

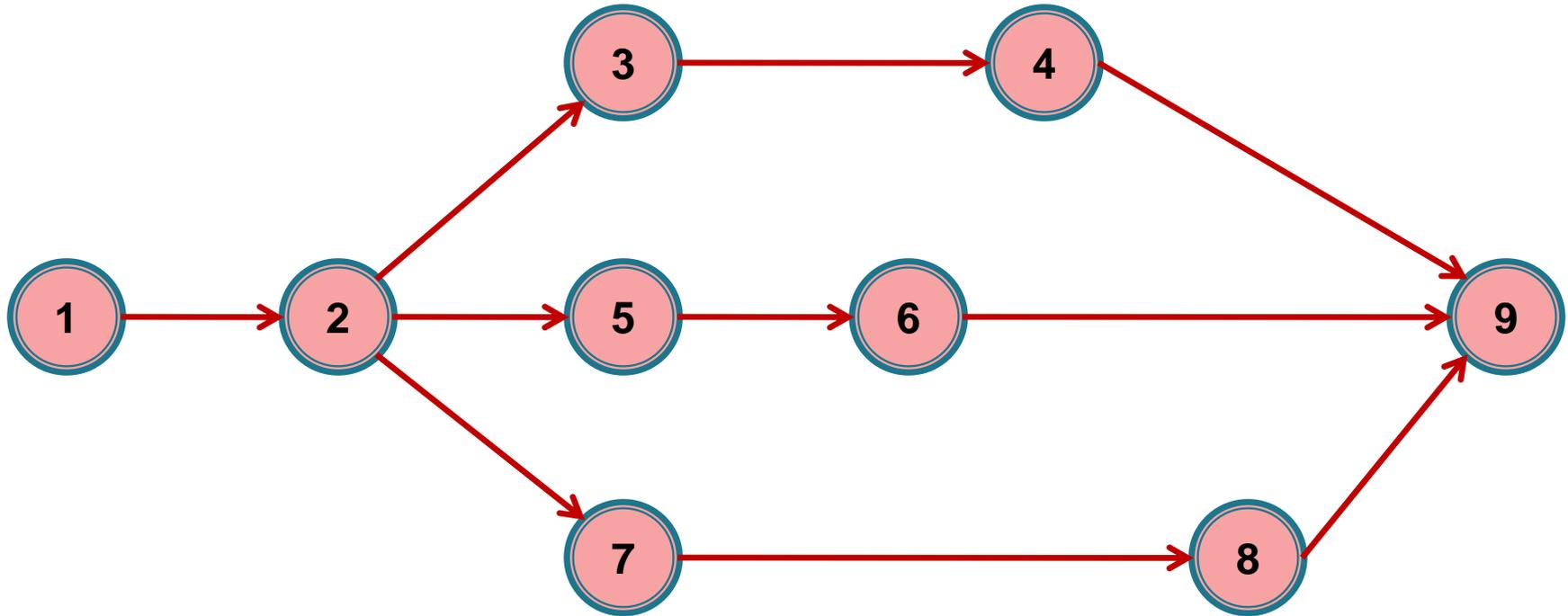
Analisis Jaringan Pertemuan Ke-11

Team Dosen Riset Operasional
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Komputer Indonesia

PENGANTAR

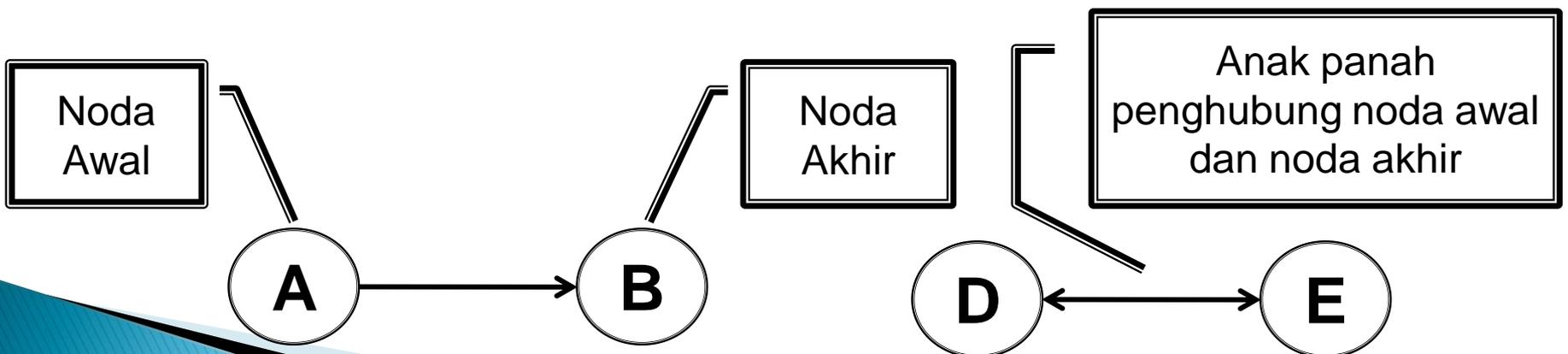
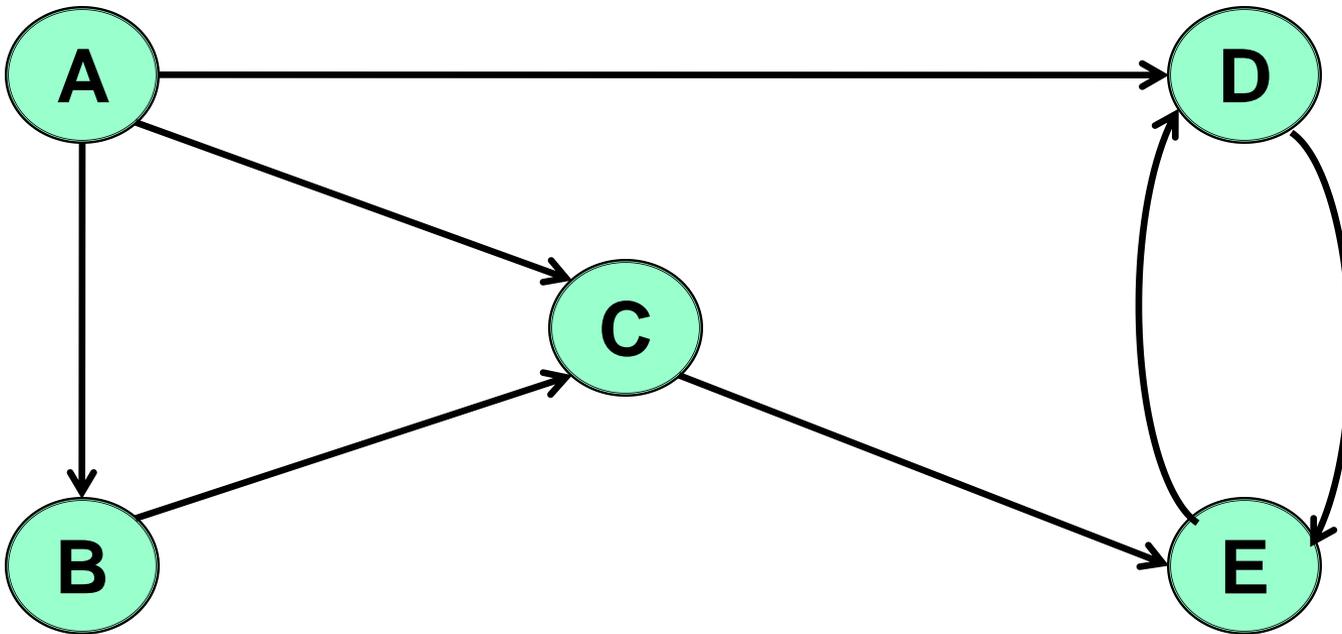
- ▶ Jaringan (*Network*) : sebuah sistem yang terdiri dari rangkaian noda (*node*) dan kegiatan (*activity*).
- ▶ Masalah jaringan muncul di berbagai bidang dalam berbagai bentuk, seperti jaringan transportasi, jaringan listrik, jaringan komunikasi, perencanaan proyek, manajemen sumberdaya manusia dll.
- ▶ Bentuk jaringan : memberikan bantuan secara visual dan konseptual yang sangat bermanfaat untuk menunjukkan hubungan diantara komponen-komponen sistem.
- ▶ Masalah jaringan dapat diselesaikan dengan beberapa cara :
 - Rute Terpendek (*Shortest Route*)
 - Rentang Pohon Minimum (*Minimal Spanning Tree*)
 - Aliran Maksimum (*Maximal Flow*)

BAGAN JARINGAN



 : Noda (Node)

 : Kegiatan (Activity)



TERMINOLOGI

- ▶ Sebuah jaringan terdiri dari sejumlah noda dan garis yang menghubungkan noda-noda pasangan tertentu
- ▶ Noda : disebut simpul (*vertice*)
- ▶ Garis :
 - Disebut busur/link/cabang
 - Diberi label menggunakan nama kedua simpul yang terdapat pada kedua ujungnya
- ▶ Sumber : node awal bagi busur-busurnya
- ▶ Tujuan : node yang dituju oleh busur-busurnya
- ▶ Busur pada jaringan bisa mempunyai aliran yang melintasinya
- ▶ Busur terarah (*directed arc*) : aliran yang melalui sebuah busur hanya berlaku satu arah. Contoh : jalan satu arah.

- ▶ Link (*undirected arc*) : busur yang tak terarah/jika diperbolehkan dua arah. Busur jenis ini, tetap diasumsikan untuk arah tertentu yang dipilih. Contoh : pipa yang digunakan untuk memompa cairan pada kedua arah.
- ▶ Jaringan yang hanya punya busur terarah disebut *directed network* (jaringan terarah).
- ▶ Sebaliknya *undirected network* (jaringan tak terarah) : Dapat dikonversi jadi jaringan terarah, dengan cara ganti busur tak terarah jadi sepasang busur yang terarah.

