

# Bab 4

---

## Penjadwalan CPU

---

### POKOK BAHASAN:

- ✓ Konsep Dasar
- ✓ Kriteria Penjadwalan
- ✓ Algoritma Penjadwalan

### TUJUAN BELAJAR:

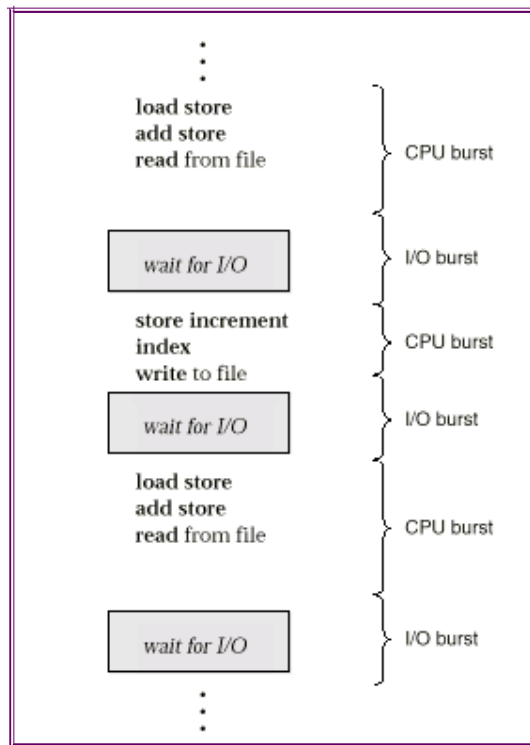
Setelah mempelajari materi dalam bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- ✓ Memahami tentang konsep dasar penjadwalan CPU
- ✓ Memahami kriteria yang diperlukan untuk penjadwalan CPU
- ✓ Memahami beberapa algoritma penjadwalan CPU yang terdiri dari algoritma First Come First Serve, Shortest Job First, Priority dan Round Robin

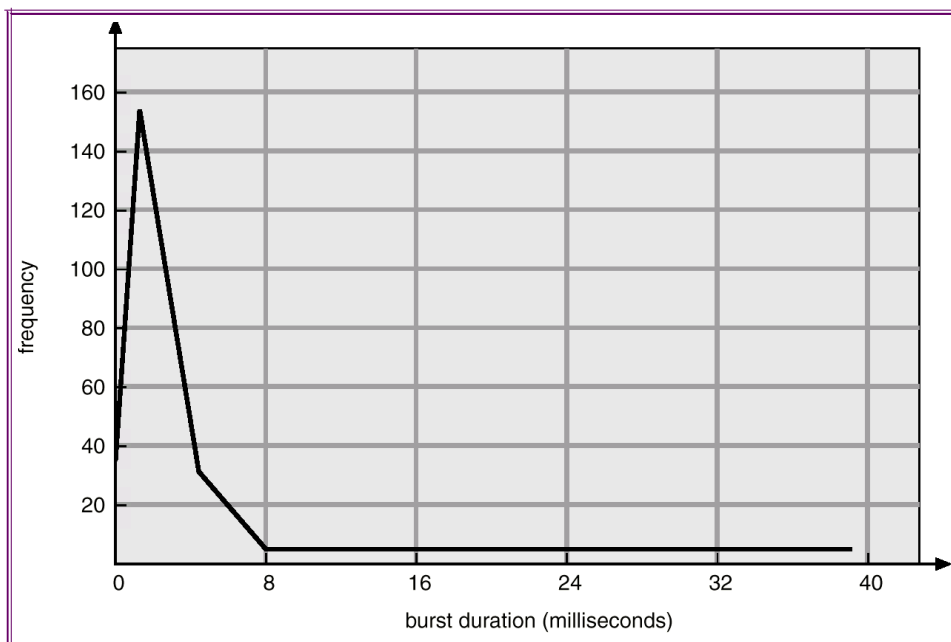
### 4.1 KONSEP DASAR

Pada sistem multiprogramming, selalu akan terjadi beberapa proses berjalan dalam suatu waktu. Sedangkan pada uniprogramming hal ini tidak akan terjadi, karena hanya ada satu proses yang berjalan pada saat tertentu. Sistem multiprogramming diperlukan untuk memaksimalkan utilitas CPU.

