

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Umum**

Konstruksi repetitif atau konstruksi berulang adalah konstruksi dengan kegiatan-kegiatan di dalamnya yang diulang dalam unit yang sama (Jaskowski, 2015). Contoh tipikal dari konstruksi repetitif (Gambar 2.1) antara lain: konstruksi gedung bertingkat (apartemen, hotel, gedung bertingkat fasilitas umum) dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap lantai tipikalnya, konstruksi jalan raya dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap dua stasiun, dan konstruksi perumahan dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap unit rumah. Sebagaimana proyek-proyek konstruksi repetitif mempunyai porsi yang besar di industri konstruksi, dimana konstruksi perumahan, jalan, dan gedung bertingkat dibangun untuk memenuhi kebutuhan manusia untuk menjalankan aktivitas sehari-hari, maka penting untuk mengembangkan metode penjadwalan khusus yang efisien untuk tipe proyek berkarakter pekerjaan berulang.

Dalam perencanaan proyek seorang pengambil keputusan dihadapkan pada pilihan dalam menetapkan sumber daya yang tepat. Salah satu bagian perencanaan adalah penjadwalan (*scheduling*), di mana penjadwalan ini merupakan gambaran dari suatu proses penyelesaian dan pengendalian proyek. Dalam penjadwalan ini akan tampak uraian pekerjaan, durasi atau waktu penyelesaian setiap pekerjaan, waktu mulai dan akhir setiap pekerjaan dan hubungan ketergantungan antara masing-masing kegiatan.

Pada umumnya penjadwalan proyek dikerjakan oleh konsultan perencana dan kemudian dikoordinasikan dengan kontraktor dan pemilik (*owner*) dengan ketentuan yang telah disepakati dalam kontrak. Dengan demikian, maka penjadwalan waktu setiap kegiatan proyek perlu diatur secara efisien dan seoptimal mungkin sehingga tidak akan terjadi keterlambatan penjadwalan waktu. Untuk penjadwalan waktu, yang akan dibahas pada penelitian ini adalah elaborasi antara Metode Penjadwalan Network Diagram (*Precedence Diagramming Method*) dengan Metode Penjadwalan Linear (*Line of Balance*).

## 2.2 *Work Breakdown Structure (WBS)*

WBS merupakan diagram terstruktur atau hierarki yang berbentuk diagram pohon (*tree structure diagram*), biasanya terdiri dari kegiatan-kegiatan umum yang dipecahkan menjadi kegiatan-kegiatan khusus. Penyusunan WBS dilakukan dengan cara top down, dengan tujuan agar komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek. WBS juga memudahkan penjadwalan dan pengendalian karena merupakan elemen perencanaan. Menurut Husen (2009:97), faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan WBS secara umum disusun berdasarkan klasifikasi sebagai berikut:

- Pembagian berdasarkan area/ lokasi yang berbeda.
- Pembagian kategori yang berbeda untuk tenaga kerja, peralatan, dan material.
- Pembagian subdivisi pekerjaan berdasarkan spesifikasi pekerjaan.
- Pembagian pihak, seperti kontraktor utama, subkontraktor, dan pemasok.

Dari kerangka-kerangka tersebut, WBS dapat membantu proses penjadwalan dan pengendalian dalam suatu sistem yang terstruktur menurut hierarki yang makin terperinci, sampai pada lingkup yang makin kecil berupa paket-paket pekerjaan dengan aktivitas yang jelas. Paket-paket pekerjaan ini nantinya dapat dikelola sebagai unit kegiatan yang diberi kode identifikasi yang kinerja biaya, mutu, dan waktunya dapat diukur.

Data-data proyek yang digunakan dalam menyusun penjadwalan proyek yang baru terdiri dari data *work breakdown structure (WBS)* & durasi proyek. Data-data ini tidak langsung digunakan untuk membuat penjadwalan proyek yang baru, tetapi dilakukan analisis terlebih dahulu sehingga dapat efektif diterapkan pada masing-masing metode. Sebagai contoh penggunaan data WBS yang dibuat oleh pemilik proyek dalam menyusun penjadwalan dengan metode LoB menghasilkan penjadwalan proyek yang susah untuk dipahami (Tabel 2.1. dan Tabel 2.2.). Hal ini dikarenakan metode LoB lebih mengakomodasikan kekontinyuan penggunaan sumber daya, sehingga walaupun data WBS tersebut lebih rinci namun beberapa item pekerjaan menggunakan sumber daya atau tenaga kerja yang sama, sehingga sebenarnya dapat diwakilkan dengan satu garis produksi saja. Oleh karena itu,

dilakukan modifikasi dalam membuat WBS proyek dan juga penyederhanaan tingkat hierarki WBS sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan penjadwalan dengan metode LoB yang mudah dipahami dan dianalisis.

Proses modifikasi data proyek ini akan dijelaskan pada sub bab berikutnya menyesuaikan dengan masing-masing metode penjadwalan proyek. Sedangkan untuk data durasi proyek menggunakan durasi proyek yang dibuat oleh pemilik proyek.

Tabel 2.1 memberikan contoh data daftar pekerjaan proyek yang terdiri dari uraian pekerjaan dan volume pekerjaan.

**Tabel 2. 1** Contoh Daftar Pekerjaan Proyek

Jenis Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan
Lantai 1		
Pekerjaan Persiapan		
- Pembersihan	248,00	m <sup>2</sup>
- Bowplank	110,00	m <sup>1</sup>
Pekerjaan Tanah		
- Galian	52,63	m <sup>3</sup>
- Timbunan	52,63	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Pondasi		
- Pondasi setempat	5,72	m <sup>3</sup>
- Pondasi lajur	3,50	m <sup>3</sup>
- Pondasi & tapak tangga	5,20	m <sup>3</sup>
- Rabat beton	0,50	m <sup>3</sup>
- Sloof	4,32	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Beton		
- Kolom & Kolom Praktis	5,39	m <sup>3</sup>
- Balok	7,33	m <sup>3</sup>
- plat lantai	8,00	m <sup>3</sup>
- Tangga	2,95	m <sup>3</sup>
- Plat teras	1,16	m <sup>3</sup>
- Meja dapur	0,45	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Dinding		
- Pasangan dinding	237,50	m <sup>2</sup>
- Plesteran	435,5	m <sup>2</sup>
- Acian level beton	24,00	m <sup>2</sup>
- Relief minimalis	18,00	m <sup>2</sup>
- Batu alam	9,00	m <sup>2</sup>

Pekerjaan Peggantung		
- Kusen pintu + jendela	2	Unit
- Kusen pintu	2	Unit
- Kusen jendela	8	Unit
- Kusen ventilasi KM	2	Unit
- Pintu KM	2	Unit
- Hak angin	20	Buah
- Finishing		
Pekerjaan Plafond		m <sup>2</sup>
Pekerjaan Pengecatan		
- Dinding alam	98,00	m <sup>2</sup>
- Dinding luar	337,00	m <sup>2</sup>
- Plafond	112,00	m <sup>2</sup>
- Kusen, pintu, jendela	39,00	m <sup>2</sup>
Pekerjaan Atap		
- Rangka atap	21,00	m <sup>2</sup>
- Atap genteng	21,00	m <sup>2</sup>
- Lisplank	16,00	m <sup>1</sup>
Pekerjaan Lantai		
- Pasangan lantai keramik	98,00	m <sup>2</sup>
- Pasangan lantai keramik KM	6,00	m <sup>2</sup>
- Pasangan dinding keramik KM	24,00	m <sup>2</sup>
- Pasangan keramik meja dapur	6,00	m <sup>2</sup>
- Plint lantai	96,00	m <sup>1</sup>
- Pasangan keramik anak tangga	25,30	m <sup>2</sup>
Pekerjaan Sanitasi & Plumbing		
- Instalasi air	12	Titik
- Closet	2	Set
- Tempat cuci piring	2	Set
- Finishing		
Pekerjaan Instalasi Listrik		
- Instalasi listrik lampu	18	Titik
- Instalasi stop kontak	10	Titik
- Instalasi TV & telepon	2	Titik
- Saklar tunggal & double	6	Buah
- Pipa	76,00	m <sup>1</sup>
- Finishing		

Pekerjaan Halaman		
- Septictank	2	Unit
- Pompa air	2	Unit
- Bak penampung air	2	Unit
- Carport	33,00	m <sup>1</sup>
- Finishing		
Lantai 2		
Pekerjaan Beton		
- Kolom & Kolom Praktis	2,57	m <sup>3</sup>
- Ring balok	1,62	m <sup>3</sup>
- Plat dak tangki air	0,80	m <sup>3</sup>
- Plat level	0,94	m <sup>3</sup>
Pekerjaan Dinding		
- Pasangan dinding	401,36	m <sup>2</sup>
- Plasteran	682,72	m <sup>2</sup>
- Relief minimalis	14,00	m <sup>2</sup>
- Batu alam	8,40	m <sup>2</sup>
Pekerjaan Penggantung		
- Kusen pintu	4	Unit
- Kusen jendela	8	Unit
- Kusen ventilasi KM	2	Unit
- Pintu KM	4	Unit
- Hak angin	28	Buah
- Finishing		
Pekerjaan Plafond		
Pekerjaan Lantai		
- Pasangan lantai keramik	68,00	m <sup>2</sup>
- Pasangan lantai keramik KM	9,00	m <sup>2</sup>
- Pasangan dinding keramik KM	30,00	m <sup>2</sup>
- Plint lantai	84,00	m <sup>1</sup>
Pekerjaan Pengecatan		
- Dinding dalam	96,00	m <sup>2</sup>
- Dinding luar	586,72	m <sup>2</sup>
- Plafond	122,00	m <sup>2</sup>
- Kusen, pintu, jendela	25,00	m <sup>2</sup>
Pekerjaan Atap		
- Rangka atap	148,90	m <sup>2</sup>
- Atap genteng	148,90	m <sup>2</sup>
	18,00	m <sup>1</sup>

- Rabung - Lisplank	64,00	m <sup>1</sup>
Pekerjaan Sanitasi & Plumbing - Instalasi listrik - Closet - Wastafel - Finishing	8 2 2	Titik Set set
Pekerjaan Instalasi Listrik - Instalasi titik lampu - Instalasi stop kontak - Saklar hotel & tunggal - Saklar double - Bola lampu + fitting	12 8 2 4 12	Titik Titik Set Set Buah

Dari data daftar pekerjaan ini dimodifikasi berupa penyederhanaan hierarki WBS pada pekerjaan dengan penggunaan sumber daya yang sama. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam menyusun penjadwalan proyek dengan metode LoB. Untuk durasi waktu proyek mengikuti data penjadwalan proyek. Tabel 2.2. memberikan WBS dan durasi proyek.

**Tabel 2. 2** WBS dan durasi proyek

No	Pekerjaan	Simbol	Kode Tenaga Kerja	Durasi (Hari)
1	Persiapan	A	A	1
2	Galian	B	B	2
3	Pondasi	C	C	17
4	Urugan	D	D	1
5	Beton lantai 1	E	E	27
6	Dinding lantai 1	F	F	30
7	Penggantung lantai 1	G	G	12
8	Sanitasi & Plumbing lantai 1	H	H	9
9	Instalasi listrik lantai 1	I	I	7
10	Beton lantai 2	J	E	11
11	Dinding lantai 2	K	F	28
12	Penggantung lantai 2	L	G	10

13	Sanitasi & Plumbing lantai 2	M	H	7
14	Instalasi listrik lantai 2	N	I	4
15	Atap	O	O	13
16	Plafond	P	P	24
17	Lantai	Q	Q	24
18	Pengecatan	R	R	24
19	Halaman & Finishing	S	S	15

### 2.3 Metode Line of Balance (LoB)

*Line of Balance* (Lob) pertama kali diterapkan pada industry manufaktur dan pengawasan produksi, dimana bertujuan untuk memperoleh atau mengevaluasi tingkat aliran garis produksi dari produk. Pada mulanya LoB digunakan oleh Goodyear Company pada awal tahun 1940 dan dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS atau U.S Navy pada awal tahun 1950 untuk pemrograman dan mengendalikan pekerjaan yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitive dimana metode penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis daripada metode penjadwalan yang berorientasi dominasi kegiatan. Metode LoB kemudian diadaptasi untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Lumsden, 1968), di mana produktifitas sumber daya dipertimbangkan sebagai bagian yang paling penting.