CONTOH SISTEM JARINGAN

SISTEM JARINGAN	NODE	ANAK PANAHAH/GARIS	JENIS ARUS
Transportasi darat	Kota,persimpangan	Jalan	Kendaraan
Transportasi udara	Pelabuhan udara	Jalur penerbangan	Pesawat terbang
Transportasi laut	Pelabuhan	Jalur pelayaran	Kapal
Listrik	Pusat tenaga listrik, Gardu induk kota	Jaringan kabel	Listrik
Pabrik/ perakitan telepon	Pusat kerja/perakitan Sentral Telepon Otomat, Gardu Induk, Terminal Box	Material handling kabel telepon	Bahan

CONTOH KASUS JARINGAN (1)

- ▶ Seervada Park adalah sebuah tempat pelancongan & lintas alam bagi pejalan kaki. Mobil tidak diizinkan berada di dalam area taman, tetapi tersedia jalan sempit, berliku-liku yang diperuntukkan bagi mobil trem (sejenis alat transportasi yang dijalankan di atas rel menggunakan tenaga listrik) dan jeep yang dikendarai oleh penjaga taman. Sistem jalan di taman itu ditunjukkan dalam sebuah sistem jaringan.
- ▶ Lokasi O adalah gerbang masuk ke dalam taman, huruf lainnya menunjukkan lokasi stasiun penjaga (dan fasilitas lain yang terbatas jumlahnya).

CONTOH KASUS JARINGAN (2)

- ▶ Taman tersebut mempunyai tempat yang indah pada stasiun T. Sejumlah kecil trem digunakan untuk membawa para pelancong dari gerbang masuk taman ke stasiun T dan kemudian kembali. Pihak manajemen taman saat ini menghadapi 3 masalah.
- ▶ **Masalah pertama** : menentukan rute dari gerbang masuk taman ke stasiun T dengan *total jarak terkecil* untuk pengoperasian trem.

CONTOH KASUS JARINGAN (3)

- ▶ **Masalah kedua** : jaringan telepon yang harus ditanam di dalam tanah untuk menciptakan komunikasi telepon diantara semua stasiun (termasuk juga gerbang masuk taman). Oleh karena pemasangan jaringan telepon mahal dan dapat mengganggu lingkungan alam, maka kabel akan ditanam secukupnya untuk menghubungkan setiap pasang stasiun. Pertanyaannya adalah dimana kabel harus dipasang untuk mencapai tujuan tersebut dengan meminimalkan jumlah mil kabel yang harus dipasang.

CONTOH KASUS JARINGAN (4)

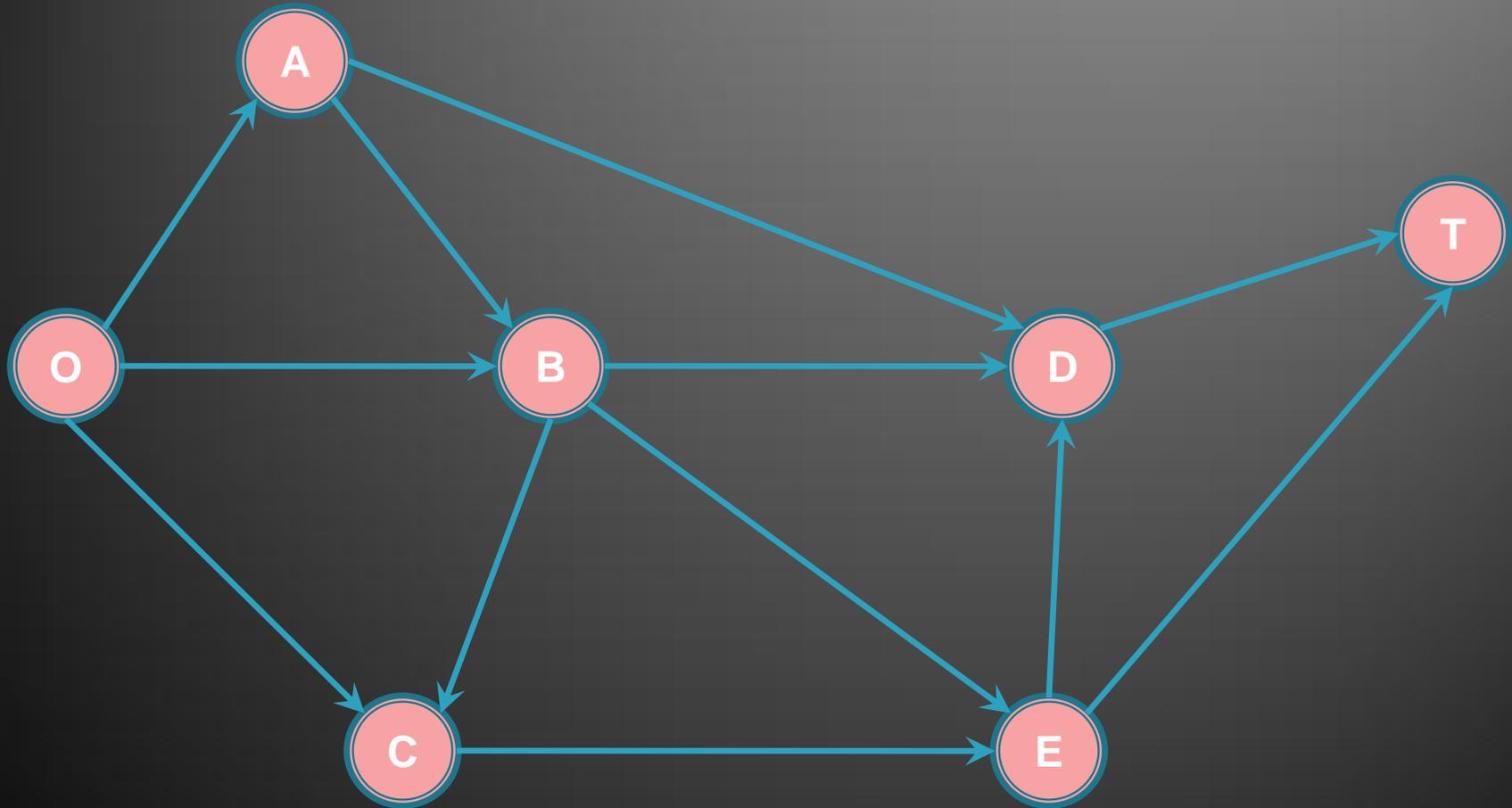
- ▶ **Masalah ketiga** : pada musim liburan banyak orang yang ingin naik trem dari gerbang masuk taman ke stasiun T hingga melebihi kapasitas trem. Untuk menghindari gangguan terhadap ekologi dan satwa pada daerah tersebut, jumlah perjalanan trem pada setiap jalan per harinya dibatasi dengan ketat (batasan ini berbeda pada masing-masing jalan).
- ▶ Oleh karena itu, selama musim libur, beberapa rute akan beroperasi tanpa mempertimbangkan masalah jarak untuk meningkatkan jumlah perjalanan trem yang dapat dilaksanakan per harinya.

CONTOH KASUS JARINGAN (5)

- ▶ Pertanyaan di atas, berhubungan dengan bagaimana membuat beberapa rute yang akan memaksimalkan jumlah perjalanan yang dapat dilakukan per harinya tanpa melanggar batasan setiap jalan.
- ▶ Data sistem jalan Seervada Park :

RUTE	JARAK (MIL)	JML MAKS TREM/HARI	RUTE	JARAK (MIL)	JML MAKS TREM/HARI
O – A	2	5	B – E	3	5
O – B	5	7	C – B	1	-
O – C	4	4	C – E	4	4
A – B	2	1	D – E	1	-
A – D	7	3	D – T	5	9
B – C	1	2	E – D	1	1
B – D	4	4	E – T	7	6

