MODUL VIII
CCS 210 SISTEM OPERASI

Judul	KONKURENSI	
Penyusun	**Distribusi**	**Perkuliahan**
Nixon Erzed	**FASILKOM** **UNIVERSITAS ESA UNGGUL**	Pertemuan – VIII OL – 8 - 9

Materi
1. Pengantar Konkurensi
2. Mutex
3. Algoritma Penyelesaian Mutex
4. Deadlock

KONKURENSI DASAR

(Konkurensi 2 proses)

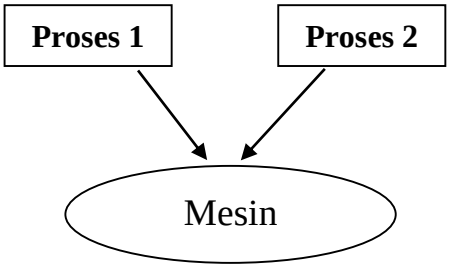
Konkurensi → persoalan proses-proses konkuren

→ Proses-proses disebut konkuren jika terdapat lebih dari satu proses pada saat sama dan membutuhkan layanan pemroses.

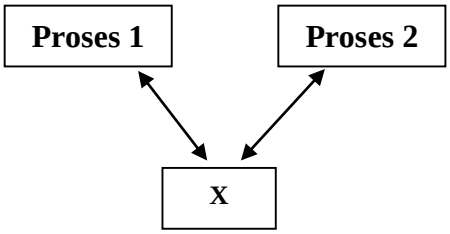
Terdapat beberapa kemungkinan keadaan proses konkuren, yaitu :

1. saling bebas, tapi terdapat persaingan untuk mendapatkan sumber daya (→ sumber daya dipakai secara eksklusif)

   misal P1 dan P2 adalah proses konkuren, dan tidak data/informasi saling dipertukarkan, tapi P1 dan P2 tetap dieksekusi oleh mesin yang sama sehingga terjadi persaingan.



2. berinteraksi secara tidak langsung, melalui pemakaian sumber daya bersama (→ data bersama/variabel bersama) → saling mempengaruhi



Ilustrasi masalah

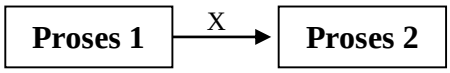
Misalkan proses 1 dan proses 2 bekerja dengan nilai kecepatan yang dibaca dari variabel x, proses yang membaca variabel berkewajiban untuk meng-update nilai x menjadi 2 kalinya.

Misalkan nilai awal *x = 10*

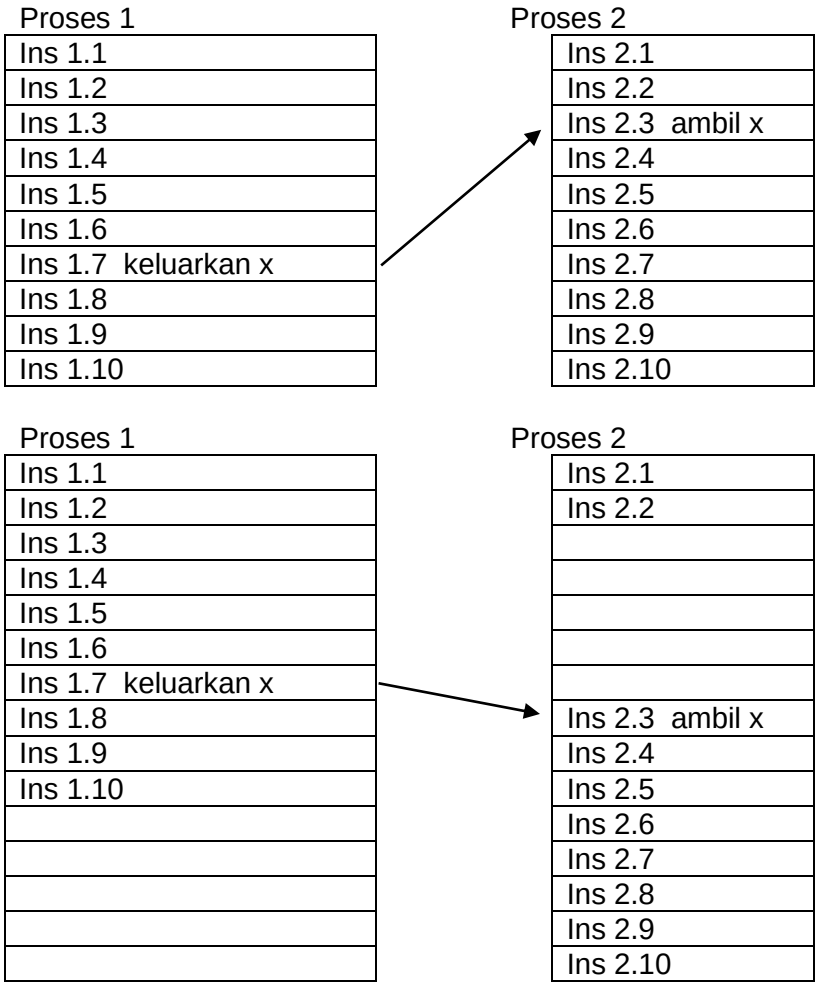
Sehingga proses yang pertama kali mendapatkan x akan bekerja dengan kecepatan 10
Jika proses 1 yang mendapatkan kesempatan awal membaca x dan kemudian mengubahnya menjadi 20
→ *proses 1 bekerja dengan kecepatan 10*
→ *proses 2 mendapatkan x = 20, bekerja dengan kecapatan 20 dan mengupdate x =40*

Jika proses 2 yang mendapatkan kesempatan awal membaca x dan kemudian mengubahnya menjadi 20
→ *proses 2 bekerja dengan kecepatan 10*
→ *proses 1 mendapatkan x = 20 dan bekerja dengan kecapatan 20 dan mengupdate x =40*

3. Saling berinterakasi secara langsung, terdapat komunikasi antar proses
   (→ output P_1 menjadi input P_2)
   → suatu proses tergantung pada proses lainnya



Output P1 menjadi masukan P2 , sehingga P2 tidak dapat diselesaikan jika P1 belum menghasilkan output x



Persoalan-persoalan yang muncul pada proses konkuren

1. Alokasi waktu pemroses → pada monoprosesor atau multiprosesor
   Implementasi kebijakan penjadwalan → Scheduling

   Kegagalan kebijakan penjadwalan menimbulkan resiko :
   → starvation (proses terkucil), inefisiensi, respons yang buruk, dll

   Contoh :
   Pada implementasi algoritma SJF, proses yang secara ekstrim membutuhkan waktu proses relatif sangat panjang dibanding proses yang lain akan beresiko tidak kebagian waktu pemroses (terkucil)

   Cukup sulit menemukan algoritma yang memenuhi criteria penjadwalan untuk semua keadaan → resiko starvation .

   Pemulihan starvation → digunakan penjadwal jangka panjang (yang mengintervensi antrian agar proses terkucil diprioritaskan)

2. Pemakaian sumber daya bersama (variabel bersama) → MUTEX (Mutual Exclusion)
   Terdapat sumber daya bersama yang bersifat ekslusif, yang tidak boleh diakses oleh lebih dari satu proses pada suatu saat

   Resiko → race condition → keadaan dimana hasil proses tidak sesuai dengan dugaan/prediksi

   Ilustrasi :
   Untuk menentukan kamar yang akan ditempati setiap mahasiswa (1 kamar untuk 1 mahasiswa), terdapat sebuah papan panduan nomor kamar. Pada papan tertulis nomor kamar yang boleh diisi. Mahasiswa berebut membaca papan, setelah membaca nomor dipapan, nomor harus diupdate agar pembaca berikutnya tidak masuk kamar yang sama.