*Line of Balance* (LoB) adalah metode penjadwalan menggunakan sumbu koordinat, yaitu absis dan ordinat, absis menunjukkan waktu kerja dan ordinat menunjukkan jumlah unit pekerjaan atau lokasi kegiatan yang dilaksanakan (Arditi dan Albulak, 1986). Sedangkan garis miring menyatakan jenis kegiatan sekaligus menunjukkan kecepatan dari kegiatan tersebut. Kemiringan dari setiap garis alir kegiatan menunjukkan tingkat produktifitas dari kegiatan tersebut. Semakin tegak garis alir tersebut maka semakin tinggi tingkat produktifitasnya. Keuntungan utama dari metodologi LoB adalah menyediakan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah dibaca. Selain itu, plot LoB juga dapat menunjukkan dengan sekilas apa yang salah pada kemajuan kegiatan, dan dapat mendeteksi potensial gangguan yang akan datang. Dengan demikian, LoB

mempunyai pemahaman yang lebih baik untuk proyek-proyek yang tersusun dari kegiatan berulang daripada teknik penjadwalan lain, karena LoB memberikan kemungkinan untuk mengatur tingkat produktifitas kegiatan, mempunyai kehalusan dan efisiensi dalam aliran sumber daya dan membutuhkan sedikit waktu dan upaya untuk memproduksinya daripada penjadwalan network.

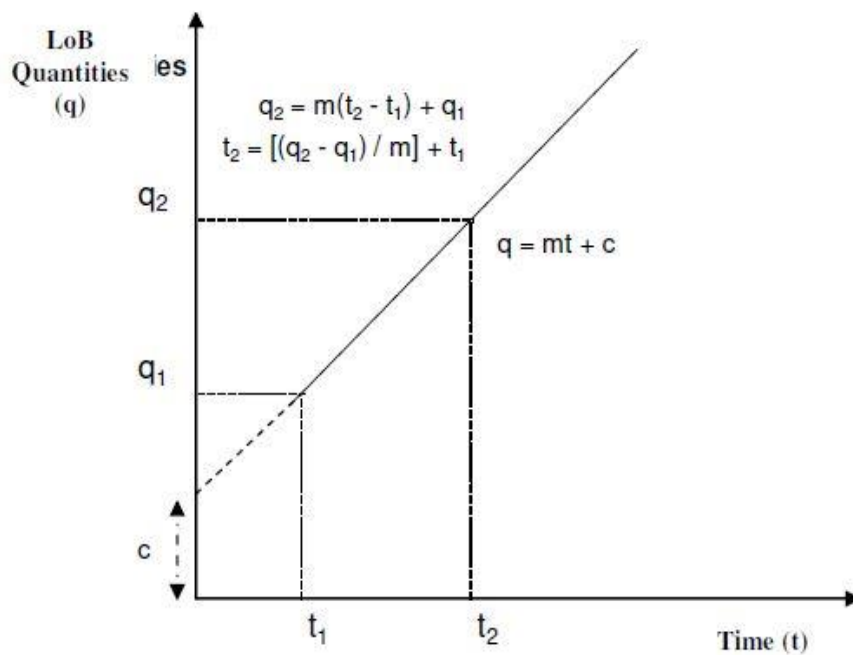
Metode ini cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan bertingkat atau berulang dengan keragaman masing-masing tingkat atau unit relative sama. Pada proyek yang cukup besar, metode ini membantu memonitor kemajuan beberapa kegiatan tertentu yang berada dalam suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Hal ini dapat dilakukan bila dikombinasikan dengan metode *Network*, karena metode penjadwalan linear dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh metode *Network* (Husen, 2008 : 137).

Di dalam berbagai literatur Internasional biasanya LoB ditunjukkan sebagai alat penjawalan yang hanya cocok untuk proyek-proyek yang tersusun atas kegiatan berulang, dan kurang cocok untuk proyek *non-repetitif* (Arditi et al., 2002<sup>(1)</sup>). Namun di Finlandia, LoB telah menjadi sebuah metode penjadwalan yang pokok pada perusahaan konstruksi besar sejak tahun 1980 an, dimana LoB ini digunakan untuk penjadwalan proyek-proyek yang special dan proyek konstruksi *residential* (Kiiras, 1989; Kankainen dan Sandvik, 1993).

### **2.3.1 Teknik Perhitungan LoB**

LoB mempunyai format dasar grafik X-Y dengan sumbu axis (X) merupakan variable waktu dan sumbu ordinat (Y) merupakan variable jumlah unit berulang (Mawdesley et al., 1997 : 23). Konsep LoB didasarkan pada pengetahuan tentang bagaimana unit yang banyak harus diselesaikan pada beberapa hari agar program pengiriman unit dapat dicapai (Lumsden, 1968). Karena kecepatan pengiriman  $m$  diasumsikan konstan/gradien, maka hubungan antara LoB kuantitas  $q$  dan waktu  $t$  adalah linear. Hal ini ditunjukkan dalam Gambar 2.21 sebagai garis miring





**Gambar 2. 1** Hubungan antara LoB Kuantitas  $q$  dan Waktu  $t$  (Sumber : Arditi et al., 2002<sup>(2)</sup>)

Terlihat dari gambar 2.1 di atas hubungan antara LoB kuantitas  $q$  dan waktu  $t$  adalah linear dengan rumus sebagai berikut:

$$q = mt + c$$

Dimana:

$q$  adalah kuantitas unit pada LoB       $m$  adalah kecepatan pengiriman

$t$  adalah waktu       $c$  adalah konstanta

Karena nilai  $c$  berimpitan dengan sumbu  $q$ , maka diperoleh rumus:

$$q_2 = m(t_2 - t_1) + q_1 \quad \text{atau} \quad t_2 = [(q_2 - q_1) / m] + t_1$$

Dimana:

$q_1$  adalah kuantitas unit ke-1       $t_1$  adalah waktu untuk unit ke-1

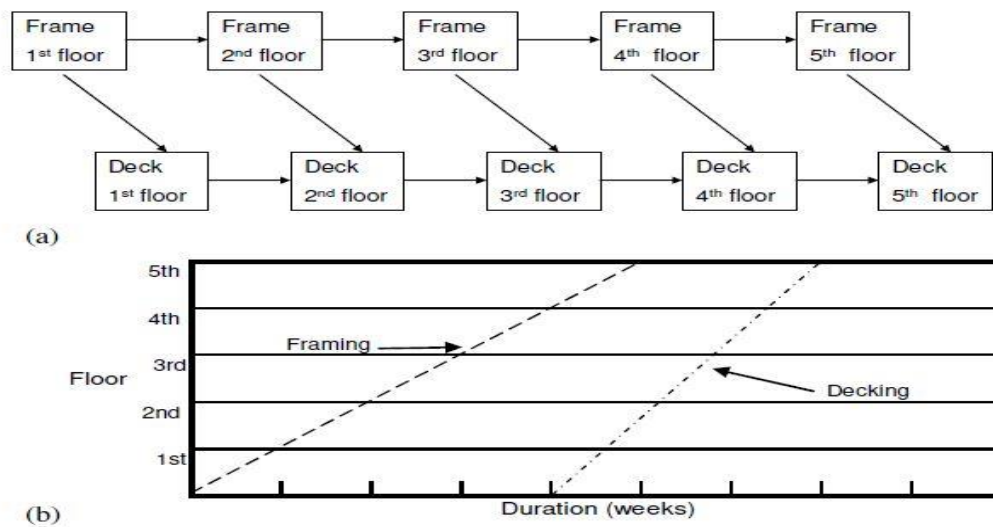
$q_2$  adalah kuantitas unit ke-2       $t_2$  adalah waktu untuk unit ke-2

*Line of Balance* didefinisikan atas dasar sebagai berikut (Mawdesley, 1997):

1. Berdasarkan pada tingkat pengiriman atau *handover rate*.

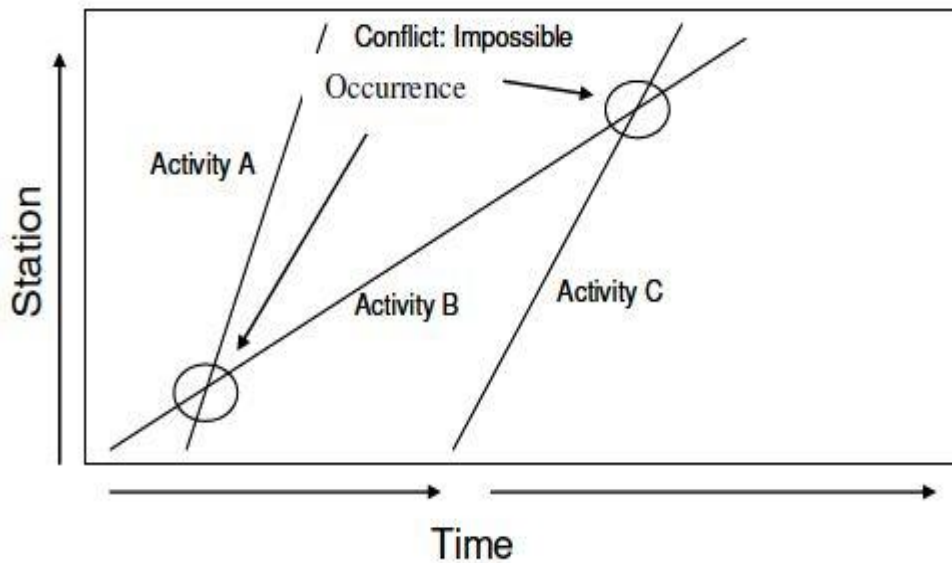
2. Logika konstruksi dasar dari unit yang berulang digambarkan dalam sebuah *Network* yang disebut dengan "*Production Diagram*".
3. Konstanta daripada tingkat produksi biasanya menggunakan satuan jumlah unit/*unit time*.

Apabila dibandingkan dengan metode *network* (misalnya *predecence diagram method*) LoB terlihat lebih sederhana untuk proyek berulang, seperti bangunan tingkat (lihat pada Gambar 2.2).



**Gambar 2. 2** Contoh Format LoB Yang Menunjukkan Informasi Yang Dimuat dalam PDM

Garis aktifitas pada metode *Line of Balance* tidak boleh saling berpotongan (*no cross*) atau dengan kata lain rangkaian aktifitasnya tidak boleh saling mengganggu atau saling mendahului. Artinya progres atau kemajuan pekerjaan dari aktifitas yang mengikuti (*successor*) tidak boleh mendahului aktifitas yang mendahuluinya (*predecessor*). Bila hal ini sampai dilanggar, maka akan terjadi konflik kegiatan atau dapat mengganggu semua jalannya proyek tersebut (Hinze, 2008 : 302).

