

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. UMUM

Pembangunan di bidang ekonomi yang mempunyai keterkaitan dengan bidang industri dan bidang pertanian disertai peningkatan sumber daya manusia merupakan prioritas utama dalam pembangunan nasional.

Biaya konstruksi merupakan kriteria yang cukup penting dalam pemilihan suatu struktur. Kriteria ini tidak terlepas dari efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur harus di desain secara ekonomis serta mudah dalam pelaksanaannya.

Kecenderungan akhir, dengan bertambahnya spesialisasi profesi dan berkembangnya tipe serta sistem bangunan baru, pendekatan pemecahan masalah desain berkembang dengan masuknya *Value Engineering* sebagai bagian dalam analisis pengambilan keputusan desain. Sejak pertama dipraktikkannya konsep *Value Engineering* oleh Lawrence Miles (1954), bapak dari *Value Engineering*, sampai saat ini ada beberapa definisi *Value Engineering*.

- a. Lawrence D. Miles (1954) mendefinisikan *Value Engineering* adalah usaha yang sistematis untuk mengurangi biaya produksi, tanpa mengurangi mutu, *performance*, *durability*, *reliability*, yang ditetapkan.
- b. L. W. Crum (1970) mendefinisikan *Value Engineering* adalah penerapan dari teknik analisis nilai pada sebuah desain dan tahap perkembangan.
- c. Alphonse J. Dell'Isola (1982) mendefinisikan *Value Engineering* adalah tidak hanya menurunkan biaya, biaya mungkin saja tidak berkurang tetapi *performance* meningkat.
- d. Suryana Chandra (1987) mendefinisikan *Value Engineering* sebagai berikut:
 - *Multidisciplined Team Approach*
terdiri dari pemilik proyek, *experienced designer* dan konsultan *Value Engineering*.

- *Oriented System*
untuk menentukan dan menghilangkan elemen biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*).
 - *Oriented Function*
untuk mencapai fungsi yang diperlukan sesuai dengan nilai yang diperoleh dan biaya yang dikeluarkan.
 - *Life Cycle Cost Oriented*
meneliti jumlah biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh dan mengoperasikan fasilitas yang diperlukan selama masa manfaatnya.
- Value Engineering* bukan :
- *Cost Cutting Process*
menurunkan biaya proyek dengan jalan menekan harga satuan, atau mengorbankan kualitas dan penampilannya.
 - *Design Review*
mengoreksi hasil desain yang ada.
 - *A Requirement Done on All Designs*
bukan menjadi keharusan dari setiap perancang untuk melaksanakan program-program *Value Engineering*.

Bangunan secara umum merupakan suatu produk multi-disiplin, dengan demikian *Value Engineering* akan lebih efektif apabila diterapkan secara multi-disiplin pula. Sebenarnya, dengan pengertian yang sama *Value Engineering* sudah diterapkan dalam setiap aktivitas desain, tetapi dalam kenyataannya hasil perancangan masih selalu mengandung elemen-elemen biaya yang tidak perlu, yang sebenarnya dapat dihemat.

Jembatan dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan rute/ lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api, dan perlintasan lainnya. Suatu konstruksi jembatan terdiri dari dua komponen utama yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*).

Jenis-jenis jembatan cukup banyak tergantung dari sudut pandang yang diambil. Berdasar bahan bangunannya sendiri jembatan dapat dikelompokkan menjadi:

a. Jembatan Kayu

Biasanya untuk lalu lintas kecil pada bentang kecil dan kadang untuk jembatan pembantu.

b. Jembatan pasangan batu dan batu bata

Mulai ada jembatan pasangan batu dan batu bata sejak 5000 tahun yang lalu. Pada jembatan dengan bahan ini, struktur jembatan hanya berbentuk *beam* saja. Di Inggris jembatan dengan pasangan batu disebut *Clapper Bridge*.

