

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air yang mempunyai kelengkapan dan dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan muka air secara grafitasi ketempat yang membutuhkan. Sedangkan bangunan air adalah setiap bangunan yang dibangun dibadan sungai untuk berbagai keperluan.

Klasifikasi bendung :

a. Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Bendung penyadap

Bendung ini digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku, dan sebagainya.

2. Bendung pembagi banjir

Bendung ini dibangun dari percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai agar terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitaasnya.

3. Bendung penahan pasang

Bendung dibangun dibagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut untuk mencegah masuknya air asin.

b. Berdasarkan tipe strukturnya, bendung dapat dibedakan atas :

1. Bendung Tetap

Bendung tetap adalah bendung yang digunakan untuk meninggikan muka air di sungai sampai ketinggian yang diperlukan.

2. Bendung Gerak

Bendung gerak adalah bendung yang sebagian besar konstruksinya terdiri dari pintu yang bisa digerakkan agar bisa mengatur ketinggian muka air pada sungai.

3. Bendung Kombinasi

Bendung ini berfungsi ganda, sebagai bendung tetap ataupun bendung gerak.

c. Bendung berdasarkan sifatnya :

1. Bendung permanen

Seperti bendung pasangan batu, beton, dan kombinasi dari beton dan pasangan batu

2. Bendung semi permanen

Seperti bendung bronjong, cerucuk kayu, dan sebagainya.

3. Bendung darurat

Bendung ini yang dibuat oleh masyarakat pedesaan seperti bendung tumpukan batu dan sebagainya(*Erman M,2002*).

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi secara umum dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai (DAS). Tujuan dari studi tersebut ialah untuk mengetahui hujan, debit, dan potensi air, baik yang ekstrim maupun yang wajar yang dapat digunakan sebagai analisis selanjutnya dalam pekerjaan detail desain bangunan.

2.2.1 Analisa Curah Hujan Wilayah

Apabila suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpecah, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, maka dapat dilakukan dengan metode yaitu, metode *Polygon Thiessen*(*Bambang Triatmojo, 2006*).

a. Metode *Polygon Thiessen*

Rumus yang digunakan untuk analisa curah hujan wilayah, yaitu :

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

R = Hujan rerata kawasan (mm)

$A_1R_1, A_2R_2, \dots, A_nR_n$ = Hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n (mm)

$A_1 + A_2 + \dots + A_n$ = Jumlah stasiun

2.2.2 Analisa Hujan Rencana

Dalam studi analisa curah hujan rancangan akan dilakukan dengan menggunakan Distribusi *Gumbell*, dan *Log Pearson Type III*. Untuk menetapkan metode yang bisa diterapkan, maka akan dipilih setelah melakukan pengujian tingkat kesesuaiannya yang akan dibahas pada bagian berikut:

a. Metode Distribusi *E.J. Gumbel*

Rumus yang dipakai adalah :

$$\bar{X}_T = X + K.S_d \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

\bar{X}_T = Variate yang diekstrapolasi, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang tertentu

X = Harga rerata curah hujan

S_d = Standar Deviasi

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai varian ke i

N = jumlah data

Untuk menghitung frekuensi *E.J. Gumbell* digunakan rumus berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (2,4)$$

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi

Y_t = nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi varian

S_n = deviasi standar dari reduksi varian

Tabel 2.1 Hubungan reduksi (Yn) (Sn) terhadap jumlah (n)

n	Yn	Sn
10	0,4592	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5053	0,9933
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206
16	0,5157	1,0316
17	0,5181	1,0411
18	0,5202	1,0493
19	0,5220	1,0565
20	0,5236	1,0628
21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0915
26	0,5320	1,1961
27	0,5332	1,1004
28	0,5343	1,1047
29	0,5353	1,1086
30	0,5362	1,1124

(Sumber : Soewarno, 1995)

Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{s_d^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Cs = koefisien skewness

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai varian ke i

n = jumlah data

Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)sd^4} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

Ck = koefisien kurtosis

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai varian ke i

n = jumlah data

b. Metode Log Pearson Type III

Untuk menghitung curah hujan rencana dalam periode ulang tertentu dengan metode *Log Pearson Type III*, bisa dipakai rumus sebagai berikut :

1. Rata-rata logaritma

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \dots \dots \dots (2.7)$$

2. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.8)$$

3. Koefisien Kepencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log \bar{x})^3} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$\overline{\log x}$ = Rerata Logaritma

n = Jumlah data

Cs = Koefisien kepencengan

S = nilai deviasi standar dari log X

Untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada periode tertentu, hitung anti log dari log X sesuai dengan nilai CS nya (Soewarno, 1995).

2.3 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara limpasan air hujan dan total hujan penyebab limpasan. Pada studi ini, koefisien pengaliran ditentukan menurut kondisi tata guna lahan.

Kondisi yang mempengaruhi besaran variable tersebut adalah :

4. Keadaan hujan

5. Luas dan bentuk daerah aliran

6. Kemiringan Daerah Aliran Sungai dan Dasar sungai

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien (C)
1	Pemukiman	
	a. Perkotaan	0,30-0,60
	b. Perkampungan	0,25-0,40
2	Hutan	
	a. Datar, 0-5%	0,10-0,40
	b. Bergelombang	0,25-0,50
	c. Berbukit	0,25-0,60
3	Perkebunan	0,25-0,50
4	Lahan Kosong	
	a. Tanah Berpasir	
	- Datar 2%	0,05-0,10
	- Rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	- Curam 7%	0,15-0,20
	b. Tanah Berat	
	- Datar 2%	0,13-0,17
	- Rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	- Curam 7%	0,25-0,35
5	Sawah	0,45-0,60