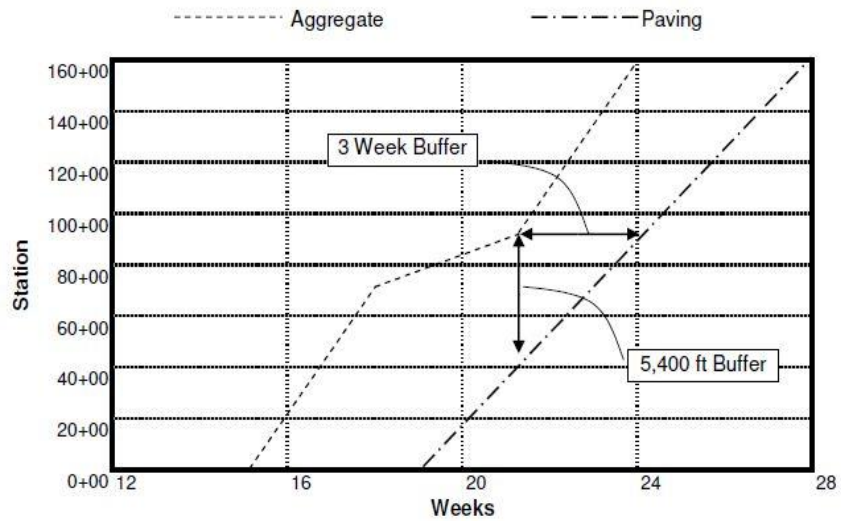


**Gambar 2. 3** Penjadwalan LoB Yang Menunjukkan Adanya Konflik Yang Harus Dihindari (Sumber : Hinze, 2008 : 302)

### 2.3.2 Buffer

*Buffer* adalah penyerapan yang memungkinkan untuk mengatasi gangguan antara tugas-tugas atau lokasi yang berdekatan, *buffer* merupakan komponen dari hubungan logika antara dua tugas tapi yang dapat menyerap penundaan. *Buffer* tampak sangat mirip dengan kelambanan (*float*), yang digunakan untuk melindungi jadwal dan dimaksudkan untuk menyerap variasi kecil produksi (Kenley dan Seppanen, 2009). Ada dua jenis *buffer* didalam LoB, yaitu *time buffer* dan *distance/space buffer* (Hinze, 2008 : 306). *Buffer* ini biasanya disebabkan oleh (Setianto, 2004 : 18):

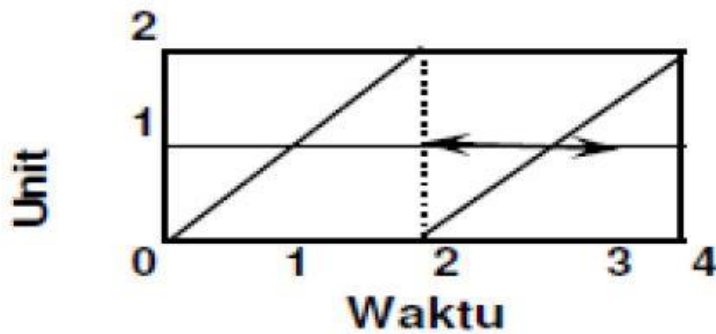
1. Kecepatan produksi yang berbeda dimana kegiatan yang mendahuluinya mempunyai kecepatan produksi yang lebih lamban dari kegiatan yang mengikutinya.
2. Perbaikan dan keterbatasan peralatan
3. Keterbatasan material
4. Variasi jumlah kelompok pekerja dimana kegiatan yang mendahului menggunakan kelompok pekerja yang lebih banyak daripada kegiatan yang mengikuti.



**Gambar 2. 4** Time dan Space Buffer (Sumber: Hinze, 2008 ; 306)

### 2.3.3 *Restraint*

Restraint adalah waktu tunggu antara selesainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan yang lain. Hal ini terjadi antara lain karena kedua kegiatan mempunyai sumber daya yang sama dan jumlahnya terbatas sehingga diperlukan waktu transfer sumber daya dari kegiatan sebelumnya.



**Gambar 2. 5** Contoh Restarint

Keterangan: Restraint =  $\longleftrightarrow$

### 2.3.4 *Prosedur Line of Balance*

Menurut Uher (1996), ada beberapa tahapan atau standard dalam perencanaan penjadwalan dengan metode *line of balance*, yaitu sebagai berikut:

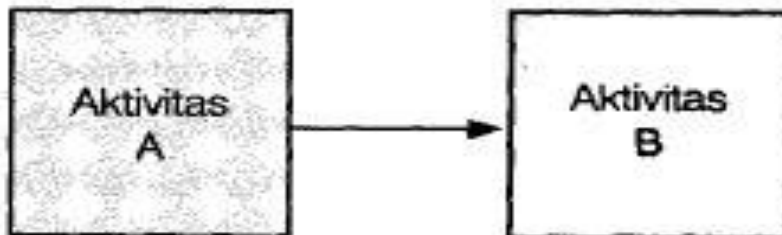
1. Menyiapkan diagram logika yang menunjukkan urutan produksi satu siklus pekerjaan berulang
2. Memperkirakan jumlah regu kerja untuk setiap aktivitas
3. Menggambarkan target penyelesaian proyek dalam bentuk diagram sesuai dengan kurun waktu yang diharapkan.
4. Mempersiapkan jadwal *line of balance*.
5. Menentukan *buffer times* atau waktu jagaan untuk menghindari resiko keterlambatan suatu kegiatan (jika dikehendaki).
6. Menggambarkan grafik *line of balance*.

#### **2.4 Precedence Diagramming Method (PDM)**

Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON). Di sini kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto. 1999 : 279). Istilah '*precedence diagramming*' pertama kali muncul di tahun 1964 pada perusahaan IBM. PDM merupakan versi yang lebih kompleks dari *Activity on Node* - AON (Callahan, 1992). Adapun langkah-langkah penyusunan penjadwalan proyek dengan PDM adalah (Ervianto, 2005 : 250):

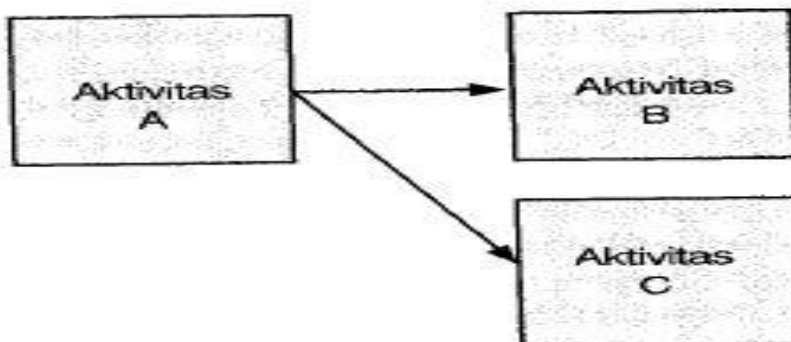
1. Membuat denah *node* sesuai dengan jumlah kegiatan/aktivitas.
2. Menghubungkan *node-node* tersebut dengan anak panah sesuai ketergantungan dan konstrain.
3. Melakukan perhitungan kedepan untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF).
4. Melakukan perhitungan kebelakang untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF).
5. Menyusun data ES, EF, LS, & LF untuk mendapatkan pekerjaan kritis, *float* dan waktu penyelesaian proyek.
6. Membuat diagram preseden.

Aktivitas	Aktivitas Sebelum
A	-
B	A

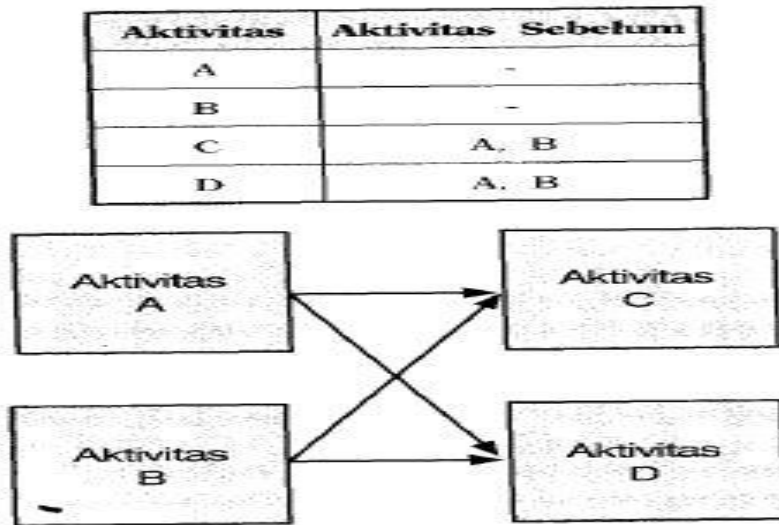


Gambar 2. 6 Contoh 1 PDM

Aktivitas	Aktivitas Sebelum
A	-
B	A
C	A



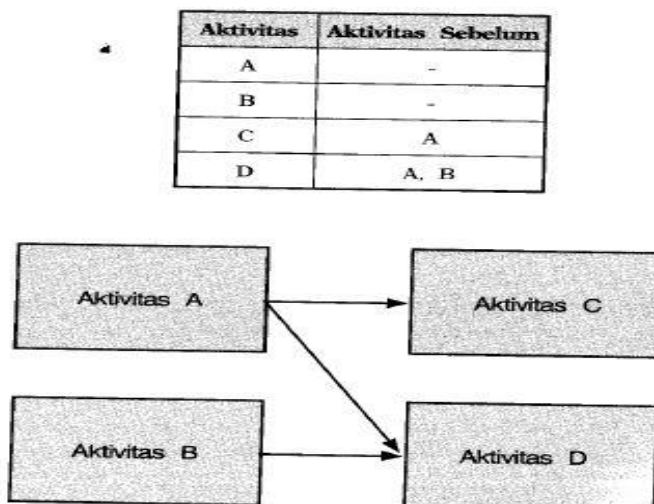
Gambar 2. 7 Contoh 2 PDM



**Gambar 2. 8** Contoh 3 PDM

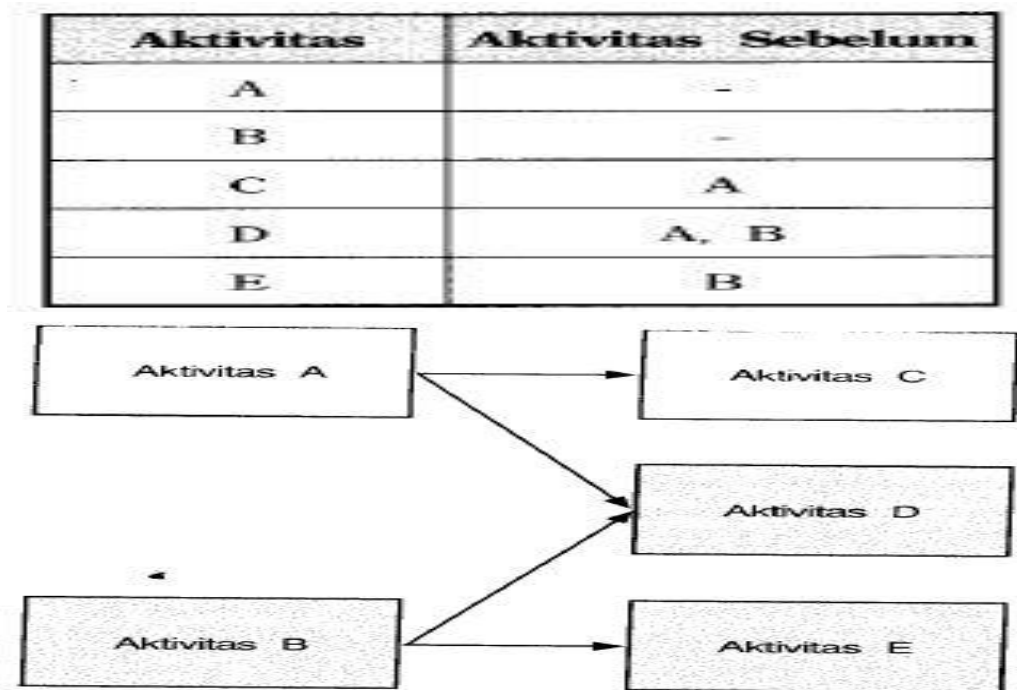
Sebuah PDM tanpa perhitungan jaringan kerja seperti pada contoh-contoh diatas, disebut diagram *layout*, yaitu diagram sederhana berupa sketsa dari serangkaian kegiatan dalam suatu jaringan kerja. PDM memisahkan kegiatan-kegiatan dari urutannya. Aktivitas adalah node dan urutan adalah anak panah. Sebagai hasil, penggunaan *dummy* pada AOA tidak dibutuhkan pada PDM.

