Sub lajuAlirOptimum()
    Dim i, j As Integer
    MasukkanData()
    ValidasiData()
    If Panjang <= 0 Then Exit Sub
    For i = 0 To 2
        For j = 0 To 2
            If DataMentah(i, j) <= 0 Then Exit Sub
        Next
    Next
    'perhitungan
    MasukkanData()
    KoefABC()
    Eliminasi()
    SubstitusiBalik()
    lajuOptimum = (B / C) ^ 0.5
    hMin = A + B / lajuOptimum + C * lajuOptimum
End Sub

Private Sub btLajuAlir_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btLajuAlir.Click
    lajuAlirOptimum()
    With LajuAlirOptimumForm
        .lajuAlir.Text = Format(lajuOptimum, "#0.0000")
        .TinggiPlat.Text = Format(hMin, "#0.0000")
        .CancelButton = btExit
        .Show()
    End With
End Sub
End Class
```