

## APLIKASI METODE HUBUNGAN TUMPANG TINDIH PADA NETWORK DIAGRAM PRESEDEN

Adnan Fadjar \*

### Abstract

*Overlapping relationship method gives more realistic representation of relationship between project activities without increasing the size of the project network. Despite the fact that setting up and analysing a network which incorporating overlapping relationships is more complicated than a conventional one, this method generally leads to a shorter project duration. This paper utilises overlapping relationship method in a precedence diagram network.*

**Key words :** Project network, precedence diagram

### Abstrak

Metode hubungan tumpang tindih adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antar aktifitas-aktifitas pada sebuah proyek secara lebih realistis tanpa menambah ukuran network proyek tersebut. Meskipun penyusunan dan analisis network yang menggunakan hubungan tumpang tindih lebih rumit daripada network konvensional, penggunaan metode ini pada umumnya dapat mempersingkat durasi sebuah network. Tulisan ini mengaplikasikan hubungan tumpang tindih pada sebuah network dalam format diagram preseden.

**Kata Kunci :** network proyek, diagram preseden

### 1. Pendahuluan

Pada analisis sebuah network umumnya diasumsikan bahwa sebuah aktifitas pengikut hanya dapat dimulai apabila aktifitas pendahulu telah selesai. Jika aktifitas pengikut tersebut dapat dimulai lebih awal tanpa menunggu selesainya aktifitas pendahulu, maka aktifitas yang pendahulu dapat dibagi kedalam beberapa sub-aktifitas. Meskipun dimungkinkan, pemakaian sub-aktifitas dalam sebuah network akan memperbesar ukuran network dan membutuhkan pekerjaan tambahan dalam penggambaran dan analisis network tersebut. Selain itu, apabila network tersebut menggunakan diagram anak panah maka penggunaan sub-aktifitas akan menambah jumlah *dummy*. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah metode alternatif karena pada kenyataannya banyak proyek yang

menggunakan "aktifitas bertahap" dimana sebuah aktifitas dapat dimulai meskipun hanya sebahagian dari aktifitas yang mendahuluinya diselesaikan.

Kondisi tersebut di atas disebut dengan "aktifitas tumpang tindih" (*overlapping activities*). Aktifitas tumpang tindih dapat ditangani tanpa menambah ukuran sebuah network jika dalam analisis sebuah network metode yang digunakan adalah metode diagram preseden yang menggunakan *lead*, *lead* dan *link*. Aktifitas tumpang tindih memberikan representasi sebuah proyek dalam bentuk network yang lebih realistis dan pada umumnya akan menghasilkan durasi proyek yang lebih pendek. Contoh proyek yang pada pelaksanaannya menggunakan aktifitas bertahap adalah: konstruksi perpipaan, konstruksi jalan, konstruksi rel kereta,

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

konstruksi gedung berlantai banyak (*high rise building*).

Dalam menganalisa sebuah network yang menggunakan aktifitas tumpang tindih, umumnya digunakan diagram preseden. Dalam perhitungan dengan diagram preseden digunakan istilah *lead time* (LT). *Lead time* adalah waktu antara selesai/mulainya sebuah atau sebahagian aktifitas dan selasai/mulainya sebuah atau sebahagian aktifitas lainnya berdasarkan hasil analisa bobot aktifitas-aktifitas tersebut. *Lead time* dapat ditampilkan dalam bentuk nilai absolut, dalam satuan hari sebagai contoh, atau dalam bentuk persentase dari durasi sebuah aktifitas.

Hubungan antara aktifitas-aktifitas yang saling tumpang tindih disebut dengan "hubungan tumpang tindih" (*overlapping relationships*). Ada empat jenis hubungan tumpang tindih yang dapat terjadi antara dua aktifitas, yaitu:

- Start-to-start (S/S)
- Start-to-finish (S/F)
- Finish-to-start (F/S)

- Finish-to-finish (F/F)

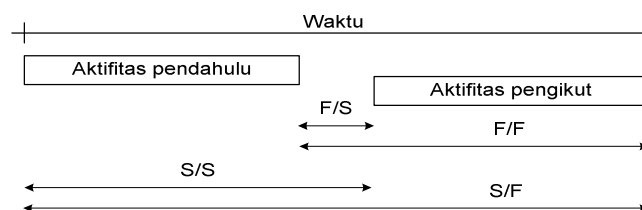
Dalam analisis network konvensional hanya hubungan finish-to-start (F/S) yang digunakan dimana  $LT = 0$  adapun ketiga jenis hubungan lainnya diabaikan atau dikonversikan kedalam bentuk finish-to-start.