Pada contoh empat dibawah ini, PDM menunjukkan urutan aktivitas dimana sekumpulan kegiatan atau aktivitas dimulai sesudah kegiatan sebelumnya selesai, tetapi tidak semua kegiatan



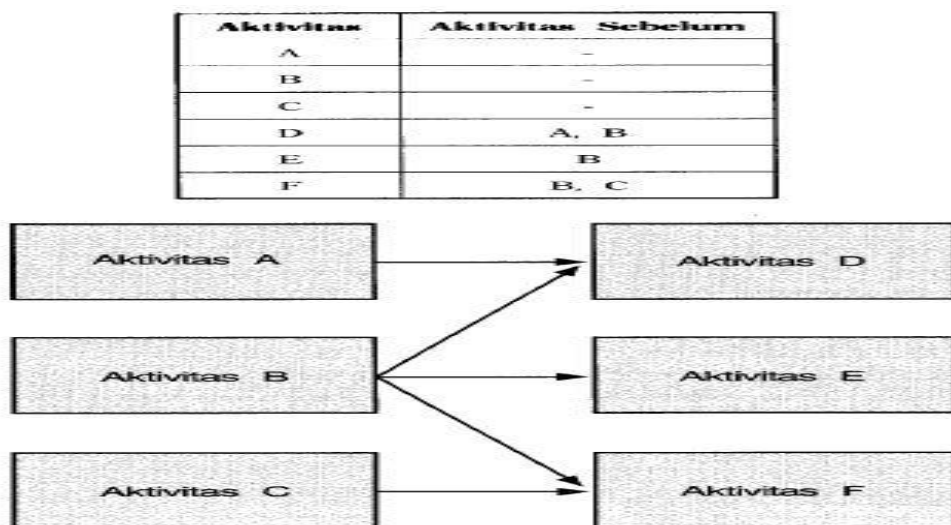
**Gambar 2. 9** Contoh 4 PDM

Urutan berikutnya dalam suatu kegiatan juga dapat dibuat dalam PDM di mana suatu aktivitas dapat dimulai setelah beberapa aktivitas sebelumnya selesai.



Gambar 2. 10 Contoh 5 PDM

Jika menggunakan diagram AOA, maka dibutuhkan 2 *dummy* untuk menunjukkan hal tersebut. Namun, pada PDM tidak dibutuhkan dummy. Hal itu dapat terlihat pada contoh berikut:



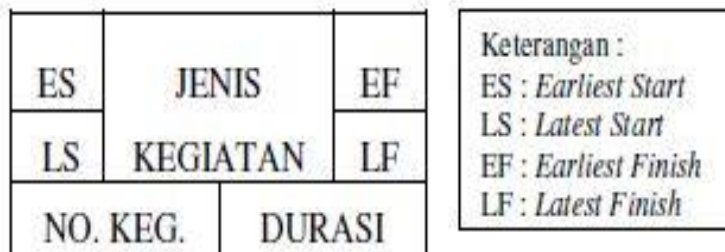
Gambar 2. 11 Contoh 6 PDM



Pada gambar 2.11 menunjukkan hal yang dapat dilakukan PDM dan tidak dapat dilakukan oleh diagram AOA, yaitu aktivitas yang dimulai setelah dua aktivitas sebelumnya selesai.

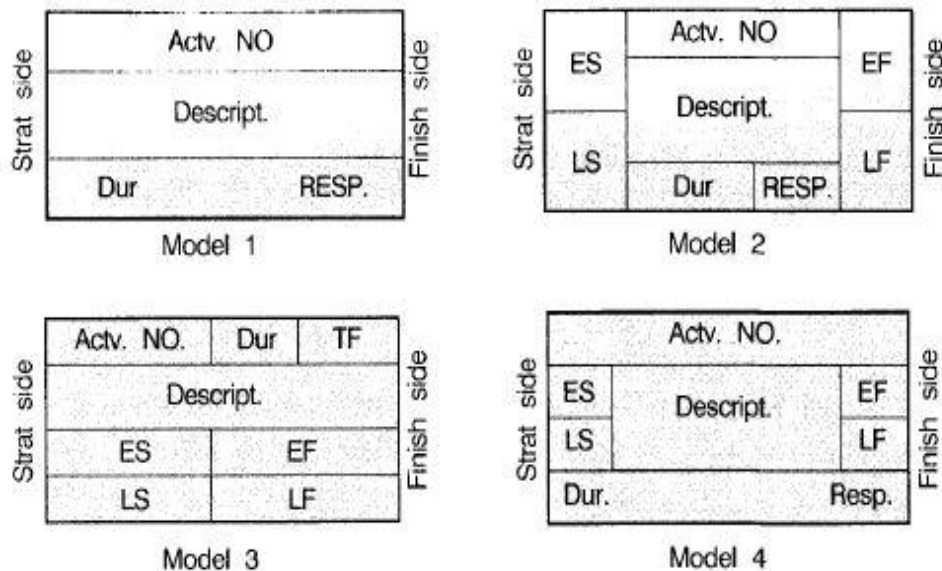
Dalam *Precedence Diagramming Method*, aktivitas atau kegiatan ditunjukkan dengan nodes yang berbentuk persegi dan berukuran besar. Di dalam node tersebut biasanya diisi hal-hal sebagai berikut;

1. Durasi;
2. Nomor kegiatan atau aktivitas;
3. Deskripsi aktivitas;
4. ES,LS,LS,LF;
5. Float yang terjadi.



**Gambar 2. 12** Lambang PDM

Bentuk-bentuk node pada PDM bermacam-macam, seperti contoh-contoh dibawah ini:



**Gambar 2. 13** Beberapa Model Node AON dan PDM (Callahan, 1992)

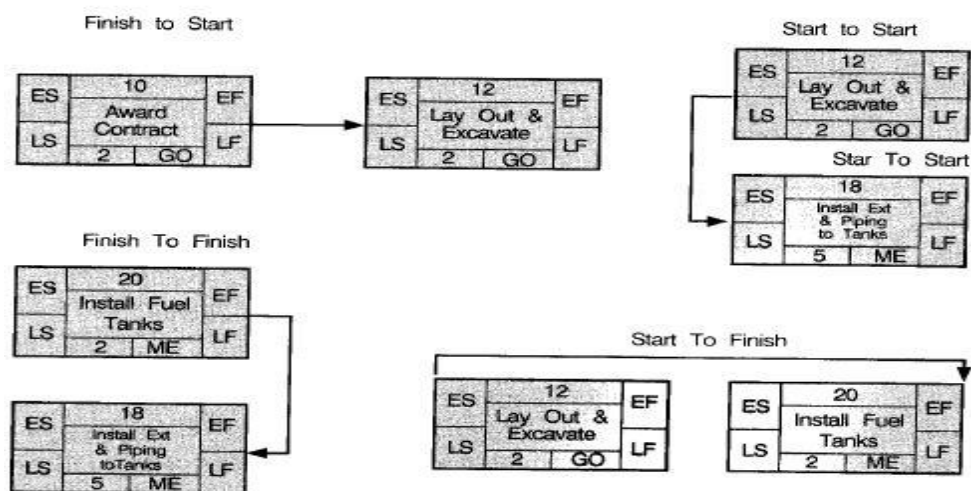
Apapun bentuk dan isi node yang dipilih tidak menjadi masalah sejauh penjadwalan konsisten dengan node yang pilihannya

### 2.4.1 Hubungan Logika dalam PDM

Pada PDM, model hubungan antarkegiatan lebih fleksibel jika dibandingkan dengan diagram, AON, AOA. Pada metode diagram AON dan AOA, hanya boleh digunakan satu jenis hubungan logis antara aktivitas, yaitu suatu kegiatan tidak dapat dilakukan jika kegiatan sebelumnya belum selesai. Berlawanan dengan hal tersebut, PDM, menggunakan empat hubungan logis di antara aktivitas-aktivitasnya. Metode PDM dapat juga menggunakan konsep *lag* (jarak hari) antarkegiatan untuk lebih memudahkan dalam penjadwalan. Keempat hubungan logis tersebut, yaitu:

1. *Finis to Start* (FS);
2. *Start to Start* (SS);
3. *Finish to Finish* (FF);
4. *Start to Finish* (SF).

Hubungan logis *Finish to Start* (FS) pada PDM merupakan hubungan logis yang terjadi pada metode AOA dan AON. Jika hanya FS yang digunakan pada PDM, berarti penjadwalan tersebut sama dengan metode AOA dan identik dengan metode AON.



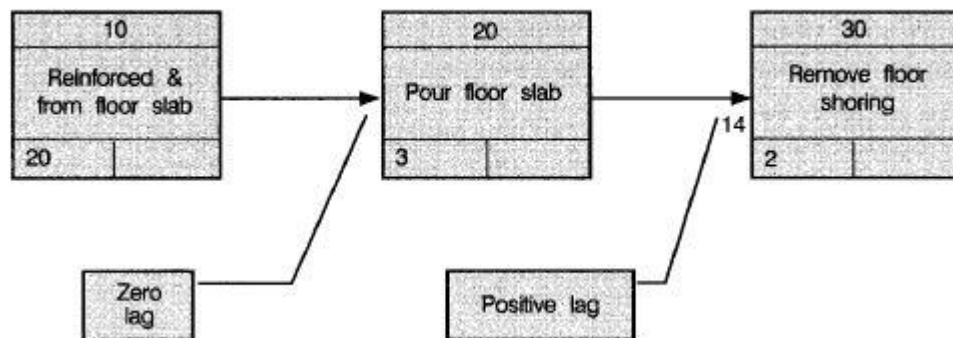
**Gambar 2. 14** Empat Hubungan Logis pada PDM (Callahan, 1992)

Berikut adalah uraian penjelasan mengenai keempat hubungan logis pada PDM (Callahan, 1992):

1. Hubungan *Finish to Start* (FS)

Hubungan *finish to start* merupakan hubungan yang paling sering digunakan dalam PDM. Hubungan ini juga merupakan hubungan yang terjadi pada diagram AOA. Suatu Aktivitas tidak dapat dimulai sebelum aktivitas sebelumnya selesai. Hubungan *finish to start* dapat dibuat dalam tiga jenis jika *lag* digunakan. Yaitu *lag nol*, *lag positif* dan *lag negatif*.

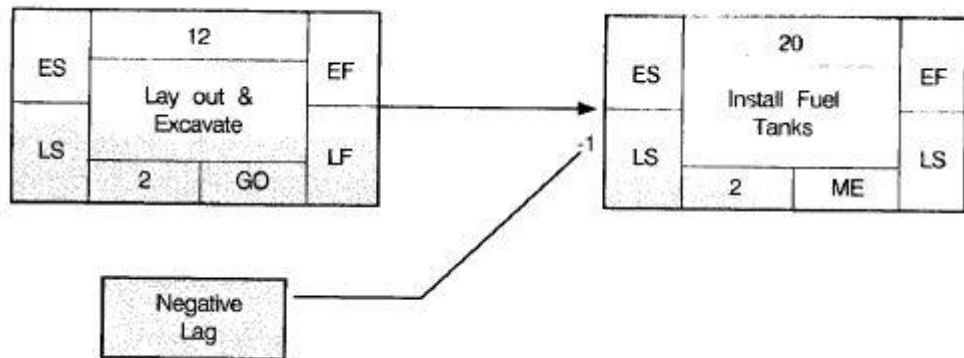
Gambar 2.15 menunjukkan hubungan *finish to start* dengan lag nol dan lag positif. *Lag* positif biasa digunakan untuk situasi di mana kebutuhan material untuk perawatan atau penguatan sebelum pekerjaan lain dilakukan. Contohnya, bekisting beton tidak dapat dilepaskan sebelum beton mengeras. Mengerasnya beton membutuhkan waktu.



