PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PLAT TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI BEBAS

Sudargana

Abstract

In general literature, there is no Nuselt Number formula on several angle flat plate at free convection. There are the local Nuselt Number formulas for forced convection heat transfer in cross flow on pipe. While in the practical tecnology as in the boiler, we find pipe or plat at in angle. The aim of this research is to discript the influence of angle of plate to Nuselt Number for free convection heat transfer. The hot fluid is steam and cold fluid is water.

Steam flow at low Renold Number or laminair flow (pressure difference about stagnation and static prssure at 1 cm coloum water). We asume that thermal conducticity for plate material is known (from conduction table). From the series heat transfer, convection on hot fluid, conduction on plate material and convection on cold fluid, we can find the free convection at hot and cold fluid. Than we can calculate Nuselt Number at both free convection. The form of free convection at this result and theoritical are similar with a little deviation.

Keynote world : Platmir.doc.

PENDAHULUAN

Dalam literatur-literatur yang ada Angka Nuselt kebanyakan untuk perpindahan panas konveksi paksa pada plat datar ataupun vertikal dan jarang sekali terdapat formula Angka Nuselt untuk plat miring terutama uintak konveksi bebas. Sedangkan dalam kenyataan lapangan perpindahan panas pada plat atau silinder datar dan vertikal secara murni sangat jarang. Biasanya pipa ataupun plat berupa miring karena mempunyai keuntungan untuk mengalir kan fluida panas dan uap keatas. Dari literatur baru ada sedikit Angka Nuselt untuk aliran melintang pipa pada konveksi paksa.

Dalam penelitian ini dicoba mencari pengaruh angka perpindah an panas konveksi bebas pada plat miring. Fluida panas diambil uap sedangkan fluida dingin diambil air.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan tunggal yaitu mencari pengaruh sudut kemiringan pla terhadap koefisien perpindahan panas konveksi bebas.

DASAR TEORI

Pada perpindahan panas pada silinder atau pipa aliran melintang telah diteliti oleh Squire [Kreith,1973]. Diperoleh angka Nuselt pada titik stagnasi.

$$Nu_D = C\sqrt{\frac{VD}{v_f}}$$

C : Constante
V : kecepatan fluida
D : diameter silinder
v_f : volume spefifik fluida

Untuk titik yang terletak pada sudut θ persamaannya adalah

$$Nu = 1{,}14\left(\frac{Nu_D}{C}\right)\Pr_f^{\,0,4}\left[1-\left(\frac{\theta}{90}\right)^3\right]$$

atau dapat didekati dengan

$$h_{c\theta} = 0{,}194\,T_f^{\,0,49}\left(\frac{Nu_D}{C}\right)\left[1-\left(\frac{\theta}{90}\right)^3\right]$$

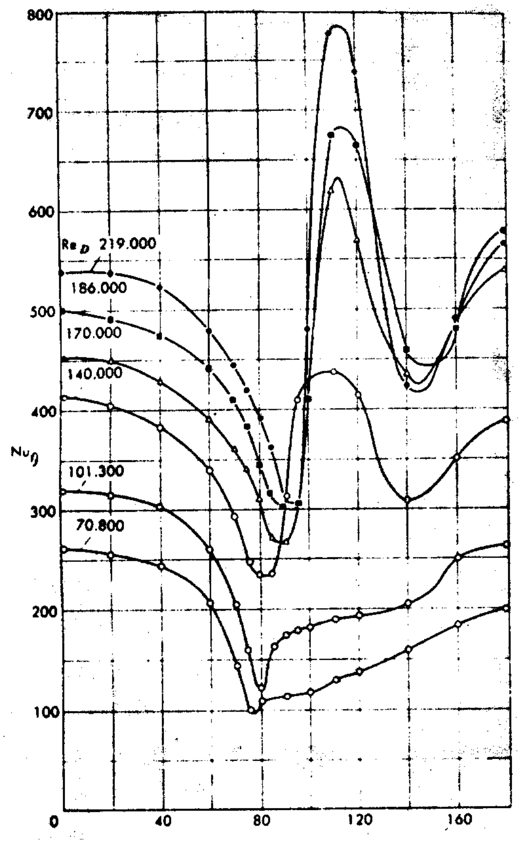
$N_{u\theta}$ dapat digambarkan seperti Gb.1.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini dipakai benda kerja berupa kotak besi dengan ukuran 10 x 10 x 14 cm. Ditengah kotak dipasang sekat plat tembaga dengan ukuran 6 x 6 cm setebal 5 mm. Agar pada plat tembaga terjadi perpindahan panas satu dimensi maka antara plat tembaga dengan kotak diisolasi karet dan diikat dengan mur-bout agar rapat betul. Bagian luar kotak diisolasi glass wool.