c. Jembatan Beton Bertulang

Beton konvensional kuat terhadap tekan tetapi lemah terhadap tarik sehingga pada bagian tariknya akan mudah retak. Untuk itu digunakan tulangan baja atau besi yang diletakkan pada bagian yang tertarik, karena baja dan besi kuat terhadap tarik.

d. Jembatan beton prategang (*Prestressed Concrete Bridge*)

Pada jembatan beton prategang diberikan gaya prategang awal yang dimaksudkan untuk mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban.

e. Jembatan Baja

Keuntungan dari jembatan baja adalah segi estetikanya. Pada jembatan baja umumnya menggunakan struktur rangka/ *truss*.

f. Jembatan Komposit

Jembatan komposit menggunakan dua bahan yang berbeda dengan mengambil keuntungan dari kedua bahan tersebut, misal beton dengan baja.

Sebelumnya, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perencanaan jembatan, aspek tersebut antara lain :

- Arus lalu lintas
- Kondisi tanah
- Struktur bangunan jembatan
- Aspek pendukung lain

2.2. ASPEK ARUS LALU LINTAS

Dalam perencanaan, lebar jembatan sangat dipengaruhi oleh arus lalu lintas yang melintasi jembatan dengan interval waktu tertentu yang diperhitungkan terhadap Lalu lintas Harian Rata-rata/ LHR maupun dalam satuan mobil penumpang/ smp (*Passenger Car Unit/ PCU*). Dalam penentuan LHR/ volume yang lewat jembatan sekarsuli diambil beberapa analisa, data-data tersebut diambil dari data jembatan yang direncanakan oleh konsultan perencana.

2.3. ASPEK TANAH

Tanah di lokasi jembatan sangat mempengaruhi konstruksi jembatan keseluruhan, tanah harus kuat menahan semua beban dari jembatan.

Perkerasan jalan diletakkan di atas tanah dasar, dengan demikian secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau di dekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Data-data tanah diambil dari data jembatan yang direncanakan oleh konsultan perencana.

2.4. ASPEK KONSTRUKSI

2.4.1. Pembebanan Struktur

Beban yang bekerja pada struktur jembatan Sekarsuli ini disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Dirjen Bina Marga DPU yaitu :

2.4.1.1. Beban Primer

Beban primer atau muatan primer adalah beban atau muatan yang merupakan muatan utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan primer adalah :

a. Beban Mati

Yaitu merupakan beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

Dalam menentukan besarnya muatan mati tersebut, harus dipergunakan nilai berat volume untuk bahan bangunan dibawah ini :

- Baja tuang 7,85 T/m³
- Aluminium paduan 2,80 T/m³
- Beton bertulang 2,50 T/m³
- Beton biasa , beton cyclop 2,20 T/m³
- Pasangan batu 2,00 T/m³
- Kayu 1,00 T/m³
- Tanah , pasir,kerikil (dalam keadaan padat) 2,00 T/m³
- Perkerasan jalan beraspal 2,00 – 2,50 T/m³
- A i r 1,00 T/m³

b. Beban Hidup

Muatan hidup adalah semua muatan yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/ lalu lintas dan atau berat pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan.

- Macam-macam beban hidup

Muatan hidup pada jembatan yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam yaitu muatan “T” yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan muatan “D” yang merupakan beban jalur untuk gelagar.

- Lantai Kendaraan dan Jalur Lalu lintas

Yang dimaksud dengan “lantai kendaraan” adalah seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan. Yang dimaksud

dengan satu “ jalur lalu lintas” adalah bagian dari lantai kendaraan yang digunakan oleh suatu rangkaian kendaraan. Jalur lalu lintas ini mempunyai lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar jalur minimum ini harus untuk menentukan muatan “D” per jalur. Jumlah jalur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 meter atau lebih ditentukan menurut Tabel.1. untuk selanjutnya jembatan ini digunakan dalam menentukan muatan “D” pada perhitungan reaksi perletakan.