   → *papan nomor adalah sumber daya bersama, dan bersifat kritis menuntut pengaksesan ekslusif*

   → jika akses ekslusif gagal dijamin → race condition terjadi
   yaitu isi kamar menjadi tidak konsisten (tidak sesuai dengan prediksi)

   Mutex → menjamin akses ekslusif terhadap seksi kritis

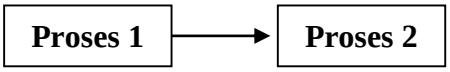
3. Persaingan mendapatkan sumber daya → DEAD LOCK
   - Proses-proses membutuhkan sekumpulan sumber daya untuk menyelesaikan jobnya
   - Terdapat lebih dari satu proses yang meminta layanan, terdapat banyak sumber daya
   - Beberapa sumber daya mungkin dibutuhkan oleh beberapa proses berbeda.
   - Terdapat kemungkinan proses-proses saling menguasai sumber daya dan menunggu sumber daya lain yang dikuasai proses lain

   → jika gagal dikendalikan → circular wait → Terjadilah DEADLOCK
   → penyelesaian deadlock : Deteksi dan Recovery

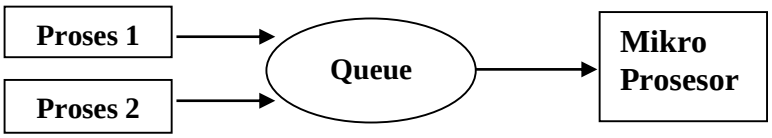
4. **Sinkronisasi proses**
   Pada proses-proses yang berinteraksi secara langsung, terjadi komunikasi berupa output suatu proses menjadi input proses lainnya.
   → terdapat ketentuan predesesor – suksesor

   Jika proses-proses hadir pada saat yang sama dan meminta layanan prosesor : *harus disinkronkan*
   Proses predesesor harus dilayani terlebih dahulu, jika gagal dijamin → tidak sinkron

   Contoh : Output P1 menjadi masukan P2

   ketentuan : 

   proses datang bersama-sama dan masuk antrian

   → tidak sinkron jika : P2 mendapat jatah waktu lebih dahulu

   Penyelesaian masalah sinkronisasi : menyerahkan pada mekanisme diagram state
   → *jika suksesor running sebelum predesesor, maka akan ditemukan event menunggu suatu nilai input sehingga proses akan Blocked*

Dasar untuk penyelesaian proses-proses konkuren

1. Pemahaman tentang implementasi multitasking
2. pemrosesan paralel → algoritma paralel
3. pemahaman tentang alokasi sumber daya

Penyelesaian masalah konkurensi :

Masalah	Solusi
Alokasi waktu pemroses → bagaimana menjamin pencapaian keadaan terbaik pada pemenuhan kriteria penjadwalan	Menerapkan algoritma penjadwalan yang memenuhi criteria penjadwalan secara optimal. (fairness, efficient, min. response time, min. turn around time, max. throughput) Jika masih gagal → intervensi penjadwal jangka panjang
Pemakaian sumber daya bersama yang bersifat kritis → menjamin akses eksklusif	Menjamin Mutual Exclusion → algoritma2 mutex
Persaingan mendapatkan sumber daya →deadlock	Deteksi dan recovery kejadian deadlock
Sinkronisasi proses	Analisis hubungan proses-proses oleh kernel → graf keterdahuluan 1. sulit diterapkan pada multiprogramming (kasusnya juga jarang) : *diselesaikan dengan mekanisme siklus state proses* 2. terjadi pada pemrosesan parallel statement-statement suatu proses tunggal → terdapat graf keterdahuluan yang dapat diacu → mengacu pada Bernstein condition

MUTUAL EXCLUSION

Mutual exclusion : jaminan hanya satu proses yang mengakses sumber daya kritis pada suatu interval waktu tertentu.

Keyword → critical section, race condition, mutual exclusion

Seksi kritis berkaitan dengan sumber daya kritis
→ sumber daya kritis :
sumber daya sistem komputer yang menuntut pengaksesan secara eksklusif, jika tidak dapat dijamin akses eksklusif tsb → kekacauan proses
→ seksi kritis
Aksi eksklusif yang terhadap sumber daya kritis

Kondisi Pacuan (race condition)
Kekacauan yang terjadi akibat akses eksklusif terhadap sumber daya kritis tidak dapat dijamin

Mutual Exclusion
→ menjamin akses eksklusif

Algoritma Mutex → algoritma untuk menjamin akses eksklusif

Ilustrasi pentingnya *mutual exclusion* :
- Ilustrasi ilustrasi eksekusi *daemon printer.*
- Ilustrasi aplikasi tabungan.

Ilustrasi Printer Daemon

- ***Daemon*** printer adalah proses penjadwalan dan pengendalian percetakan berkas – berkas di printer sehingga seolah – olah printer dapat digunakan secara simultan oleh proses – proses.
- Daemon printer mempunyai ruang *disk* (disebut direktori *spooler*) untuk menyimpan berkas – berkas yang akan dicetak.
- Direktori *spooler* membagi *disk* menjadi sejumlah slot. Slot – slot diisi berkas yang akan dicetak. Terdapat variabel *in* menunjuk slot bebas di ruang *disk* yang akan dipakai menyimpan berkas yang ingin dijadwalkan untuk dicetak.
- Variabel *in* adalah sebuah variabel bersama dan bersifat kritis

```
Program Give_file_to_spooler;
Var
    in : Integer;
    berkas A, berkas B : File;

Procedure Store (Brks : File, nx_slot : Integer );
{ Untuk menyimpan berkas pada slot yang
beralamat nx_slot }

Procedure Proses A;
Var
    next_Free_slot : Integer;
Begin
    next_free_slot : = in;
    Store ( berkas A, next_free_slot );
    in : = next_free_slot + 1;
End-proses A;
```

```
Procedure Proses B;
Var
    next_free_slot : Integer
Begin
    next_free_slot : = in;
    Store ( berkas B, next_free_slot );
    in : = next_free_slot + 1;
End-proses B
Begin
    in : = 0;
    Repeat
        Parbegin
            Proses A;
            Proses B;
        Parend
    Forever
End
```

Proses parallel A dan B dapat juga ditulis sebagai berikut

```
Procedure Proses A;
Var
    next_Free_slot : Integer;
Begin
    next_free_slot : = in;
    in : = next_free_slot + 1;
    Store ( berkas A, next_free_slot );
End-proses A;

Procedure Proses B;
Var
    next_free_slot : Integer
Begin
    next_free_slot : = in;
    in : = next_free_slot + 1;
    Store ( berkas B, next_free_slot );
End-proses B
```

Skenario yang Membuat Situasi Kacau

Misal proses A dan B ingin mencetak berkas, variabel **in** bernilai 9.