Sistem Jalan pada Seervada Park



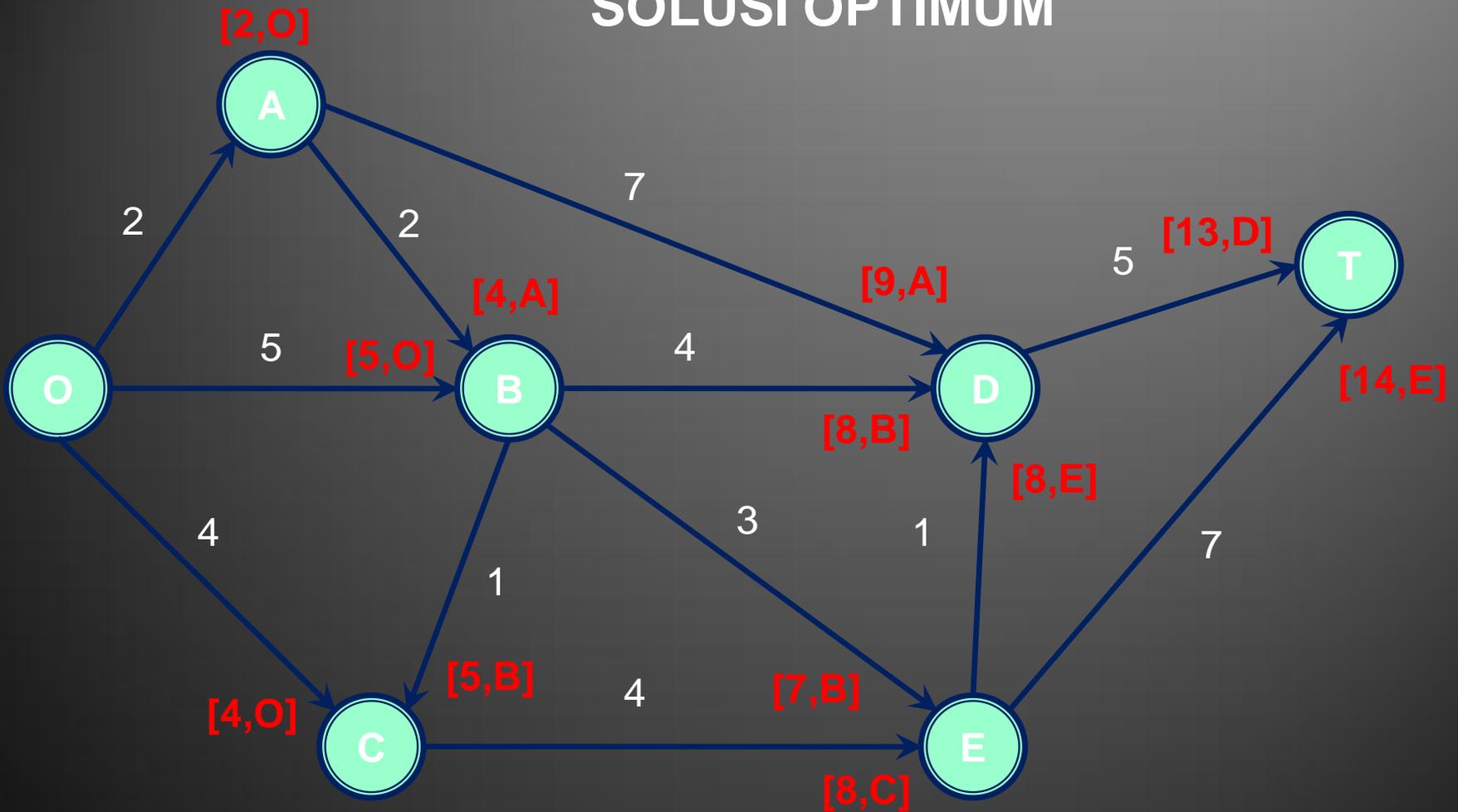
Metode Rute Terpendek (*Shortest Route*)

- ▶ Mencari rute/lintasan dari asal ke tujuan yang memberikan total jarak minimum
- ▶ Perhatikan sebuah jaringan terhubung terarah dengan dua simpul khusus yang disebut asal (*origin*) dan tujuan (*destination*).
- ▶ Tiap link (busur tak terarah) adalah jarak yang non-negatif.
- ▶ Tujuannya adalah menemukan jarak terpendek (lintasan dengan total jarak total minimum) dari asal ke tujuan.

Contoh : Masalah Pertama Seervada Park

- Mencari rute terpendek dari node O ke node T atau total jarak terkecil untuk menentukan rute dari node O ke node T, sehingga trem dapat sampai di tujuan dalam waktu yang singkat.
- Dibutuhkan data jarak antar node dan arahnya masing-masing.
- Gunakan metode shortest route (rute terpendek) untuk mendapatkan solusi optimumnya.

SOLUSI OPTIMUM



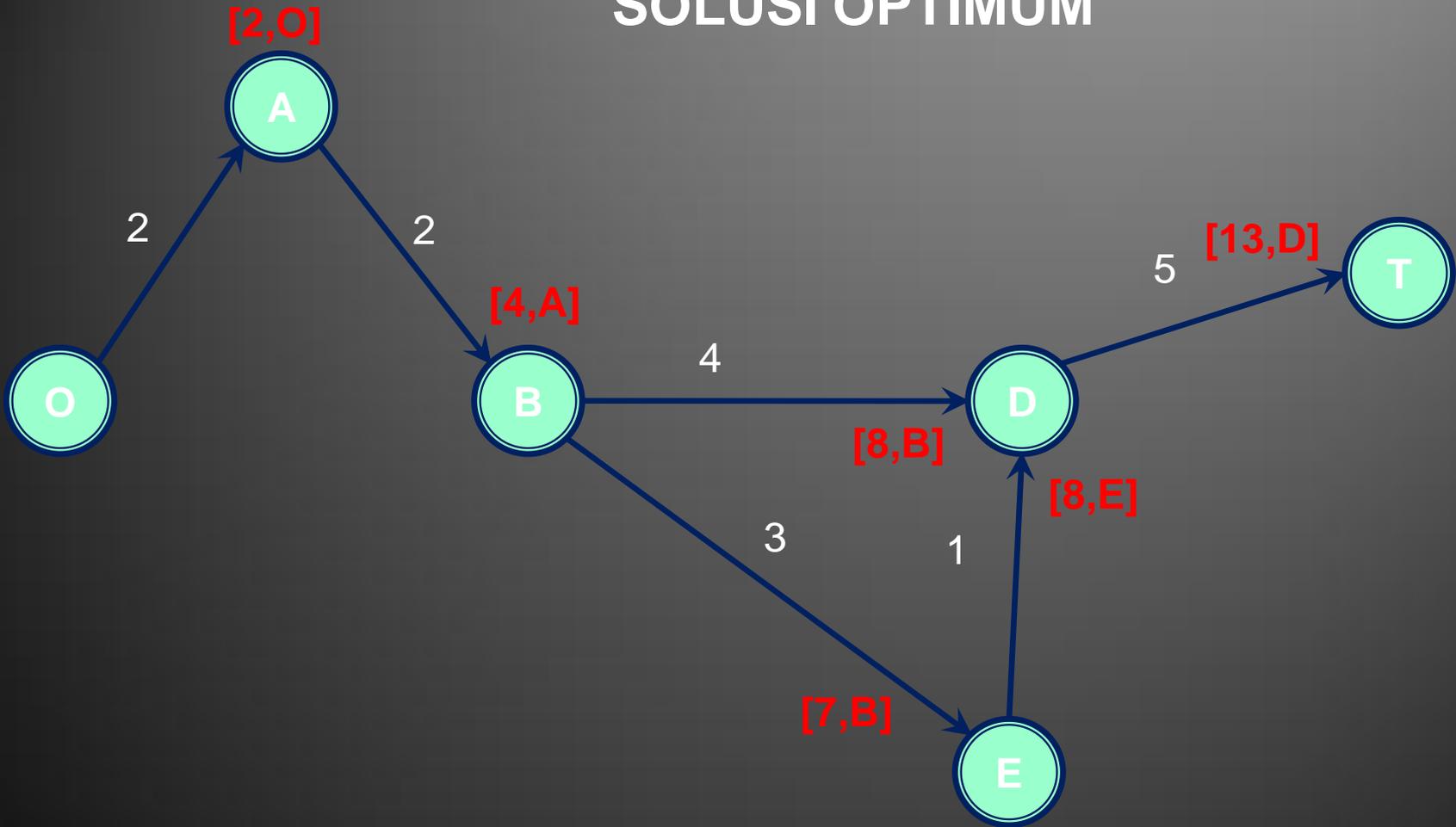
SOLUSI

Alternatif I : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$

Alternatif II : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T$

} Jarak 13 mil

SOLUSI OPTIMUM



SOLUSI

Alternatif I : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$

Alternatif II : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T$

} Jarak 13 mil

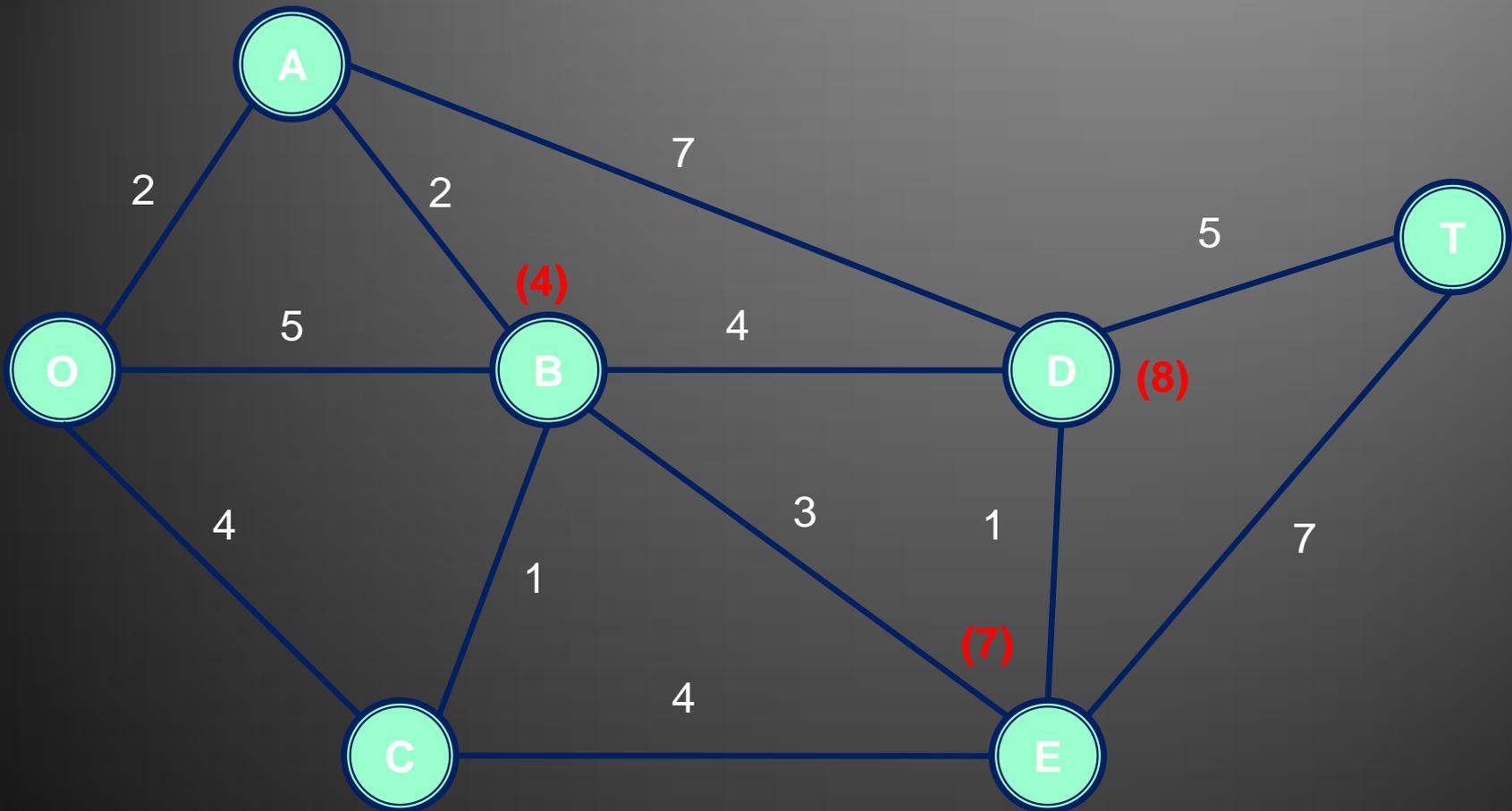
Rentang Pohon Minimum (*Minimal Spanning Tree*)