**Gambar 2. 15** Hubungan Finish to Start dengan Lag Nol dan Lag Positif

Gambar 2.15 menunjukkan hubungan tipikal untuk pembesian dan pemasangan bekisting dengan pengecoran plat. *Lag* nol ditunjukkan pada akhir kegiatan pembesian dan pemasangan bekisting serta di awal kegiatan pengecoran sebab beton dapat dituangkan sesegera mungkin setelah pembesian dan bekisting selesai dilakukan. *Lag* 14 hari ditunjukkan di antara penyelesaian pengecoran dengan pelepasan bekisting. Hubungan menjelaskan bahwa kegiatan 20 harus menunggu 14 hari sebelum pembongkaran bekisting dilakukan.

*Lag* Negatif digunakan dalam situasi di mana suatu aktivitas diijinkan dilakukan sebelum aktivitas sebelumnya selesai. *Lag* ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.16 berikut ini.

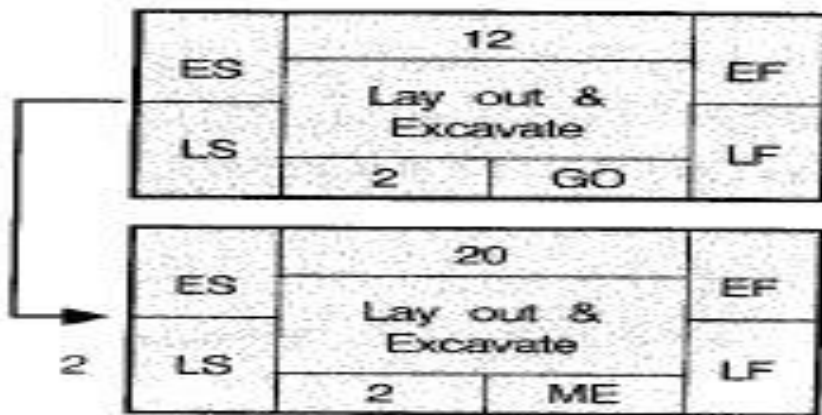


**Gambar 2. 16** Hubungan Finish to Start dengan Lag Negatif

Gambar 2.16 menunjukkan hubungan antara aktivitas penggalian tanah dengan instalasi pipa. Penggalian tanah memiliki durasi 3 hari untuk penyelesaian, tetapi tidak seluruh tiga hari tersebut harus selesai baru pekerjaan instalasi pipa dimulai. Memasuki hari kedua pekerjaan penggalian tanah, pekerjaan instalasi pipa sudah dapat dimulai. Hal ini ditunjukkan dengan menggunakan *lag* negatif 1 atau -1.

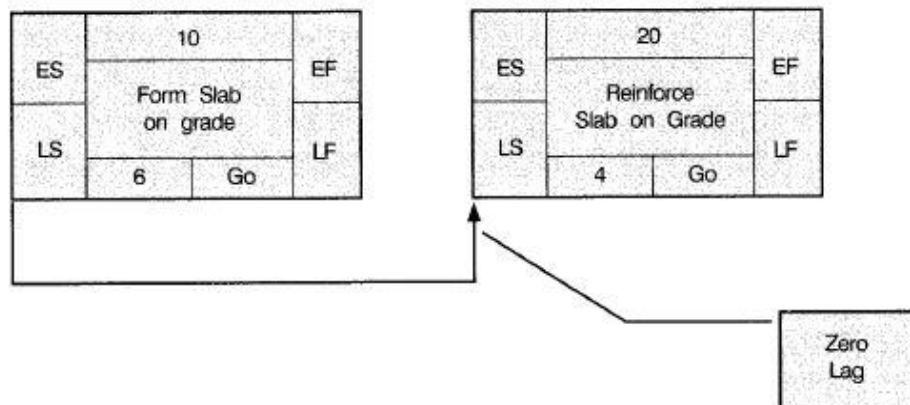
## 2. Hubungan Start to Start (SS)

Seperti telah dijelaskan dalam hubungan *finish to start* dengan *lag* negatif, beberapa aktivitas tidak harus menunggu aktivitas sebelumnya selesai. Gambar 2.17 menunjukkan bahwa instalasi pipa dapat dilakukan dua hari setelah mulainya aktivitas penggalian tanah. Hubungan ini dapat juga ditunjukkan dengan menggunakan hubungan *start to start* (SS) dengan *lag* positif seperti pada Gambar 2.17 berikut.



**Gambar 2. 17** Hubungan Start to Start dengan Lag Positif

Perhatikan bahwa hubungan *start to start* pada gambar di atas ditunjukkan dengan kegiatan satu di atas lainnya. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pembacaan jadwal tersebut jika dibandingkan dengan digambarkan berjajar dan anak panah hubungan antarkegiatan tersebut diletakkan di atas atau di bawah node aktivitas.



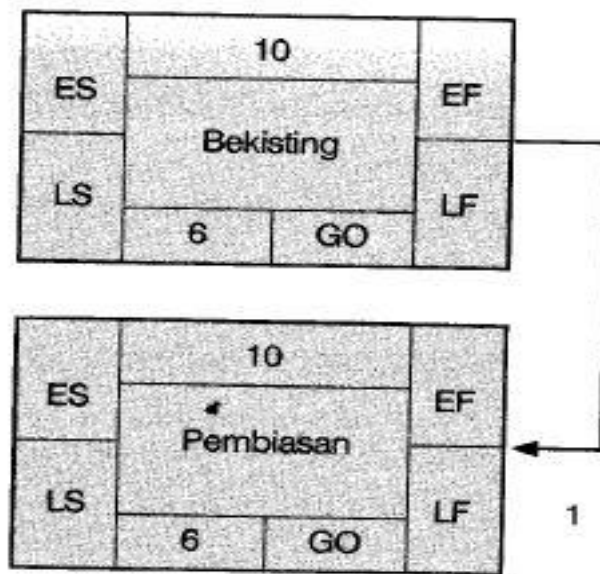
**Gambar 2. 18** Hubungan Start to Start dengan Lag Nol

Hubungan start to start dengan lag negatif digunakan untuk menunjukkan hubungan antara dua aktivitas yang dimulai bersamaan. Contohnya, pemasangan bekisting dibuat bersamaan dengan pembersihan pada pelat beton. Gambar 2.18 menunjukkan hal tersebut. Hubungan *start to start* dengan *lag nol* juga biasanya dibuat untuk dua kegiatan dengan dua subkontraktor yang berbeda atau dua kegiatan dengan di bawah satu kontraktor; tetapi menggunakan tenaga kerja, material, dan peralatan yang berbeda. Sedangkan

hubungan *start to start* dengan *lag* negatif sangat jarang digunakan karena sangat sulit untuk dipahami sehingga lebih baik dihindari.

### 3. Hubungan *Finish to Finish* (SS)

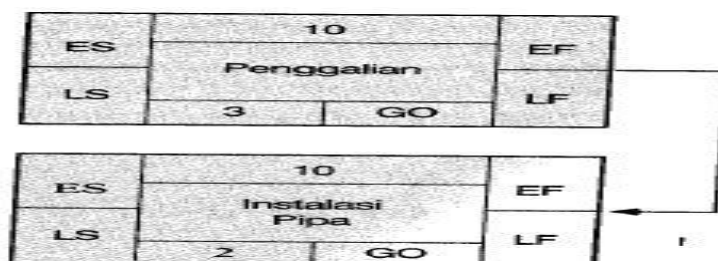
Sama halnya dengan *start to start* hubungan *finish to finish* digunakan untuk menunjukkan hubungan antara selesainya dua aktivitas. Hubungan *finish to finish* dengan *lag* nol dapat dilihat dalam contoh pada gambar 2.19 berikut ini



**Gambar 2. 19** Hubungan Finish to Finish dengan Lag Nol

Penjelasan gambar di atas adalah ketika bekisting pelat telah selesai dipasang, pekerjaan pembesian pelat juga dapat selesai.

Hubungan finish to finish dengan lag positif digambarkan dengan instalasi tangki tidak dapat selesai hingga satu hari setelah penyelesaian pengukuran dan penggarian tanah, seperti yang terlihat pada Gambar 2.20 berikut.



**Gambar 2. 20** Hubungan Finish to Finish dengan Lag Positif

Hubungan *finish to finish* dengan *lag* negative dapat dijelaskan dengan contoh pemasangan bekisting plat tidak dapat selesai hingga satu hari setelah pekerjaan pembesian selesai. Seperti pada hubungan *start to start* dengan *lag* negative, hubungan *finish to finish* dengan *lag* negative juga akan menyulitkan PDM. *Lag* negative sulit untuk dimengerti dan akan menimbulkan kompleksitas dalam perhitungan maju dan mundur pada PDM. Penggunaan hubungan *finish to finish* dengan *lag* negative sebaiknya dihindari.

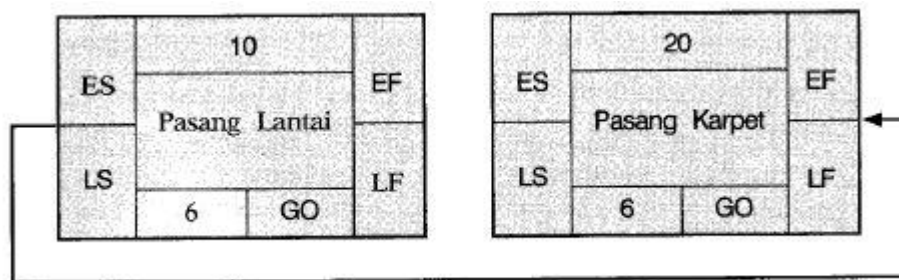
#### 4. Hubungan *Start to Finish* (SF)

Penjadwalan dengan menggunakan PDM mengizinkan penggunaan hubungan *start to finish*. Contoh yang dapat diberikan pada hubungan ini adalah sebagai berikut.

Sebuah gedung kantor akan dibangun dengan menggunakan lantai karpet dan kayu. Lantai kayu dapat dipasang sebelum, sesudah, atau bersamaan dengan pemasangan karpet di semua tempat kecuali di kantor direktur, di mana lantai kayu panel sudah harus terpasang baru diikuti dengan pemasangan karpet.

Hubungan yang tepat adalah mulainya kegiatan pemasangan lantai kayu dengan selesainya pekerjaan pemasangan karpet (dengan *lag* positif). Contoh tersebut dapat terlihat pada Gambar 2.21.

Penggunaan hubungan *start to finish* secara umum menghindari kebingungan pada ketidaktergantungan kegiatan pada jadwal.



**Gambar 2. 21** Hubungan *Start to Finish*

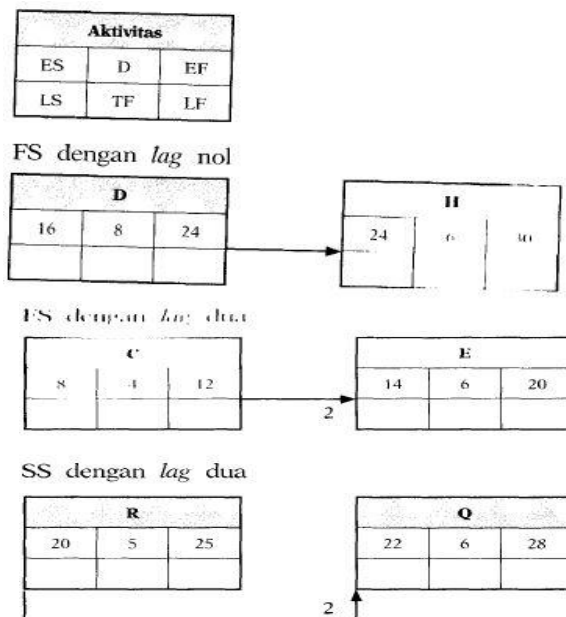
## 2.4.2 Perhitungan Maju dan Mundur Pada PDM

Sama halnya dengan metode penjadwalan jaringan AOA, pada *Precedence Diagramming Method* dikenal juga perhitungan maju dan mundur untuk menghitung lamanya atau waktu kerja proyek. Perhitungan maju dan mundur pada PDM dapat dijelaskan sebagai berikut (Soeharto, 1997):

### 1. Perhitungan Maju pada PDM

Tujuan dari perhitungan maju pada PDM adalah untuk menentukan waktu mulai paling awal (early start) yang terjadi. Misalnya, berapakah ES pada suatu aktivitas atau kegiatan yang mungkin dimulai atau berakhir? Untuk membuat perhitungan maju dibutuhkan data kurun waktu aktivitas atau durasi. Ketentuan dalam perhitungan maju adalah sebagai berikut;

- Angka kecil yang dapat terjadi pada ES adalah nol. Jadi aktivitas pertama yang dibuat ES-nya adalah nol.
- Aktivitas EF adalah aktivitas ES dijumlahkan dengan durasinya  $EF = ES + D$
- Nilai ES pada kegiatan berikutnya didapatkan dengan menambahkan lag pada anak panah dengan nilai EF pada kegiatan sebelumnya sesuai dengan hubungan logis antara kegiatan tersebut.