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.4 Perhitungan Intensitas Hujan Dengan Rumus Mononobe

Perhitungan intensitas hujan bisa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{(24)}{T_c} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- I_t = intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} = hujan harian rencana dalam (mm)
- T_c = waktu tempuh aliran ke sungai (jam)
- L = jarak titik jatuh air ke sungai
- S = kemiringan sungai

2.5 Perhitungan Debit Rencana Dengan Rumus Rasional

Perhitungan besarnya debit banjir rencana dengan metode rasional dengan menggunakan rumus

$$Q_t = 0,278 \times c \times I_t \times a \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

- I_t = intensitas hujan (mm/jam)
- a = luas daerah (Km^2)
- c = koefisien pengaliran

2.6 Perencanaan Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air yang dibangun melintang terhadap sungai dengan maksud agar air dapat dinaikan untuk dimanfaatkan, contohnya untuk menampung air baku, air untuk irigasi dan lain-lain. Ketinggian bendung tersebut tergantung dari ketinggian muka air rencana pada lokasi bendung.

Dengan direncanakan bendung tetap, bendung tetap ini biasanya dibangun pada daerah yang kondisinya cukup stabil, sehingga apabila terjadi perubahan kondisi sungai dan pengaruhnya terhadap fungsi bendung

tidak begitu besar. Bendung ini biasanya tidak dilengkapi dengan pintu-pintu yang berhubungan dengan fluktuasi muka air terhadap musim kecil.

2.6.1 Mercu Bendung

Mercu bendung yaitu bagian teratas tubuh bendung dimana aliran daudik dapat melimpah ke hilir. Fungsinya sebagai penentu tinggi muka a minimum di sungai bagian udik bendung. letak mercu bendung bersama-sam tubuh bendung diusahakan tegak lurus arah aliran sungai agar aliran menuj bendung terbagi merata. (*Erman Mawardi dan Moch. Memed, 2002*)

1. Bentuk Mercu Bendung

Bentuk mercu bendung tetap yaitu:

- a. Mercu bulat dengan satu jari-jari pembulatan
- b. Mercu bulat dengan dua jari-jari pembulatan
- c. Mercu type ogee, SAF
- d. Mercu ambang lebar

bentuk mercu bendung yang lazim digunakan di Indonesia yaitu bentuk

mercu bulat dan ogee, hal ini dikarenakan:

- a. Bentuknya sederhana sehingga mudah dalam pelaksanaanya
- b. Mempunyai bentuk mercu yang besar sehingga lebih tahan terhadap benturan.
- c. Tahan terhadap goresan atau abrasi, karena diperkuat oleh batu candi atau beton

2.6.2 Penentuan Lebar Bendung

Lebar bendung (B) adalah jarak antara pangkal-pangkal bendung atau sebaliknya sama dengan lebar rata sungai pada bagian yang stabil.

Lebar efektif bendung (B_e) dihubungkan dengan lebar mercu yang ditulis dengan persamaan sebenarnya (B) dapat dilihat sebagai berikut:

$$B_e = B_b - 2(n k_p + k_a) \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

B_e = lebar efektif mercu, m

B_b = lebar mercu sebenarnya, m

n = jumlah pilar

K_p = koefisien kontraksi pilar

K_a = koefisien kontraksi pangkal bendung

Tabel 2.3 Harga-Harga Koefisien Kontraksi

No	Uraian	Kp & Ka
I	Pilar	Kp
1	Berujung segiempat dengan sudut-sudut dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0,10 dari tebal pilar	0,02
2	Berujung bulat	0,01
3	Berujung runcing	0
II	Pangkal Tembok (Abutment)	Ka
1	Berbentuk segi empat dengan tembok hulu pada 90^0 ke arah aliran	0,20
2	Berbentuk bulat dengan tembok hulu pada 90^0 ke arah aliran dengan $0,50 H_1 > 0,15 H_1$	0,10
3	Berbentuk bulat dimana $r > 0,50 H_1$ dan tembok hulu tidak lebih dari 45^0 ke arah aliran	0

(Sumber : KP-02,1986)

2.6.3 Perhitungan Tinggi Muka Air Banjir di Udik Bendung

Elevasi muka air banjir di udik bendung dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Qd = C \times Be \times H^3/2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

Qd = debit banjir rencana sungai

C = koefisien debit pelimpah

Be = lebar efektif mercu, m

He = tinggi energi

Koefisien debit pelimpah nilainya dhitiung dengan persamaan:

$$C = 3,97 \left(\frac{He}{Hd} \right)^{0,12} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dari persamaan berikut diperoleh nilai C = 2,19 (*Open Channel Hydraulic, V.T.Chow, hal 369*)

2.6.4 Lebar Pintu Penguras

Ukuran Pintu Penguras harus dibuat menyesuaikan dengan keadaanya sehingga sasaran yang diharapkan dapat terlaksana, dengan demikian lebar pintu penguras tidak boleh dibuat terlalu kecil karena hal ini akan menyebabkan efek penguras akan berkurang tetapi juga tidak boleh terlalu besar (maks 2,5 m) karena akan menyulitkan dalam pengoperasiannya. Lebar pembilas total berkisar 1/6 - 1/10 dari lebar bentang bendung. Jika kita memilik data yang cukup, maka dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Vc = 1,5 \times C \times \sqrt{d} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$q = \frac{Vc^3}{g} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Bp = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

Vc = Kecepatan kritis yang diperlukan untunk pengurasan (m/de

C = Koefisien (tergantung bentuk endapan) antara 3,2-5,5

d = Diameter terbesar dari endapan (m)

Q = Debit Pengurasan ($m^3 / D \cdot t$)

q = Debit penguras persatuan lebar

B_p = Lebar Pintu Pengurasan (m)