Tabel 2.1. Jumlah Lajur Lalu Lintas

Lebar Lantai kendaraan	Jumlah jalur lalu lintas
5,50 sampai dengan 8,25 m	2
lebih dari 8,25 sampai dengan 11,25 m	3
lebih dari 11,25 sampai dengan 15,00 m	4
lebih dari 15,00 sampai dengan 18,75 m	5
lebih dari 18,75 sampai dengan 32,50 m	6

Catatan : daftar tersebut diatas hanya digunakan dalam menentukan jumlah jalur pada jembatan

- **Beban “T”**

Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan jembatan, harus digunakan beban “T” seperti dijelaskan berikut ini :

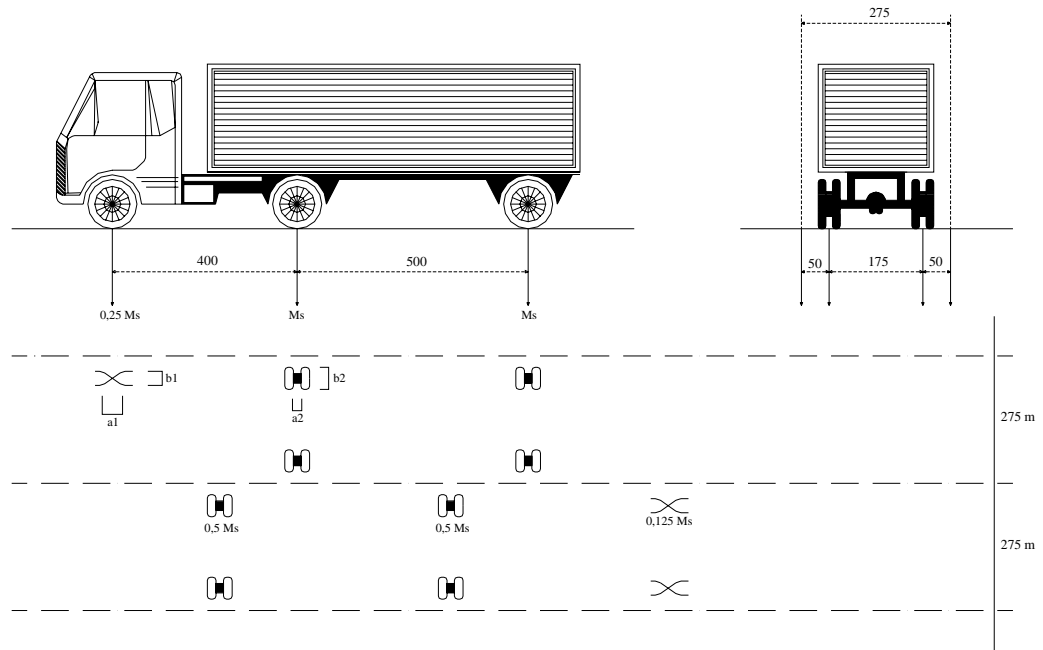
Beban “T” adalah muatan yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban dua roda (dua Wheel Load) sebesar 10 ton.

Di mana : $a_1 = a_2 = 20 \text{ cm}$

$b_1 = 12,50 \text{ cm}$

$b_2 = 50,00 \text{ cm}$

$M_s = \text{muatan rencana sumbu} = 20 \text{ ton}$



Gambar 2.1. Ketentuan beban “T” yang dikerjakan pada jembatan jalan raya

- **Beban “D”**

Untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “q” ton per meter panjang per jalur dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.