Sebuah hubungan finish-to-start mengimplikasikan bahwa aktifitas pengikut hanya dapat dimulai jika aktifitas pendahulu telah selesai. Dengan kata lain, saat selesainya aktifitas pendahulu menentukan saat dimulainya aktifitas pengikut. Penjelasan keempat jenis hubungan antar aktifitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1 menunjukkan keempat hubungan tersebut dalam format bar chart. Harap dicatat bahwa bisa saja terdapat lebih dari satu jenis hubungan antara dua aktifitas, sebagai contoh hubungan start-to-start dan finish-to-finish dimana saat mulai dan saat selesainya aktifitas pengikut ditentukan oleh saat mulai dan selesainya aktifitas pendahulu.

Tabel 1 Jenis-jenis hubungan antar aktifitas

Jenis hubungan antar aktifitas	Keterangan
Finish to Start (FS)	Aktifitas B tidak dapat dimulai sebelum aktifitas A selesai. Jenis hubungang ini adalah jenis yang paling sering digunakan.
Start to Start (SS)	Aktifitas B tidak dapat dimulai sebelum aktifitas A dimulai.
Finish to Finish (FF)	Aktifitas B tidak dapat selesai jika aktifitas A belum selesai.
Start to Finish (SF)	Aktifitas B tidak dapat selesai sebelum aktifitas A dimulai.



Gambar 1. Bar chart Jenis-jenis hubungan antar aktifitas

Berikut ini adalah penjelasan untuk singkatan-singkatan yang digunakan dalam tulisan ini.

- EST = Earliest Start Time
- EFT = Earliest Finish Time
- LST = Latest Start Time
- LFT = Latest Finish Time
- DUR = Durasi

Untuk setiap aktifitas *i* berlaku aturan perhitungan berikut:

$$EFT_i = EST_i + DUR_i$$

$$LST_i = LFT_i + DUR_i$$

## 2. Hubungan finish-to-start

Hubungan finish-to-start adalah hubungan yang digunakan pada semua analisa network konvensional. Pada hubungan finish-to-start dimana aktifitas pengikut *j* hanya dipengaruhi oleh satu aktifitas pendahulu *i* berlaku persamaan berikut.

