# 8.2 - Teknik Greedy (part 2)

[KOMS120403]

Desain dan Analisis Algoritma (2022/2023)

Dewi Sintiari

Prodi S1 Ilmu Komputer
Universitas Pendidikan Ganesha

Week 10 (April 2023)

# Daftar isi

- Lanjutan contoh penerapan algoritma Greedy
    1. Integer knapsack problem
    2. Fractional knapsack problem
    3. Job scheduling with deadlines
    4. Kode Huffman
    5. Traveling Salesman Problem
- Kekurangan teknik greedy

# **Contoh 4.**
# Integer (1/0) knapsack problem

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (1)

**Masalah:** diberikan $n$ objek dan sebuah ransel dengan kapasitas $K$. Setiap objek memiliki bobot $w_i$ dan profit $p_i$.

Bagaimana cara memilih objek yang akan dimasukkan ke dalam knapsack s.t. agar total keuntungannya maksimal? Berat total objek tidak boleh melebihi kapasitas ransel.

Formulasi matematis dari soal 1/0 knapsack:

$$\text{Maksimalkan} \quad F = \sum_{i=1}^{n} p_i x_i$$

$$\text{atas kendala} \quad \sum_{i=1}^{n} w_i x_i \leq K$$

$$\text{dan } x_i = 0 \text{ atau } x_i = 1, \text{ untuk } i = 1, 2, \ldots, n$$

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (2)

Ingatlah bahwa kompleksitas waktu dengan *exhaustive search* adalah $\mathcal{O}(n \cdot 2^n)$. Dapatkah Anda jelaskan mengapa?

**Dengan menggunakan strategi greedy:**

- Sertakan objek satu per satu ke ransel. Setelah dimasukkan, maka objek tidak dapat diambil kembali.
- Beberapa strategi greedy-heuristik yang dapat digunakan untuk memilih objek di ransel:
    1. Greedy by profit: pada setiap langkah, pilih objek dengan keuntungan maksimum
    2. Greedy by weight: pada setiap langkah, pilih objek dengan berat minimum
    3. Greedy by density: pada setiap langkah, pilih objek dengan nilai maksimum $p_i/w_i$
- Namun, tidak ada strategi di atas yang menjamin solusi optimal.

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (3)

## Contoh

*Diberikan empat objek sebagai berikut, dan ransel berkapasitas* $M = 16$.

$$(w_1, p_1) = (6, 12);\ (w_2, p_2) = (5, 15)$$

$$(w_3, p_3) = (10, 50);\ (w_4, p_4) = (5, 10)$$

| Object properties | | | | Greedy by | | | Optimal solution |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $i$ | $w_i$ | $p_i$ | $p_i/w_i$ | profit | weight | density | |
| 1 | 6 | 12 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 5 | 15 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 10 | 50 | 5 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 5 | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Solution set | | | | $\{3, 2\}$ | $\{2, 4, 1\}$ | $\{3, 2\}$ | 15 |
| Total weight | | | | 20 | 20 | 20 | 15 |
| Total profit | | | | 28.2 | 31.0 | 31.5 | 65 |

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (4)

## Contoh

*Diberikan enam objek sebagai berikut:*

$$(w_1, p_1) = (100, 40);\ (w_2, p_2) = (50, 35);\ (w_3, p_3) = (45, 18)$$

$$(w_4, p_4) = (20, 4);\ (w_5, p_5) = (10, 10);\ (w_6, p_6) = (5, 2)$$

*dan sebuah ransel dengan kapasitas* $M = 100$.

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (4)

## Contoh

*Diberikan enam objek sebagai berikut:*

$$(w_1, p_1) = (100, 40);\ (w_2, p_2) = (50, 35);\ (w_3, p_3) = (45, 18)$$

$$(w_4, p_4) = (20, 4);\ (w_5, p_5) = (10, 10);\ (w_6, p_6) = (5, 2)$$

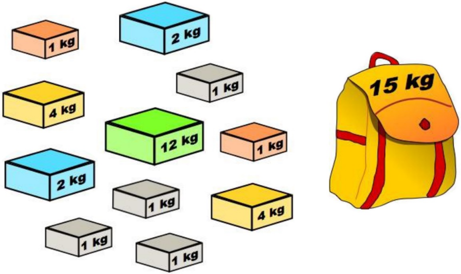
*dan sebuah ransel dengan kapasitas* $M = 100$.