Besar “q” ditentukan sebagai berikut :

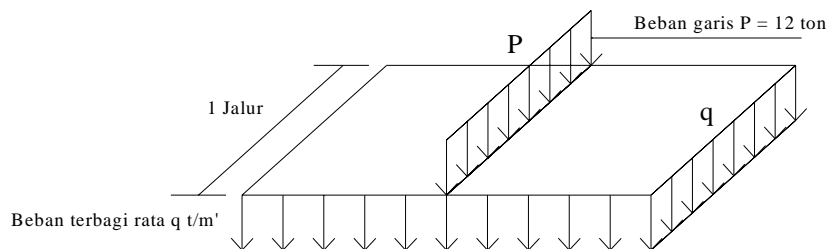
$$q = 2,2 \text{ T/m} \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ T/m} - 1,1/60 \times (L-30) \text{ T/m} \quad \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 (1+30/L) \text{ T/m} \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

L = panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan sesuai dengan tabel III (PPJJR hal 11)

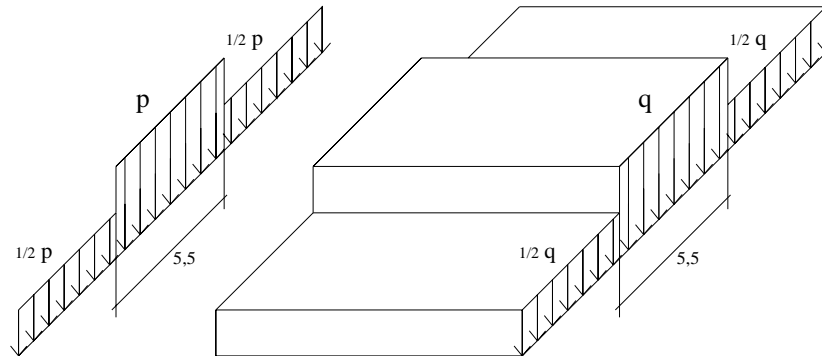
T/m` = ton meter panjang, per jalur



Gambar 2.2. Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan jalan raya

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah Sebagai berikut :

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil daripada 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya (100%) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari pada 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh dari muatan “D” (50%)



Gambar 2.3. Ketentuan Penggunaan beban “D” pada jembatan jalan raya

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhitungkan ketentuan bahwa muatan hidup per meter beban jalur lalu lintas jembatan menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter diatas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar jalur lalu lintas.

- Beban pada Trotoir, Kerb dan Sandaran
 - a. Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m². Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena

pengaruh beban hidup pada trotoir, diperhitungkan beban 60% beban hidup trotoir.

- b. Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus diperhitungkan untuk dapat menahan satu beban horisontal ke arah melintang jembatan sebesar 500 kg/m yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm.
- c. Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoir harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m, yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoir.

- **Beban Kejut**

yaitu merupakan beban akibat dari getaran dan pengaruh dinamis lain. Tegangan akibat beban D harus dikalikan koefisien kejut.

Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$k = 1 + \frac{20}{(50 + L)}$$

di mana : k = Koefisien kejut.

L = Panjang bentang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan (keadaan statis) dan kedudukan muatan garis "P".

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas tidak merupakan satu kesatuan.

- **Gaya akibat tekanan tanah**

Bagian bangunan jembatan yang menahan tanah harus direncanakan dapat menahan tekanan tanah sesuai rumus-rumus yang ada. Beban kendaraan dibelakang bangunan penahan tanah diperhitungkan senilai dengan muatan tanah setinggi 60 cm.

2.4.1.2. Beban Sekunder

Beban sekunder atau muatan sekunder adalah muatan pada jembatan yang merupakan muatan sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk muatan sekunder adalah :

a. Beban angin

Pengaruh beban angin yang ditetapkan sebesar 150 kg/m^2 dalam arah horisontal terbagi rata pada bidang vertikal setinggi 2 meter menerus di atas lantai kendaraan dan tegak lurus sumbu memanjang seperti tercantum dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya (PPJJR) pasal 2 (1) hal 13.

b. Gaya akibat perbedaan suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Tercantum dalam PPJJR pasal 2 (2) tabel II hal 14

c. Gaya rangkak dan susut

Pengaruh rangkak dan susut dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Jika susut dan rangkak dapat mengurangi pengaruh muatan lain, maka harga dari rangkak tersebut harus diambil minimum (PPJJR pasal 2 (3))

d. Gaya rem

Pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban D tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan. Gaya tersebut bekerja dalam arah horisontal sejajar dengan sumbu memanjang jembatan setinggi 1,8 meter di atas lantai kendaraan (PPJJR pasal 2 ayat 4)

e. Gaya gempa

Jembatan-jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana dapat diharapkan adanya pengaruh-pengaruh dari gempa bumi, harus direncanakan dengan memperhitungkan pengaruh-pengaruh gempa tersebut. Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dipehitungkan senilai dengan pengaruh suatu gaya horizontal, yang bekerja pada titik berat konstruksi/ bagian konstruksi yang ditinjau, dalam arah yang paling berbahaya.