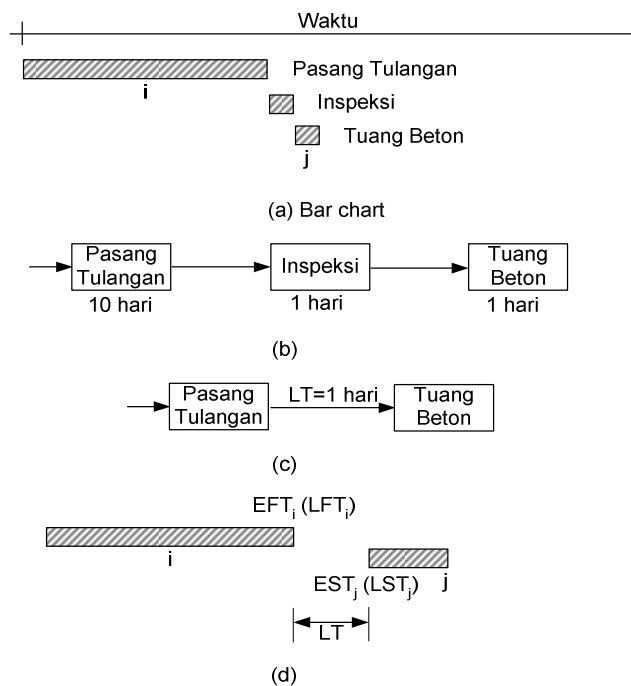
$$EST_j = EFT_i$$

$$LST_j = LFT_i$$

Contoh pemakaian hubungan finish-to-start adalah dalam pekerjaan konstruksi plat beton bertulang, dimana campuran beton hanya dapat dituang apabila semua tulangan telah terpasang dan diinspeksi. Tanpa menggunakan lead time, bar chart dan networknya dapat dilihat pada gambar 2a dan 2b. Sementara yang menggunakan lead time dapat dilihat pada gambar 2c dimana lead time adalah waktu yang digunakan untuk inspeksi tulangan. Persamaan di atas dapat dijadikan kedalam bentuk persamaan hubungan tumpang tindih jika digunakan lead time diantara kedua aktifitas (*i* dan *j*), lihat gambar 2d, dan persamaannya berubah menjadi,

$$EST_j = EFT_i + LT$$

$$LST_j = LFT_i + LT$$



Gambar 1 Contoh hubungan finish-to-start

### 3. Hubungan start-to-start

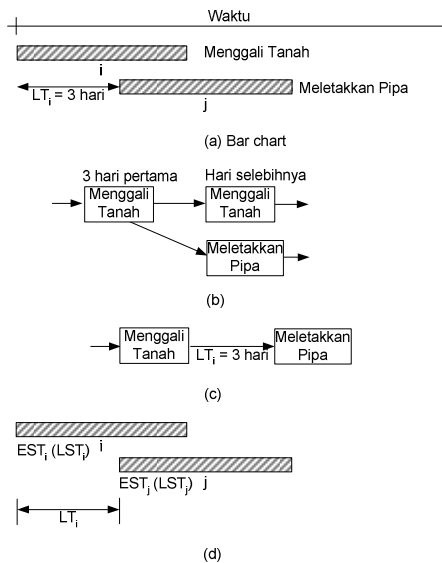
Contoh penggunaan hubungan start-to-start adalah, pekerjaan pemasangan pipa dapat dimulai setelah sebahagian pekerjaan penggalian tanah selesai, seperti pada gambar 3a dan 3 b. Gambar 3b menggunakan sub-aktivitas sementara gambar 3c menggunakan lead time. Pemakaian lead time pada contoh ini untuk menjelaskan bahwa sebesar 3 hari harus berlalu setelah pekerjaan penggalian tanah dimulai sebelum pekerjaan pemasangan pipa dapat dimulai. Pada hubungan start-to-start berlaku persamaan berikut.

$$EST_j = EST_i + LT_i$$

$$LST_j = LST_i + LT_i$$

$$LFT_i = LST_j - LT_i + DUR_i$$

Aktifitas i adalah aktifitas yang terbagi, dimana  $0 \leq LT_i \leq DUR_i$



Gambar 2 Contoh hubungan start-to-start

### 4. Hubungan finish-to-finish

Contoh penggunaan hubungan finish-to-finish adalah, profil plafond dapat dipasang setelah wallpaper terpasang seperti digambarkan pada

Gambar 4a. Selesaiannya pemasangan profil plafond dikendalikan oleh selesaiannya pemasangan wallpaper. Gambar 4b menunjukkan representasi hal tersebut dalam bentuk network, atau jika digunakan hubungan tumpang tindih ditunjukkan pada Gambar 4c. Pada hubungan start-to-start berlaku persamaan berikut.

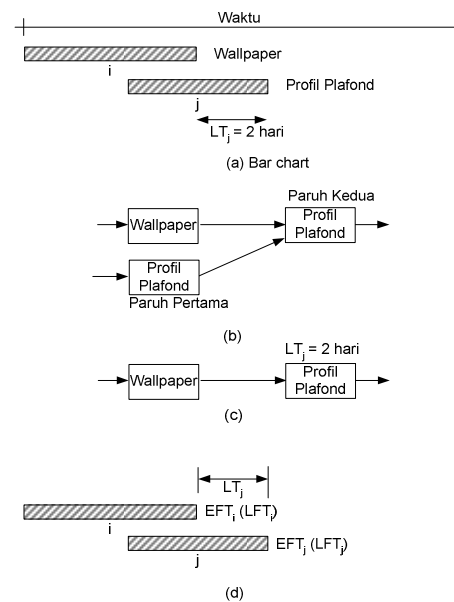
$$EFT_j = EFT_i + LT_j$$

$$LFT_j = LFT_i + LT_j$$

$$EST_j = EFT_i + LT_j - DUR_j$$

$$LFT_i = LFT_j - LT_j$$

Aktifitas j adalah aktifitas yang terbagi, dimana  $0 \leq LT_j \leq DUR_j$ .