- ▶ Menentukan busur-busur yang menghubungkan node yang ada pada jaringan, sehingga diperoleh panjang busur total minimum.
- ▶ Prosedur :
 1. Pilih secara sembarang salah satu node, lalu hubungkan node tersebut dengan node lain yang terdekat.
 2. Tentukan node lain yang sudah belum dihubungkan yang jaraknya paling dekat dengan node yang sudah dihubungkan pada langkah sebelumnya. Kemudian hubungkan node ini. Ulangi langkah ini sampai seluruh node terhubung.

Contoh : Masalah Kedua Seervada Park

- Mencari rute pemasangan kabel telepon, dimana semua stasiun harus terhubung kabel telepon.
- Mencari rute terpendek yang menghubungkan seluruh node yang ada (mulai dari node O sampai node T).
- Dibutuhkan data jarak antar node.
- Gunakan metode rentang pohon minimum (minimal spanning tree) untuk mendapatkan solusi optimumnya.

SOLUSI OPTIMUM

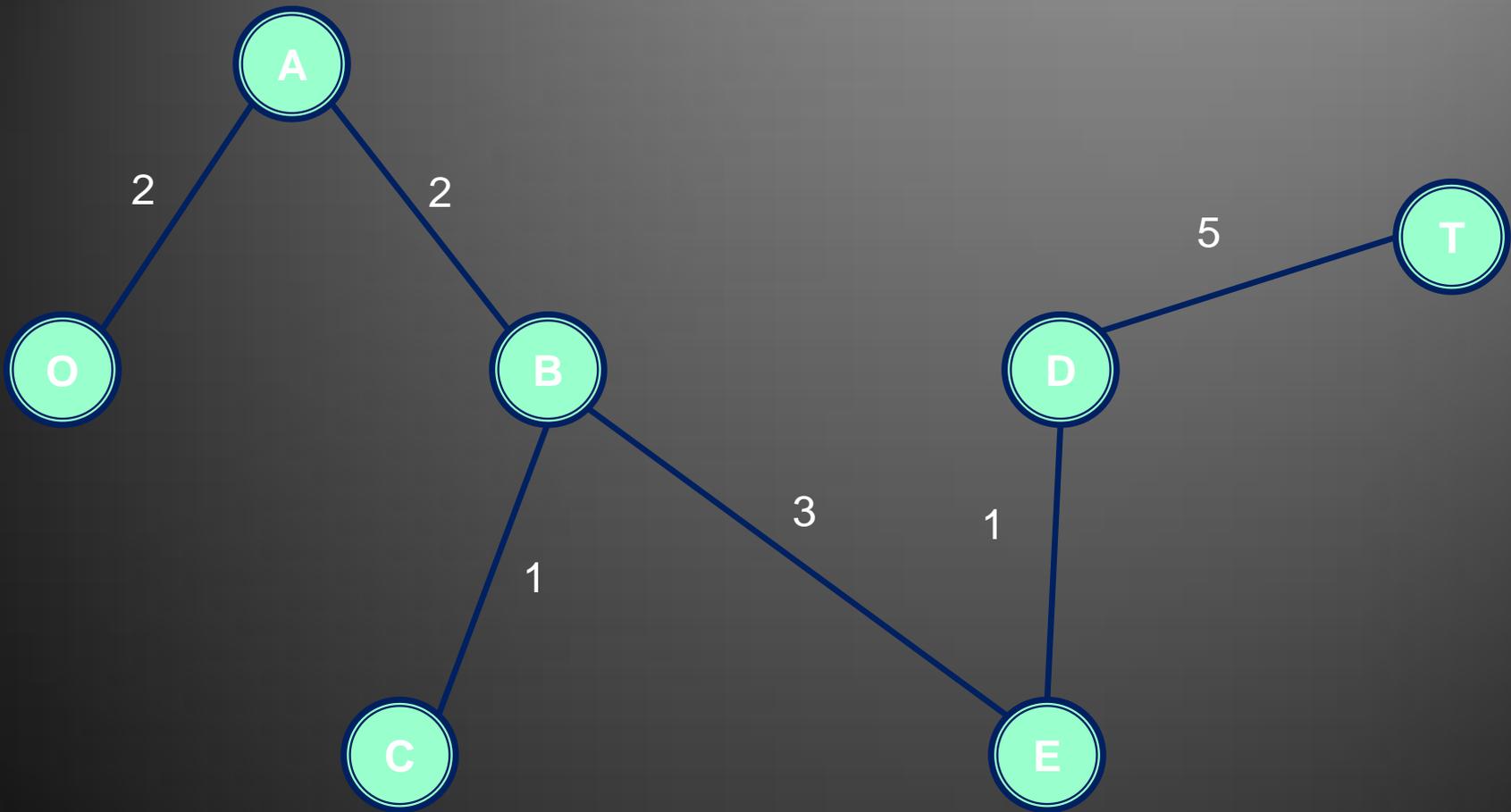


SOLUSI :

RUTE : OA – AB – BC – BE – ED – DT

JARAK : 2 + 2 + 1 + 3 + 1 + 5 = 14 mil

SOLUSI OPTIMUM



SOLUSI :

RUTE : OA – AB – BC – BE – ED – DT

JARAK : 2 + 2 + 1 + 3 + 1 + 5 = 14 mil

Aliran Maksimum (*Maximal Flow*)-1

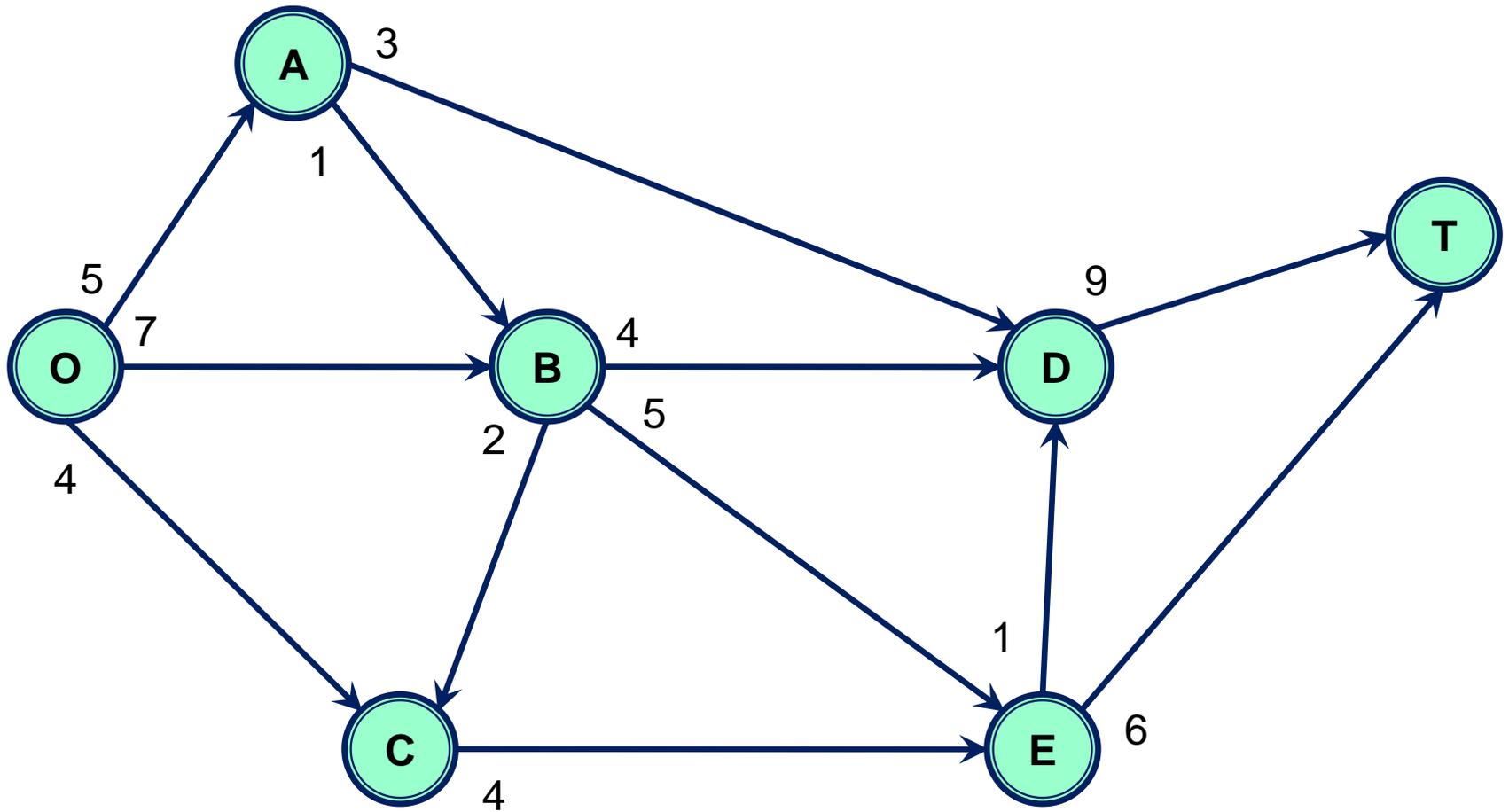
- ▶ Tujuan : memaksimalkan total jumlah aliran dari sumber ke tujuan. Jumlah ini diukur dari salah satu cara yang ekuivalen, yaitu jumlah yang meninggalkan sumber atau jumlah yang memasuki tujuan
- ▶ Perlu mengetahui kapasitas aliran pada masing-masing busur.
- ▶ Semua aliran melalui jaringan terhubung dan terarah berawal dari satu simpul, disebut sumber dan berakhir pada simpul lain yang disebut tujuan. Simpul lainnya adalah simpul pengiriman.