2.6.5 Rumus Pengaliran Pada Pintu Penguras

1. Pintu dibuka setinggi *Onderspuier*

$$F = b \times y \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Q = \mu F \times \sqrt{2gh} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

$$= \mu \times b \times y \sqrt{2g(p - \frac{1}{2}y)} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana:

b = lebar pintu

y = tinggi bukaan (setinggi *Onderspuier*)

P = tinggi bendung

μ = diambil 0,6

2. Pintu dibuka penuh

$$z = \frac{1}{3}H \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$$h = \frac{2}{3}H \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$$Q = \mu \times b \times h \sqrt{2 \times g \times z}$$

$$Q = \mu \times b \times \frac{2}{3}H \sqrt{\frac{2}{3} \times g \times z}$$

$$Q = 0,55 \times \mu \times b \times H^{\frac{3}{2}} \times g^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 1,31 \times b \times H^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

$$v = \frac{Q}{F} \text{ dan } F = b \times h \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan syarat:

$\mu = 0,75$

$g = 9,8 \text{ m/s}$

2.6.6 Bangunan Peredam Energi

a. Definisi dan Fungsi

Bangunan peredam energi bendung adalah struktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe, bentuk dan di kanan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu.

Fungsi Bangunan adalah untuk meredam energi air akibat pembendungan, agar air di hilir bendung tidak menimbulkan penggerusan setempat yang membahayakan struktur.

b. Tipe Bangunan Peredam Energi Bendung

Bangunan peredam energi bendung terdiri atas berbagai macam tipe antara lain yaitu:

1. Lantai hilir mendatar, tanpa atau dengan ambang akhir dan dengan atau tanpa balok lantai,
2. Cekung masif dan cekung bergigi
3. Berganda dan bertangga
4. Kolam loncat air
5. Olam bantalan air dan lain-lain

Disamping itu bangunan peredam energi dikenal pula dengan istilah lain yaitu tipe :

1. Vlughter
2. USBR
3. SAF
4. Schooklitch
5. MDO, MDS dan MDL
6. DII

2.6.7 Pemilihan, Pengertian serta Perhitungan Dimensi Peredam Energi

Vlughter

a. Pemilihan tipe

Jenis sungai Lematang yaitu sungai dengan angkutan sedimen dominan fraksi pasir dan kerikil. Dengan memperhatikan jenis sungai tersebut, maka bangunan peredam energi yang dipilih yaitu peredam energi berjenis *Vlughter*.

b. Peredam energi tipe *Vlughter*

Peredam energi *vlughter* biasanya dipakaidengan aliran sungai tidak membawa batuan-batuan keras. Bentuk hidrolis dari peredam energi ini dipengaruhi oleh tinggi energi di hulu di atas mereu (H_e), dan perbedaan energi di hulu dengan muka air air banjir hilir (Z).Sebagai batasan tipe ini maka dalam peredam energi dari mercu bendung $\leq 8,00$ m dan $Z \leq 4,50$ m.

Perhitungan peredam energi tipe *vlughter* sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{1}{3} \leq \frac{Z}{H_e} \leq \frac{4}{3} \text{ maka, } D=L=R \ 0,6 = H_e + 1,4 Z_e \dots\dots\dots (2.26)$$

$$a = 0,20 H_e \sqrt{\frac{H_e}{Z}} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\text{Untuk } \frac{4}{3} \leq \frac{Z}{H_e} \leq 10 \text{ maka, } D=L=R = H_e + 1,1 Z_e \dots\dots\dots (2.28)$$

$$a = 0,15 H_e \sqrt{\frac{H_e}{Z}} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan:

D = Kedalaman kolam ukur dari puncakmercu sampaipermukaan kolam

L = Panjang kolam yang diukur dari perpotongan bidang miring dan horizontal

R = Jari-jari kolam, dengan titik pusat sejajar dengan elevasi mercu

a = *End sill*

2.6.8 Back Water Curve

Back Water Curve adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana pengaruh kenaikan muka air akibat adanya pengempangan oleh bendung. Banyak teori yang mempelajari masalah ini antara lain dengan cara *Bresse*, *Direct Methode*, *Standard Methode*, *Intergration method* dan lain-lain.

Untuk praktisnya dapat dipakai persamaan dibawah ini:

$$L = \frac{2h}{i} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana:

- L = Panjang pengaruh pengempangan kearah hulu, dihitung dari titik bendung
- i = miring sungai
- h = tinggi kenaikan muka air di titik bendung, akibat pengempangan.

2.6.9 Tanggul Penahan Banjir

Akibat dari pembendungan air maka elevasi muka air di hulu bendung akan naik sehingga dibutuhkan tanggul untuk mencegah terjadinya banjir atau perluapan air akibat pemendungan.

Tanggul adalah suatu konstruksi yang dibuat di kiri dan kanan sungai untuk mencegah banjir yang diakibatkan naiknya elevasi muka air.

2.6.10 Perhitungan Panjang Lantai Udik

Perhitungan panjang lantai udik dilakukan dengan cara seperti berikut:

1. Panjang rayapan (*creep length*) harus cukup panjang untuk memperkecil aliran bawah.
2. Tentukan dengan cara perkiraan awal bentuk fundasi bendung dan panjang lantai udik.
3. Gambarkan bentuk fundasi bendung dan panjang lantai udik tersebut.
4. Hitung panjang lantai udik yang dibutuhkan.
5. Jika panjang lantai udik hasil perhitungan lebih panjang dari sayap dibutuhkan maka hasil perhitungan sudah memadai.