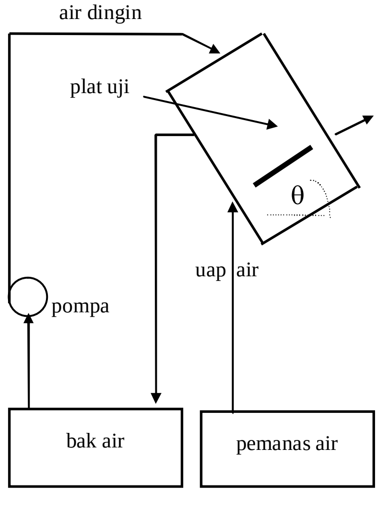
Diusahakan agar uap dapat mengenang pada permukaan plat uji dan saluran keluarnya diusahakan bebas. Disatu sisi dialirkan uap air dan disisi lain dialirkan air pendingin. Kecepatan fluida sekecil mungkin sehingga Angka Renold sekecil mungkin. Instalasi pengujian seperti pada Gb.2.

Uap air dari pemanas akan naik memasuki benda uji di satu sisi terus dibuang, sedangkan air dingin dipompa kan ke sisi lain dengan laju aliran rendah. Perpindahan panas konveksi alami terjadi dari sisi uap ke sisi air dingin. Uap yang terkondensasi diusa- hakan dapat keluar dengan adanya banyak lubang turun disisi uap. Maka terbentuk persamaan perpindahan panas dengan laju aliran panas konstan antara konveksi disisi uap, konduksi dalam plat tembaga dan konvemksoi disisi air dingin.

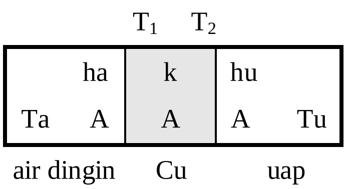


θ - derajat dari titik-stagnasi

Gb.1. Harga $N_{u\theta}$ untuk beberapa harga Re [Ref.1]



Gb2. Alat Uji



Gb.3. keadaan plat uji

$$q = h_u A\, dT_u = kA \frac{dT}{dx} = h_a A\, dT_a$$

Maka bila keadaan plat uji seperti dalam Gb.2.

$$\begin{aligned} q &= h_u A\,(T_u - T_2) \\ &= k A\,(T_2 - T_1) \\ &= h_a A\,(T_1 - T_a) \end{aligned}$$

Pada setiap kemiringan tertentu dan bila semua data temperatur terukur, k diketahui (referensi) maka h_a dan h_u akan dapat dicari, sehingga dapat dicari kurva hubungan pengaruh sudut kemi ringan dengan koefisien konveksi bebas plat rata. Data temperatur pada sudut kemiringan bervariasi terluhat pada Tabel.1.

Tabel.1. Data Temperatur

θ °	T_a (°C)	T_1(°C)	T_2(°C)	T_u(°C)
0	29.9	33.5	54.0	66.0
15	33.0	37.3	57.3	87.8
30	33.6	37.6	55.6	86.8
45	35.4	39.5	59.7	88.8
60	33.7	38.9	57.0	86.5
75	31.9	36.6	55.4	83.7
90	37.3	40.5	62.0	91.2
105	39.7	48.0	65.8	93.7
120	39.0	42.3	65.0	91.5
135	41.0	43.8	57.0	86.9
150	39.3	42.3	56.2	90.0
165	39.5	42.6	58.9	92.0
180	42.6	45.8	60.3	91.5

Dari data pada tabel.1 tersebut dapat dianalisa dan dicari harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas pada sisi uap dan sisi air pendingin dimana jumlah kedua sudut diantara keduanya adalah 360°. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gb.4. dan Gb.5.