Aliran Maksimum (*Maximal Flow*)-2

- ▶ Aliran melalui sebuah busur hanya diizinkan pada arah yang ditunjukkan oleh mata panah, dengan jumlah maksimum aliran diberikan oleh kapasitas busur tersebut. Pada sumber, semua busur mengarah menjauh dari simpul. Pada sasaran semua busur mengarah menuju simpul.

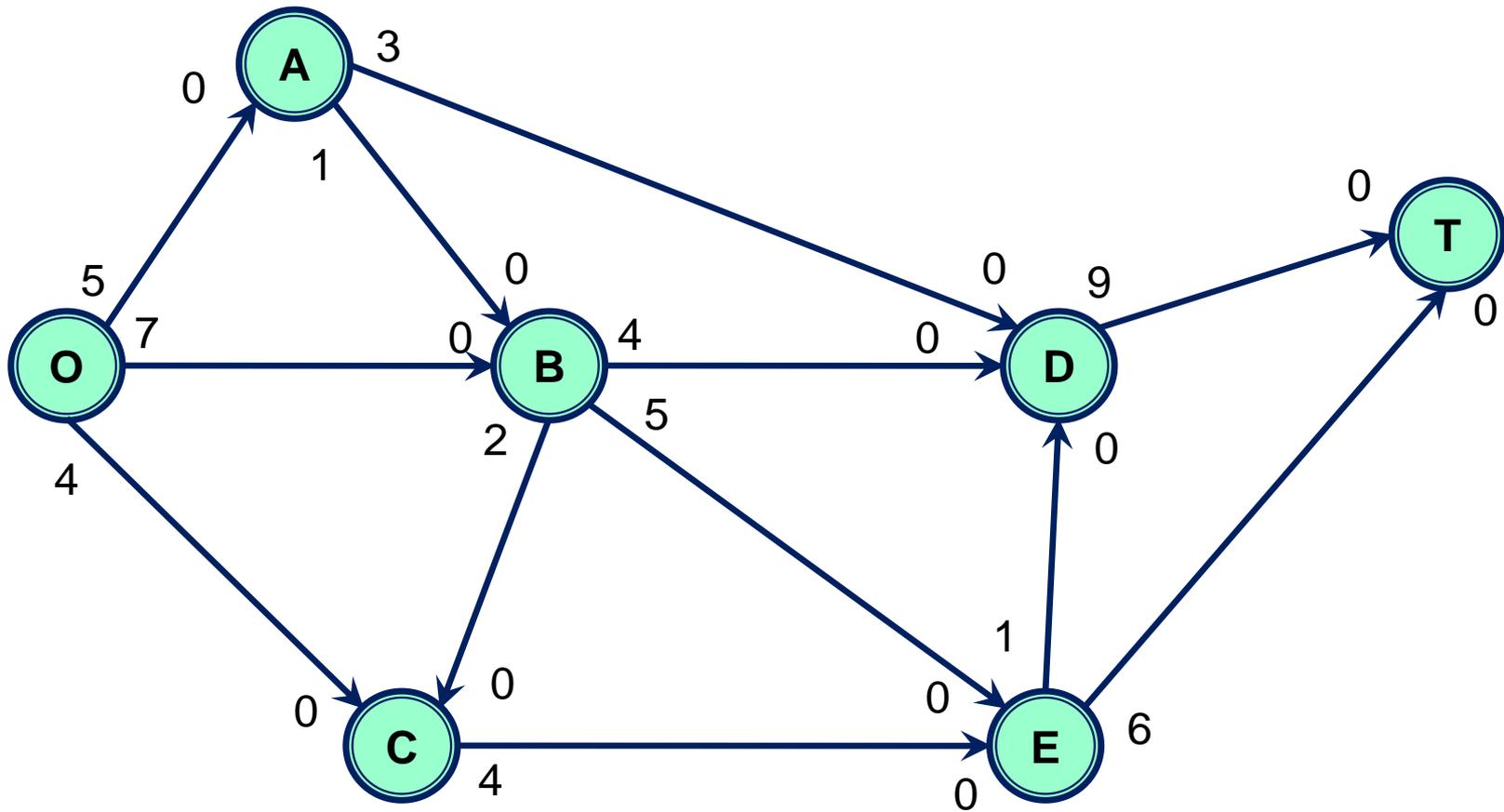
Contoh : Masalah Ketiga Seervada Park

- ▶ Masalah yang dihadapi selama musim ramai adalah menentukan rute berbagai perjalanan trem dari gerbang masuk taman (stasiun O) ke keajaiban alam (stasiun T) yang memaksimalkan jumlah perjalanan per harinya.
- ▶ Diketahui :
 - Setiap trem kembali melalui jalur yang sama sehingga analisis hanya akan difokuskan pada perjalanan keberangkatan.
 - Untuk menghindari gangguan yang tak disengaja terhadap ekologi dan satwa daerah tersebut, jumlah perjalanan trem dibatasi dengan ketat pada setiap jalan per harinya.



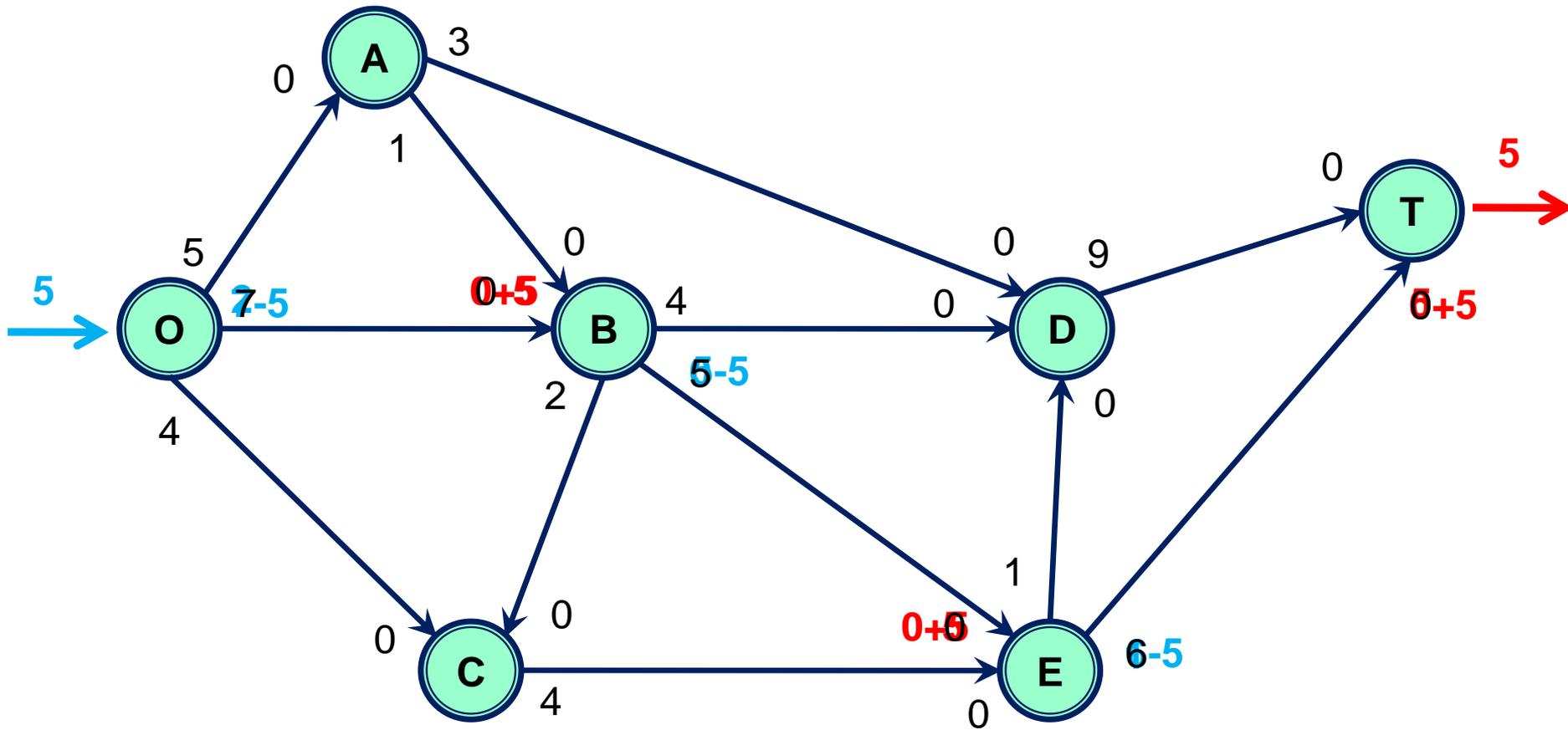
- Pada tiap jalan, arah perjalanan ditunjukkan dengan sebuah panah.
- Angka pada ujung dasar panah menyatakan kapasitas maksimum keberangkatan trem (jumlah trem maksimum yang melalui tiap jalan) per hari.