| Object properties | | | | Greedy by | | | Optimal solution |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $i$ | $w_i$ | $p_i$ | $p_i/w_i$ | profit | weight | density | |
| 1 | 100 | 40 | 0.4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 50 | 35 | 0.7 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 45 | 18 | 0.4 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 20 | 4 | 0.2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 10 | 10 | 1.0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 2 | 0.4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | Total weight | | | 100 | 80 | 85 | 100 |
| | Total profit | | | 40 | 34 | 51 | 55 |

# 4. Integer (1/0) knapsack problem (5)

**Kesimpulan:**

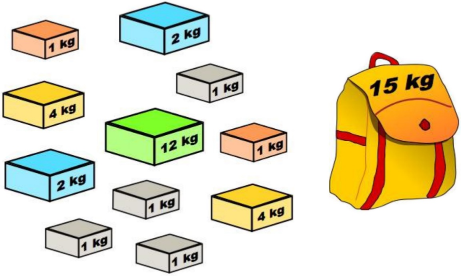
Apakah algoritma greedy selalu dapat menemukan solusi optimal untuk masalah *integer knapsack*?



# 4. Integer (1/0) knapsack problem (5)

**Kesimpulan:**

Apakah algoritma greedy selalu dapat menemukan solusi optimal untuk masalah *integer knapsack*?




TIDAK! **Tugas:** Carilah sebuah contoh dimana ketiga pendekatan tersebut tidak memberikan solusi optimal!

# **Contoh 5.**
# Fractional knapsack problem

# 5. Fractional knapsack problem (1)

Fractional knapsack problem adalah varian dari masalah knapsack, tetapi penyelesaiannya tidak harus bilangan bulat, namun bisa dalam bentuk pecahan.

**Formulasi permasalahan:**

$$\text{Maksimalkan} \quad F = \sum_{i=1}^{n} p_i x_i$$

$$\text{sedemikian sehingga} \quad \sum_{i=1}^{n} w_i x_i \leq K$$

$$\text{dan} \quad 0 \leq x_i \leq 1, \ \text{untuk } i = 1, 2, \ldots, n$$

**Pertanyaan:** apakah mungkin untuk memecahkan masalah dengan *exhaustive search*?

# 5. Fractional knapsack problem (2)

**Pertanyaan:** apakah mungkin untuk memecahkan masalah dengan *exhaustive search*?

Karena $0 \leq x_i \leq 1$, maka terdapat tak hingga banyaknya bilangan yang mungkin untuk $x_i$.

Karena rentang nilai $x_1$ tidak diskrit, namun kontinu, jadi tidak mungkin diselesaikan dengan exhaustive search.

# 5. Fractional knapsack problem (3)

**Pertanyaan:** apakah mungkin untuk memecahkan masalah dengan *exhaustive search*?

## Contoh

*Diberikan tiga objek sebagai berikut:*

$$(w_1, p_1) = (18, 25);\ (w_2, p_2) = (15, 24);\ (w_3, p_3) = (10, 15)$$

*dan ransel kapasitas* $M = 20$.

| Object properties | | | | Greedy by | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $i$ | $w_i$ | $p_i$ | $p_i/w_i$ | profit | weight | density |
| 1 | 18 | 25 | 1.4 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 15 | 24 | 1.6 | 2/15 | 2/3 | 1 |
| 3 | 10 | 15 | 1.5 | 0 | 1 | 1/2 |
| | Total weight | | | 20 | 20 | 20 |
| | Total profit | | | 28.2 | 31.0 | 31.5 |

# 5. Fractional knapsack problem (4)

**Teorema (Greedy by density menghasilkan solusi optimal)**

*Jika $\frac{p_1}{w_1} \geq \frac{p_2}{w_2} \geq \cdots \geq \frac{p_n}{w_n}$, maka algoritma Greedy dengan strategi memilih densitas maksimum $\frac{p_i}{w_i}$ memberikan solusi optimal.*

**Proof.**

**Tugas:** (berikan bukti yang serupa dengan yang dijelaskan pada "Masalah Pemilih Aktivitas" (pada slide bagian 1)) □

**Algoritma:**

- Hitung $\frac{p_i}{w_i}$ untuk $i = 1, 2, \ldots, n$
- Agar strategi ini berhasil, $\frac{p_i}{w_i}$'s diurutkan dalam urutan menurun.