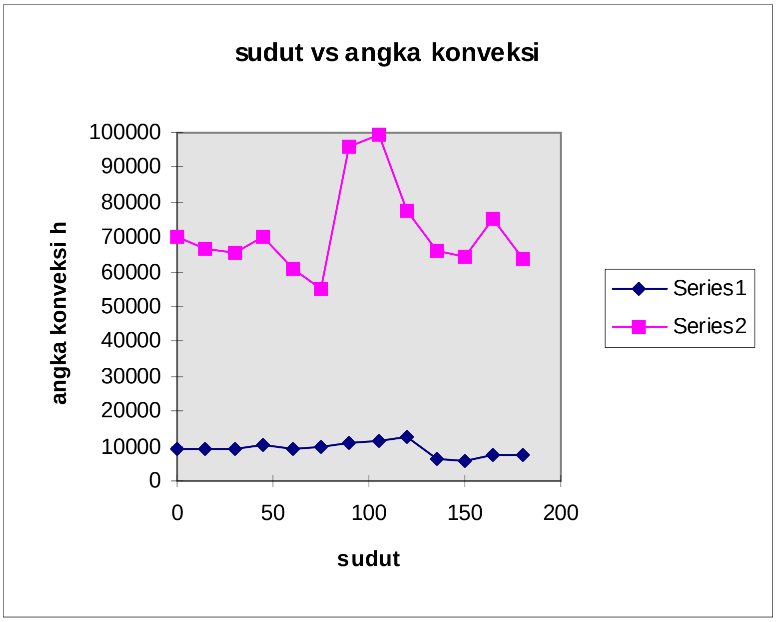
KESIMPULAN

Bila dibandingkan antara Gb.5. untuk konveksi bebas dan Gb.1. untuk konveksi paksa maka terlihat suatu kecenderungan yang hampir sama dan hanya terlihat adanya deviasi yang proporsional dengan harga Re.

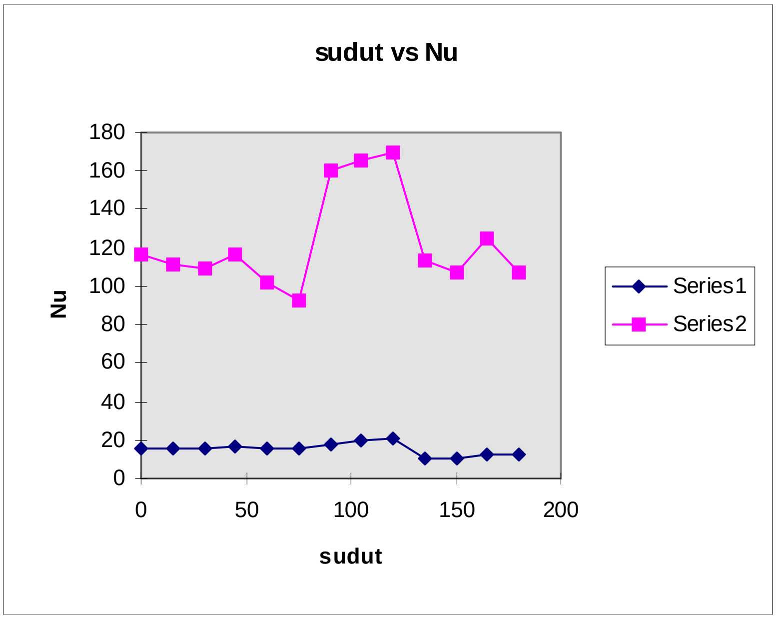
Bila dalam penelitian ini dipakai peralatan ukur yang lebih tepat niscaya akan diperoleh harga yang lebih bagus dan dapat didekati dengan suatu formula atau rumus yang dapat dipakai sebagai dasar perencanaan koefisien perpindahan panas konveksi bebas dengan variasi sudut. Kurva pada konveksi bebas ini dapat pula digabungkan dengan kurva pada konveksi paksa (Gb.1.) dengan ketentuan Re = 0 atau sangat kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, 1968, *Manual on The Use of Thermocouples in Tempera- tur Measurements*, ASDTM Special Technical Publication, Philadelphia.
2. Benedict, RP, 1977, *Fundamental of Temperatur, Pressure and Flow Measurements*, 2nd Ed. Willey Interscience Publication, New York.
3. Fairbance, AE, 1983, *Industrial Instrumentation Fundamentals*, Tata Mcgraw Hill Pubnlishing Co, New Delhi.
4. Hald, A, 1953, *Statistical Theory with Engineering Aplic.*, Willey Inter science Publication, Ne York.
5. Holman,JP, 1993, *Perpindahan Kalor*, Edisi terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. Kays, W H.& Crawford, M E, 1993, *Convective Heat and Mass Transfer*, 3rd Ed. Mcgraw Hill Inc, Singapore.



Gb. 4. Pengaruh sudut kemiringan vs angka konveksi bebas Seri 1 untuk sisi air dan seri 2 untuk sisi uap



Gb.5. Pengaruh sudt kemiringan vs Angka Nuselt Nu Seri 1 untuk sisi air dan seri 2 untuk sisi uap.