Clock	Proses A	Proses B
1	{ in = 9 } next_free_slot ← in {proses A dapat alokasi slot-9}	
2	{ Penjadwalan menjadwalkan B berjalan }	{ in = 9 } next_free_slot ← in {proses B juga dapat alokasi slot-9
3		store berkas B to slot [next_free_slot] { berkas B disimpan di slot ke – 9 }
4		in ← next_free_slot + 1 { in ← 9 + 1 → 10 }
5	store berkas A to slot [next_free_slot] ***{ berkas A disimpan di slot ke- 9, menimpa berkas B}***	{ penjadwal menjadwalkan A berjalan }
6	in ← next_free_slot + 1 { in ← 9 + 1 = 10 }	

Skenario Sukses :

Clock	Proses A	Proses B
1	{ in = 9 } next – free – slot ← in {proses A dapat alokasi slot-9}	
2	store berkas A to slot [next – free – slot] { berkas A disimpan di slot ke- 9}	
3	in ← next – free – slot + 1 { in ← 9 + 1 = 10 }	
4	{ Penjadwalan menjadwalkan B berjalan }	{ in = 10 } next – free – slot ← in {proses B dapat alokasi slot-10
5		store berkas B to slot [next – free – slot] { berkas B disimpan di slot ke –10 }
6		In ← next – free – slot + 1 { in ← 10 + 1 → 11 }

Skenario sukses tidak mungkin selalu terpenuhi, karena **persaingan bebas proses-proses.**

Kriteria Penyelesaian Mutual Exclusion

1. *Mutual exclusion* harus dijamin
   Seksi kritis dijamin hanya diakses oleh satu proses pada satu saat
   Hanya satu proses pada satu saat yang diijinkan masuk critical section. Proses – proses lain dilarang masuk critical section yang sama pada saat telah terdapat proses masuk di critical section itu.
2. Proses yang berada di *noncritical section*, dilarang mem – *blocked proses* – proses lain yang ingin masuk *critical section.*
3. Harus dijamin proses yang ingin masuk critical section tidak menunggu selama waktu yang tak berhingga. Atau tak boleh terdapat *deadlock* atau *startvation.*
4. Ketika tidak ada proses pada *critical section* maka proses yang ingin masuk *critical section* harus diijinkan masuk tanpa waktu tunda.
5. Tidak ada asumsi mengenai kecepatan relatif proses atau jumlah proses yang ada.

Metoda-Metoda Dasar Penyelesaian MUTEX antara lain :

1. Metoda Variabel Lock Sederhana

   Menggunakan Variabel Lock sebagai pengunci Seksi Kritis

   Jika Lock = 1 maka proses tidak boleh memasuki Seksi Kritis

   Jika Lock = 0 maka proses dipersilahkan memasuki Seksi Kritis dan segera menset

   Lock = 1 agar proses lain tidak memasuki Seksi Kritis.

   Masalah : Proses paralel terjadi pada instruksi dasar, sehingga tidak dapat dipaksa suatu proses tidak memasuki seksi kritis ketika proses yang duluan masuk belum sempat menset Variabel Lock.

2. Metoda Pergantian Secara Ketat

   Menggunakan Variabel Turn dengan nilai yang berbeda antara suatu proses dengan proses lainnya.
   Masuknya proses-proses terjadi pada prosedur.

3. Algoritma Peterson
4. Semaphore
   Semaphore adalah teknik penyelesaian Mutex dengan memanfaatkan Queue

Metoda dengan Variabel Lock Sederhana (Metoda Naif)

```
Program Mutex_with_lock;
Var
    lock : Integer;

Procedure Enter_critical_section;
{ Mengerjakan kode – kode krisis }

Procedure Enter_non_critical_section;
{ Mengerjakan kode – kode non krisis }

Procedure Proses A;
Begin
    While lock <> 0 Do Begin End;

     lock : = 1;
     enter_critical_section;
     lock : = 0;
    enter_non_critical_section;

End;

Procedure Proses B;
Begin
    While lock <> 0 Do Begin End;

    lock : = 1;
    enter_critical_section;
    lock : = 0;
    enter_non_critical_section;

End;
```

```
Begin

    lock : = 0;
     Repeat
         Parbegin
              Proses A;
              Proses B;
         Parend
     Forever
End
```

```
Procedure Enter_critical_section;
begin
          next_free_slot : = in
        in : = next_free_slot + 1
end;


Procedure Enter_non_critical_section;
{ Mengerjakan kode – kode non krisis }
begin
        store (berkas A ke
next_free_slot);
end
```

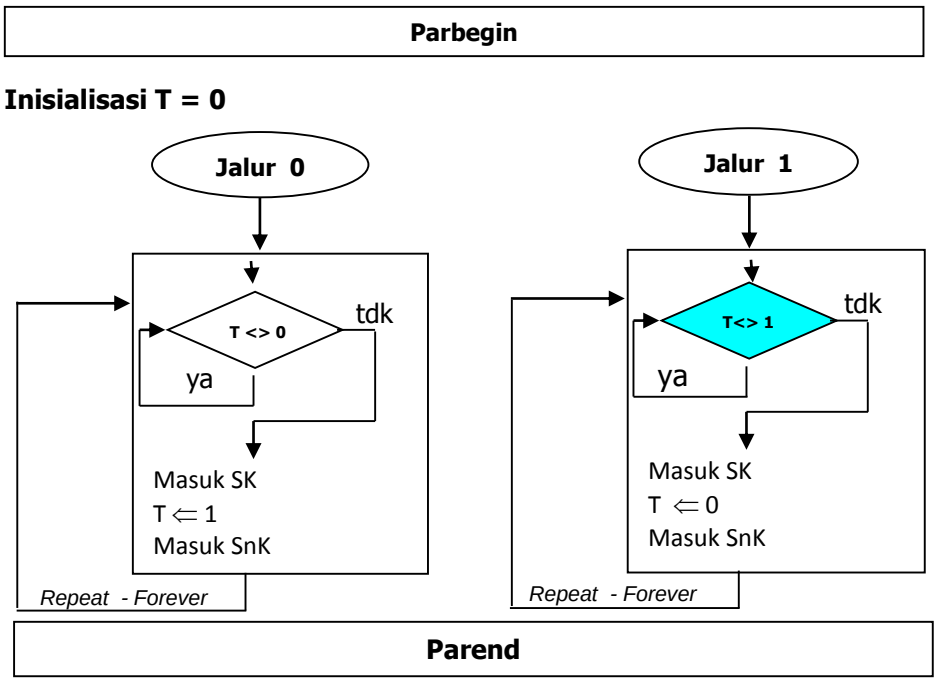
Skenario Sukses/Gagal

Clock	Proses A	Proses B
1	**While lock** <> 0 **Do Begin End;** **(Lock = 0)<> 0 false → P_A PASS**	
2	Lock := 1 (mengunci)	
3		**While lock** <> 0 **Do Begin End;** *(P_B blocked)* **(Lock=1) <> 0 → benar looping**
4		**While lock** <> 0 **Do Begin End;** *(P_B blocked))*
5	Mengerjakan Seksi Kritis (baca IN dan Update)	
6		**While lock** <> 0 **Do Begin End;** *(blocked)*
7	Lock := 0 (melepas kunci)	
8		**While lock** <> 0 **Do Begin End;** *(P_B PASS)*

Clock	Proses A	Proses B
1.	**While lock** <> 0 **Do Begin End; PASS**	
2.		**While lock** <> 0 **Do Begin End;** *(PASS)*
3.	Lock := 1 (mengunci)	
4.		Lock := 1 (mengunci ULANG) → KEKACAUAN TERJADI
5.		Mengerjakan Seksi Kritis (baca IN)
6.	Mengerjakan Seksi Kritis (baca IN)	
7.	Mengerjakan seksi kritis (Update IN)	
8.		Mengerjakan seksi kritis (Update IN)
9.	Lock := 0 (melepas kunci)	
10.		

Metoda Bergantian Secara Ketat

Metoda ini mengatur supaya urutan giliran antara beberapa proses menjadi lebih adil. Metoda mengizinkan parallel dua proses pada saat yang sama.