Gambar 3 Contoh hubungan finish-to-finish

### 5. Hubungan start-to-finish

Hubungan start-to-finish terjadi jika selesaiannya aktifitas pengikut ditentukan oleh mulainya aktifitas pendahulu. Sebagai contoh, sebuah konstruksi akan dibangun disekitar pepohonan yang harus dilestarikan. Pada saat pepohonan tersebut mulai dipindahkan diperkirakan dibutuhkan 3

hari sebelum pepohonan tersebut dapat mulai ditanam kembali. Selanjutnya dibutuhkan 2 hari untuk menyelesaikan penanaman kembali seluruh pepohonan tersebut. Bar chart untuk contoh ini ditunjukkan pada Gambar 5a. Gambar 5b menunjukkan representasi hal tersebut dalam bentuk network, atau jika digunakan hubungan tumpang tindih ditunjukkan pada Gambar 5c. Pada hubungan start-to-finish berlaku persamaan berikut.

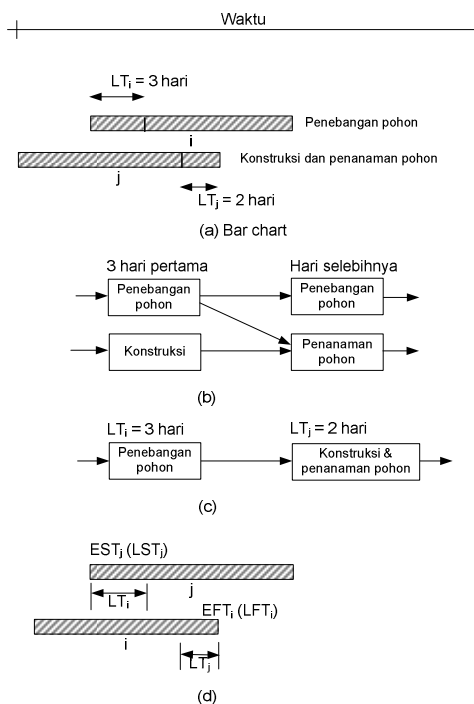
$$EFT_j = EST_i + LT_i + LT_j$$

$$LFT_j = LST_i + LT_i - LT_j$$

$$EST_j = EST_i + LT_i + LT_j - DUR_j$$

$$LFT_i = LFT_j - LT_i - LT_j + DUR_i$$

Dalam hal ini, aktifitas-aktifitas i dan j adalah aktifitas-aktifitas yang terbagi.



Gambar 5 Contoh hubungan start-to-finish

### 6. Perhitungan Network

Bagian sebelumnya menganggap aktifitas-aktifitas yang ditinjau terisolasi dari aktifitas-aktifitas

lainnya yang ada pada sebuah network. Analisis terhadap sebuah network lengkap menyaratkan agar semua interkoneksi dalam network tersebut diperhitungkan.

Perhitungan terhadap network lengkap melibatkan perhitungan hubungan tumpang tindih (*overlapping relationship*) seperti yang digunakan pada perhitungan diagram preseden. Dimana, pada perhitungan maju didapatkan EST dan EFT dan pada perhitungan mundur didapatkan LFT dan LST dari aktifitas-aktifitas yang ditinjau dan selanjutnya, float dan jalur kritis dapat ditentukan. Persamaan-persamaan pada Tabel 2 adalah untuk sebuah network diawali oleh aktifitas 0 dan diakhiri oleh aktifitas N.