PENYELESAIAN PERSAMAAN KONDUKSI DENGAN METODE NUMERIK (KOMPUTASI)

Zainal Arifin & Eflita Yohana

Abstrak

Penyelesaian persamaan konduksi panas dengan menggunakan metode numeris semakin banyak dilakukan untuk persoalan-persoalan yang sulit diselesaikan secara analitis dengan metode eksak. Makalah ini menguraikan tentang penyelesaian perpindahan panas konduksi dengan metode numerik menggunakan bahasa Fortran. Metode yang digunakan adalah Finite Difference Method (FDM). Dalam makalah ini diuraikan secara singkat mengenai diskritasi persamaan perpindahan panas konduksi menjadi persamaan aritmatika, macam-macam kondisi batas (baundary condition), serta penyelesaian persamaan konduksi panas dengan metode Eksplisit dan Implisit.

PENDAHULUAN

Sudah banyak penyelesaian analitik atas persoalan-persoalan perpindahan kalor yang ada. Namun demikian, dalam banyak situasi praktis dihadapi syarat atau kondisi batas yang sedemikian rupa sehingga penyelesaian analitik sulit dilakukan. Atau apabila penyelesaian analitik dapat dikembangkan, akan menjadi sangat komplek. Untuk keadaan yang demikian pendekatan secara numerik akan lebih menguntungkan. Di bawah ini diberikan gambaran penyelesaian persamaan konduksi secara numerik., dengan menggunakan *finite difference method* (FDM).

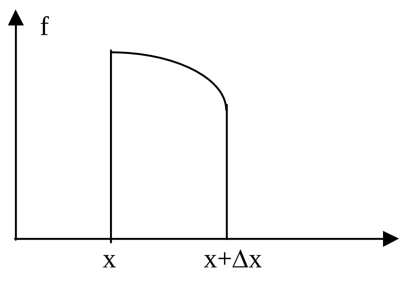
FINITE DIFFERENCE METHOD (FDM)

Bentuk persamaan differential dalam persamaan perpindahan panas harus dirubah dalam bentuk aritmatika, karena pada dasarnya komputer hanya bisa melakukan operasi aritmatika. Proses tersebut disebut diskritasi. Diskritasi dalam *finite difference* pendekatannya menggunakan deret Taylor. Deret Taylor memberikan sebuah perumusan untuk meramalkan suatu harga fungsi pada x+Δx yang dinyatakan dalam harga fungsi itu dan turunannya disekitar titik x.

$$f(x+\Delta x) = f(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\Delta x)^n}{n!} \frac{\partial^n f}{\partial x^2}$$

Dalam pembuatan diskritasi ada tiga macam metode yaitu :

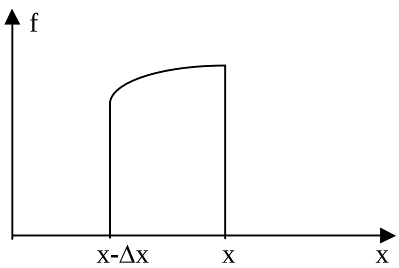
a. Forward difference (langkah maju)



Persamaan untuk turunan pertama dengan menggunakan metode forward difference adalah

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} + \mathrm{O}(\Delta x)$$

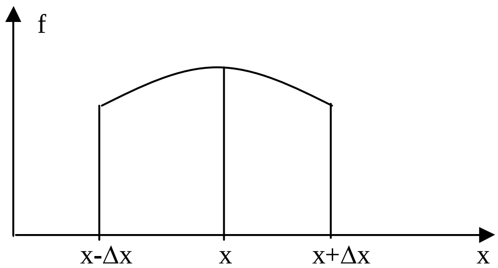
b. Backward difference (langkah mundur)



Persamaan untuk turunan pertama dengan menggunakan metode backward difference adalah

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x) - f(x-\Delta x)}{\Delta x} + \mathrm{O}(\Delta x)$$

c. Central difference (beda tengah)



Persamaan untuk turunan pertama dengan menggunakan metode central difference adalah

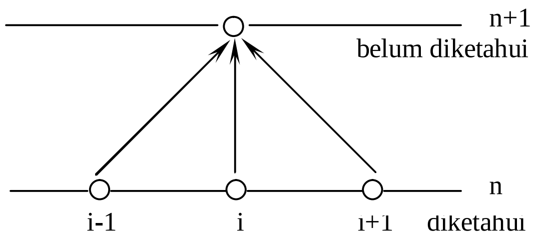
$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2\Delta x} + \mathrm{O}(\Delta x)$$

Rumusan diatas adalah khusus untuk orde 1, sedangkan untuk orde 2,3,dst. Dapat dilihat pada lampiran (tabel)