Rumus yang digunakan berdasarkan teori Lane's:

$$L = L_v + \frac{1}{3}L_H \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana:

L = Panjang total rayapan

L_v = Panjang vertikal rayapan

L_H = Panjang horizontal rayapan

Dalam desain lain ini diambil nilai:

$$\frac{L}{\Delta H} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana:

L = Panjang rayapan

ΔH = Kehilangan tekanan

2.6.11 Tembok Sayap, Tembok Pangkal dan Pengaruh Arus

1. Tembok Sayap Hilir

Tembok sayap hilir adalah tembok sayap yang terletak di bagian kanan dan kini peredam energi bendung yang menerus ke hilir dari tembok pangkal bendung dengan bentuk dan ukuran yang berkaitan dengan ukuran peredam energi Fungsinya sebagai pembatas, pengarah arus, penahan gerowongan dan longsoran tebing sungai di hilir bangunan dan pencegah aliran samping.

2. Tembok Pangkal Bendung

Definisi tembok pangkal bendung adalah tembok yang berada di kiri kanan pangkal bendung dengan tinggi tertentu yang menghalangi luapan aliran pada debit desain tertentu ke samping kiri dan kanan. Fungsinya sebagai pengarah arus agar arah aliran sungai tegak lurus (frontal) terhadap sumbu bendung, sebagai penahan tanah, pencegah rembasan samping, pangkal jembatan dan sebagainya.

3. Tembok Sayap Udik dan Pengarah Arus

Definisi tembok sayap adalah tembok sayap yang menerus ke udik dari tembok pangkal dengan bentuk dan ukuran yang disesuaikan dengan fungsinya sebagai pengarah arus, pelindung tebing dan atau pelindung tanggul penutup dari arus yang deras. Bentuknya miring dengan perbandingan 11 atau 1: 1½. Pertemuannya dengan tembok pangkal dibuat menyudut kurang lebih 45°. Panjang tembok sayap hilir dihitung dengan rumus berikut ini:

$$L_{si} = 1,5 L_s \dots\dots\dots (2.33)$$

2.6.12 Stabilitas Bendung

Stabilitas suatu bendung harus memenuhi syarat-syarat konstruksi daribendung, yaitu:

- a) Bendung harus stabil dan mampu menahan tekanan air pada waktu banjir.
- b) Bendung harus dapat menahan, bocoran yang disebabkan oleh aliran sungai dan aliran yang meresap kedalam tanah.
- c) Bendung harus diperhitungkan terhadap daya dukung tanah di bawahnya.
- d) Tinggi ambang bendung atau *crest level* harus dapat memenuhi tinggi muka air minimum yang diperlukan untuk seluruh daerah irigasi.
- e) Peluap harus berbentuk sedemikian rupa agar air dapat membawa pasir, kerikil, dan batu-batuan dan tidak menimbulkan kerusakan pada puncak ambang

Untuk mengetahui kekuatan bendung, sehingga konstruksi bendung sesuai dengan yang direncanakan dan memenuhi syarat yang telah ditentukan. Stabilitas bendung ditentukan oleh gaya-gaya yang bekerja pada bendung, seperti:

a. Gaya Berat.

Gaya berat dihitung berdasarkan bahan yang di pakai, sedangkan untuk berat bangunan itu sendiri adalah perkalian luas pias dengan berat volume bahan.

b. Gaya Gempa

Gaya gempa ditentukan oleh berat bangunan dan juga ditentukan oleh koefisien gempa. Dalam KP-06 Parameter Bangunan dipakai rumus:

$$a_d = n(ac \times z)^m \dots\dots\dots(2.34)$$

$$E = \frac{ad}{g} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana:

a_d = Percepatan gempa rencana (cm/det²)

E = Koefisien gempa

g = Percepatan gravitasi

z = Faktor yang tergantung pada letak geografis

Tabel 2.4 Jenis Tanah

Jenis	N	M
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,89	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium Lunak	0,29	1,32

(Sumber: Kp – 06 Parameter Bangunan 1986)

Tabel 2.5 Periode Ulang dan Percepatan Dasar Gempa a_c

Periode Ulang (Tahun)	a_c (cm/det ²)
20	85
100	160
500	225
1000	275

(Sumber: Kp – 06 Parameter Bangunan 1986)

c. Gaya Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap suatu luas bidang tekan pada kedalaman tertentu.

Untuk menghitung tekanan hidrostatik digunakan rumus sebagai berikut:

$$Pa = 1/2 \times \gamma_w \times h^2 \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana:

γ_w = Berat jenis air

h = Kedalaman air

d. Gaya Lumpur

Gaya lumpur adalah gaya yang diakibatkan oleh lumpur terhadap bangunan biasanya gaya lumpur menekan ke arah horizontal dan membebani gaya vertikal. Untuk perhitungannya digunakan rumus sebagai berikut:

$$Pa1 = \frac{1}{2} \times Ka \times \gamma_{sat} \times h^2 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Ka = tg^2(45^\circ - \frac{\theta}{2}) \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana:

$Pa1$ = Tekanan gaya lumpur

h = Ketinggian air

γ_{sat} = Berat volume lumpur

Θ = Sudut gesek dalam

K_a = Tekanan lumpur aktif

e. Gaya *Uplift Pressure* (Gaya Angkat)

Pada Kontruksi-kontruksi di daerah yang tergenang air atau muka air tanah yang tinggi maka terjadinya tekanan hidrostatik yang akan mengurangi besarnya angka keamanan.

$$\Sigma L = Lh + Lv \dots\dots\dots (2.38)$$

$$U_x = Hx \cdot \frac{Lx}{\Sigma L} \cdot \Delta H \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

H_x = Tinggi muka air dari titik yang dicari (m)

L_x = Panjang rayapan (m)

$\sum L$ = Total rayapan (m)