Tabel 2. Perhitungan Maju

$EST_0 = 0$		
$EFT_0 = EST_0 + DUR_0$		
$EST_j = \max_{\text{semua } i, j}$	$EFT_i + LT$	F/S
	$EST_i + LT_i$	S/S
	$EFT_i + LT_j - DUR_j$	F/F
	$EST_i + LT_i + LT_j - DUR_j$	S/F

Jika terdapat lebih dari satu aktifitas pendahulu (i), atau hubungan tumpang tindih maka dipilih nilai **EST<sub>j</sub> maksimum** karena jalur terpanjang dari network tersebut yang akan dicari. Jika **EST<sub>j</sub>** bernilai negatif, ubah nilainya menjadi 0.

$$EFT_j = EST_j + DUR_j$$

Tabel 3. Perhitungan Mundur

$LFT_N = EFT_N$		
$LST_N = LFT_N - DUR_N$		
$LFT_i = \min_{\text{semua } i, j}$	$LST_j - LT$	F/S
	$LST_j - LT_i + DUR_i$	S/S
	$LFT_j - LT_j$	F/F
	$LFT_j - LT_i - LT_j + DUR_i$	S/F

Jika terdapat lebih dari satu aktifitas pengikut (j), atau hubungan tumpang tindih maka dipilih nilai  $LFT_i$  **minimum**.

$$LST_i = LFT_i - DUR_i$$

### 7. Float

Total Float (TF) adalah jumlah waktu yang tersedia dimana sebuah aktifitas dapat ditunda pelaksanaannya tanpa menunda durasi total dari sebuah proyek.

$$TF_i = LFT_i - EFT_i ; \text{ atau } TF_i = LST_i - EST_i$$

$TF_N$  akan sama dengan nol jika waktu selesai paling lambat disamakan waktunya dengan waktu selesai paling awal dari aktifitas terakhir N. Aktifitas-aktifitas yang total floatnya nol yang akan menentukan jalur kritis. Jika waktu selesai paling lambat tidak disamakan waktunya dengan waktu selesai paling awal dari aktifitas terakhir N, maka  $TF_N$  akan sama dengan selisih antara kedua nilai tersebut dan jalur kritis network ditentukan oleh aktifitas-aktifitas yang memiliki total float yang nilainya sama dengan nilai selisih tersebut. Jika aktifitas yang memiliki LFT terbesar bukanlah aktifitas terakhir, maka aktifitas-aktifitas yang berada pada akhir network akan

memiliki nol float meskipun aktifitas-aktifitas tersebut tidak kritis.

Free Float (FF) memiliki definisi yang sama dengan network tanpa hubungan tumpang-tindih, yaitu sejumlah waktu yang tersedia tanpa mempengaruhi status awal (untuk EST atau EFT tergantung jenis hubungan tumpang-tindihnya) dari aktifitas-aktifitas berikut (tabel 4).

Tabel 4. Free Float (FF)

$FF_i = \min$ semua $i, j$	$EST_j - (EFT_i - LT)$	F/S
	$EST_j - (EST_i + LT_i)$	S/S
	$EST_j - (EFT_i + LT_j - DUR_j)$	F/F
	$EST_j - (EST_i + LT_i + LT_j - DUR_j)$	S/F

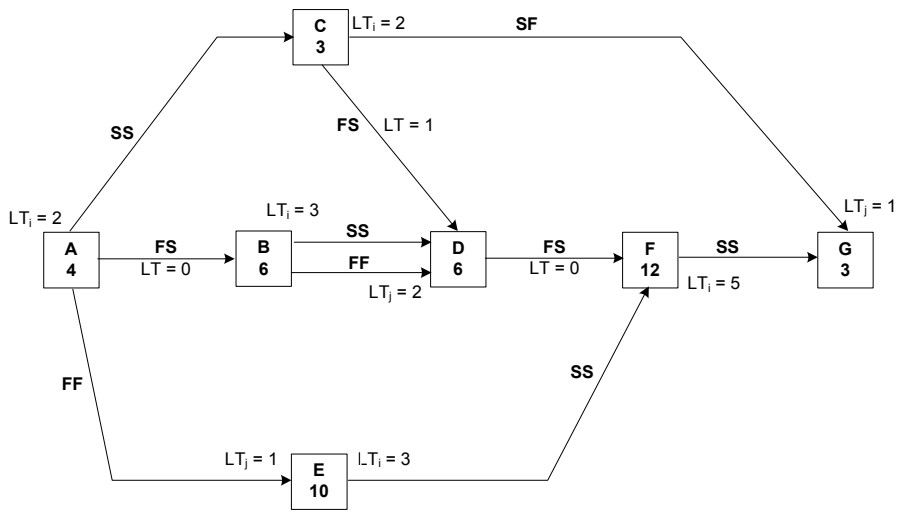
Jika terdapat lebih dari satu aktifitas pengikut (j), atau hubungan tumpang tindih maka dipilih nilai  $FF_i$  **minimum**.