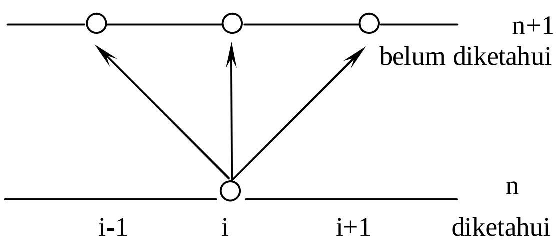
METODE

Sedangkan dalam perumusannya, beda hingga dikelompokan dalam dua macam, yaitu :

a. Metode ekplisit
   Metode ini digunakan untuk mencari besarnya temperatur T dititik i pada waktu n+1 berdasarkan besarnya temperatur T dititik i-1, i, i+1 pada waktu n



b. Metode implisit
   Metode ini digunakan untuk mencari besarnya temperatur T dititik i-1, i, i+1 pada waktu n+1 berdasarkan besarnya temperatur T dititik i pada waktu n



BOUNDARY CONDITION

Setelah proses diskritasi selesai, perlu mengetahui initial condition dan boundary condition untuk menyelesaikan persamaan perpindahan panas konduksi. Pada umumnya boundary condition ada tiga macam, yaitu :

a. Dirichlet condition
   Yaitu suatu syarat batas yang nilai batasnya langsung diberikan/ diketahui.
b. Neumann condition
   Yaitu suatu syarat batas, jika yang diketahui adalah harga gradiennya.
c. Robin atau Mixed condition
   Yaitu gabungan dari Dirichlet dan Neumann

Contoh :
Persamaan konduksi satu dimensi tidak tunak (transien)

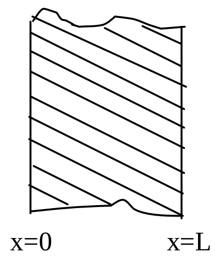
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{c\rho}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Syarat batas :

$T=T_1$ pada $x = 0, \quad t > 0$
$T=T_2$ pada $x = L, \quad t > 0$

Kondisi awal :

$T=T_0$ pada $0 \le x \le L \quad t = 0$



Penyelesaian
Persamaan differensial parsial parabolik satu dimensi aliran panas transien

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{c\rho}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Dengan Metode Eksplisit

Dilakukan diskritasi untuk masing-masing suku dari persamaan differensial parsial parabolik diatas.

- Forward difference in time

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t}$$

- Central difference in space

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_i^{n+1} - 2T_i^n + T_{i-1}^{n-1}}{(\Delta x)^2}$$

Dimasukkan ke persamaan (1)

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{k}{c\rho}\frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

dengan memisahkan suku yang sudah diketahui dan suku yang belum diperoleh diskritasi persamaan (1) sebagai berikut :

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \frac{k\Delta t}{c\rho(\Delta x)^2}\left[T_{i+1}{}^n - 2T_i^n + T_{i-1}{}^n\right]$$

Dalam persamaan ini suku yang belum diketahui hanya satu yaitu T_i^{n+1} maka tinggal menuliskan kedalam bahasa program yang dikehendaki. Jika ditulis dalam bahasa Fortran :

```
C   MASUKKAN WAKTU MAKSIMUM PERHITU-
    NGAN, TIME STEP, JUMLAH INTERVAL
    PADA ARAH X
        READ(*,*)TMAX,TS,NX
C   SET INITIAL CONDITION
        DO 10 I=0,NX
            T(I)=T0
10      CONTINUE
C   MENGHITUNG TEMPERATUR PADA TIAP
    TITIK
15      DO 20 I=1,NX-1
            T(I)=T(I)+R[T(I+1)-
            2T(I)+T(I-1)]
20      CONTINUE

C   PENERAPAN SYARAT BATAS
        T(0)=T1
        T(NX)=T2

        TM=0
        TM=TM+TS
        IF TM.LE.TMAX GO TO 15
```

<u>Dengan Metode Implisit</u>

Dilakukan diskritasi

- Backward difference in time

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t}$$

- Central difference in space

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i+1}{}^{n+1} - 2T_i^n + T_{i-1}{}^{n-1}}{(\Delta x)^2}$$

Dimasukkan ke persamaan (1)