# 5. Fractional knapsack problem (5)

```
procedure FractionalKnapsack(C: objects set, K: real)
    for i ← 1 to n do
        x[i] ← 0                                   ▷ x is the solution set
    end for
    i ← 0;  totalwt ← 0;  intFrac ← True           ▷ 'totalwt': total weight, and 'intFrac': boolean var
                                                      indicating if current object can be included fully
    while (i ≤ n) and intFrac do
        i ← i + 1
        if totalwt + w[i] ≤ K then
            x[i] ← 1                               ▷ Include object i to knapsack
            totalwt ← totalwt + w[i]               ▷ Include the fraction of object i to total weight
        else
            intFrac ← False
            x[i] ← (K − totalwt) / w[i]            ▷ Only a fraction of object i can be included to the knapsack
        end if
    end while
    return x
end procedure
```

# **Contoh 6.**
# Job scheduling with deadlines

# 6. Job scheduling with deadlines

**Masalah:** diberikan $n$ pekerjaan yang akan dilakukan oleh mesin. Setiap job diproses oleh mesin dalam satu satuan waktu dan deadline setiap job $i$ adalah $d_i \geq 0$.

Pekerjaan $i$ akan memberikan keuntungan $p_i$ jika pekerjaan tidak dilakukan setelah batas waktu. Bagaimana memilih pekerjaan yang akan diproses oleh mesin agar keuntungan maksimal?

# 6. Job scheduling with deadlines

## Contoh

*Diberikan 4 pekerjaan* $(n = 4)$ *dengan karakteristik sebagai berikut:*

- $(p_1, p_2, p_3, p_4) = (50, 10, 15, 30)$
- $(d_1, d_2, d_3, d_4) = (2, 1, 2, 1)$

Misalkan mesin mulai bekerja pada jam 6 pagi, maka kita memiliki kendala sebagai berikut:

| **Job** | **Deadline ($d_i$)** | **Must be done before** |
|---|---|---|
| 1 | 2 hours | 8 am |
| 2 | 1 hour | 7 am |
| 3 | 2 hours | 8 am |
| 4 | 1 hour | 7 am |

# 6. Job scheduling with deadlines

Misalkan $J$ menjadi himpunan pekerjaan, maka fungsi tujuan dari masalah ini adalah:

$$\text{Maximize } F = \sum_{i \in J} p_i$$

Himpunan solusi $J$ adalah layak jika setiap pekerjaan di $J$ dilakukan sebelum tenggat waktu.

Sebuah solusi optimal adalah solusi layak yang memaksimalkan $F$.

# 6. Job scheduling with deadlines

| **Set of jobs** | **Order** | **Total profit ($F$)** | Description |
|---|---|---|---|
| $\{\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{2\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{3\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{4\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1, 2\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1, 3\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1, 4\}$ | - | 0 | feasible $\rightarrow$ optimal |
| $\{2, 3\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{2, 4\}$ | - | 0 | not feasible |
| $\{3, 4\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1, 2, 3\}$ | - | 0 | feasible |
| $\{1, 2, 4\}$ | - | 0 | not feasible |
| $\{1, 3, 4\}$ | - | 0 | not feasible |
| $\{2, 3, 4\}$ | - | 0 | not feasible |
| $\{1, 2, 3, 4\}$ | - | 0 | not feasible |

# 6. Job scheduling with deadlines

Kompleksitas strategi exhaustive search: $\mathcal{O}(n \cdot 2^n)$.

Strategi greedy untuk memilih pekerjaan: "pada setiap langkah, pilih pekerjaan $i$ dengan $p_i$ terbesar untuk meningkatkan nilai objektif $F$".

Misalkan $J$ menjadi himpunan yang berisi pekerjaan yang dipilih. Kita menempatkan pekerjaan $i$ di $J$ dalam urutan tertentu sedemikian sehingga semua pekerjaan selesai sebelum tenggat waktu.

# 6. Job scheduling with deadlines

## Contoh

*Diberikan 4 pekerjaan dengan spesifikasi sebagai berikut:*

- $(p_1, p_2, p_3, p_4) = (50, 10, 15, 30)$
- $(d_1, d_2, d_3, d_4) = (2, 1, 2, 1)$

| **Step** | $J$ | $F = \sum_i p_i$ | **Description** |
|---|---|---|---|
| 0 | $\{\}$ | 0 | feasible |
| 1 | $\{1\}$ | 50 | feasible |
| 2 | $\{4, 1\}$ | $50{+}30 = 80$ | feasible |
| 3 | $\{4, 1, 3\}$ | - | not feasible |
| 4 | $\{4, 1, 2\}$ | - | not feasible |

Solusi optimal: $J = \{4, 1\}$ dengan $F = 80$.