Jaringan residual awal (Iterasi 0)



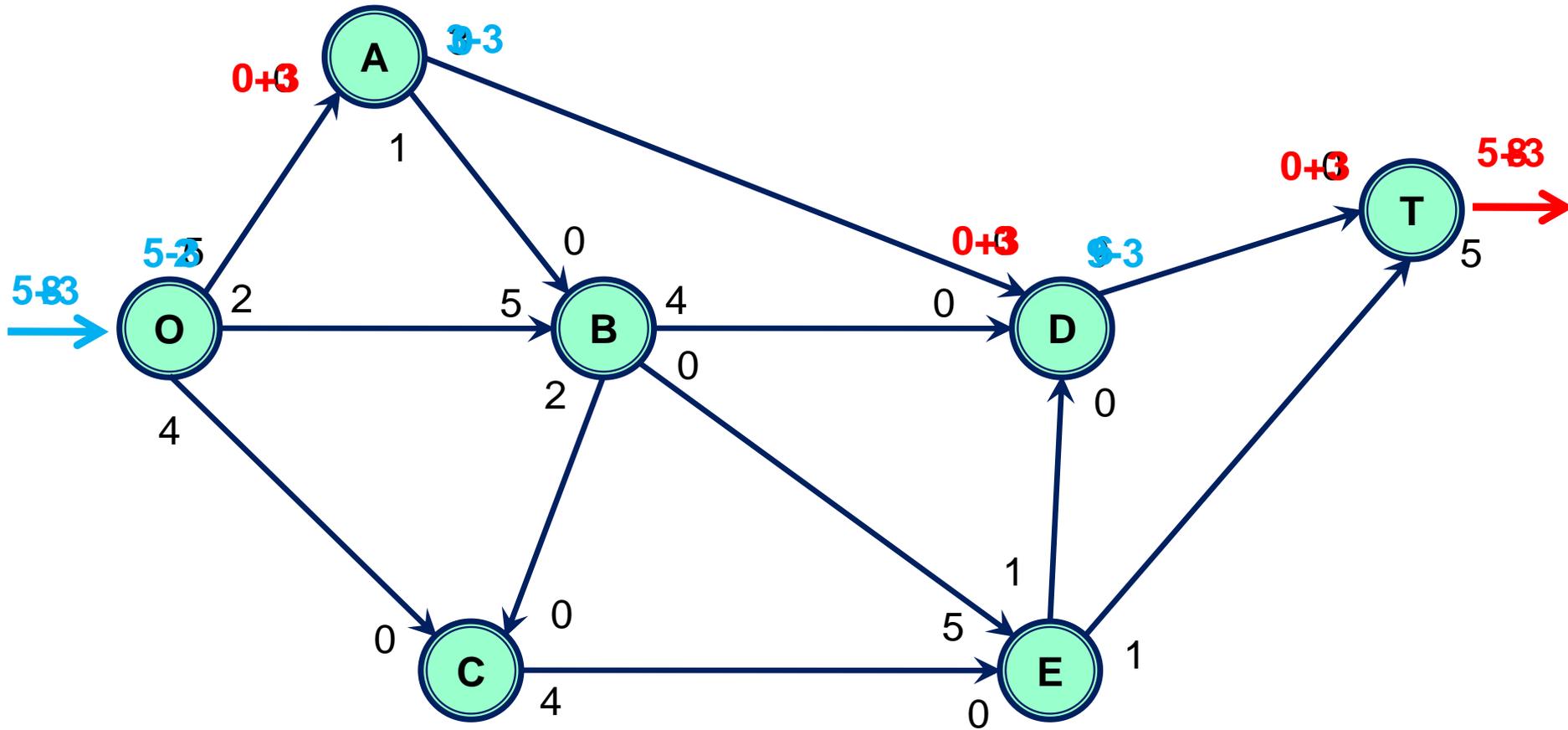
- Dipilih sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan **O→B→E→T** yang memiliki kapasitas residual, $\min(7,5,6) = \mathbf{5}$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 5 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 1**.

Iterasi 1 : Lintasan $O \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow T \Rightarrow 5$ Trem



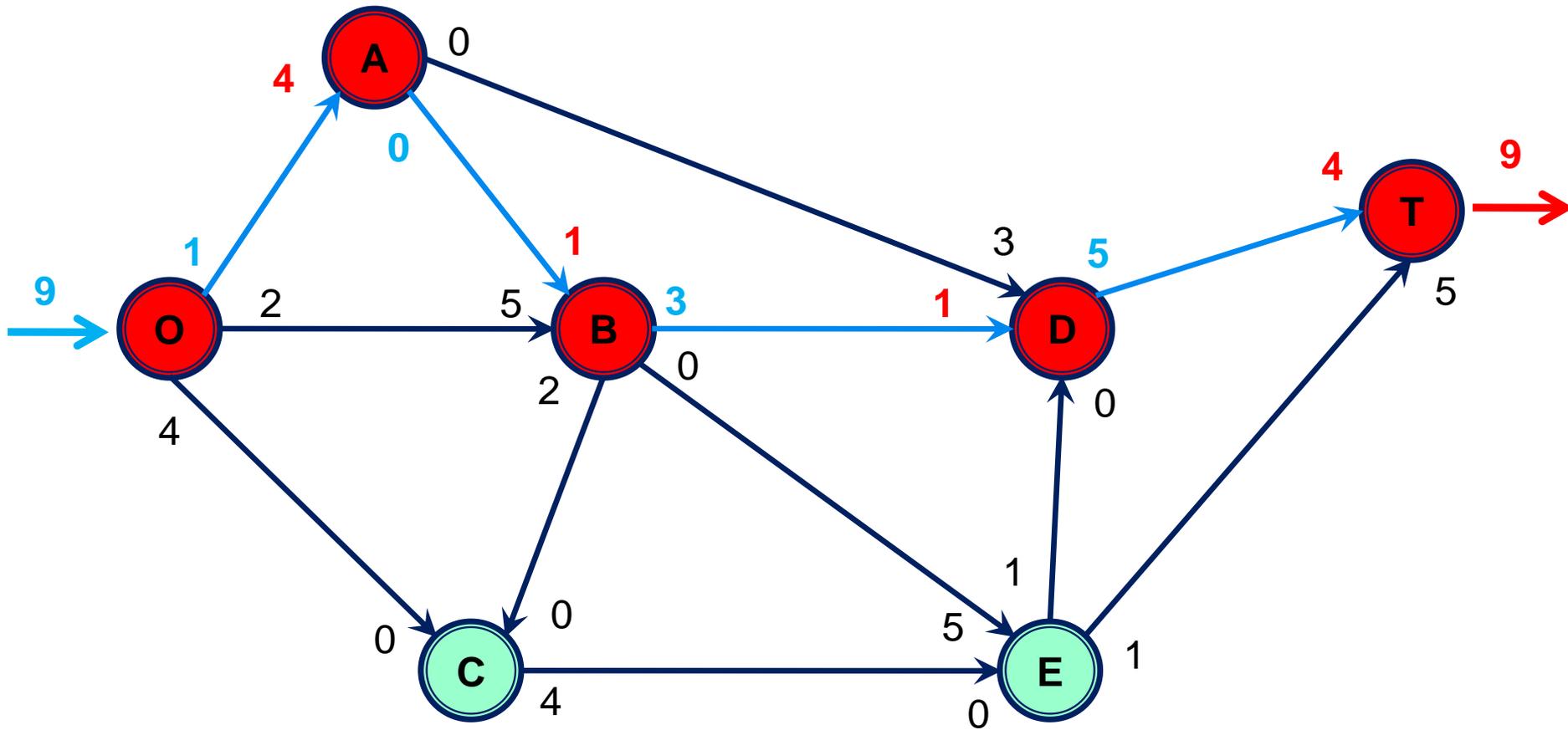
- Jika memungkinkan, pilih lagi sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan $O \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas residual, $\min(5, 3, 9) = 3$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 3 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 2**.