ΔH = Tinggi muka air normal (m)

U_x = *Uplift Pressure* di titik x (t/m^2)

Dalam perhitungan stabilitas bendung harus stabil dalam tiga keadaan yaitu:

a) Stabil terhadap geser

Bangunan dikatakan aman apabila keamanan lebih dari 1,5 (untuk keadaan normal) dan 1,2 (untuk keadaan ekstrim seperti Gempa dan banjir) dan dikatakan geser apabila angka keamanan kurang dari 1.5 (keadaan normal) dan 1,2 (untuk keadaan ekstrim seperti Gempa dan banjir) (faktor aman yang disyaratkan).

$$SF = \frac{f \sum V}{\sum H} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana:

F = Koefisien gesek

$\sum V$ = Jumlah gaya vertikal

$\sum H$ = Jumlah gaya horizontal

b) Stabil terhadap guling

Bangunan dikatakan aman terhadap guling apabila angka keamanan lebih dari 1.5 (keadaan normal) 1.2 (untuk keadaan ekstrim seperti gempa dari banjir) dan dikatakan guling apabila angka keamanan kurang dari 1,5 (keadaan normal) dan 1,2 (untuk keadaan ekstrim seperti gempa dan banjir) (faktor aman yang disyaratkan).

$$SF = \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana:

ΣMt = Jumlah momen tahan

ΣMg = Jumlah momen guling

c) Stabil terhadap amblas

Stabil terhadap amblas yaitu kemampuan tanah di dasar pondasi untuk mendukung beban yang bekerja pada pondasi apakah mampu menahan beban di atasnya atau tidak. Faktor yang mempengaruhi bahaya amblas adalah tegangan ijin tanah harus lebih besar dari tegangan pondasi bendung untuk mencegah dari bahaya keambelasan.

$$Tegangan (\sigma) = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$F = \frac{\sigma_{tanah}}{\Sigma \sigma_b} \geq 1,5 \dots\dots\dots (2.43)$$

2.7 Pengelolahan Proyek

2.7.1 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning*)

A. Network Planning

Networking planning prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan yang digambrkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian, diketahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu lembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi. Banyak nama digunakan *Networking Planning* atau sejenisnya, antara lain :

- a) CMD : Chart Method Diagram
- b) PEP : Program Evaluation Prosedure
- c) CPA : Critical Path Analysis
- d) CPM : Critical Path Method
- e) PERT : Program Evaluation and Review Technique

Penggunaan nama diatas tergantung dibidang mana hal tadi digunakan, umumnya yang sering dipakai CPM dan PERT, misalnya CPM digunakan kontraktor – kontraktor, sedangkan PERT dibidang Research dan Design. Walaupun demikian keduanya mempunyai konsep yang hampir sama.

1. Keuntungan Penggunaan *Network Planning* dalam Tata Laksana Proyek

1. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan dan menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
3. Mendokumen dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu) dan alternatif – alternative lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

2. Data – Data yan Diperlukan dalam Menyusun *Networking Planning*

1. Urutan pekerjaan yang logis : harus disusun pekerjaan apa saja yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum pekerjaan yang lain dimulai dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan : Biasanya memakai waktu rata – rata berdasarkan pengalaman bekerja dalam proyek.
3. Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan : Ini berguna bila pekerjaan – pekerjaan yang ada dijalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai. Misalnya : biaya – biaya lembur, biaya menambah tenaga dan sebagainya.
4. Sumber – sumber : Tenaga, equipment, dan material yang diperlukan.

3. Simbol – Simbol dengan *Network Planning*

1. Event on The Node, peristiwa digambarkan dalam lingkaran.
2. Activity on the Node, kegiatan digambarkan dalam lingkaran.

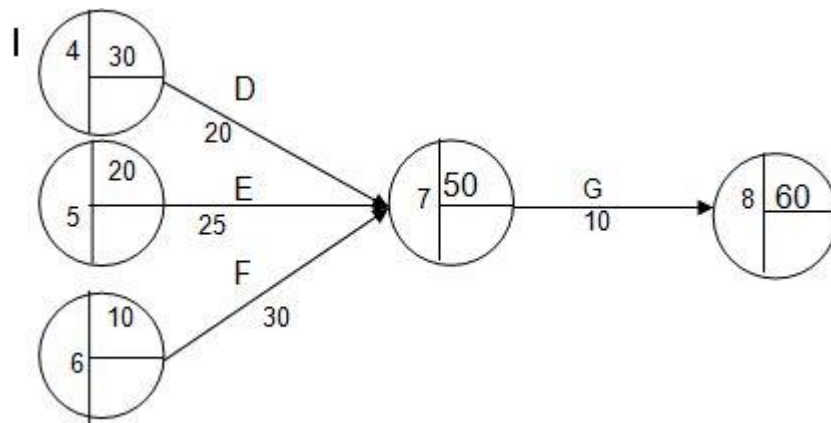
4. Simbol – Simbol Diagram *Network Planning*

1. Arrow \longrightarrow : Bentuknya merupakan anak panah yang artinya altivitas atau kegiatannya adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana dan resources (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2. Node \bigcirc : Bemtuknya merupakan lingkaran bulat artinya saat, peristiwa atau kegiatannya adalah permulaan atau akhir dari semua atau lebih kegiatan.
3. Double Arrow \dashrightarrow : Bentuk anak panah sejajar yang merupakan kegiatan di lintasan kritis.
4. Dummy $----\blacktriangleright$: Bentuknya merupakan anak panah terputus – putus yang artinya kegiatan semu / aktivitas semu, tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.