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{k}{c\rho}\,\frac{T_{i+1}{}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}{}^{n+1}}{(\Delta x)^2}$$

$$T_i^{n+1} - T_i^n = \frac{k\Delta t}{c\rho(\Delta x)^2}\left[T_{i+1}{}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}{}^{n+1}\right]$$

suku yang belum diketahui, dan untuk menyelesaikannya perlu dicari pada masing-masing mode

i=2 $RT_1^{n+1} - (1+2R)T_2^{n+1} + RT_3^{n+1} = -T_2^n$

i=3 $RT_2^{n+1} - (1+2R)T_3^{n+1} + RT_4^{n+1} = -T_3^n$

i=4 $RT_3^{n+1} - (1+2R)T_4^{n+1} + RT_5^{n+1} = -T_4^n$

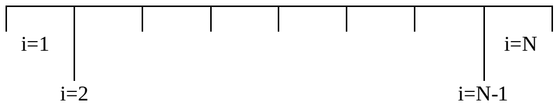
i=N-1

$$\underset{A}{\underset{\uparrow}{RT_{N-2}{}^{n+1}}} - \underset{B}{\underset{\uparrow}{(1+2R)T_{N-1}{}^{n+1}}} + \underset{C}{\underset{\uparrow}{RT_N{}^{n+1}}} = \underset{D}{\underset{\uparrow}{-T_{N-1}{}^n}}$$

Persamaan diatas jika ditulis dalam matrik akan membentuk matrik tridiagonal yaitu suatu matrik bujursangkar yang semua elemennya adalah no, kecuali tiga pita yang dipusatkan pada diagonal utama. Bentuk matrik tridiagonal tersebut adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} B & C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A & B & C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A & B & C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A & B & C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A & B & C & 0 & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A & B & C & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A & B & C \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_2^{n+1} \\ T_3^{n+1} \\ T_4^{n+1} \\ T_5^{n+1} \\ T_6^{n+1} \\ . \\ . \\ T_{N-3}{}^{n+1} \\ T_{N-2}{}^{n+1} \\ T_{N-1}{}^{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \\ . \\ . \\ D_{N-3} \\ D_{N-2} \\ D_{N-1} \end{bmatrix}$$

Salah satu cara untuk menyelesaikan matrik ini adalah dengan Metode Eliminasi Gauss dengan langkah eliminasi kedepan yang disederhanakan. Matrik ini hanya menyelesaikan pada daerah interior point, sedangkan pada bagian ujung-ujungnya diselesaikan dari syarat batas. Pada diagram dibawah ini daerah interior pointnya adalah x=2 sampai x=N-1.



Ditulis dalam bahasa pemrograman Fortran

```
C   MASUKKAN WAKTU MAKSIMUM PERHITU-
    NGAN, TIME STEP, JUMLAH INTERVAL
    PADA ARAH X
        READ(*,*)TMAX,TS,NX
C   SET INITIAL CONDITION
        DO  10 I=0,NX
            T(I)=T0
10      CONTINUE
C   SET ELEMEN MATRIK
        DO  20 I=1,NX-1
            A(I)=R
            B(I)=-(1+2R)
            C(I)=R
            D(I)=-T(I)
20      CONTINUE
C   KOREKSI TERHADAP SYARAT BATAS
        D(1)=-T(1)-A(1)*T1
        D(NX-1)=T(NX-1)-C(NX)*T2
        CALL TRIDI

        SUBROUTINE TRIDI
        D0  30 I=2,K
            RT=-A(I)/B(I-1)
            B(I)=B(I)+(RT*C(I-1))
            D(I)=D(I)+(RT*D(I-1))
30      CONTINUE
        D(K)=D(K)/B(K)
        DO  40 I=K-1,1,-1
            D(I)=(D(I)-C(I)*D(I+1)/B(I)
40      CONTINUE
```

DAFTAR PUSTAKA

1. Patankar , Suhas V. , Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1980.
2. Duchateay, Paul, Ph.D., Zachmann, David W., Ph.D., Theory and Problems of Partial Differential Equations, Mc. Graw-Hill Book Company, Singapore, 1986.
3. Holman, J.P., Heat Transfer, Fifth Edition, Mc. Graw-Hill, 1981.
4. Holman, J.P., Perpindahan Panas, Erlangga, Jakarta, 1984.

APPENDIX :

	f_i	f_{i+1}	f_{i+2}	f_{i+3}	f_{i+4}
$(\Delta x)\dfrac{\partial f}{\partial x}$	-1	1			
$(\Delta x)^2\dfrac{\partial^2 f}{\partial x^2}$	1	-2	1		
$(\Delta x)^3\dfrac{\partial^3 f}{\partial x^3}$	-1	3	-3	1	
$(\Delta x)^4\dfrac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	1	-4	6	-4	1

Forward difference representations of *O(Δx)*

	f_{i-4}	f_{i-4}	f_{i-2}	f_{i-1}	f_i
$(\Delta x)\dfrac{\partial f}{\partial x}$				-1	1
$(\Delta x)^2\dfrac{\partial^2 f}{\partial x^2}$			1	-2	1
$(\Delta x)^3\dfrac{\partial^3 f}{\partial x^3}$		-1	3	-3	1
$(\Delta x)^4\dfrac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	1	-4	6	-4	1