Gambar 2. 22 Contoh Perhitungan Maju PDM



2. Perhitungan Mundur pada PDM

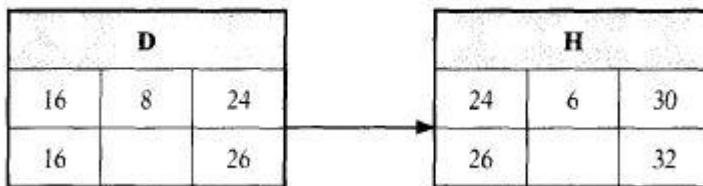
Perhitungan mundur diselesaikan dengan menghitung durasi dari kanan ke kiri diagram. Pada saat melakukan perhitungan mundur, maka kotak *late start* dan *late finish* akan terisi.

Langkah perhitungan mundur adalah sebagai berikut:

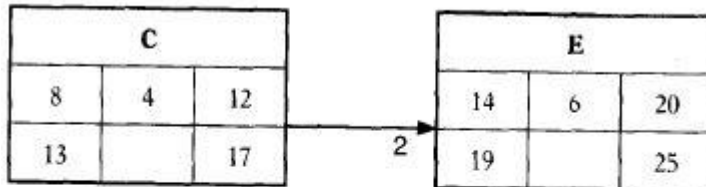
- Nilai terbesar yang mungkin terjadi untuk LS atau LF adalah nilai durasi proyek.
- Nilai LS adalah nilai LF dikurangi durasi kegiatan.
- Nilai LF pada kegiatan sebelum, didapat dari nilai LS dikurangi lag pada anak panah kegiatan sesudah.

Dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

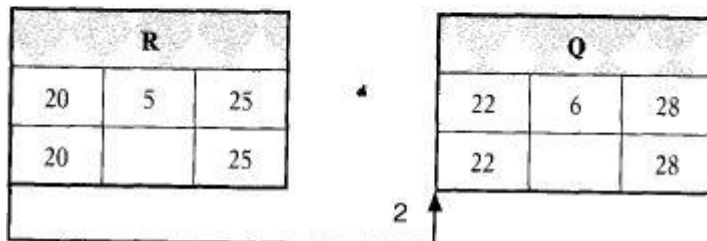
FS dengan lag nol



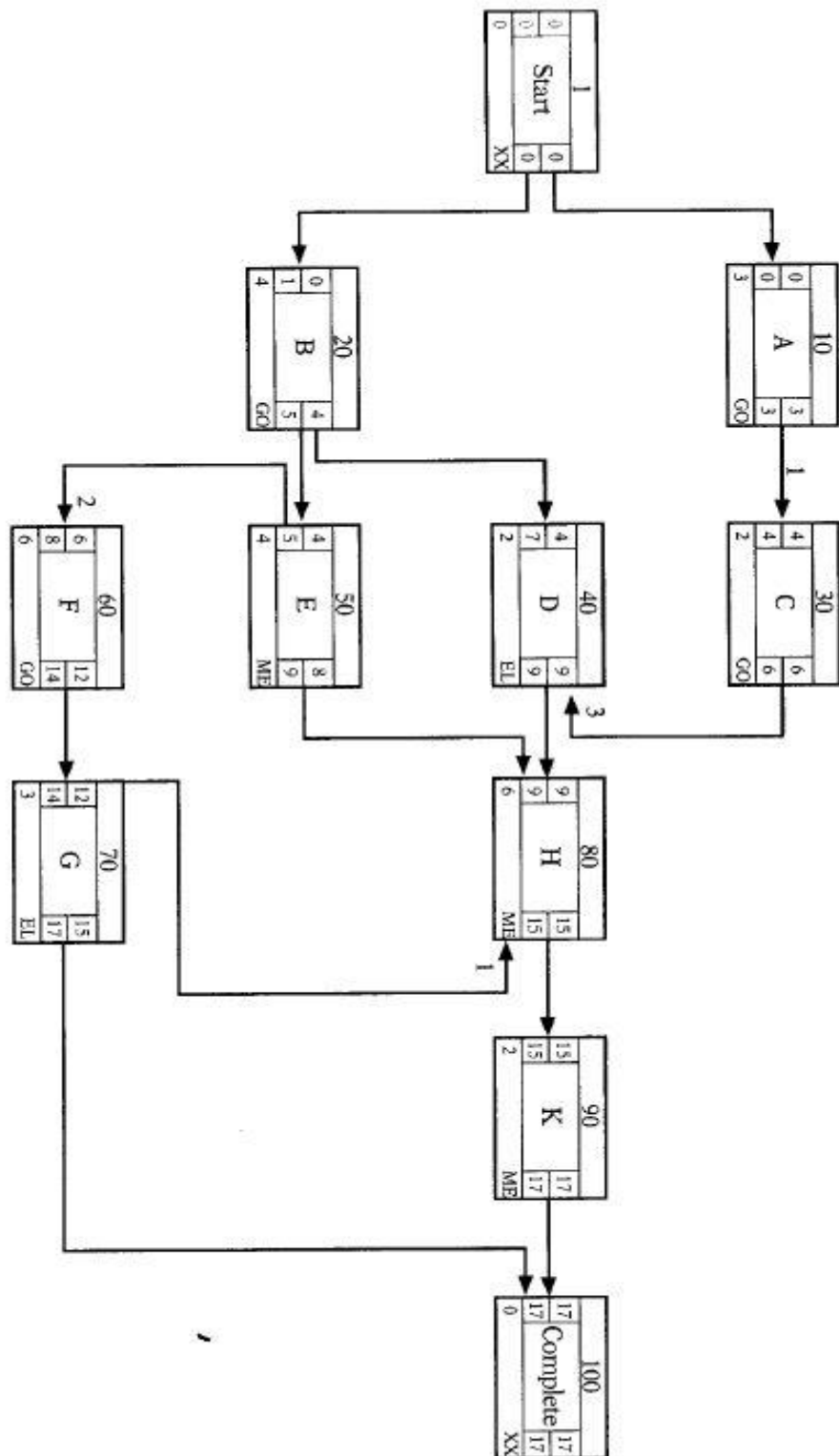
FS dengan lag 2



SS dengan lag 2



Gambar 2. 23 Contoh Perhitungan Mundur PDM



Gambar 2. 24 Contoh Perhitungan Maju dan Mundur PDM

### 2.4.3 Lintasan Kritis PDM

Jalur dan lintasan kritis pada PDM mempunyai sifat yang sama seperti metode jaringan kerja AOA, yaitu:

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama;

$$ES = LS$$

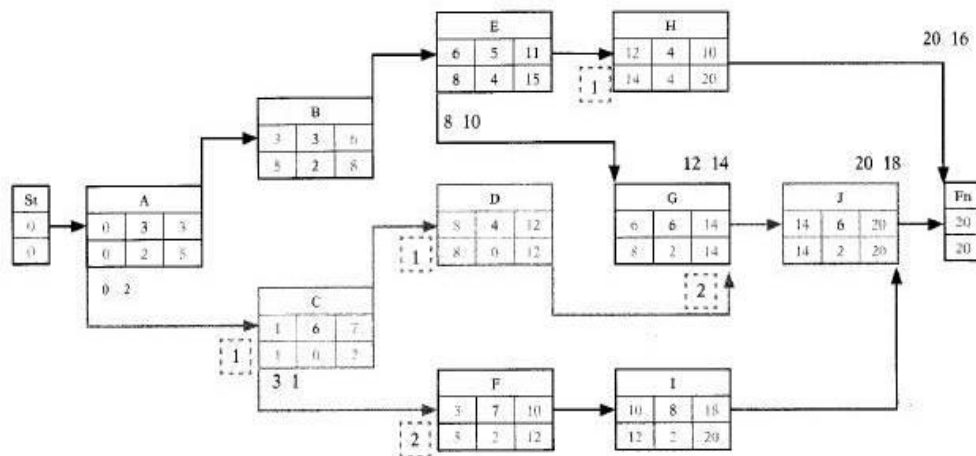
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama;

$$EF = LF$$

3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal;

$$LF - ES = D$$

4. Bila hanya Sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.



**Gambar 2. 25** Lintasan Kritis Jalur A,C,D,G,J

### 2.4.4 Kegunaan PDM

*Precedence Diagramming Method* (PDM) memberikan cara yang lebih mudah untuk menjelaskan hubungan logis antarkegiatan konstruksi yang kompleks, khususnya jika terjadi kegiatan-kegiatan yang terjadi bersamaan. PDM juga cenderung lebih kecil dalam hal pembuatannya. Hal yang paling utama dalam pembuatan PDM adalah, bahwa PDM lebih cepat dalam persiapan pembuatannya sehingga penjadwalan tidak membutuhkan banyak waktu dalam mempersiapkan

jadwal PDM. Selain itu, PDM juga menghapus kebutuhan akan kegiatan *dummy* dan detail tambahan untuk menunjukkan *overlap* antar kegiatan (Callahan, 1992).

PDM sangat berguna pada saat menyajikan kegiatan-kegiatan konstruksi yang berulang atau *repetitive*, seperti pada proyek pembangunan gedung bertingkat, perumahan ataupun jalan raya. Metode ini mampu membuat model dari kegiatan-kegiatan yang saling bertumpuk tanpa harus membagi kegiatan-kegiatan tersebut. Penambahan hubungan antarkegiatan dapat dilakukan pada PDM dan dapat mengarahkan penjadwalan untuk berasumsi bahwa hasil jadwal akan lengkap dan akurat. Kegagalan dalam mempertimbangkan hubungan dalam membuat penjadwalan akan membuat sebuah PDM menjadi setidak akurat penjadwalan dengan *barchart*.

PDM yang menggunakan *lag* menambahkan elemen ketidakpastian dan banyaknya jenis hubungan dalam penjadwalan ini menyebabkan analisis jaringan kerjanya menjadi lebih sulit dibandingkan dengan metode diagram AOA. Karena hal ini, biasanya penjadwal menyarankan penggunaan hubungan hanya *finish-to-start* (FS) untuk menghindari penumpukan (*overlap*) dan *lag* sehingga jadwal menjadi lebih mudah dimengerti dan dianalisis. Akan lebih mudah menganalisis sebuah jaringan kerja dengan hubungan antarkegiatan yang sederhana. Hubungan logis *Start-to-Start* (SS), *Start-to-Finish* (SF) atau *Finish-to-Finish* (FF) sebaiknya digunakan hanya jika terjadi hubungan antarkegiatan yang tidak dapat direpresentasikan dengan hubungan *Finish-to-Start* (FF)

## **2.5 Rencana Anggaran Biaya**

Di Indonesia, Rencana Anggaran Biaya biasa disebut dengan istilah RAB, taksiran biaya ataupun estimasi biaya. Beberapa istilah yang dipakai untuk itu juga adalah *begrooting* (bahasa Belanda) dan *construction cost estimate* dalam bahasa Inggris.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan. (Firmansyah, 2011)

Perencanaan biaya untuk suatu proyek adalah prakiraan keuangan yang merupakan dasar untuk pengendalian biaya proyek serta aliran kas proyek tersebut. Pengembangan dari hal tersebut diantaranya adalah fungsi dari estimasi biaya, anggaran, aliran kas, pengendalian biaya, dan profit proyek tersebut. (Chandra, et al., 2003).