Data proses :

Id proses	waktu porses datang	ukuran paket data
P0	0	10
P1	1	2
P2	4	2
P3	20	3

Status Awal : turn = 0, nomor slot kosong berikutnya = 4

Digunakan sebuah variabel *turn* sebagai kendali seksi kritis :

- Jika variabel *turn* = 0 maka proses di jalur 0 diijinkan masuk seksi kritis, dan proses di jalur 1 blocked
- Jika variabel *turn* = 1 maka proses di jalur 1 diijinkan masuk seksi kritis dan proses di jalur 0 blocked

```
Program Mutex_with_strict_alternation;
Var
    turn : Integer;
Procedure enter_critical_section;
  { Mengerjakan kode – kode kritis }
Procedere enter_noncritical_section;
  { Mengerjakan kode – kode tak kritis }
Procedure Proses 0;
Begin
    Repeat
        While turn <> 0 Do Begin End;
        enter_critical_section;
        turn : = 1;
        enter_noncritical_section;
    Forever
End;
```

```
Procedure Proses 1;
Begin
    Repeat
        While turn <> 1 Do Begin End;
        enter_critical_section;
        turn : = 0;
        enter_noncritical_section;
    Forever
End;
Begin
    turn : = 0;
    Parbegin
        Proses 0;
        Proses 1;
    Parend
End.
```

Kelemahannya → looping busy waiting hanya memeriksa nilai kunci, dan tidak memeriksa apakah apakah proses yang menghalangi berada di SK atau bukan**.**

Metoda ini dapat menghidarkan *race condition* tapi gagal menyelesaikan Mutex karena proses yang berada di seksi non kritis dapat menghalangi proses lain masuk ke seksi kritis. Perhatikan contoh berikut ini.

Tabel Data Proses :

Id proses	waktu porses datang	ukuran paket data
P0	0	10
P1	1	2
P2	4	2
P3	20	3

Status Awal : turn = 0, nomor slot kosong berikutnya = 4

Clock	P0	P1	P2	P3	SK	Proses Dieksekusi	Deskripsi
0.	Jalur 0				Idle	P0	Turn <> 0 => 0<>0 = F; P0 diizinkan masuk SK
1.	In SK	Jalur 1			P0	P0	In SK => get slot P0= 4
2.	In SK	blocked			P0	P1	Turn <> 1 => 0<>1 = T; P1 blocked
3.	In SK	blocked			P0	P0	In SK => update slot = 5
4.	In SK	blocked	Delay		P0	P1	Turn <> 1 => 0<>1 = T; P1 blocked
5.	In SK	blocked	Delay		P0 out	P0	Turn <= 1
6.	In SNK	In SK	Delay		P1	P1	Turn <> 1 => 1<>1 = F; P1 diizinkan masuk SK
7.	In SNK	In SK	Delay		P1	P0	P0 In SNK (1)
8.	In SNK	In SK	Delay		P1	P1	In SK => get slot P1=5
9.	In SNK	In SK	Delay		P1	P0	P0 In SNK (2)
10.	In SNK	In SK	Delay		P1	P1	In SK => update Slot = 6
11.	In SNK	In SK	Delay		P1	P0	P0 In SNK (3)
12.	In SNK	In SK	Delay		P1 out	P1	Turn <= 0
13.	In SNK	inSNK	Delay		Idle	P0	P0 In SNK (4)
14.	In SNK	inSNK	Delay		Idle	P1	P1 In SNK (1)
15.	In SNK	inSNK	Delay		Idle	P0	P0 In SNK (5)
16.	In SNK	inSNK	Delay		Idle	P1	P1 In SNK (2) P1 Selesai jalur 1 kosong
17.	In SNK		Jalur 1		Idle	P0	P0 In SNK (6)
18.	In SNK		blocked		Idle	P2	Turn <> 1 → 0 <> 1 = True → P2 blocked padahal SK idle
19.	In SNK		Blocked		Idle	P0	P0 In SNK (7)
20.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P2	Turn <> 1 → 0 <> 1 = True → P2 blocked padahal SK idle
21.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P0	P0 In SNK (8)
22.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P2	Turn <> 1 → 0 <> 1 = True → P2 blocked padahal SK idle
23.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P0	P0 In SNK (9)
24.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P2	Turn <> 1 → 0 <> 1 = True → P2 blocked padahal SK idle
25.	In SNK		blocked	Delay	Idle	P0	P0 In SNK (10) P0 Selesai jalur 0 kosong P3 masuk jalur 0
26.			blocked	Jalur 0	Idle	P3	
27.			blocked				
28.			blocked				

clock ke 16, P1 menyelesaikan prosesnya, sehingga jalur 1 kosong
clock ke 17, P2 mendapat alokasi jalur 1,
clock ke 18, P2 gagal masuk seksi kritis, padahal seksi kritis kosong

Metode Penyelesaian Peterson (2 proses)
(perbaikan metoda Bergantian Secara Ketat)

Mekanisme kerja Alg. Peterson adalah sebagai berikut :

Terdapat dua variabel kendali seksi kritis :

- Array interested[i] dengan type Boolean → true, false → i = 0 dan 1
- Variabel bersama Turn

Proses 0

Interested [0] untuk mengidentifikasikan status proses_0

Jika Interested [0] bernilai true berarti proses_0 ada dan akan/sedang masuk_SK

Dan jika Turn = 0 maka proses_0 memasuki seksi kritis dan memblok proses_1
Tapi jika Turn = 1 dan proses_1 ada, maka proses_0 akan diblok

Looping kendali : While interested [1] and turn = 1 do begin end

Jika Interested [0] bernilai false berarti proses di jalur 0 tidak ada atau sedang di SnK

Proses 1

Interested [1] untuk mengidentifikasikan status proses_1

Jika Interested [1] bernilai true berarti proses_1 ada akan/sedang masuk_SK

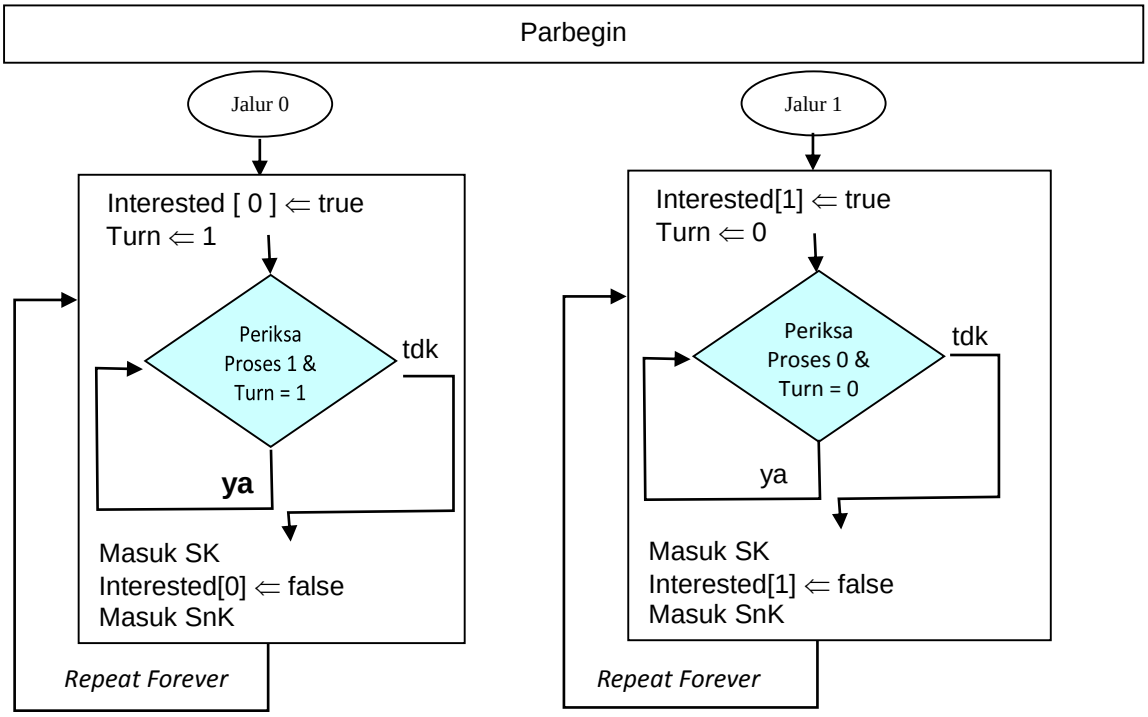
Dan jika Turn = 1 maka proses_1 memasuki seksi kritis dan memblok proses_0
Tapi jika Turn = 0 dan proses_0 ada, maka proses_1 akan diblok

Looping kendali : While interested [0] and turn = 0 do begin end

Note :

Ketika datang proses_0, Interested [0] akan diberi nilai true, dan turn = 1
Ketika datang proses_1 Interested [1] akan diberi nilai true, dan turn = 0
Jika dua proses datang secara parallel, maka proses yang terakhir melaksanakan intruksi pengisian nilai turn, akan diblok.