5. Hal yang perlu diingat dalam Menggambarkan Diagram Network Planning

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak kegiatan, banyaknya duration maupun resource yang dibutuhkan.
2. Aktivitas – aktivitas yang mendahului dan aktivitas – aktivitas apa yang mengikuti.
3. Aktivitas – aktivitas apa yang dapat bersama – sama dkerjakan.
4. Aktivitas – aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
5. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas – aktivitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu kegiatan.

Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.

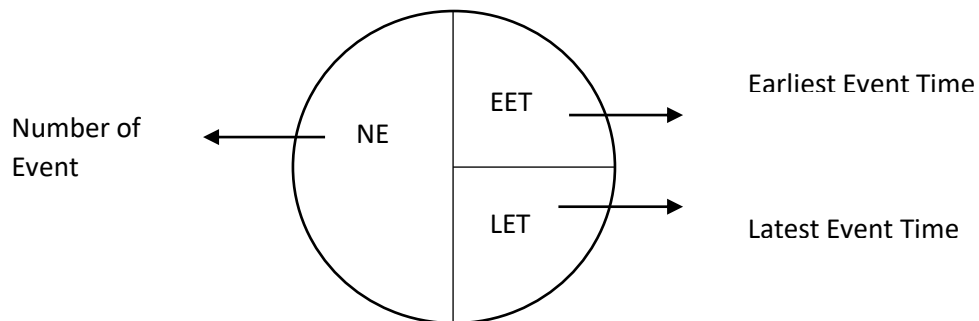


Gambar 2.1 Contoh Network Planning

6. Penggunaan EET dan LET pada Network Planning untuk Menentukan Lintasan Kritis (Critical Path)

a) Penggambaran NE, EET, dan LET

Event dengan symbol lingkaran, pertama – tama kita menjadi 3 bagian seperti terlihat dalam gambar, dibawah ini :



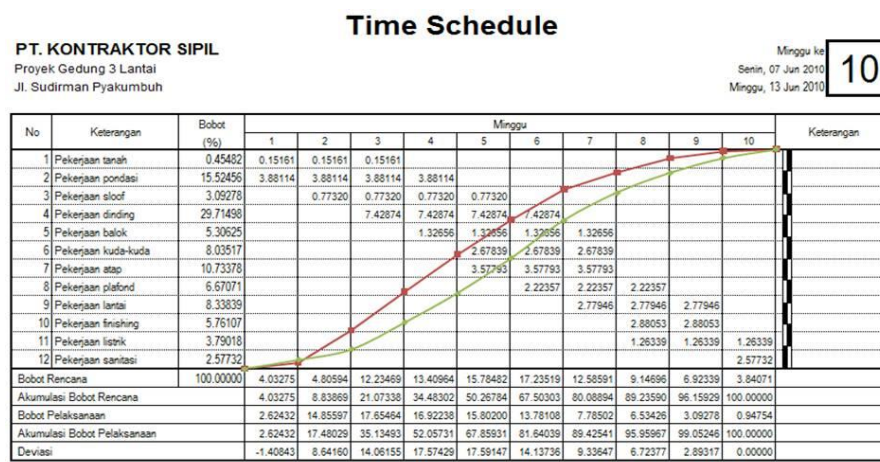
1. NE (Number of Event) adalah indeks urut tiap peristiwa sejak mula sampai dengan akhir dalam satuan diagram Network. Pembagian nomor kejadian dimulai dari angka 0 atau 1, kemudian diikuti pemberian nomor event yang lain pada dasarnya sejalan dengan arah panah yang dimulai angka terkecil ke angka lebih besar dan diakhiri nomor terbesar untuk kejadian terakhir.
2. EET (Earliest Event Time) adalah waktu yang paling awal peristiwa itu dapat dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma) : Mulai dari awal bergerak ke kegiatan akhir dengan jalan menjumlahkan yaitu EET ditambah durasi. Bila pada suatu kegiatan bertemu 2 atau lebih kegiatan, EET yang dipakai waktu.
3. LET (Lastest Event Time) adalah waktu yang paling akhir peristiwa itu dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma) : Mulai dari kejadian akhir bergerak mundur ke kejadian nomor 1 dengan jalan mengurangi, yaitu antara LET dikurangi durasi. Bila pada suatu kegiatan berasal 2 atau lebih kegiatan, LET yang dipakai waktu yang terkecil.

2.7.2 Kurva S

Kurva S merupakan salah satu metode perencanaan pengendalian biaya yang sangat lazim digunakan pada suatu proyek. Kurva S gambaran diagram persen kumulatif biaya yang diplot pada suatu sumbu koordinat dimana sumbu absis (X) menyatakan waktu selama masa proyek tersebut. Pada diagram kurva S, dapat diketahui pengeluaran biaya yang dikeluarkan satuan waktu, pengeluaran biaya kumulatif persatuan waktu dan progress pekerjaan yang didasarkan pada volume yang dihasilkan di lapangan.

Tujuan Penggunaan Kurva S, adalah :

1. Bagi kontraktor, sebagai dasar untuk membuat tagihan pembayaran ke pemilik proyek.
2. Bagi Owner / Pemilik proyek, sebagai dasar memantau progress pekerjaan fisik di lapangan yang selanjutnya sebagai dasar pembayaran ke kontraktor.



Gambar 2.2 Contoh Kurva S

Untuk menggambarkan Kurva S dapat diasumsikan biaya setiap item terdistribusi secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena dimungkinkan suatu item pekerjaan dengan biaya pembelian material yang besar (menyerap lebih dari 50% dari total harga pekerjaan tersebut) akan diserap diawal pekerjaan tersebut dan sisa durasi dilakukan

untuk biaya pemasangannya. Namun hal ini tidak sepenuhnya dapat dijadikan dasar untuk membuat tagihan kontraktor dikarenakan proses fisik pengerjaannya belum terlaksana.