Pada saat proses dijalankan terjadi siklus eksekusi CPU dan menunggu I/O yang disebut dengan siklus CPU-I/O burst. Eksekusi proses dimulai dengan CPU burst dan dilanjutkan dengan I/O burst, diikuti CPU burst lain, kemudian I/O burst lain dan seterusnya seperti pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1 :Siklus CPU-I/O Burst



Gambar 4-2 :Histogram waktu CPU burst

Pada saat suatu proses dieksekusi, terdapat banyak CPU burst yang pendek dan terdapat sedikit CPU burst yang panjang. Program yang I/O bound biasanya sangat pendek CPU burst nya, sedangkan program yang CPU bound kemungkinan CPU burst nya sangat lama. Hal ini dapat digambarkan dengan grafik yang eksponensial atau hiper eksponensial seperti pada Gambar 4-2. Oleh karena itu sangat penting pemilihan algoritma penjadwalan CPU.

#### 4.1.1 CPU Scheduler

Pada saat CPU menganggur, maka sistem operasi harus menyeleksi proses-proses yang ada di memori utama (ready queue) untuk dieksekusi dan mengalokasikan CPU untuk salah satu dari proses tersebut. Seleksi semacam ini disebut dengan short-term scheduler (CPU scheduler). Keputusan untuk menjadwalkan CPU mengikuti empat keadaan dibawah ini :

1. Apabila proses berpindah dari keadaan running ke waiting;
2. Apabila proses berpindah dari keadaan running ke ready;
3. Apabila proses berpindah dari keadaan waiting ke ready;
4. Apabila proses berhenti.

Apabila model penjadwalan yang dipilih menggunakan keadaan 1 dan 4, maka penjadwalkan semacam ini disebut *non-preemptive*. Sebaliknya, apabila yang digunakan adalah keadaan 2 dan 3, maka disebut dengan *preemptive*.

Pada *non-preemptive*, jika suatu proses sedang menggunakan CPU, maka proses tersebut akan tetap membawa CPU sampai proses tersebut melepaskannya (berhenti atau dalam keadaan waiting). *Preemptive* scheduling memiliki kelemahan, yaitu biaya yang dibutuhkan sangat tinggi. Antara lain, harus selalu dilakukan perbaikan data. hal ini terjadi jika suatu proses ditinggalkan dan akan segera dikerjakan proses yang lain.

#### 4.1.2 Dispatcher

*Dispatcher* adalah suatu modul yang akan memberikan kontrol pada CPU terhadap penyeleksian proses yang dilakukan selama *short-term scheduling*. Fungsi-fungsi yang terkandung di dalam-nya meliputi:

1. *Switching context*;
2. Switching ke user-mode;

3. Melompat ke lokasi tertentu pada user program untuk memulai program.

Waktu yang diperlukan oleh dispatcher untuk menghentikan suatu proses dan memulai untuk menjalankan proses yang lainnya disebut *dispatch latency*.

## 4.2 KRITERIA PENJADWALAN

Algoritma penjadwalan CPU yang berbeda akan memiliki perbedaan properti. Sehingga untuk memilih algoritma ini harus dipertimbangkan dulu properti-properti algoritma tersebut. Ada beberapa kriteria yang digunakan untuk melakukan perbandingan algoritma penjadwalan CPU, antara lain:

1. *CPU utilization*. Diharapkan agar CPU selalu dalam keadaan sibuk. Utilitas CPU dinyatakan dalam bentuk persen yaitu 0-100%. Namun dalam kenyataannya hanya berkisar antara 40-90%.
2. *Throughput*. Adalah banyaknya proses yang selesai dikerjakan dalam satu satuan waktu.
3. *Turnaround time*. Banyaknya waktu yang diperlukan untuk mengeksekusi proses, dari mulai menunggu untuk meminta tempat di memori utama, menunggu di ready queue, eksekusi oleh CPU, dan mengerjakan I/O.
4. *Waiting time*. Waktu yang diperlukan oleh suatu proses untuk menunggu di *ready queue*. Waiting time ini tidak mempengaruhi eksekusi proses dan penggunaan I/O.
5. *Response time*. Waktu yang dibutuhkan oleh suatu proses dari minta dilayani hingga ada respon pertama yang menanggapi permintaan tersebut.
6. *Fairness*. Meyakinkan bahwa tiap-tiap proses akan mendapatkan pembagian waktu penggunaan CPU secara terbuka (fair).

## 4.3 ALGORITMA PENJADWALAN

Penjadwalan CPU menyangkut penentuan proses-proses yang ada dalam ready queue yang akan dialokasikan pada CPU. Terdapat beberapa algoritma penjadwalan CPU seperti dijelaskan pada sub bab di bawah ini.

### 4.3.1 First-Come First-Served Scheduling (FCFS)

Proses yang pertama kali meminta jatah waktu untuk menggunakan CPU akan dilayani terlebih dahulu. Pada skema ini, proses yang meminta CPU pertama kali akan dialokasikan ke CPU pertama kali.

Misalnya terdapat tiga proses yang dapat dengan urutan  $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $P_3$  dengan waktu CPU-burst dalam milidetik yang diberikan sebagai berikut :

<u>Process</u>	<u>Burst Time</u>
$P_1$	24
$P_2$	3
$P_3$	3

Gant Chart dengan penjadwalan FCFS adalah sebagai berikut :



Waktu tunggu untuk  $P_1$  adalah 0,  $P_2$  adalah 24 dan  $P_3$  adalah 27 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(0 + 24 + 27)/3 = 17$  milidetik. Sedangkan apabila proses datang dengan urutan  $P_2$ ,  $P_3$ , dan  $P_1$ , hasil penjadwalan CPU dapat dilihat pada gant chart berikut :



Waktu tunggu sekarang untuk  $P_1$  adalah 6,  $P_2$  adalah 0 dan  $P_3$  adalah 3 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(6 + 0 + 3)/3 = 3$  milidetik. Rata-rata waktu tunggu kasus ini jauh lebih baik dibandingkan dengan kasus sebelumnya. Pada penjadwalan CPU dimungkinkan terjadi *Convoy effect* apabila proses yang pendek berada pada proses yang panjang.

Algoritma FCFS termasuk *non-preemptive*. karena, sekali CPU dialokasikan pada suatu proses, maka proses tersebut tetap akan memakai CPU sampai proses tersebut melepaskannya, yaitu jika proses tersebut berhenti atau meminta I/O.

**4.3.2 Shortest Job First Scheduler (SJF)**

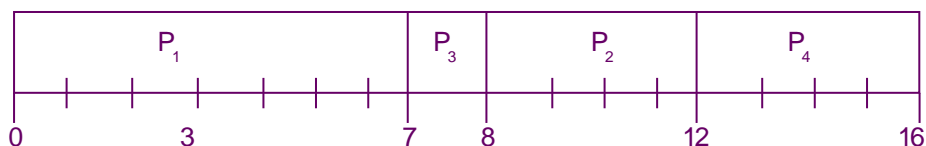
Pada penjadwalan SJF, proses yang memiliki CPU burst paling kecil dilayani terlebih dahulu. Terdapat dua skema :

1. Non preemptive, bila CPU diberikan pada proses, maka tidak bisa ditunda sampai CPU burst selesai.
2. Preemptive, jika proses baru datang dengan panjang CPU burst lebih pendek dari sisa waktu proses yang saat itu sedang dieksekusi, proses ini ditunda dan diganti dengan proses baru. Skema ini disebut dengan Shortest-Remaining-Time-First (SRTF).