Iterasi 2 : Lintasan $O \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow T \Rightarrow 3$ Trem



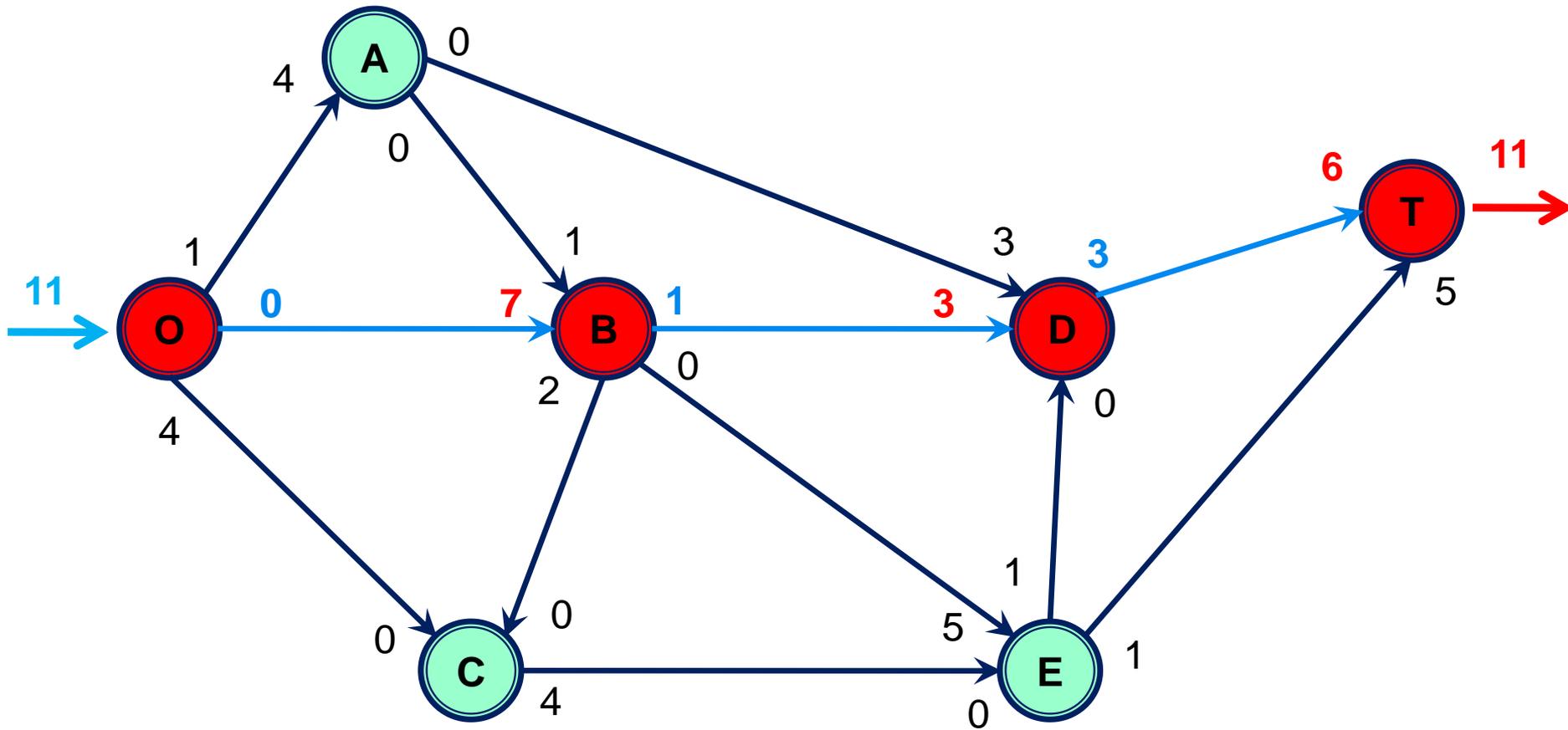
- Jika memungkinkan, pilih lagi sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas residual, $\min(2, 1, 4, 6) = 1$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 1 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 3**.

Iterasi 3 : Lintasan $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T \Rightarrow 1$



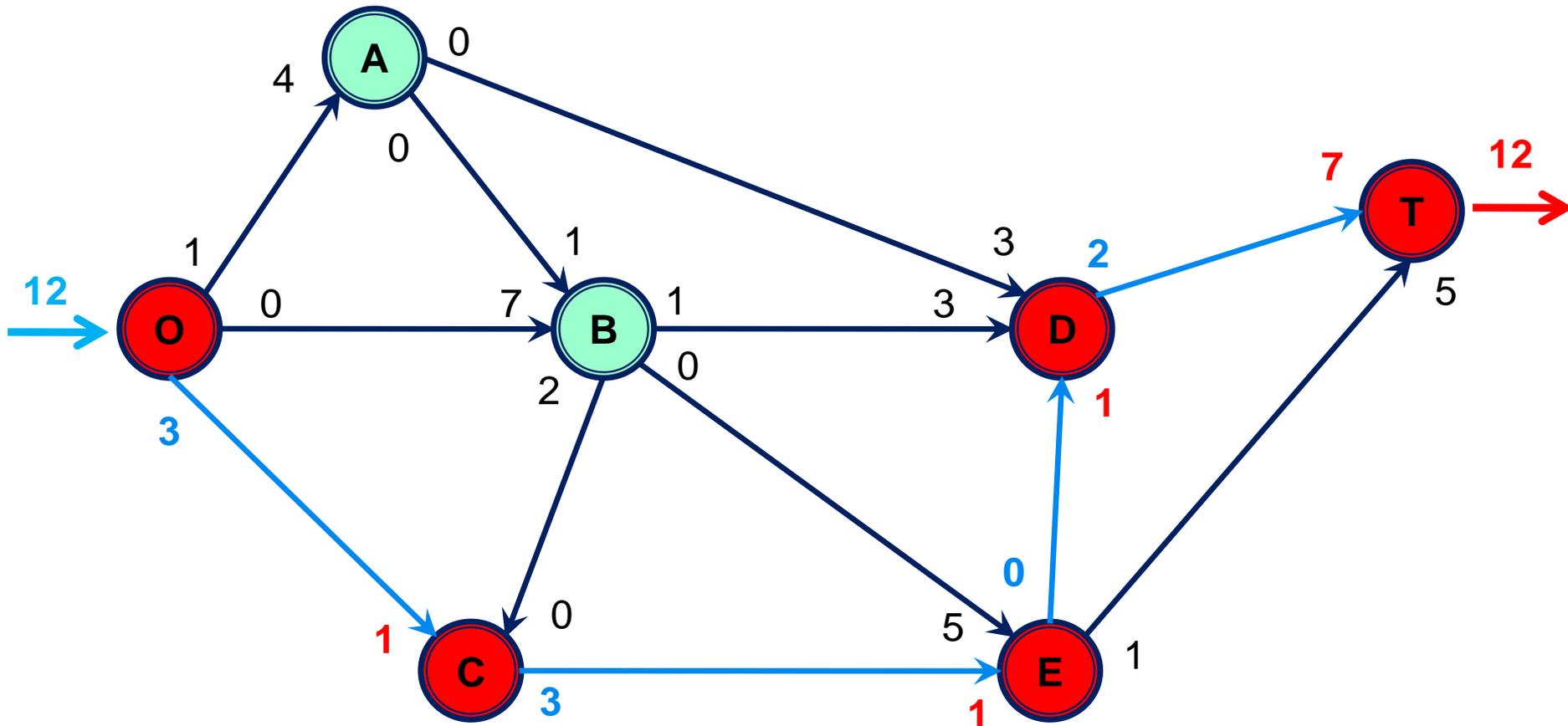
- Jika memungkinkan, pilih lagi sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan $O \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas residual, $\min(2, 3, 5) = 2$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 2 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 4**.

Iterasi 4 : Lintasan $O \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T \Rightarrow 2$



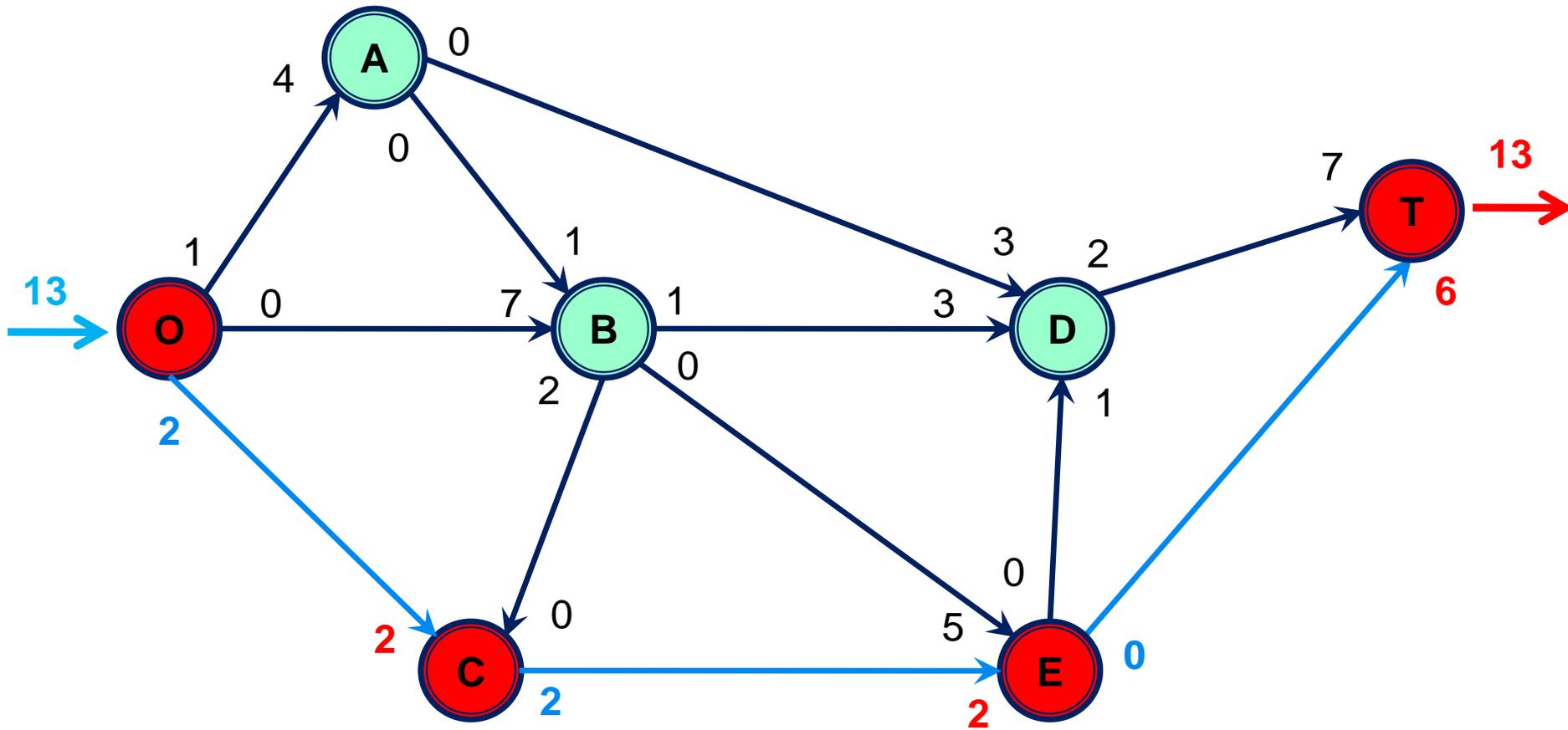
- Jika memungkinkan, pilih lagi sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas residual, $\min(4, 4, 1, 3) = 1$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 1 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 5**.