Dalam dunia konstruksi, estimasi biaya konstruksi meliputi banyak hal yang mencakup bermacam maksud dan kepentingan bagi berbagai strata manajemen dalam organisasi.

1. Pemilik (*owner*), menggunakannya sebagai alat bantu untuk menentukan biaya investasi modal yang harus ditanam dan sebagai alat untuk menilai kewajaran dari harga penawaran pada saat proses pelelangan. RAB yang dibuat owner ini biasa disebut dengan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) atau *Owner's Estimate* (OE).
2. Konsultan perencana, menggunakannya sebagai alat bantu untuk menetapkan kelayakan rancangan. RAB yang dihasilkan konsultan perencanaan bisa disebut juga sebagai harga perkiraan ahli atau *engineer's estimate* (EE).
3. Kontraktor, memakai estimasi biaya konstruksi untuk menyusun harga penawaran pada saat proses pelelangan.

### **2.5.1 Harga Perkiraan Sendiri (Owner's Estimation)**

Harga Perkiraan Sendiri (HPS) adalah harga yang dihitung dan ditetapkan oleh pemilik proyek (*owner*) atau dalam instansi pemerintahan disebut Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) dalam rangka pelaksanaan pengadaan barang /jasa, hal tersebut dilakukan sebelum proses lelang dilaksanakan, perhitungan dimaksud adalah terhadap volume pekerjaan dan harga dasar satuan bahan bahan, yang selanjutnya akan dituangkan kedalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) melalui analisis - analisis harga satuan masing-masing yang biasa digunakan.

Harga Perkiraan Sendiri (HPS) atau *Owner Estimate* (OE) merupakan hal yang sangat penting dalam pengadaan barang/Jasa, karena berdasarkan Perpres Nomor 16 Tahun 2018 pasal 26 ayat (5) disebutkan bahwa "HPS digunakan sebagai: a. alat untuk menilai kewajaran penawaran termasuk rinciannya; b. dasar

untuk menetapkan batas tertinggi penawaran yang sah untuk Pengadaan Barang/Pekerjaan Konstruksi/Jasa Lainnya dan Pengadaan Jasa Konsultansi yang menggunakan metode Pagu Anggaran; dan c. dasar untuk menetapkan besaran nilai Jaminan Pelaksanaan bagi penawaran yang nilainya lebih rendah dari 80% (delapan puluh perseratus) nilai total HPS”.

Dalam penyusunan HPS, *owner* atau PPK harus mengetahui data harga pasar terhadap barang/jasa melalui analisis pasar. PPK bisa melakukan survey sendiri atau membentuk tim ahli yang mempunyai kredibilitas tertentu. Analisis pasar perlu dilakukan akibat turun naiknya harga barang/jasa dari waktu ke waktu, dimana harga dasar satuan bahan untuk menghitung HPS/OE harus terbaru dan terkini sehingga harga dasar satuan bahan yang digunakan adalah harga pasar atau harga tahun berjalan, untuk itu sebelum menghitung dan menetapkan HPS/OE PPK terlebih dahulu harus melaksanakan survey harga bahan.

Selain survey harga bahan, *owner* atau PPK juga harus melakukan survey lokasi pekerjaan, hal ini dilakukan untuk memastikan kondisi lapangan sebelum proses pelaksanaan, dimana kondisi saat perencanaan dengan kondisi tahun pelaksanaan fisik jika ada perubahan dan berpengaruh pada volume pekerjaan yang telah hitung perencana, jika memang ada maka PPK segera melakukan koordinasi dengan perencana untuk dilakukan perubahan volume sesuai kondisi lapangan, perubahan volume pekerjaan tersebut harus diketahui oleh perencana yang menghitungnya.

Pemilik proyek atau PPK yang merupakan manajer tertinggi dalam suatu proyek, dalam menghitung HPS bisa meminta bantuan kepada konsultan perencana, sehingga hasil estimasi biaya konsultan perencana (*Engineer's Estimate*) bisa dijadikan acuan *owner*/PPK dalam menetapkan HPS.

*Engineer's Estimate* yang dibuat oleh konsultan perencana belum serta merta langsung bisa dijadikan sebagai HPS, EE tetap harus dikalkulasi ulang oleh PPK untuk dijadikan HPS, hal tersebut dikarenakan hasil perencanaan tahun sebelumnya tentu ada faktor-faktor lain dalam menentukan harga dasar, seperti memperhitungkan prediksi kenaikan harga dasar satuan bahan untuk tahun rencana pelaksanaan fisiknya.

Tahapan – tahapan penyusunan harga perkiraan sendiri secara garis besar adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung dan mengetahui volume pekerjaan atau *Bill of Quantity* (BoQ)
- b. Menghitung harga satuan pekerjaan
- c. Rencana Anggaran Biaya adalah hasil kumulatif dari kalkulasi BoQ dengan harga satuan pekerjaan yang bisa ditetapkan sebagai HPS oleh PPK.

Perhitungan harga satuan pekerjaan adalah analisis harga satuan pekerjaan yang terdiri dari koefisien analisis beserta komponen harga satuan dasar. Komponen harga satuan dasar ini meliputi harga satuan dasar bahan, upah dan alat. *Owner* atau PPK harus mencari informasi dan mengetahui harga – harga satuan dasar tersebut.

Berdasarkan Perpres No 16 Tahun 2018 Pasal 26 ayat (1) menyatakan bahwa HPS dihitung secara keahlian dan menggunakan data yang dapat dipertanggungjawabkan. Informasi data harga satuan dalam penyusunan HPS didasarkan pada poin – poin berikut:

- a. Data harga pasar setempat melalui survey
- b. Informasi biaya satuan yang dipublikasikan secara resmi oleh Badan Pusat Statistik (BPS);
- c. Informasi biaya satuan yang dipublikasikan secara resmi oleh asosiasi terkait dan sumber data lain yang dapat dipertanggungjawabkan;
- d. Daftar biaya/tarif Barang/Jasa yang dikeluarkan oleh pabrikan/distributor tunggal;
- e. Biaya Kontrak sebelumnya atau yang sedang berjalan dengan mempertimbangkan faktor perubahan biaya;
- f. Inflasi tahun sebelumnya, suku bunga berjalan dan/atau kurs tengah Bank Indonesia;
- g. Hasil perbandingan dengan Kontrak sejenis, baik yang dilakukan dengan instansi lain maupun pihak lain;
- h. Perkiraan perhitungan biaya yang dilakukan oleh konsultan perencana (*engineer's estimate*);
- i. Norma indeks; dan/atau informasi lain yang dapat dipertanggungjawabkan.

### 2.5.2 Harga Perkiraan Ahli (Engineer's Estimation)

*Engineer's Estimate* adalah perhitungan mengenai estimasi biaya suatu pekerjaan konstruksi yang dilakukan oleh *engineers*. Pada pelaksanaannya, Konsultan perencana sebagai pihak yang memiliki kemampuan dibidang tersebut sehingga dipercayai dalam perhitungan menghitung EE.

*Engineer's Estimate* (EE) harus merepresentasikan nilai/harga yang pantas dan wajar untuk membantu owner dalam menetapkan harga pada saat proses pelelangan. Apabila EE terlalu rendah, maka kemungkinan yang terjadi adalah pelelangan akan gagal karena tidak ada peserta yang lulus dalam evaluasi harga, atau bila proyek berjalan akan merugikan pihak kontraktor yang pada gilirannya akan mengganggu kelancaran proyek. Sebaliknya apa bila terlalu tinggi akan menyebabkan proyek menjadi tidak efisien dan merugikan pihak pemberi pekerjaan.

Memperhitungkan efektifitas dan efisiensi waktu, biaya serta akurasi dari *Engineer's Estimate* yang akan dihasilkan maka dalam proses pekerjaan seorang konsultan harus mengumpulkan data-data dengan metode pendekatan historis data yaitu, Konsultan mengumpulkan / memperoleh informasi tentang harga-harga yang diperoleh dari kontrak-kontrak yang sudah ada sebelumnya, data-data harga yang ada dipasaran, media, *website* dan berbagai sumber lain (historis data) yang mendukung penentuan harga *Engineer's Estimate*. Selanjutnya dilakukan kajian, analisis dan penyesuaian terhadap historis data yang diperoleh untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat dan waktu sekarang. Hal lain yang cukup berpengaruh dalam penentuan EE ini adalah tingkat inflasi ditempat dimana asal barang-barang yang akan digunakan dan tingkat inflasi ditempat dimana pekerjaan itu dilaksanakan.

*Engineer's estimate* (EE) yang dibuat oleh konsultan perencana bisa menjadi bahan referensi bagi *owner* atau PPK dalam menyusun dan menetapkan HPS. *Owner*/PPK tetap berkewajiban untuk melakukan reuiu dalam rangka memperoleh keyakinan bahwa hasil perhitungan konsultan perencana telah didasarkan desain dan gambar. Salah satu cara yang dapat dilakukan bila PPK tidak memiliki keahlian dalam bidang konstruksi adalah dengan membentuk tim



pendukung untuk membantunya. Reviu dapat dilakukan secara sampling terhadap volume beberapa analisis harga satuan yang memiliki nilai signifikan berdasarkan pendekatan analisis harga satuan yang digunakan (BOW atau SNI).

### **2.5.3 Harga Penawaran Kontraktor**

Harga penawaran kontraktor adalah rencana anggaran biaya yang dibuat oleh kontraktor sebagai harga penawaran pada proses pelelangan atau tender suatu paket pekerjaan. Kontraktor menghitung rencana anggaran biaya tersebut berdasarkan BoQ yang dimuat dalam dokumen pelelangan yang dibuat oleh owner dan konsultan perencana.

Kontraktor dalam membuat RAB harus secara efektif dan efisien agar mampu bersaing dengan perusahaan kontraktor lainnya. Harga yang ditawarkan oleh kontraktor harus bisa dianggap wajar dan mampu dipertanggungjawabkan.

### **2.5.4 Dasar Penyusunan RAB**

Dalam Buku Informasi Menyusun Harga Perkiraan UK 03 LKPP berdasarkan SKKNI 2016, menjelaskan langkah – langkah penyusunan RAB atau harga perkiraan seperti berikut:

1. Mengidentifikasi komponen-komponen biaya dalam analisis harga satuan. Komponen-komponen tersebut pada umumnya dapat dirinci menjadi:
  - a. Komponen biaya upah (tenaga kerja)
  - b. Komponen biaya bahan (material)
  - c. Komponen Alat (perlengkapan)
2. Mengidentifikasi dasar penetapan volume masing-masing komponen berdasarkan volume menurut gambar atau desain.
3. Mengidentifikasi harga satuan komponen-komponen tersebut sampai lokasi pekerjaan menggunakan informasi hasil analisis pasar yang telah dilakukan.
4. Melakukan pengujian kecermatan penjumlahan biaya-biaya komponen tersebut secara keseluruhan menjadi total RAB dan telah memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut:
  - a. RAB telah memperhitungkan biaya *overhead* dan keuntungan yang wajar.