SJF adalah algoritma penjadwalan yang optimal dengan rata-rata waktu tunggu yang minimal. Misalnya terdapat empat proses dengan panjang CPU burst dalam milidetik.

<u>Process</u>	<u>Arrival Time</u>	<u>Burst Time</u>
$P_1$	0.0	7
$P_2$	2.0	4
$P_3$	4.0	1
$P_4$	5.0	4

Penjadwalan proses dengan algoritma SJF (non-preemptive) dapat dilihat pada gant chart berikut :



Waktu tunggu untuk  $P_1$  adalah 0,  $P_2$  adalah 6,  $P_3$  adalah 3 dan  $P_4$  adalah 7 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4$  milidetik. Sedangkan Penjadwalan proses dengan algoritma SRTF (preemptive) dapat dilihat pada gant chart berikut :



Waktu tunggu untuk  $P_1$  adalah 9,  $P_2$  adalah 1,  $P_3$  adalah 0 dan  $P_4$  adalah 4 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(9 + 1 + 0 + 4)/4 = 3$  milidetik.

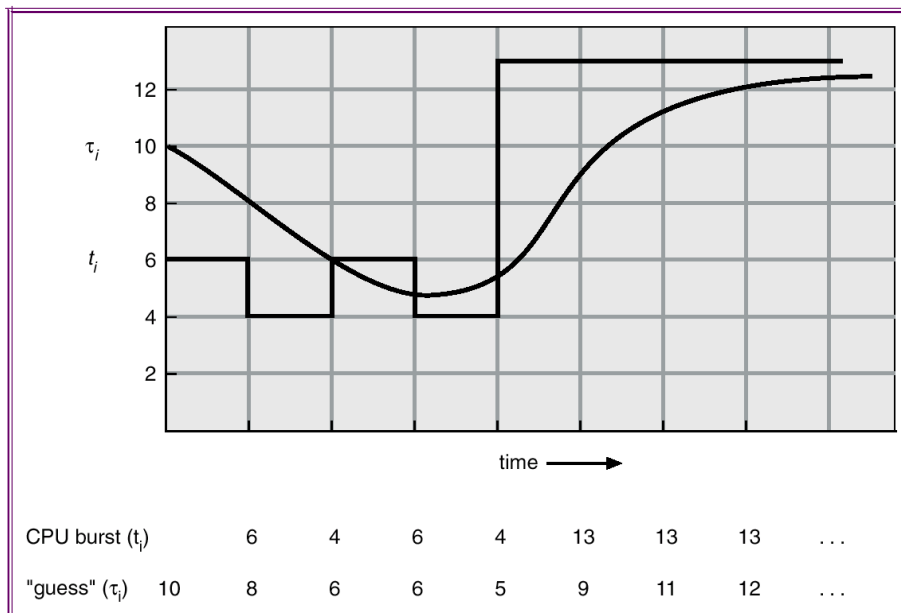
Meskipun algoritma ini optimal, namun pada kenyataannya sulit untuk diimplementasikan karena sulit untuk mengetahui panjang *CPU burst* berikutnya. Namun nilai ini dapat diprediksi. *CPU burst* berikutnya biasanya diprediksi sebagai suatu rata-rata eksponensial yang ditentukan dari *CPU burst* sebelumnya atau “*Exponential Average*”.

$$\tau_{n+1} = \alpha t_0 + (1 - \alpha) \tau_n \tag{4.1}$$

dengan:

- $\tau_{n+1}$  = panjang CPU burst yang diperkirakan
- $\tau_0$  = panjang CPU burst sebelumnya
- $\tau_n$  = panjang CPU burst yang ke- $n$  (yang sedang berlangsung)
- $\alpha$  = ukuran pembanding antara  $\tau_{n+1}$  dengan  $\tau_n$  (0 sampai 1)

Grafik hasil prediksi CPU burst dapat dilihat pada Gambar 4-3.