Backward difference representations of *O(Δx)*

	f_{i-2}	f_{i-1}	f_i	f_{i+1}	f_{i+2}
$2(\Delta x)\dfrac{\partial f}{\partial x}$		-1	0	1	
$(\Delta x)^2\dfrac{\partial^2 f}{\partial x^2}$		1	-2	1	
$2(\Delta x)^3\dfrac{\partial^3 f}{\partial x^3}$	-1	2	0	-2	1
$(\Delta x)^4\dfrac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	1	-4	6	-4	1

Central difference representations of *O(Δx)*^{2}

	f_i	f_{i+1}	f_{i+2}	f_{i+3}	f_{i+4}	f_{i+5}
$2(\Delta x)\frac{\partial f}{\partial x}$	-3	4	-1			
$(\Delta x)^2\ \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$	2	-5	4	-1		
$2(\Delta x)^3\ \frac{\partial^3 f}{\partial x^3}$	-5	18	-24	14	-3	
$(\Delta x)^4\ \frac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	3	-14	26	-24	11	-2

Forward difference representations of *O(Δx)²*

	f_{i-5}	f_{i-4}	f_{i-3}	f_{i-2}	f_{i-1}	f_i
$2(\Delta x)\frac{\partial f}{\partial x}$				1	-4	3
$(\Delta x)^2\ \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$			-1	4	-5	2
$2(\Delta x)^3\ \frac{\partial^3 f}{\partial x^3}$		3	-14	24	-18	5
$(\Delta x)^4\ \frac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	-2	11	-24	26	-14	3

Backward difference representations of *O(Δx)²*

	f_{i-3}	f_{i-2}	f_{i-1}	f_i	f_{i+1}	f_{i+2}	f_{i+3}
$12(\Delta x)\frac{\partial f}{\partial x}$		1	-8	0	8	-1	
$12(\Delta x)^2\ \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$		-1	16	-30	16	-1	
$8(\Delta x)^3\ \frac{\partial^3 f}{\partial x^3}$	1	-8	13	0	-13	8	-1
$6(\Delta x)^4\ \frac{\partial^4 f}{\partial x^4}$	-1	12	-39	56	-39	12	-1