Flowchart dari Algoritma Peterson

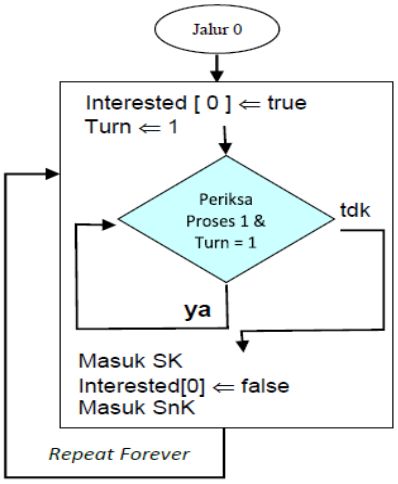


```
1   Algoritma Peterson;
2   Const   n = 2
3   Var
4     Interested  : array [0..n-1] of Boolean
5     Turn        : integer
```

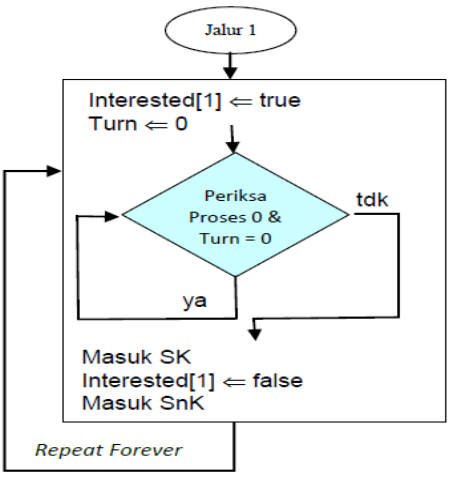
```
6   Prosesdur Masuk_SK;
    { mengerjakan instruksi-instruksi di Seksi Kritis }
7     n<= vb
      vb <= n +1

    Prosedur Masuk_SnK;
    { mengerjakan instruksi-instruksi di Seksi non Kritis}
```

```
8   Prosedur Proses_0;
9   Begin
10    Repeat
11      Interested[0] ⇐ true
12      Turn ⇐ 1
13      While interested [1] and  turn = 1 do begin end
14      Masuk_SK;
15      Interested [0] ⇐ false
16      Masuk_SnK
17    Forever
18  End-Proses_0
```




```
19  Prosedur Proses_1;
20  Begin
21    Repeat
22      Interested[1] ⇐ true
23      Turn ⇐ 0
24      While interested [0] and  turn = 0 do begin end
25      Masuk_SK;
26      Interested [1] ⇐ false
27      Masuk_SnK
28    Forever
29  End-Proses_1
```




```
30  Begin
31      Interested [ 0 ]  ⇐ false
32      Interested [ 1 ]  ⇐ false
33      Turn ⇐ 1
34      Parbegin
35          Proses_0
36          Proses_1
37      Parend
38  End-Peterson
```

Algoritma penyelesain Peterson dapat dideskripsikan sebagai berikut :

Data proses :

P0	**0**	**10**
P1	**1**	**2**
P2	**4**	**2**
P3	**20**	**3**

Turn = 0 nomor Slot berikutnya ➔ 3

Clock	Action		P0	P1	P2	P3
0.	Int[0] ⇐ True	P0	Jalur 0			
1.	Int[1] <= true	P1		Jalur 1		
2.	Turn = 1	P0				
3.	Turn = 0	P1			delay	
4.	Int[1] ∧Turn =1 : T ∧ T= T → P0 blocked	P0	Blocked		delay	
5.	Int[0] ∧Turn =0 : T ∧ F = F → P1 PASS	P1	Blocked	Pass	delay	
6.	Int[1] ∧Turn =1 : T ∧ T= T → P0 blocked	P0	Blocked	Pass	delay	
7.	P1 In SK get slot 3; slot => 4	P1	Blocked	Pass	delay	
8.	Int[1] ∧Turn =1 : T ∧ T= T → P0 blocked	P0	Blocked		delay	
9.	Int[1] <= F	P1	Blocked	Out SK	delay	
10.	Int[1] ∧Turn =1 : F ∧ T= F → P0 Pass	P0	Pass		delay	
11.	P1 in SNK (1)	P1			delay	
12.	P0 in SK get slot 4; slot => 5	P0			delay	
13.	P1 in SNK (2) selesai	P1		Finish	Jalur 1	
14.	Int[0] <= false	P0				
15.	Int[1] <= true	P2				
16.	P0 in SnK (1)	P0				
17.	Turn = 0	P2				
18.	P0 in SnK (2)	P0				
19.	Int[0] ∧Turn =0 : F∧ T = F → P2 PASS	P2				
20.	P0 in SnK (3)	P0				DELAY
21.	P2 in SK get slot 5; slot => 6	P2				DELAY
22.	P0 in SnK (4)	P0				DELAY
23.	Int[1] <= false	P2				DELAY
24.	P0 in SnK (5)	P0				DELAY
25.	P2 in SnK (1) selesai	P2				Jalur 1
26.	P0 in SnK (6)	P0				
27.	Int [1] <= true	P3				
28.	P0 in SNK (7)	P0				Jalur 1
29.	Turn = 0	P3				
30.	P0 in SNK (8)	P0				
31.	Int[0] ∧Turn =0 : F∧ T = F → P3 PASS	P3				P3 pass
32.		P0				P3 pass
33.		P2				P3 pass
34.		P3				P3 pass
35.		P2				P3 pass
36.		P3				P3 pass
37.		P2				P3 pass

SEMAPHORE

Deskripsi Semaphore

Semaphore adalah pendekatan yang dikemukakan Dijkstra.

Prinsip semaphore sebagai berikut :

- Dua proses atau lebih dapat bekerja sama dengan menggunakan penanda – penanda sederhana.
- Proses dipaksa berhenti sampai proses memperoleh penanda tertentu.
- Sembarang kebutuhan koordinasi kompleks dapat dipenuhi dengan stuktur penanda yang sesuai kebutuhannya.
- Variabel khusus untuk penandaan ini disebut semaphore.