Gambar 4-3 : Prediksi panjang CPU burst berikutnya

Sebagai contoh, jika  $\alpha = 0,5$ , dan:

$$CPU\ burst(\tau_n) = 6\ 4\ 6\ 4\ 13\ 13\ 13\ \dots$$

$$\tau_n = 10\ 8\ 6\ 6\ 5\ 9\ 11\ 12\ \dots$$

Pada awalnya  $\tau_0 = 6$  dan  $\tau_n = 10$ , sehingga :

$$\tau_2 = 0,5 * 6 + (1 - 0,5) * 10 = 8$$

Nilai yang dapat digunakan untuk mencari  $\tau_3$

$$\tau_3 = 0,5 * 4 + (1 - 0,5) * 8 = 6$$

### 4.3.3 Priority Scheduling

Algoritma SJF adalah suatu kasus khusus dari penjadwalan berprioritas. Tiap-tiap proses dilengkapi dengan nomor prioritas (integer). CPU dialokasikan untuk proses yang memiliki prioritas paling tinggi (nilai integer terkecil biasanya merupakan prioritas terbesar). Jika beberapa proses memiliki prioritas yang sama, maka akan digunakan algoritma FCFS. Penjadwalan berprioritas terdiri dari dua skema yaitu non preemptive dan preemptive. Jika ada proses  $P_1$  yang datang pada saat  $P_0$  sedang berjalan, maka akan dilihat prioritas  $P_1$ . Seandainya prioritas  $P_1$  lebih besar dibanding dengan prioritas  $P_0$ , maka pada *non-preemptive*, algoritma tetap akan menyelesaikan  $P_0$  sampai habis *CPU burst*-nya, dan meletakkan  $P_1$  pada posisi *head queue*. Sedangkan pada *preemptive*,  $P_0$  akan dihentikan dulu, dan CPU ganti dialokasikan untuk  $P_1$ .

Misalnya terdapat lima proses  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  dan  $P_5$  yang datang secara berurutan dengan *CPU burst* dalam milidetik.

<u>Process</u>	<u>Burst Time</u>	<u>Priority</u>
$P_1$	10	3
$P_2$	1	1
$P_3$	2	3
$P_4$	1	4
$P_5$	5	2



Penjadwalan proses dengan algoritma priority dapat dilihat pada gant chart berikut :



Waktu tunggu untuk  $P_1$  adalah 6,  $P_2$  adalah 0,  $P_3$  adalah 16,  $P_4$  adalah 18 dan  $P_5$  adalah 1 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(6 + 0 + 16 + 18 + 1)/5 = 8.2$  milidetik.

#### 4.3.4 Round-Robin Scheduling

Konsep dasar dari algoritma ini adalah dengan menggunakan time-sharing. Pada dasarnya algoritma ini sama dengan FCFS, hanya saja bersifat preemptive. Setiap proses mendapatkan waktu CPU yang disebut dengan waktu quantum (*quantum time*) untuk membatasi waktu proses, biasanya 1-100 milidetik. Setelah waktu habis, proses ditunda dan ditambahkan pada ready queue.

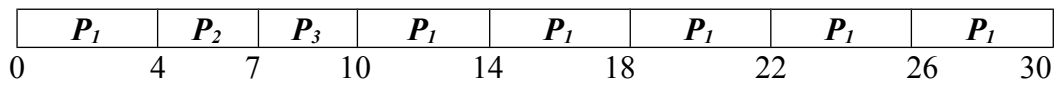
Jika suatu proses memiliki CPU burst lebih kecil dibandingkan dengan waktu quantum, maka proses tersebut akan melepaskan CPU jika telah selesai bekerja, sehingga CPU dapat segera digunakan oleh proses selanjutnya. Sebaliknya, jika suatu proses memiliki CPU burst yang lebih besar dibandingkan dengan waktu quantum, maka proses tersebut akan dihentikan sementara jika sudah mencapai waktu quantum, dan selanjutnya mengantri kembali pada posisi ekor dari ready queue, CPU kemudian menjalankan proses berikutnya.