# 6. Job scheduling with deadlines

**Algorithm 1** Job scheduling algorithm

```
procedure JobSchdlng(d[1..n], p[1..n]: array of integers)
    J ← {}
    for i ← 1 to n do
        k ← job with highest profit
        if all jobs in J ∪ {k} is feasible then
            J ← J ∪ {k}
        end if
    end for
    return J
end procedure
```

**Kompleksitas:**

- Memilih pekerjaan dengan $p_i$ terbesar: $\mathcal{O}(n)$
- While loop $n$ kali ($=$ jumlah pekerjaan di $C$)
- Kompleksitas *job scheduling*: $\mathcal{O}(n^2)$

# 6. Job scheduling with deadlines

Perbaikan: pekerjaan diurutkan berdasarkan keuntungan mereka (secara menurun/*descending*).

**Algorithm 2** Job scheduling algorithm

```
procedure JobSchdlng2(d[1..n], p[1..n]: array of integers)
    J ← {1}
    for i ← 2 to n do
        if all jobs in J ∪ {i} is feasible then
            J ← J ∪ {i}
        end if
    end for
    return J
end procedure
```

**Kompleksitas:** ?

# **Contoh 7.** Kode Huffman

# 7. Kode Huffman (1)

**Prinsip encoding dan decoding**

Encoding/decoding adalah terjemahan pesan yang mudah dipahami.

**Encoding**: cara karakter apa pun dipahami dalam penyimpanan atau transmisi komputer dari satu mesin ke mesin lain.

**Decoding**: proses mengembalikan pesan yang disandikan ke pesan asli.

# 7. Kode Huffman (2)

**Fixed-length versus Variable-length codes**

Skema fixed length encoding menggunakan jumlah byte yang konstan/*fixed* untuk mewakili karakter yang berbeda.

Skema variable length encoding menggunakan jumlah byte yang berbeda untuk mewakili karakter yang berbeda

# 7. Kode Huffman (3)

Kode Huffman digunakan untuk kompresi data.

**Kode panjang tetap (fixed-length code)**

Diberikan sebuah pesan dengan panjang 100.000 karakter dengan frekuensi sebuah huruf muncul dalam pesan sebagai berikut:

| **Karakter** | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frekuensi** | 45% | 13% | 12% | 16% | 9% | 5% |
| **Encoding** | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 111 |

**Contoh:** penyandian 'bad' adalah 001000011

Dengan metode ini, pengkodean 100.000 karakter membutuhkan 300.000 bit.

# 7. Kode Huffman (3)

Kode Huffman digunakan untuk kompresi data.

**Kode panjang tetap (fixed-length code)**

Diberikan sebuah pesan dengan panjang 100.000 karakter dengan frekuensi sebuah huruf muncul dalam pesan sebagai berikut:

| **Karakter** | *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frekuensi** | 45% | 13% | 12% | 16% | 9% | 5% |
| **Encoding** | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 111 |

**Contoh:** penyandian 'bad' adalah 001000011

Dengan metode ini, pengkodean 100.000 karakter membutuhkan 300.000 bit.

**Prinsip dasar Kode Huffman**:

- semakin sering karakter muncul, semakin pendek *encoding*, dan sebaliknya.

# 7. Kode Huffman (4)

**Kode Huffman panjang tak-konstan (variable-length code)**

| Karakter | *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frekuensi** | 45% | 13% | 12% | 16% | 9% | 5% |
| **Encoding** | 0 | 101 | 100 | 111 | 1100 | 1100 |

**Contoh:** penyandian bad adalah 1010111

Dengan metode ini, pengkodean 100.000 karakter membutuhkan:

$$(0.45 \times 1 + 0.13 \times 3 + 0.12 \times 3 + 0.16 \times 3 + 0.09 \times 4 + 0.05 \times 4) \times 10^5$$
$$= 224,000 \text{ bits}$$

Rasio kompresi $= \frac{300{,}000 - 224{,}000}{300{,}000} \times 100\% = 25,5\%$.