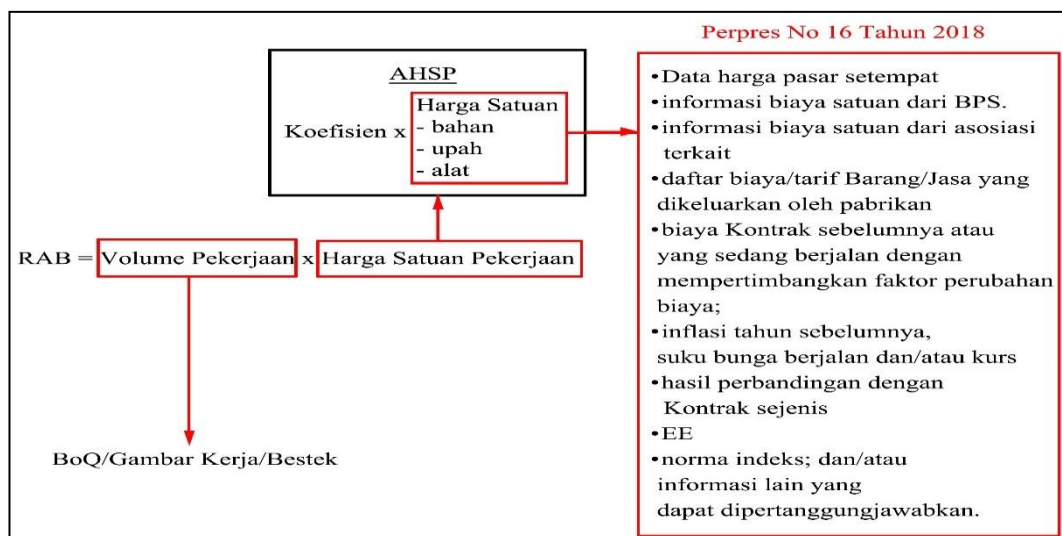
- b. Peraturan pengadaan dalam Perka LKPP secara eksplisit menyebutkan bahwa biaya *overhead* dan keuntungan maksimal untuk penyusunan HPS pengadaan jasa konstruksi adalah 15%.
- c. Memperhitungkan bukan berarti sama dengan menambah. Biaya *overhead* dan keuntungan perlu ditambahkan bila survey harga dilakukan pada saluran distribusi yang berbeda dengan saluran distribusi yang disasar menjadi penyedia.
5. RAB juga telah memperhitungkan Pajak Pertambahan Nilai (PPN).

### 2.5.5 Dasar Perhitungan RAB

Prinsip dasarnya, perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah total hasil kali antara kuantitas atau volume setiap item pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan.

$$\text{RAB} = \Sigma \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan (1)}$$

Volume pekerjaan didapatkan dengan membaca serta menghitung dari gambar desain. Sedangkan harga satuan pekerjaan dihitung berdasarkan harga satuan upah, harga satuan bahan dan harga satuan alat. Menghitung harga satuan pekerjaan disebut dengan analisis harga satuan pekerjaan. Skema Perhitungan RAB akan disajikan pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2. 26** Skema Perhitungan RAB (Sumber Peneliti)

Sejauh ini di Indonesia sudah menggunakan tiga analisis harga satuan pekerjaan dalam penyusunan RAB, yaitu Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Werken*), Analisis Standar Nasional Indonesia (SNI), dan Analisis Lapangan/Kontraktor.

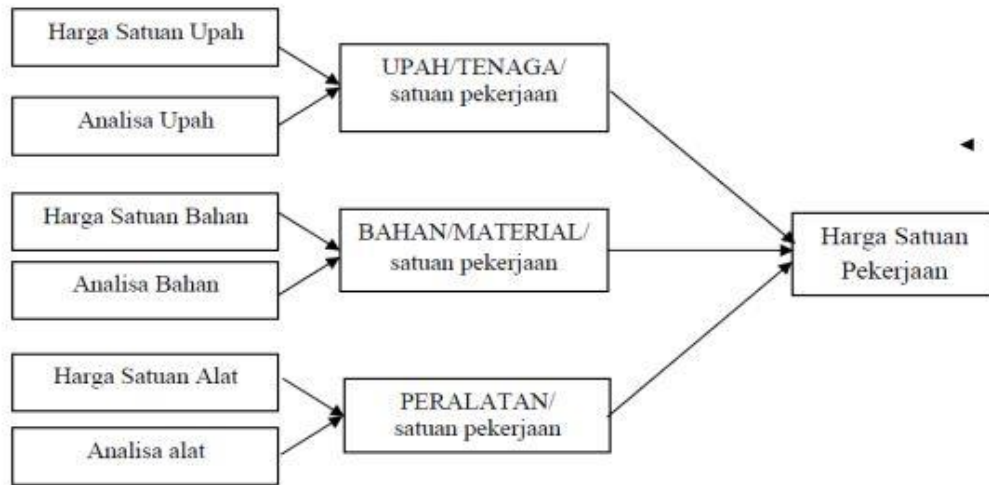
Pada zaman kolonial Belanda, Analisis BOW yang berlaku mulai tahun 1921 digunakan untuk membantu proses pembuatan RAB. Namun dewasa ini, warisan belanda tersebut sudah tergeser penggunaannya karena seiringnya perkembangan zaman dan teknologi, sehingga Pemerintah Indonesia melakukan pembaharuan dengan menerbitkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan Standar Nasional Indonesia (AHSP – SNI). Diluar itu, pelaksana proyek atau kontraktor terus melakukan pembenahan, melalui dua analisis diatas, kontraktor juga mampu menciptakan hitungan sendiri untuk harga satuan pekerjaan dengan mengambil dasar dari dua analisis diatas dan berdasarkan pengalaman kontraktor dilapangan, sehingga muncul yang namanya Analisis Lapangan/Kontraktor.

## **2.6 Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

### **2.6.1 Pengertian Analasia Harga Satuan Pekerjaan**

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan, standart pengupahan pekerja dan harga sewa / beli peralatan untuk menyelesaikan per satuan pekerjaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Untuk harga bahan material didapat dipasaran, yang kemudiandikumpulkan didalam suatu daftar yang dinamakan harga satuan bahan/material, sedangkan upah tenaga kerja didapatkan di lokasi setempat yang kemudian dikumpulkan dan didata dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja. Harga satuan yang didalam perhitungannya haruslah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan dan jarak angkut.

Skema harga satuan pekerjaan, yang dipengaruhi oleh factor bahan/material, upah tenaga kerja dan peralatan dapat dirangkum sebagai berikut :



**Gambar 2. 27** Skema Harga Satuan Pekerjaan  
(Sumber Ibrahim, rencana estimate real of cost,Jakarta 1993)

Dalam skema diatas dijelaskan bahwa untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan maka harga satuan bahan, harga satuan tenaga, dan harga satuan alat harus diketahui terlebih dahulu yang kemudian dikalikan dengan koefisien yang telah ditentukan sehingga akan didapatkan perumusan sebagai berikut :

Upah : harga satuan upah x koefisien (analisa upah)

Bahan : harga satuan bahan x koefisien (analisa bahan)

Alat : harga satuan alat x koefisien (analisa alat)

maka didapat :

$$\text{HARGA SATUAN PEKERJAAN} = \text{UPAH} + \text{BAHAN} + \text{PERALATAN}$$

Besarnya harga satuan pekerjaan tergantung dari besarnya harga satuan bahan, harga satuan upah dan harga satuan alat dimana harga satuan bahan tergantung pada ketelitian dalam perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap jenis pekerjaan. Penentuan harga satuan upah tergantung pada tingkat produktivitas dari pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan. Harga satuan alat baik sewa ataupun

investasi tergantung dari kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan, jarak angkut dan pemeliharaan jenis alat itu sendiri.

### **2.6.2 Analisa Bahan Dan Upah**

Yang dimaksud dengan analisa bahan suatu pekerjaan, ialah yang menghitung banyaknya/volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Sedangkan Yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut. (H.bachtiar,1993).

Sebagai contoh daftar analisa upah dan bahan (SNI) . SNI merupakan pembaharuan dari analisa BOW (Burgeslijke Openbare Werken) 1921, dengan kata lain bahwa analisa SNI merupakan analisa BOW yang diperbaharui. Analisa SNI ini dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman. Sistem penyusunan biaya dengan menggunakan analisa SNI ini hampir sama dengan 7 sistem perhitungan dengan menggunakan analisa BOW. Prinsip yang mendasar pada metode SNI adalah, daftar koefisien bahan, upah dan alat sudah ditetapkan untuk menganalisa harga atau biaya yang diperlukan dalam membuat harga satu satuan pekerjaan bangunan. Dari ketiga koefisien tersebut akan didapatkan kalkulasi bahan-bahan yang diperlukan, kalkulasi upah yang mengerjakan, serta kalkulasi peralatan yang dibutuhkan. Komposisi perbandingan dan susunan material, upah tenaga dan peralatan pada satu pekerjaan sudah ditetapkan, yang selanjutnya dikalikan dengan harga material, upah dan peralatan yang berlaku dipasaran.

Dari data kegiatan tersebut di atas, menghasilkan produk sebuah analisa yang dikukuhkan sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI) pada tahun 1991- 1992, dan pada tahun 2001 hingga sekarang, SNI ini disempurnakan dan diperluas sasaran analisa biayanya. Adapun dalam penelitian ini, penulis didalam perhitungan analisa pekerjaan menggunakan Standart Nasional Indonesia (SNI) edisi revisi tahun 2002 dengan nomor seri SK- SNI T – 04 – 2002 – 03.

Contoh Analisa Galian Tanah dengan Metode SNI

DAFTAR ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN					
Analisa	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Sat	Harga Satuan Rp.	Jumlah Harga Rp.
1	2	3	4	5	6
<b>PEKERJAAN TANAH</b>					
<b>SNI-03-2835-2008</b>					
<b>6.1</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Galian Tanah dengan menggunakan alat berat</b>				
<b>6.1.1.</b>	<b>Tenaga</b>				
	Pekerja	0.0251	hari		
	Mandor	0.0050	hari		
	Operator	0.0036	hari		
	Pembantu Operator	0.0036	hari		
	Sopir	0.0215	hari		
	Pembantu Sopir	0.0215	hari		
<b>6.1.2.</b>	<b>Material/Bahan</b>				
	Alat Bantu	0.0250	set		
<b>6.1.3</b>	<b>Alat</b>				
	Exavator	0.0256	jam		
	Dump Truck	0.1504	jam		
<b>JUMLAH</b>					
<b>DIBULATKAN</b>					

Sumber : SNI, 2002)

**Gambar 2. 28** Contoh Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Keterangan :

1. Kolom 1 : Menandakan kode analisa.
2. Kolom 2 : Menandakan uraian pekerjaan.
3. Kolom 3 : Menandakan indeks atau koefisien yang berupa sebuah angka ketetapan dari SNI, baik untuk bahan, upah tenaga dan alat. Koefisien / indeks mendeskripsikan seberapa besar alat dan tenaga yang digunakan didalam mengerjakan pekerjaan galian tanah dengan volume 1 m<sup>3</sup>.

4. Kolom 4 : Menandakan satuan bahan, upah tenaga dan peralatan .
5. Kolom 5 : Menandakan harga satuan bahan, upah tenaga, dan peralatan.
6. Kolom 6 : Menandakan Jumlah Harga Satuan dihitung per Koefisien.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian yang sedang dikerjakan ini dapat digolongkan dalam penelitian Deskriptif Komparatif (*Comparative Descriptive Research*). Deskriptif berarti pemaparan masalah yang ada berdasarkan perencanaan, sedangkan komparatif berarti membandingkan (Narbuko dan Achmadi, 2002 : 44). Dalam hal ini adalah membandingkan dan menganalisa teknik-teknik penjadwalan konstruksi metode *Precedence Diagramming Method* dengan *Line of Balance*.

#### **3.2 Objek Penelitian**

Objek studi dari penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Unsil, Mugarsari. Adapun yang dijadikan sebagai sampel untuk mengeksplorasi metode perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi pada penelitian ini adalah 1 (satu) proyek gedung, dengan 2 lantai.

#### **3.3 Waktu & Lokasi Penelitian**

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini direncanakan kurang lebih sekitar 22 minggu.

Lokasi penelitian ini berada di Mugarsari, Kec. Tamansari, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat 46196