Terdapat dua operasi terhadap semaphore yaitu Down dan Up → atomik (sebuah procedure yang harus dieksekusi dalam 1 paket waktu → tidak dapat di-preempt)
Semaphore diimplementasikan dengan dukungan sebuah Queue

Operasi Down

- Operasi ini menurunkan nilai semaphore.
- Jika nilai semaphore menjadi nonpositif maka proses di-blocked.

```
Procedure Down ( Var s : semaphore );
Begin
      s : = s – 1 ;
       If s < 0 Then
       Begin
            Tempatkan proses pada antrian untuk semaphore s
             Proses di – blocked
       End;
End;
```

Operasi Up

Operasi Up menaikkan nilai semaphore, jika nilai semaphore nonpositif atau 0 pindahkan satu proses dari antrian dan menempatkan satu proses ke senarai ready
Semaphore non prositif atau 0→ menunjukkan antrian tidak kosong

```
Procedure Up ( Var s : semaphore )
Begin
     s : = s + 1 ;
      If s < = 0 Then
      Begin
            Pindahan satu proses P dari antrian untuk semaphore s
            Tempatkan proses P di senarai ready
      End;
End;
```

Semaphore →
sebuah variabel sederhana yang nilai-nilai nya mengidentifikasi keadaan:

- status SK → kosong atau isi
- status Queue → ada atau tidaknya proses didalam antrian

MUTUAL EXCLUSION DENGAN SEMAPHORE

Adanya semaphore mempermudah persoalan mutual exclusion.
Skema penyelesaian mutual exclusion mempunyai bagan program sebagai berikut:

```
Program Mutual_exclusion_with_Semaphore;
Const
     N = ?;
Var
     s : semaphore;

Procedure enter_critical_section;
{ Mengerjakan kode – kode kritis}

Procedure enter_noncritical_section;
{ Mengerjakan kode – kode non kritis }

Procedure Proses ( i : integer );
Begin
    Down ( s );
    enter_critical_section;
    Up ( s );
    enter_noncritical_section;
End;

Begin
    s : = 1 ;     { init atau nilai awal semaphore}
    i :=  0
    Repeat
      Parbegin
         Proses ( i ) ;
         i = (i + 1) mod N
      Parend
    Forever
End.
```

```
Procedure Down ( Var s : semaphore );
  Begin
     s : = s – 1 ;
     If s < 0 Then
      Begin
         Tempatkan proses pada antrian untuk
         semaphore s.  Proses di – blocked,
         menunggu diaktifkan oleh proses lain
         melalui prosedur UP
     End-if;
 End

Procedure Up ( Var s : semaphore )
 Begin
     s : = s + 1 ;
     If s < = 0 Then
      Begin
         Pindahkan satu proses P dari antrian untuk
         semaphore S
         Tempatkan proses P di senarai ready
     End-if
End
```

Contoh

Kasus Printer Daemon, SK adalah :

```
Procedure enter_critical_section;
{ Mengerjakan kode – kode kritis}
Begin
      dapat_slot :=  next_slot
      next_slot := dapat_slot +1
end
```

Data proses :

Id proses	Waktu datang	Jumlah siklus waktu store berkas
P0	0	2
P1	1	2
P2	4	2
P3	20	3

S = 1 nomor Slot berikutnya ➔ 3

Clock	Action		P0	P1	P2	P3
0.	Down(s) S= 0 ➔ P0 Pass	P0	datang			
1.	Down(s) S=-1 → P1 masuk Queue	P1	Down	Datang		
2.	P0 in SK Dapat slot 3	P0	In SK	in queue		
3.	Next Slot = 4	P0	In SK	In queue		
4.	Down(s) S = -2 → P2 masuk Queue	P2	Selesai SK	In queue	Datang	
5.	Up(s) S= -1 → Q ≠ nihil → Bebaskan satu proses → P1	P0	Up	Keluar dari Queue	In queue	
6.	P1 in SK Dapat slot 4	P1	In SNK	In SK	In queue	
7.	P0 in SNK Store (1)	P0	In SNK	In SK	In queue	
8.	Next slot = 5	P1	In SNK	In SK	In Queue	
9.	P0 in SNK Store (2) dan selesai	P0	In SNK selesai	Selesai SK		
10.	Up (s) S = 0 → Q ≠ nihil → Bebaskan satu proses → P2	P1		Up	Keluar dari Queue	
11.	P2 in SK Dapat slot 5	P2		In SNK		
12.	P1 in SNK Store (1)	P1		In SNK		
13.	Next slot = 6	P2		In SNK		
14.	P1 in SNK Store (2) dan selesai	P1		In SNK selesai		
15.	Up(s) S = 1 ➔ Q = nihil	P2				
16.	P2 in SNK Store (1)	P2				
17.	P1 in SNK Store (2) dan selesai	P2				
18.	Idle					
19.	Idle					
20.	P3	P3				
21.						
22.						

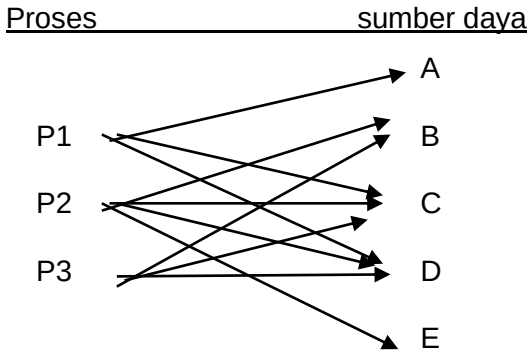
- Sebelum masuk critical section, proses melakukan Down
  → output dari down : pass atau terblock.
  - Bila berhasil maka proses masuk critical section .
  - Bila tidak berhasil maka proses di – blocked pada semaphore itu.
- Proses yang di – blocked akan dapat melanjutkan kembali bila proses di critical section keluar dan melakukan operasi Up sehingga menjadikan proses yang di – blocked ready dan berlanjut sehingga operasi Down – nya berhasil.

DEADLOCK

Deadlock adalah suatu kondisi dimana 2 proses atau lebih tidak dapat meneruskan eksekusinya. Proses-proses disebut deadlock jika proses-proses tersebut saling menunggu suatu kejadian yang tidak akan pernah terjadi.

Deadlock terjadi ketika proses-proses mengakses secara ekslusif sumber daya. Semua deadlock yang terjadi melibatkan persaingan proses-proses memeperoleh sumber daya ekslusif oleh dua proses atau lebih.

Ilsutrasi terjadinya deadlock :



Skenario terjadinya Deadlock

P1 P2 dan P3 datang bersamaan.
P1 mendapat alokasi A,
P2 mendapat alokasi B
P3 mendapat alokasi C

Fase berikutnya

P1 tetap menggenggam A dan mendapatkan D,
P2 tetap menggenggam B dan mendapatkan E
P3 tetap menggenggam C dan menunggu B atau D, sementara P3 tidak dapat meneruskan prosesnya
P1 tetap menggenggam A, D dan menunggu C, sementara P1 tidak dapat meneruskan prosesnya
P2 tetap menggenggam B, E dan menunggu C atau D, sementara P2 tidak dapat meneruskan prosesnya
Semua proses tidak dapat terus karena sumber daya yang ditunggu sedang digenggam oleh proses lain yang tidak dapat melepaskannya sampai prosesnya selesai.

Secara umum kejadian ini dapat mudah terjadi dalam pemrograman multi-thread. Sebab ada kemungkinan lebih besar untuk menggunakan sumber daya bersama.

Sumber Daya yang Bisa Dipakai Berulang-Ulang

Kejadian *deadlock* selalu tidak lepas dari sumber daya, seperti kita lihat dari contoh contoh diatas, bahwa hampir seluruhnya merupakan masalah sumber daya yang digunakan bersama-sama. Oleh karena itu, kita juga perlu tahu tentang jenis sumber daya, yaitu: sumber daya dapat digunakan lagi berulang-ulang dan sumber daya yang dapat digunakan dan habis dipakai atau dapat dikatakan sumber daya sekali pakai.

Sumber daya ini tidak habis dipakai oleh proses manapun.Tetapi setelah proses berakhir, sumber daya ini dikembalikan untuk dipakai oleh proses lain yang sebelumnya tidak kebagian sumber daya ini.

Contohnya prosesor, kanal I/O, disk, semaphores. Contoh peran sumber daya jenis ini pada terjadinya *deadlock* ialah misalnya sebuah proses memakai disk A dan B, maka akan terjadi *deadlock* jika setiap proses sudah memiliki salah satu disk dan meminta disk yang lain.