# 7. Kode Huffman (5)

- Algoritma greedy untuk membentuk Kode Huffman bertujuan untuk meminimalkan panjang kode biner untuk semua karakter dalam pesan $(M_1, M_2, \ldots, M_n)$.
- Kita membangun weighted binary tree. Setiap *simpul daun/leaf node* menunjukkan karakter dalam pesan, dan *simpul dalam/internal nodes* menunjukkan penggabungan karakter tersebut.
- Setiap sisi dalam pohon diberi label 0 atau 1 secara konsisten (misalnya: kiri diberi '0' dan kanan diberi '1').
- Meminimalkan kode biner untuk setiap karakter sama dengan meminimalkan panjang lintasan dari akar ke daun.

# 7. Kode Huffman (6)

**Algoritma:**

1. Hitung frekuensi setiap karakter dalam pesan. Representasikan setiap karakter dengan pohon dengan satu simpul (atau single-node tree), dan setiap simpul dipasangkan dengan frekuensi karakter yang sesuai.
2. Terapkan strategi greedy: di setiap langkah, gabungkan dua pohon yang memiliki frekuensi terkecil di akar. Akar baru memiliki frekuensi sama dengan jumlah frekuensi dari dua pohon yang menyusunnya.
3. Ulangi langkah ke-2 sampai akhirnya kita mendapatkan satu pohon Huffman. Ini membentuk pohon biner.
4. Berikan label pada setiap sisi pohon dengan 0 atau 1 (misalnya sisi berorientasi kiri diberi label 0 dan sisi berorientasi kanan diberi label 1.
5. Setiap lintasan dari akar, setiap daun pohon mewakili string biner untuk setiap karakter, dengan frekuensi seperti yang ditunjukkan pada daun yang sesuai.

# 7. Kode Huffman (7)

**Berapakah kompleksitas waktunya?**

$\mathcal{O}(n \log n)$

- Gunakan *heap*[*] untuk menyimpan bobot setiap pohon, setiap iterasi membutuhkan waktu sebanyak $\mathcal{O}(\log n)$ untuk menentukan bobot termkecil dan menyisipkan bobot baru.
- Terdapat sebanyak $\mathcal{O}(n)$ iterasi, satu untuk setiap item.

[*] `https://www.wikiwand.com/en/Heap_(data_structure)`

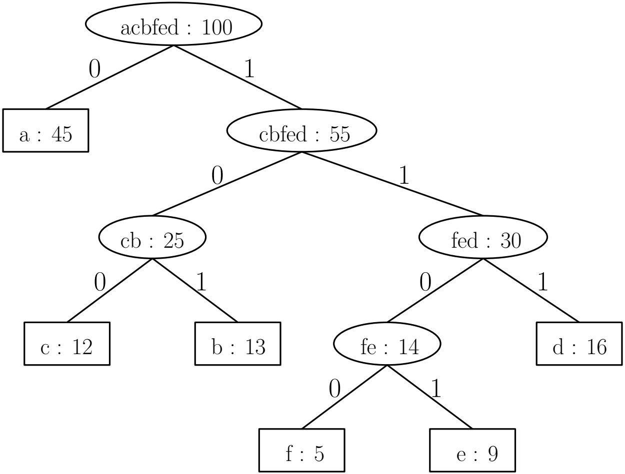
# 7. Kode Huffman (8)

**Latihan:** Diberikan pesan dengan panjang 100. Pesan terdiri dari huruf $a, b, c, d, e, f$. Frekuensi setiap huruf dalam pesan adalah sebagai berikut:

| **Karakter** | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frekuensi** | 45% | 13% | 12% | 16% | 9% | 5% |

Temukan kode Huffman untuk setiap karakter dalam pesan.

# 7. Kode Huffman (10)



# 7. Kode Huffman (11)

**Huffman code**:

- a : 0
- b : 101
- c : 100
- d : 111
- e : 1101
- f : 1100

# Contoh 8.
## Traveling salesman problem

# 8. Traveling salesman problem (1)

Diberikan daftar kota dan jarak antara setiap pasangan kota, berapakah rute terpendek yang mengunjungi setiap kota tepat satu kali dan kembali ke kota asal?