Cara membuat Kurva S rencana adalah sebagai berikut :

1. Membuat CPM.
2. Membuat barchart.
3. Membuat pembobotan pada setiap item pekerjaan.
4. Bobot item pekerjaan itu dihitung berdasarkan biaya setiap item pekerjaan dibagi biaya total pekerjaan dikalikan 100.
5. Setelah bobot masing – masing item dihitung, pada masing – masing pekerjaan.
6. Setelah itu bobot pekerjaan tiap periode waktu tertentu, dijumlahkan secara komulatif.
7. Angka komulatif pada setiap periode itu di plot pada sumbu Y (koordinat) dalam grafik dan waktu pada absis.
8. Dengan menghubungkan semua titik – titik di dapat kurva S.

Cara membuat Kurva S actual adalah kurva diplot pada kurva S rencana, dengan cara pembuatan sama dengan pembuatan kurva S rencana. Perbedaannya adalah dalam perhitungan biaya pekerjaan per satuan waktu di hitung berdasarkan volume fisik yang dihasilkan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volume yang dihasilkan didarkan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner / pemilik atau yang mewakili dari hasil opname yang sah dapat dipertanggungjawakan.

2.7.3 Barchart

Barchart merupakan bagan yang memuat daftar kegiatan – kegiatan yang akan dilaksanakan, disusun secara berbasis ke bawah dimana masing – masing kegiatan mewakili waktu pelaksanaan yang diperlukan (durasi) yang ditunjukkan dalam bentuk garis berkala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai balok).

Panjang setiap garis/balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing – masing jenis pekerjaan. Dalam hal perhitungan melalui bobot masing – masing jenis kegiatan maka barchart dapat dilengkapi dengan suatu kurva yang dikenal “Kurva S” yang merupakan fungsi waktu dari persentase bobot pekerjaan.

Untuk menghitung persentase bobot masing – masing jenis kegiatan haruslah diketahui baik biaya masing – masing kegiatan maupun jumlah biaya keseluruhan kegiatan. Perhitungan persentase bobot masing – masing jenis kegiatan adalah sebagai berikut :

$$\text{Bobot kegiatan} = \frac{\text{Biaya Kegiatan}}{\text{Biaya Total Keseluruhan Pekerjaan}} \times 100\%$$

(Sumber : <https://sinta.unud.ac.id>)

WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)		PROYEK PEMBANGUNAN <i>insinyurgoblog.com</i>		WAKTU PELASANAAN																KET							
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL											
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Pekerjaan Pendahuluan	25.697.028,00	6,91	3,5	3,5																						
2	pekerjaan Pondasi	64.896.432,00	17,45			5,8	5,8	5,8																			
3	Pekerjaan Struktur	120.000.000,00	32,27					8,1	8,1	8,1	8,1																
4	Pekerjaan Dinding Bata	4.300.000,00	1,16							0,3	0,3	0,3	0,3														
5	Pekerjaan Pintu, Kusen, dan Jendela	26.000.000,00	6,99							1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2												
6	Pekerjaan Instalasi Listrik	13.000.000,00	3,50									0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5								
7	Pekerjaan Sanitasi	18.000.000,00	4,84									0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6					
8	Pekerjaan Atap	75.000.000,00	20,17											4	4	4	4	4	4								
9	Perkerjaan finishing	25.000.000,00	6,72														1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
Jumlah		371.893.460,00	100,00																								
RENCANA PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	3,5	5,8	5,8	14	9,5	11	6,6	6,30	6,30	6,5	6,5	2,4	1,9	1,3									
KOMULATIF PROGRES MINGGUAN (%)				3,5	6,9	13	19	32	42	51	62	69	75,0	81	88	94	97	99	100								

Gambar 2.3 Contoh Barchart

2.7.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang nantinya akan digunakan untuk pelaksanaan suatu kegiatan baik bisnis maupun proyek. Dalam beberapa bisnis, proyek atau event, perencanaan anggaran merupakan dokumen yang wajib ada untuk melihat besaran biaya yang akan digunakan. Perencanaan perlu dilakukan untuk mengetahui biaya yang akan dikeluarkan sehingga keuangan lebih terarah.

Pada pelaksanaan proyek misalnya, rencana anaran biaya ini menjadi dasar apakah kontraktor bisa memberikan penawaran atau tidak. Semakin menjanjikan rencana yang dibuat maka kontraktor tentu akan semakin tertarik untuk memberikan penawarannya. Rencana anggaran sudah meliputi tahap perencanaan, pemilihan material, dan berbagai pembiayaan lainnya seperti upah pekerjaan dan biaya pengerjaan.

Proyek bahkan bisnis atau event yang dijalankan tanpa adanya perencanaan anggaran yang rinci akan menyebabkan pembengkakan biaya. Ini karena pembelian atau pengadaan alat dan bahan serta operasionalnya tidak terkontrol dengan baik sehingga pengeluaran tidak terarah. Ini juga yang membuat proyek atau bisnis sering menghadapi kegagalan karena perencanaan anggaran yang tidak baik.

a) Item Rincian yang wajib ada didalam RAB

RAB memiliki beberapa komponen di dalamnya. Berikut di bawah ini item rincian yang harus ada dalam RAB

1. Uraian pekerjaan. Jika pekerjaan konstruksi biasanya terdapat sub jenis pekerjaan misalnya pekerjaan persiapan, giliran, urugan dan pekerjaan pondasi beton.
2. Volume pekerjaan (Unit). Jika di dalam pengadaan barang biasanya digunakan satuan unit. Sedangkan untuk pekerjaan konstruksi kebanyakan dihitung dalam satuan meter persegi (m^2), meter kubik (m^3), atau unit.
3. Harga satuan. Jika pengadaan barang cukup mengalikan harga satuan dengan unit barang sehingga ditemukan biaya belanja modal. Sedangkan untuk pekerjaan konstruksi dipisah menjadi dua bagian, yaitu harga jasa atau harga jasa berikut materialnya. Kemudian, kalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan.
4. Total upah pekerja. Upah pekerja ini umumnya hanya untuk pekerjaan jasa konstruksi saja, yaitu didapatkan dari biaya per jam x estimasi waktu pekerjaan x total pekerja.
5. Total material bahan bangunan.