Masalah ini tidak hanya dirasakan oleh pemrogram tetapi oleh seorang yang merancang sebuah sistem operasi. Cara yang digunakan pada umumnya dengan cara memperhitungkan dahulu sumber daya yang digunakan oleh proses-proses yang akan menggunakan sumber daya tersebut.

Contoh lain yang menyebabkan *deadlock* dari sumber yang dapat dipakai berulang-ulang ialah berkaitan dengan jumlah proses yang memakai memori utam

Contohnya dapat dilihat dari kode berikut ini:

```
//dari kelas proses kita tambahkan method yaitu meminta
public void meminta (int banyakA) {
    //meminta dari sumber daya a
    if ( banyakA &lt; banyak )
         banyak = banyak - banyakA;
    else
        wait();
}

//mengubah kode pada mainnya sebagai berikut
public static void main ( String [] args ) {
    Proses P = new Proses();
    Proses Q = new Proses();
    P.meminta(80);
    Q.meminta(70);
    P.meminta(60);
    Q.meminta(80);
}

private int banyak = 200;
private int banyakA;
```

Setelah proses P dan Q telah melakukan fungsi meminta untuk pertama kali, maka sumber daya yang tersedia dalam banyak ialah 50 (200-70- 80). Maka saat P menjalankan fungsi meminta lagi sebanyak 60, maka P tidak akan menemukan sumber daya dari banyak sebanyak 60, maka P akan menunggu hingga sumber daya yang diminta dipenuhi. Demikian juga dengan Q, akan menunggu hingga permintaannya dipenuhi, akhirnya terjadi *deadlock*.

Cara mengatasinya dengan menggunakan memori maya.

Sumber Daya Sekali Pakai

Dalam kondisi biasa tidak ada batasan untuk memakai sumber daya apapun, selain itu dengan tidak terbatasnya produksi akan membuat banyak sumber daya yang tersedia. Tetapi dalam kondisi ini juga dapat terjadi *deadlock*.

Contohnya dapat dilihat dari kode berikut ini:

```
//menambahkan method receive dan send
public void receive( Proses p ){
    //method untuk menerima sumber daya
}
public void send ( Proses p ){
    //method untuk memberi sumber daya
}
```

dari kedua fungsi tersebut ada yang bertindak untuk menerima dan memberi sumber daya, tetapi ada kalanya proses tidak mendapat sumber daya yang dibuat sehingga terjadi blok, karena itu terjadi *deadlock*. Tentu saja hal ini sangat jarang terjadi mengingat tidak ada batasan untuk memproduksi dan mengkonsumsi, tetapi ada suatu keadaan seperti ini yang mengakibatkan *deadlock*. Hal ini mengakibatkan *deadlock* jenis ini sulit untuk dideteksi. Selain itu *deadlock* ini dihasilkan oleh beberapa kombinasi yang sangat jarang terjadi.

KARAKTERISTIK DEADLOCK

Deadlock terjadi jika sifat-sifat berikut terpenuhi :

1. Mutual Exclusion
   Jika suatu proses telah menggunakan suatu sumber daya, maka proses lain tidak diizinkan menggunakan sumber daya tersebut.
2. Hold and wait
   Suatu proses tidak dapat melepaskan sumber daya yang sudah digenggamnya hingga proses tersebut mendapatkan seluruh sumber daya yang dibutuhkan dan menyelesaikan prosesnya.
3. No Preemption
   Jika proses sudah mendapatkan suatu sumber daya, maka tidak ada proses lain yang diizinkan menyelanya.
4. Circular Wait
   Jika proses-proses berada dalam lingkaran saling menunggu.

Deadlock benar-benar terjadi jika ke empat syarat tersebut terpenuhi. 3 syarat yang pertama disebut sebagai syarat perlu yang merepresentasikan sifat sistem, dan syarat ke empat disebut sebagai syarat harus yang merepresentasikan kejadian suatu keadaan.

METODA MENGATASI DEAD LOCK

Terdapat beberapa metoda mengatasi deadlock, secara umum dikelompokkan dalam 3 metoda yaitu :

- Metode Deadlock Prevention
- Metode Deadlock Avoidence
- Metode Deadlock Detection & Recovery

Strategi burung Onta

Stretegi ini mengasumsikan kejadian deadlock jarang terjadi, sehingga mengabaikan kemungkinan deadlock. Jika terjadi deadlock maka *reboot* sistem. Strategi ini berarti sama sekali tidak berusaha mengatasi deadlock.

Pencegahan Deadlock (Deadlock Prevention)

Menghilangkan salah satu syarat perlu terjadinya deadlock. Jika salah satu syarat dari keempat syarat deadlock tidak terpenuhi maka tidak akan pernah terjadi dedalock.

Pencegahan dealock dapat dilakukan dengan :

1. **meniadakan mutex,**
   deadlock terjadi karena adanya tuntutan penggunaan ekslusif sumber daya. Jika sumber daya selalu dapat dishare, maka tidak akan pernah terjadi deadlock

2. **meniadakan syarat hold & wait, atau**
   untuk menghidarkan kondisi hold-wait dapat dilakukan upaya :
   - mengizikan alokasi jika semua sumber daya yang diperlukan tersedia.
     Jika terdapat sumber daya yang belum tersedia maka tidak dilakukan alokasi sama sekali
   - hold and release
     jika suatu proses membutuhkan sumberdaya lainnya, maka proses tersebut mesti melepaskan sumber daya yang sudah digenggamnya

3. **meniadakan kondisi no-preemption**
   Misalnya : sistem menetapkan tidak semua proses boleh disela (preemption), maka jika terjadi kondisi saling menunggu, maka salah satu proses dapat diinterupt dan dipaksa melepaskan sumber daya yang digenggamnya.

4. **menghidarkan kondisi menunggu secara sirkular**
   Untuk menghidarkan kondisi menunggu secara sirkular, maka dapat dilakukan dengan cara berikut :
   - proses hanya boleh menggenggam satu sumber daya pada satu saat
   - memberi nomor urut global terhadap semua permintaan sumber daya

Penghidaran Deadlock (Deadlock Avoidence)

Memberikan akses kepada sumber daya yang menjamin tidak terjadi deadlock. Dengan strategi ini, selalu dihidarkan pengalokasian sumber daya yang dapat beresiko deadlock.

→ alokasi sumber daya secara terkendali
menghindarkan terjadinya circular wait

Teknik yang ditawarkan :

- State Selamat dan State Tak Selamat
- Algoritma Banker

State Selamat dan State Tak Selamat

- State selamat : jika terdapat cara untuk memenuhi semua permintaan yang tertunda tanpa menimbulkan deadlock dengan menjalankan proses secara hati-hati mengikuti suatu aturan tertentu
- State tak selamat : Jika tidak terdapat cara untuk memenuhi semua permintaan yang tertunda tanpa menimbulkan deadlock

Algoritma Banker

- Mengijinkan kondisi mutex, hold and wait dan no-preemption
- Alokasi sumber daya hanya dilakukan jika menghasilkan state selamat

Contoh

Sumber daya : 30

- dapat diperebutkan secara bebas = 15
- alokasi terkendali = 15

State Selamat

Id proses	Need	Alokasi awal	sisa	I		II		III			
				alokasi	Sisa	alokasi	sisa	Alokasi	sisa		
P1	10	4	6	6	P1 completion dan membebaskan 10						
P2	12	4	8	3	5	2	3	3	Semua proses completion		
P3	15	4	11	3	8	3	5	5			
P4	11	3	8	3	5	5	P4 selesai bebaskan 11				