Central difference representations of *O(Δx)⁴*

```
C    PENYELESAIAN PERSAMAAN PANAS KONDUKSI DENGAN METODE IMPLISIT
C    PERSAMAAN ATUR : Tt=ALFA*Txx
C    BATAS KIRI DAN KANAN SUMBU X : X1,X2
C    JENIS SYARAT BATAS : SYARAT BATAS DIRICHLET
C    F : DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA t=0 (KONDISI AWAL)
C    G : KONDISI BATAS PADA X=X1
C    H : KONDISI BATAS PADA X=X2
C
C
     DIMENSION A(50), B(50), C(50) RH(50), T(50)
     PRINT*,'JUMLAH INTERVAL PADA SUMBU X (N):'
     READ(*,*)N
     PRINT*,'HARGA X PADA BATAS KIRI DAN KANAN (X1 DAN X2) :'
     READ(*,*)X1,X2
     DELX=(X2-X1)/(N-1)
     PRINT*,'AWAL WAKTU, AKHIR WAKTU, TIME STEP, DIFUSIVITAS TERMAL'
     READ(*,*)TO,TA,DELT,ALFA
     PRINT''KONDISI AWAL,BATAS KIRI DAN BATAS KANAN'
     READ(*,*)F,G,H
     R=ALFA*DELT/DELX/DELX
     PRINT*,'MASUKKAN HARGA BETA'


     READ(*,*)BT
```

```
      BR=R*(1-BT)

C     SET KONDISI AWAL
      DO  10 I=1,N
          T(I)=F
10    CONTINUE

C     SISTEM PERSAMAAN LINIER TRIDIAGONAL
25    L=N-1
      DO  20 I=2,L
          A(I)=-BT*R
          B(I)=2*BT*R+1
          C(I)=-BT*R
          RH(I)=RR*T(I-1)-(2*RR-1)*T(I)+RR*T(I+1)
20    CONTINUE

C     PENYELESAIAN PERSAMAAN LINIER
      DO  5 I=3,L
          RT=-A(I)/B(I-1)
          B(I)=B(I)+RT*C(I-1)
          RH(I)=RH(I)+RT*RH(I-1)
5     CONTINUE
C     MENGHITUNG RH DENGAN SUBSTITUSI BALIK
      RH(L)=RH(L)/B(L)
      DO  15 I-L-1,2,-1
          RH(I)=(RH(I)-C(I)*RH(I+1))/B(I)
15    CONTINUE

C     TEMPERATUR PADA WAKTU TO+DELT
      TO=TO+DELT
      DO  30 I=2,L
          T(I)=RH(I)
30    CONTINUE
      T(1)=G
      T(N)=H

C     CEK, SAMPAI AKHIR WAKTU ?
      IF(ABS(TA-TO).GT.DELT/2)GO TO 25
C     BILA TELAH SAMPAI AKHIR WAKTU CETAK HASIL

RUN
JUMLAH INTERVAL PADA SUMBU X(N):
6
HARGA X PADA BATAS KIRI DAN KANAN (X1 DAN X2):
0
0.5
AWAL WAKTU, AKHIR WAKTU, TIME STEP, DIFUSIVITAS TERMAL
0
100
1
0.0002
KONDISI AWAL, BATAS KIRI DAN BATAS KANAN
100
0
0

MASUKKAN HARGA BETA
0.5
DISTRIBUSI TEMPERATUR DIHITUNG DENGAN METODE IMPLISIT
X=   0.00      T=    0.00
```

```
X=   0.07      T=   25.17
X=   0.14      T=   45.24
X=   0.21      T=   56.30
X=   0.29      T=   56.30
X=   0.36      T=   45.24
X=   0.43      T=   25.17
X=   0.50      T=    0.00
```

```
C    PENYELESAIAN PERSAMAAN PANAS KONDUKSI DENGAN METODE EKSPLISIT
C    PERSAMAAN ATUR : Tt=ALFA*Txx
C    BATAS KIRI DAN KANAN SUMBU X : X1,X2
C    F : DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA t=0 (KONDISI AWAL)
C    G : KONDISI BATAS PADA X=X1
C    H : KONDISI BATAS PADA X=X2
C
     DIMENSION T(50), TU(50)
     PRINT*,'JUMLAH INTERCAL PADA SUMBU X (N):'
     READ(*,*)N
     PRINT*,'HARGA X PADA BATAS KIRI DAN KANAN (X1 DAN X2) :'
     READ(*,*)X1,X2
     DELX=(X2-X1)/(N-1)
     PRINT*,'AWAL WAKTU, AKHIR WAKTU, TIME STEP, DIFUSIVITAS TERMAL'
     READ(*,*)TO,TA,DELT,ALFA
     PRINT*,'KONDISI AWAL, BATAS KIRI DAN BATAS KANAN'
     READ(*,*)F,G,H
     R=ALFA*DELT/(DELX*DELX)

C    SET KONDISI AWAL
     DO  10 I=1,N
        T(I)=F
10   CONTINUE

C    MENGHITUNG TEMPERATUR
25   DO  20 I=2,N-1
        TU(I)=T(I)+R*(T(I+1)-2*T(I)+T(I-1))
20   CONTINUE
     TU(1)=G
     TU(N)=H

C    TEMPERATUR PADA T=TO (UNTUK STEP WAKTU BERIKUT)
     TO=TO+DELT
     DO  30 I=1,N
        T(I)=TU(I)
30   CONTINUE

C    CEK, SAMPAI AKHIR WAKTU?
     IF(ABS(TA-TO).GT.DELT/2)GO TO 25
C    BILA TELAH SAMPAI AKHIR WAKTU CETAK HASIL
     WRITE(*,100)
     DO  50 I=1,N
        X,X1+(I-1)*DELX
        WRITE(*,200)X,T(I)

50   CONTINUE
100  FORMAT('DISTRIBUSI TEMPERATUR DIHITUNG DENGAN METODE EKSPLISIT')
200  FORMAT('X=',F5.2,T5,'T=',F10.3)
     END

RUN
```

```
JUMLAH INTERVAL PADA SUMBU X(N):
8
HARGA X PADA BATAS KIRI DAN KANAN (X1 DAN X2):
0
0.5
AWAL WAKTU, AKHIR WAKTU, TIME STEP, DIFUSIVITAS TERMAL
0
100
1
0.0002
KONDISI AWAL, BATAS KIRI DAN BATAS KANAN
100
0
0
DISTRIBUSI TEMPERATUR DIHITUNG DENGAN METODE EKSPLISIT
X=   0.00     T=    0.000
X=   0.07     T=   25.176
X=   0.14     T=   45.271
X=   0.21     T=   56.359
X=   0.29     T=   56.359
X=   0.36     T=   45.271
X=   0.43     T=   25.176
X=   0.50     T=    0.000
```