Jika terdapat  $n$  proses pada ready queue dan waktu quantum  $q$ , maka setiap proses mendapatkan  $1/n$  dari waktu CPU paling banyak  $q$  unit waktu pada sekali penjadwalan CPU. Tidak ada proses yang menunggu lebih dari  $(n-1)q$  unit waktu. Performansi algoritma round robin dapat dijelaskan sebagai berikut, jika  $q$  besar, maka yang digunakan adalah algoritma FIFO, tetapi jika  $q$  kecil maka sering terjadi context switch.

Misalkan ada 3 proses:  $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $P_3$  yang meminta pelayanan CPU dengan *quantum-time* sebesar 4 milidetik.

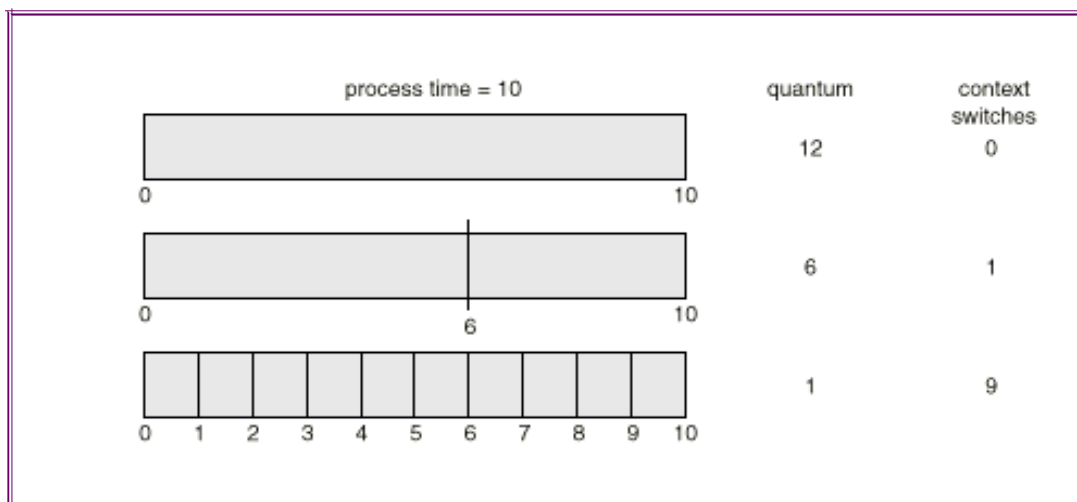
<u>Process</u>	<u>Burst Time</u>
$P_1$	24
$P_2$	3
$P_3$	3

Penjadwalan proses dengan algoritma round robin dapat dilihat pada gant chart berikut :