- alokasi terkendali = 15

State tidak selamat

Id proses	Need	Alokasi awal	sisa	I		II		III			
				alokasi	Sisa	alokasi	sisa	Alokasi	sisa		
P1	10	4	6	4	2						
P2	12	4	8	4	4						
P3	15	4	11	4	7						
P4	11	3	8	3	5						

Contoh :

1. Sebuah sistem memiliki 10 sumber daya, 5 diperebutkan secara bebas dan 5 lainnya dialokasikan secara terkendali, terdapat 3 proses yang mengakses sistem secara bersamaan, yaitu :
   - Proses A memerlukan sumber daya maksimum 10,
   - Proses B memerlukan sumber daya maksimum 4
   - Proses C memerlukan sumber daya maksimum 8

   a. *Susunlah skenario Genggam dan Tunggu yang menyebabkan sistem tersebut terhindar dari deadlock (state selamat/ safe state)*
   b. *Susunlah skenario Genggam dan Tunggu yang menyebabkan sistem tersebut deadlock (state tdk selamat/ unsafe state)*

State Tidak Selamat

Id proses	Need	Alokasi awal	sisa	I		II		III			
				alokasi	Sisa	alokasi	sisa	Alokasi	sisa		
PA	10	1	9	2	7	0					
PB	4	2	2	2	PB selesai dan membebaskan 4 sumber daya						
PC	8	2	6	1	5	4					

Akibat pada tahap alokasi terkendali pertama : alokasi 2 untuk Pa dan 1 Pc → tidak ditemukan cara alokasi berikutnya yang dapat menuju keadaan sukses → *state tidak selamat*

Id proses	Need	Alokasi awal	sisa	I		II		III			
				Alokasi	Sisa	alokasi	sisa	Alokasi	sisa		
PA	10	1	9	1	8	0	8	8	selesai		
PB	4	2	2	2	PB selesai dan membebaskan 4 sumber daya						
PC	8	2	6	2	4	4	PC selesai				

Id proses	Need	Alokasi awal	sisa	I		II		III			
				Alokasi	Sisa	alokasi	sisa	Alokasi	sisa		
PA	10	2	9	0	8	0	8	8	selesai		
PB	4	2	2	2	PB selesai dan membebaskan 4 sumber daya						
PC	8	1	6	3	4	4	PC selesai				

ALGORITMA BANKER

Implementasi dalam perbankan state selamat state tidak selamat → algoritma Banker → alokasi kredit (pembiayaan)

2 T, 20 proposal @200M → diasumsikan kebutuhan valid

Penyelesaian :

2 T : 1 T alokasi rata, 1 T alokasi terkendali

a. setiap proposal mendapat investasi awal @50M sisa 150M
b. analisa proyek yang ada, pilih maks 6 proposal untuk mendapat alokasi penuh : proyek yang dapat segera bayar utang
   misal 5 proyek → 150 M ➔ 750 M sisa 250M
   sisa 250 M alokasi rata :
   - untuk 14 proyek lain @ 16M → 50+16 = 66 M sisa 134M
   - 1 proyek dapat 26 M → 76 M sisa 124M

c. Pengembalian dari 5 proyek tercepat : 1 T
   analisa proyek yang ada, pilih maks 7 proposal berikutnya untuk mendapat alokasi penuh : proyek yang dapat segera bayar utang

   misal 1 proyek → 124 M ➔ 124 M
   5 proyek → 134 M ➔ 670 M
   sisa 206 M alokasi rata :
   - untuk 8 proyek lain @ 20 M → 86 M sisa 114M
   - 1 proyek dapat 46 M → 112M sisa 88M

d. Pengembalian dari 6 proyek tercepat : 1,2 T
   untuk 8 proyek lain punya 86 M + 114M dapat dipenuhi semua
   1 proyek sudah punya 112M + 88M dapat dipenuhi
   ➔ DANA SISA 200 M

Deteksi dan Pemulihan Deadlock (Deadlock Detection & Recovery)

Membiarkan deadlock terjadi, jika kemudian terjadi lakukan upaya peneyelesaian.
Terdiri dari dua langkah pokok : eksi adanya deadlock

- Pemulihan Deadlock

Jika diketahui terjadi deadlock, maka deadlock harus diputuskan dengan menghilangkan salah satu atau lebih sarat perlu terjadinya deadlock.

Hal-hal yang merumitkan pemulihan deadlock :

1. Belum dapat memutuskan apakah deadlock benar terjadi
2. Tidak dimilki mekanisme suspend proses yang memadai.
3. Diperlukan kemampuan operator yang memadai untuk suspend secara efektif

Hal-hal yang terjadi dalam mendeteksi adanya *deadlock* adalah:

1. Permintaan sumber daya dikabulkan selama memungkinkan
2. Sistem operasi memeriksa adakah kondisi *circular wait* secara periodik.
3. Pemeriksaan adanya *deadlock* dapat dilakukan setiap ada sumber daya yang hendak digunakan oleh sebuah proses.
4. Memeriksa dengan algoritma tertentu.

Ada beberapa jalan untuk pemulihan *deadlock*:

Preemption

Dengan cara untuk sementara waktu menjauhkan sumber daya dari pemakainya, dan memberikannya pada proses yang lain. Ide untuk memberi pada proses lain tanpa diketahui oleh pemilik dari sumber daya tersebut tergantung dari sifat sumber daya itu sendiri. Perbaikan dengan cara ini sangat sulit atau dapat dikatakan tidak mungkin. Cara ini dapat dilakukan dengan memilih korban yang akan dikorbankan atau diambil sumber dayanya utuk sementara, tentu saja harus dengan perhitungan yang cukup agar waktu yang dikorbankan seminimal mungkin. Setelah kita melakukan preemption dilakukan pengkondisian proses tersebut dalam kondisi aman. Setelah itu proses dilakukan lagi dalam kondisi aman tersebut.

Melacak Kembali

Setelah melakukan beberapa langkah *preemption*, maka proses utama yang diambil sumber dayanya akan berhenti dan tidak dapat melanjutkan kegiatannya, oleh karena itu dibutuhkan langkah untuk kembali pada keadaan aman dimana proses masih berjalan dan memulai proses lagi dari situ. Tetapi untuk beberapa keadaan sangat sulit menentukan kondisi aman tersebut, oleh karena itu umumnya dilakukan cara mematikan program tersebut lalu memulai kembali proses. Meskipun sebenarnya lebih efektif jika hanya mundur beberapa langkah saja sampai *deadlock* tidak terjadi lagi. Untuk beberapa sistem mencoba dengan cara mengadakan pengecekan beberapa kali secara periodik dan menandai tempat terakhir kali menulis ke disk, sehingga saat terjadi *deadlock* dapat mulai dari tempat terakhir penandaannya berada.

Membunuh proses yang menyebabkan deadlock

Cara yang paling umum ialah membunuh semua proses yang mengalami *deadlock*. Cara ini paling umum dilakukan dan dilakukan oleh hampir semua sistem operasi. Namun, untuk beberapa sistem, kita juga dapat membunuh beberapa proses saja dalam siklus *deadlock* untuk menghindari *deadlock* dan mempersilahkan proses lainnya kembali berjalan. Atau dipilih salah satu korban untuk melepaskan sumber dayanya, dengan cara ini maka masalah pemilihan korban menjadi lebih selektif, sebab telah diperhitungkan beberapa kemungkinan jika si proses harus melepaskan sumber dayanya.

Kriteria seleksi korban ialah:

- Yang paling jarang memakai prosesor
- Yang paling sedikit hasil programnya
- Yang paling banyak memakai sumber daya sampai saat ini
- Yang alokasi sumber daya totalnya tersedkit
- Yang memiliki prioritas terkecil