Iterasi 5 : Lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T \Rightarrow 1$



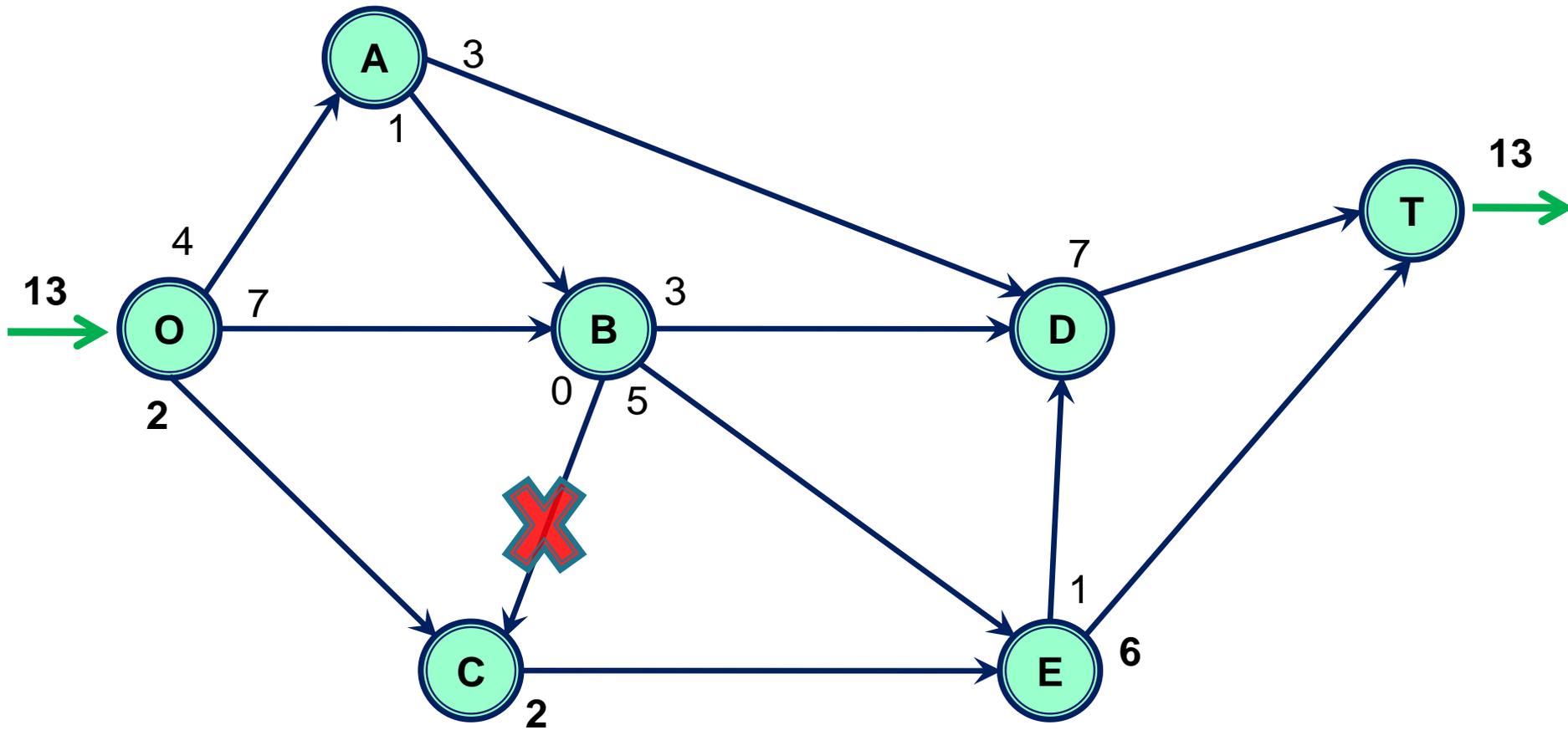
- Jika memungkinkan, pilih lagi sebuah lintasan sembarang.
- Misal dipilih lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas residual, $\min(3, 3, 1) = 1$
- Dengan menugaskan aliran trem sebesar 1 pada jalur ini, maka akan dihasilkan jaringan residual **Iterasi 6**.

Iterasi 6 : Lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow T \Rightarrow 1$



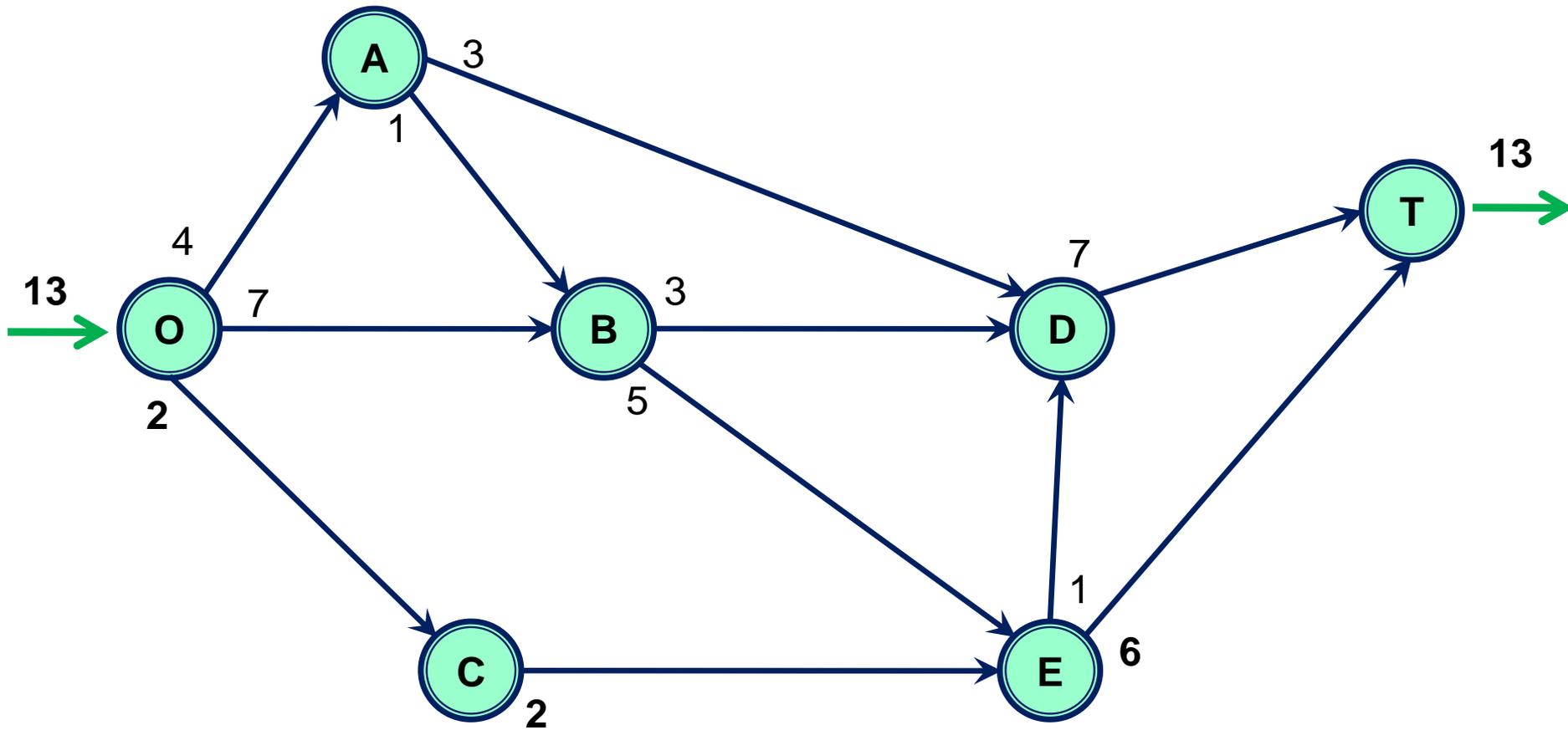
Karena sudah tidak ada lagi lintasan yang mempunyai kapasitas residual (aliran) positif, maka pola aliran di atas sudah optimal.

Solusi Optimal (1)



Karena rute BC tidak dilalui oleh trem, maka rute tersebut dapat diabaikan (dihilangkan).

Solusi Optimal (2)



Solusi optimum untuk rute perjalanan trem adalah seperti di atas dengan total aliran (trem yang mengalir dari O ke T) sebesar 13 trem.