**Contoh:**

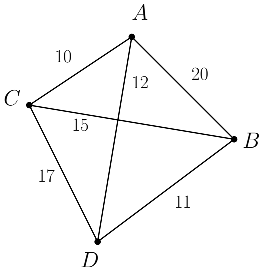
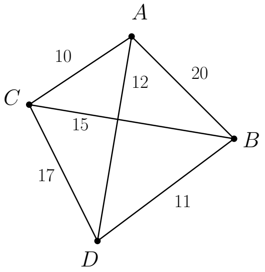



Figure: Graf dengan sisi berbobot dan solusi dari TSP-nya

# 8. Traveling salesman problem (2): algorithm and example

1. Diberikan graf berikut, kita ingin mencari TSP dari simpul $A$. Misalkan simpul dari graf input $G$ menjadi: $v_1, v_2 \ldots, v_n$
2. Misalkan tur dimulai dari $v_1$. Simpul berikutnya dipilih "secara greedy"
   - Pada setiap langkah $i$, pilih simpul $v_j$ yang bobot sisinya $(v_i, v_j)$ diminimalkan.




| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| A | - | 20 | 10 | 12 |
| B | 20 | - | 15 | 11 |
| C | 10 | 15 | - | 17 |
| D | 12 | 11 | 17 | - |

**Solusi greedy**: $A \xrightarrow{10} C \xrightarrow{15} B \xrightarrow{11} D \xrightarrow{12} A$, dengan bobot total $= 48$.

# **Bagian 4.** Kekurangan algoritma greedy

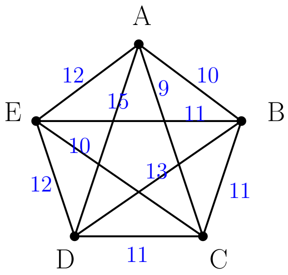
# Kekurangan algoritma greedy

Warning! Optimum global belum tentu merupakan solusi optimal. Ini bisa berupa solusi *sub-optimum* atau solusi *pseudo-optimum*.

- Algoritma greedy tidak mencoba semua kandidat solusi yang mungkin (seperti dalam *exhaustive search*).
- Ada banyak fungsi SELECTION yang berbeda, jadi kita harus memilih fungsi yang sesuai untuk mendapatkan solusi yang optimal.

# Solusi greedy tidak selalu optimal (1)

Diberikan graf berikut, kita ingin mencari TSP yang dimulai dari simpul $A$.




| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| A | - | 10 | 9 | 15 | 12 |
| B | 10 | - | 11 | 13 | 11 |
| C | 9 | 11 | - | 11 | 10 |
| D | 15 | 13 | 11 | - | 12 |
| E | 12 | 11 | 10 | 12 | - |

**Greedy solution**: $A \xrightarrow{9} C \xrightarrow{10} E \xrightarrow{11} B \xrightarrow{13} D \xrightarrow{15} A$ dengan bobot $= 58$.

**Optimal solution**: $A \xrightarrow{10} B \xrightarrow{11} C \xrightarrow{11} D \xrightarrow{12} E \xrightarrow{12} A$ dengan bobot $= 56$.

# Solusi greedy tidak selalu optimal (2)

**Contoh (Greedy solution $\neq$ optimal solution)**

1. *Set of coins:* $\{1, 3, 4, 5\}$, *amount of money: 7*
   - *Greedy solution:* $7 = 5 + 1 + 1$ *(3 coins)*
   - *Optimal solution:* $7 = 4 + 3$ *(2 coins)*
2. *Set of coins:* $\{1, 7, 10\}$, *amount of money: 15*
   - *Greedy solution:* $15 = 10 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1$ *(6 coins)*
   - *Optimal solution:* $15 = 7 + 7 + 1$ *(3 coins)*
3. *Set of coins:* $\{1, 10, 15\}$, *amount of money: 20*
   - *Greedy solution:* $20 = 15 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1$ *(6 coins)*
   - *Optimal solution:* $20 = 10 + 10$ *(2 coins)*

*Fun fact:* untuk sistem IDR, algoritma greedy selalu memberikan solusi optimal untuk masalah pertukaran koin

# Kekurangan algoritma greedy

**Tapi mengapa algoritma greedy masih digunakan?**

- Dibandingkan dengan menggunakan algoritma waktu eksponensial untuk mendapatkan solusi optimal aktual, algoritma greedy dapat digunakan untuk mendapatkan perkiraan solusi optimal (misalnya, pada penyelesaian TSP).
- Jika algoritma greedy menghasilkan solusi optimal, maka hal ini harus dibuktikan secara matematis.
- Namun, lebih mudah untuk menunjukkan bahwa solusi greedy tidak optimal (yakni dengan memberikan contoh penyangkal).

*end of slide...*