### 8. Contoh Aplikasi

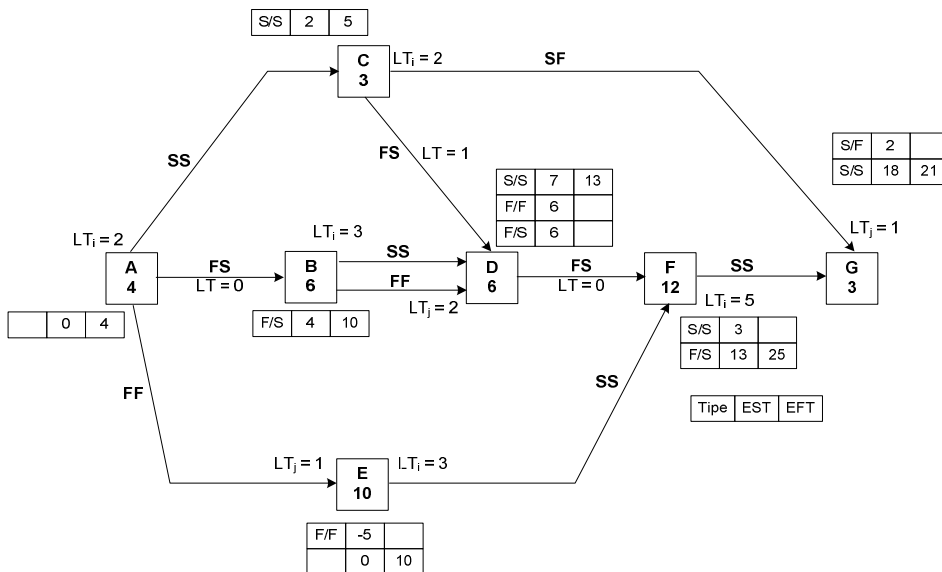
Contoh sebuah network ditunjukkan oleh Gambar 6a. Durasi aktifitas (hari) ditunjukkan pada kotak aktifitas. Hubungan antara aktifitas-aktifitas ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan antara aktifitas-aktifitas

Aktifitas-aktifitas	Jenis Hubungan	Lead Time
A dan B	Finish-to-start	$LT = 0$
D dan F	Finish-to-start	$LT = 0$
C dan D	Finish-to-start	$LT = 1$
A dan C	Start-to-start	$LT_i = 2$
B dan D	Start-to-start	$LT_i = 3$
E dan F	Start-to-start	$LT_i = 3$
F dan G	Start-to-start	$LT_i = 5$
A dan E	Finish-to-finish	$LT_j = 1$
B dan D	Finish-to-finish	$LT_j = 2$
C dan G	Start-to-finish	$LT_i = 2, LT_j = 1$



Gambar 6a. Contoh sebuah Network



Gambar 6b. Contoh hasil perhitungan maju untuk nilai-nilai EST dan EFT yang didasarkan atas nilai EST dari aktifitas pertama (A) yaitu nol.

Gambar 6b menunjukkan hasil perhitungan maju untuk nilai-nilai EST dan EFT yang didasarkan atas nilai EST dari aktifitas pertama (A) yaitu nol. EST aktifitas E telah diubah dari -5 ke 0