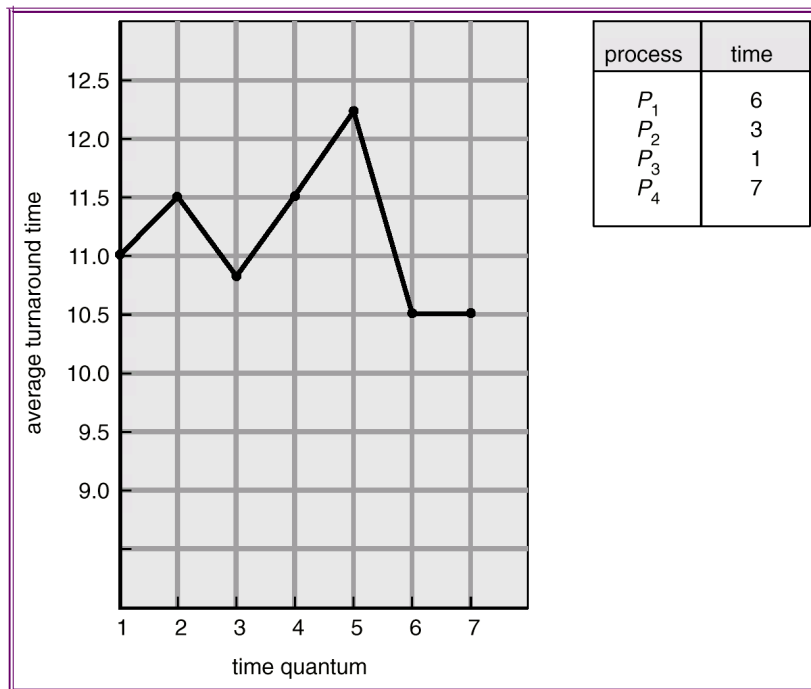
Waktu tunggu untuk  $P_1$  adalah 6,  $P_2$  adalah 4, dan  $P_3$  adalah 7 sehingga rata-rata waktu tunggu adalah  $(6 + 4 + 7)/3 = 5.66$  milidetik.

Algoritma Round-Robin ini di satu sisi memiliki keuntungan, yaitu adanya keseragaman waktu. Namun di sisi lain, algoritma ini akan terlalu sering melakukan switching seperti yang terlihat pada Gambar 4-4. Semakin besar quantum-timanya maka switching yang terjadi akan semakin sedikit.



**Gambar 4-4 : Menunjukkan waktu kuantum yang lebih kecil meningkatkan context switch**

Waktu turnaround juga tergantung ukuran waktu quantum. Seperti pada Gambar 4-5, rata-rata waktu turnaround tidak meningkat bila waktu quantum dinaikkan. Secara umum, rata-rata waktu turnaround dapat ditingkatkan jika banyak proses menyelesaikan CPU burst berikutnya sebagai satu waktu quantum. Sebagai contoh, terdapat tiga proses masing-masing 10 unit waktu dan waktu quantum 1 unit waktu, rata-rata waktu turnaround adalah 29. Jika waktu quantum 10, sebaliknya, rata-rata waktu turnaround turun menjadi 20.



Gambar 4-5 : Menunjukkan waktu turnaround berbeda pada waktu quantum yang berbeda

**LATIHAN SOAL :**

1. Sebutkan perbedaan antara penjadwalan *preemptive* dan *nonpreemptive*.
2. Terdapat 5 job yang datang hampir pada saat yang bersamaan. Estimasi waktu eksekusi (*burst time*) masing-masing 10, 6, 2, 4 dan 8 menit dengan prioritas masing-masing 3, 5, 2, 1 dan 4, dimana 5 merupakan prioritas tertinggi. Tentukan rata-rata *waktu turnaround* untuk penjadwalan CPU dengan menggunakan algoritma
  - a. Round Robin (quantum time = 2)
  - b. Priority
  - c. Shortest job first
3. Diketahui proses berikut :

<i>Proses</i>	<i>Arrival Time</i>	<i>Burst Time</i>
$P_1$	0.0	8
$P_2$	0.4	4

$P_3$ 

1.0

1

Tentukan rata-rata waktu tunggu dan rata-rata waktu turnaround dengan algoritma penjadwalan

- a. FCFS
  - b. SJF non preemptive
  - c. SJF preemptive / SRTF
  - d. Round Robin dengan quantum time = 1
4. Suatu algoritma penjadwalan CPU kemungkinan melibatkan algoritma yang lain, contohnya algoritma FCFS adalah algoritma RR dengan waktu quantum tertentu. Apakah ada hubungan antara pasangan algoritma berikut ?
- a. Priority dan SJF
  - b. Priority dan FCFS
  - c. RR dan SJF