6. Grand Total, yaitu jumlah harga yang didapatkan dari penjumlahan total upah dengan total material atau perkalian volume dengan total upah.

b) Langkah – Langkah penyusunan RAB

Menyusun RAB memang susah – susah gampang. Dikatakan mudah karena pembuatan RAB sebenarnya hanya merupakan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dikatakan sulit karena ada jenis pekerjaan (misalkan jasa konstruksi) yang mengharuskan untuk mendaftar item pekerjaan/sub jenis pekerjaan meliputi upah pekerja, bahan material dan sewa alat untuk disertakan di dalam RAB. Oleh karena itu, dalam pembuatan RAB diperlukan ketelitian dalam pembuatannya.

Mengacu pada penjelasan mengenai komponen item pekerjaan yang harus ada di dalam RAB, ada lima langkah yang harus penyedia barang/jasa perhatikan dalam menyusun RAB.

Berikut langkah – langkah yang harus diperhatikan dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya ;

1. Mempelajari Gambar Kerja Detail (DED) dan Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS)

Sebelumnya menyusun RAB pengadaan jasa konstruksi seorang Quantity of Surveyor tentunya harus mempelajari Gambar Kerja Detail (DED) yang disediakan oleh Pemilik Proyek. Mempelajari DED bertujuan untuk mengetahui item – item pekerjaan apa saja yang akan dikerjakan beserta tahapannya.

Kemudian, penyedia menentukan metode apa yang tepat dan efisien untuk digunakan dalam pekerjaan tersebut, tentunya dengan mempertimbangkan RKS yang telah ditetapkan oleh panitia. Pada akhirnya tujuan dari mempelajari DED dan RKS ini untuk mendapatkan harga satuan yang murah dan efisien.

Jika sudah dinyatakan sebagai pemenang tender, DED ini nantinya juga bisa digunakan untuk mengurus keperluan untuk pengajuan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) dan pembuatan Surat Perjanjian Kontrak Kerja (SPK).

Penggunaan DED pada RAB untuk proyek konstruksi diperlukan untuk menentukan berbagai jenis pekerjaan, spesifikasi dan ukuran material bangunan. Berbeda jika pelaksanaan proyek pengadaan barang, tidak dibutuhkan gambar kerja detail. Dengan mempersiapkan DED pada pengadaan jasa konstruksi akan memudahkan untuk menghitung volume pekerjaan.

2. Menyusun Item Pekerjaan dan Menghitung Volume Pekerjaan

Tahapan yang selanjutnya dilakukan dilakukan oleh penyedia adalah menguraikan item – item pekerjaan yang akan dikerjakan. Setelah semua item yang diperlukan didaftar dengan baik, maka langkah selanjutnya adalah menghitung volume pekerjaan.

Perhitungan ini dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan, misalkan m^2 , m^3 , atau per unit. Volume pekerjaan nantinya dikalikan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga didapatkan jumlah biaya pekerjaan.

3. Membuat dan Menentukan Daftar Harga Satuan Pekerjaan (H1)

Untuk pekerjaan konstruksi, harga satuan pekerjaan dapat dipisahkan menjadi harga upah, material dan alat. Harga satuan pekerjaan merupakan item yang harus hati – hati dalam menetukannya, karena dalam tahapan ini seorang Quantity of Surveyor harus mempertimbangkan banya faktor.

Dalam menentukan harga satuan diperlukan penggunaan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK). Jika semua penyedia jasa menggunakan HSPK yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah maupun pusat akan terjadi penawaran harga yang sama.

Sementara itu untuk sebuah tender yang dilelang melalui situs LPSE, penyedia jasa cukup mengisi harga satuan karena item pekerjaan dan volume pekerjaan sudah disiapkan oleh Pemilik Kerja.

Sebelum menentukan H1 terlebih dahulu tentukan Harga Satuan diluar keuntungan (H0). H0 ini dalam dunia kontraktor sering disebut RAP. RAP yaitu rencana anggaran biaya proyek pembangunan yang

dibuat kontraktor untuk memperkirakan berapa sebenarnya biaya sesungguhnya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kontrak kerja proyek konstruksi. Jadi dari pengetahuan RAP tersebut bisa kita lihat bahwa selisih antara RAP dan RAB merupakan gambaran awal untuk memperkirakan laba rugi perusahaan kontraktor.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan H0, adalah :

1. Biaya Asuransi Ketenagakerjaan dan Perlengkapan K3. Jika tidak ada biaya asuransi ketenagakerjaan dan perlengkapan K3, maka biaya – biaya tersebut dimasukkan kedalam setiap harga satuan.
2. Pastikan mendapatkan harga bahan material, sewa alat dan jasa aplikasi langsung lainnya dari supplier atau subcontractor dengan ketentuan harga sudah termasuk PPN dan PPh serta berapa besar diskon yang diberikan.

Biaya tidak langsung (*Overhead*) merupakan biaya lain –lain yang tidak tertera dalam RAB, seperti gaji staff, biaya transportasi staff, mesh karyawan, pembelian barang kecil – kecilan missal jajan untuk rapat, air minum karyawan proyek, alat tulis kantor dll.