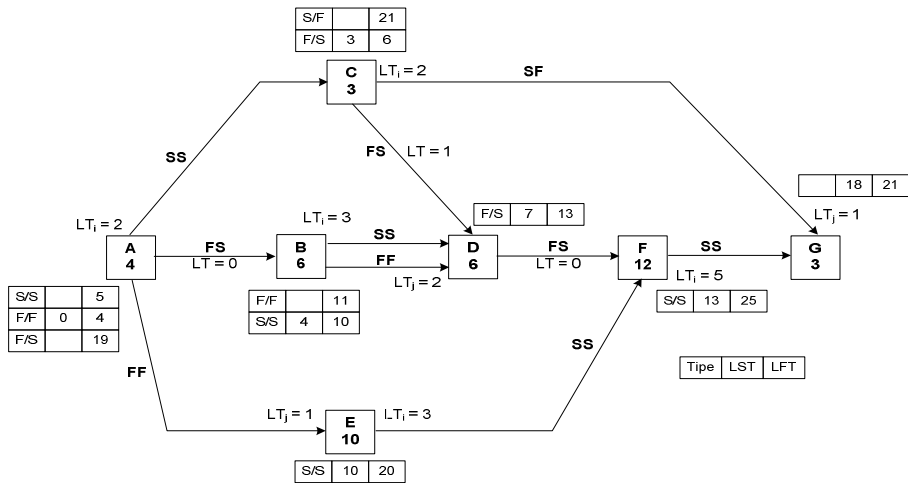
sebelum EFT nya dihitung. Cara lain untuk menangani situasi tersebut adalah dengan memasukkan sebuah aktifitas dummy (START) seperti yang ditampilkan pada gambar 7. Cara ini secara

otomatis membuat sebuah hubungan finish-to-start antara aktifitas START dan E dan akan menjadikan EST aktifitas E sama dengan 0 jika START juga 0.

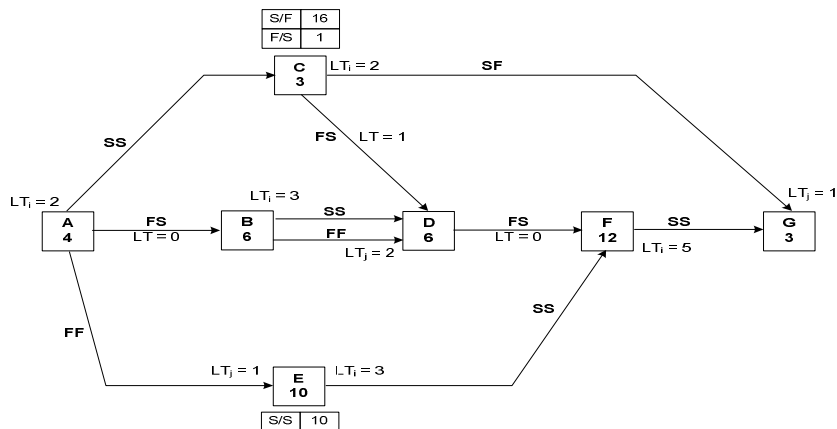
Gambar 6c menunjukkan hasil perhitungan mundur untuk nilai-nilai LFT dan LST. Nilai LFT untuk aktifitas terakhir (G) dijadikan sama dengan nilai EST nya (21). Ini menunjukkan bahwa G akan memiliki TF = 0 oleh karenanya adalah aktifitas kritis. Tapi harap dicatat, sebagai contoh, LFT untuk aktifitas F adalah 25. Hal ini menunjukkan ada float sebesar 4 hari pada G. Sebuah cara alternatif untuk menangani

masalah ini adalah dengan menggunakan sebuah aktifitas dummy pada aktifitas terakhir, yaitu aktifitas SELESAI seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Cara ini secara otomatis menghitung G sebagai aktifitas non-kritis dan jalur kritis akan melalui MULAI-A-B-D-F-SELESAI.

Jalur kritis adalah jalur yang menghubungkan aktifitas-aktifitas yang Total Floatnya = 0. Hasil perhitungan Free Float ditunjukkan pada Gambar 6d dan rangkuman hasil seluruh perhitungan ditunjukkan pada Gambar 6e.

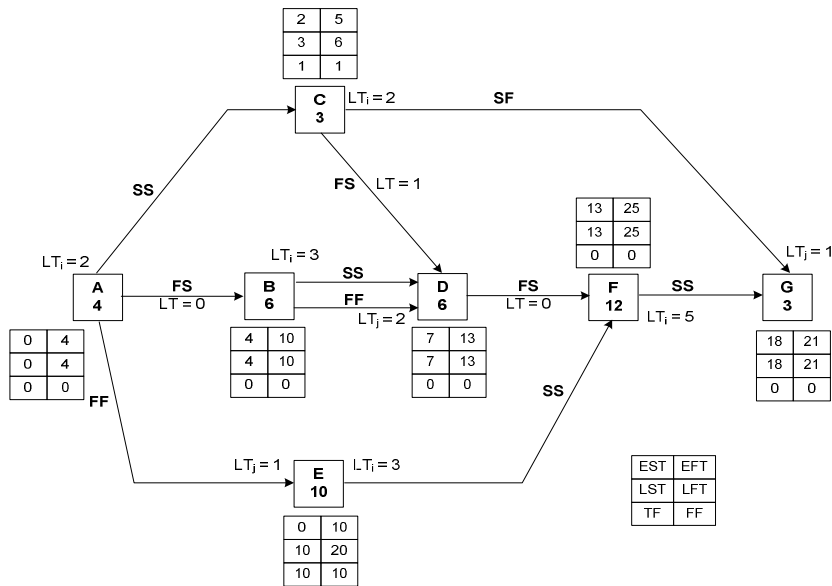


Gambar 6c. Contoh hasil perhitungan mundur untuk nilai-nilai LFT dan LST

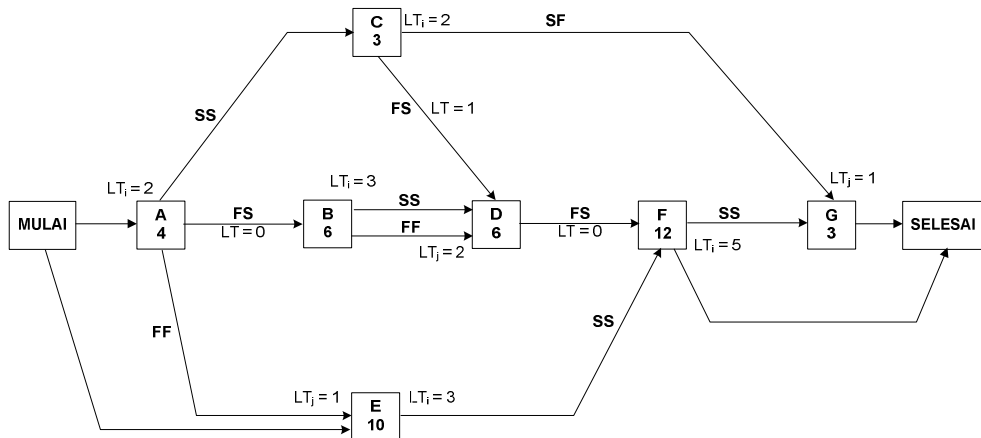


Gambar 6d. Contoh hasil perhitungan mundur untuk nilai-nilai LFT dan LST





Gambar 6e. Contoh hasil perhitungan mundur untuk nilai-nilai LFT dan LST



Gambar 7. Penggunaan sebuah aktifitas dummy pada aktifitas terakhir, yaitu aktifitas SELESAI

### 9. Penutup

Penggunaan hubungan tumpang tindih antar aktifitas pada umumnya dapat membantu memperpendek durasi sebuah proyek. Program-program komputer yang ada pada saat ini seperti MS Project dan Primavera sudah mengijinkan digunakannya hubungan tumpang-

tindih. Meskipun demikian, pemakaian network konvensional yang tidak menggunakan hubungan tumpang tindih umumnya lebih disukai oleh para praktisi. Hal ini disebabkan analisis network yang menggunakan hubungan tumpang tindih lebih kompleks sehingga dibutuhkan kemampuan dan ketelitian ekstra dari seorang perencana network dalam menyusun sebuah network yang

melibatkan hubungan tumpang-tindih. Kemampuan dan ketelitian ekstra ini dibutuhkan agar hasil akhir network tersebut benar.

#### **10. Daftar Pustaka**

- Ahuja H.N., Project Management: Techniques In Planning And Controlling, John Wiley & Sons, Inc., 2nd edition, 1994.
- Barrie D.S. & B.C. Paulson, Professional Construction Management, McGraw Hill, Inc., 1992.
- Callahan M.T., Construction Project Scheduling, McGraw Hill, Inc., 1992.
- Halpin D.W. & R.W.Woodhead, Construction Management, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.
- Wakefield R.R., Project Planning and Control, The UNSW, 1998.