Gaya horizontal yang dimaksud ditentukan dengan rumus :

$$K = E \times G$$

Di mana :

K = Gaya horizontal.

G = Muatan mati dari konstruksi/ bagian konstruksi yang ditinjau.

E = Koefisien gempa bumi, yang ditentukan menurut daftar di bawah ini

Tabel 2.2. Koefisien Gempa Bumi

Keadaan Tanah/ Pondasi	Daerah Zone Gempa		
	I	II	III
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah sebesar 5 kg/cm ² atau lebih	0,12	0,06	0,03
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi langsung dengan tekanan tanah kurang dari 5 kg/cm ²	0,20	0,10	0,05
Untuk jembatan yang didirikan diatas pondasi selain pondasi langsung	0,28	0,14	0,07

Catatan : Pengaruh gempa pada muatan hidup tidak perlu diperhatikan

f. Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak

Jembatan perlu ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain (PPJJR pasal 2 (6) hal 15).

$$Gg = R \times Ft$$

Di mana :

Gg = Gaya gesekan pada tumpuan.

R = Reaksi akibat beban mati.

Ft = Koefisien gesek antara gelagar dengan tumpuan.

0,01 untuk tumpuan (1) roll baja

0,05 untuk tumpuan (2 atau lebih) roll baja.

0,15 untuk tumpuan gesekan (tembaga – baja)

0,25 untuk tumpuan gesekan (baja besi tuang)

0,15 s/d 0,18 untuk tumpuan gesekan (baja beton)

2.4.1.3. Beban Khusus

Beban khusus atau muatan khusus adalah muatan yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan, muatan ini umumnya mempunyai salah satu atau lebih sifat-sifat berikut ini :

- Hanya berpengaruh pada sebagian konstruksi jembatan
- Tidak selalu bekerja pada jembatan
- Tergantung dari keadaan setempat
- Hanya bekerja pada sistem-sistem tertentu

Beban khusus seperti yang termuat dalam Peraturan Perencanaan Jembatan Jalan Raya/ PPJJR pasal 3 berupa :

- a. Beban sentrifugal (K_s)

$$K_s = 0,79 \frac{V^2}{R}$$

Di mana :

V = Kecepatan rencana

R = Jari-jari tikungan

- b. Gaya tumbuk

Gaya tumbuk antara kendaraan dan pilar dimaksudkan pada jembatan-jembatan layang dimana bagian dibawah jembatan digunakan untuk lalu lintas.

- c. Gaya pada saat pelaksanaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, dimana ditinjau sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

- d. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

$$Ah = K (V_a)^2$$

Di mana :

Ah = Tekanan air

V_a = Kecepatan aliran

K = Koefisien aliran

2.4.1.4. Kombinasi Beban

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diijinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Kombinasi pembebanan

No.	Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang dipakai terhadap Tegangan Ijin
1.	$M + (H + K) Ta + Tu$	100%
2.	$M + Ta + Ah + Gg + A + SR + Tm + S$	125%
3.	Kombinasi (1) + $Rm + Gg + A + SR + Tm$	140%
4.	$M + Gh + Tag + Gg + AHg + Tu$	150%
5.	$M + P1$	130% *)
6.	$M + (H + K) + Ta + S + Tb$	150%

*) Khusus untuk jembatan baja

Keterangan :

A = Beban angin

Ah = Gaya akibat aliran dan hanyutan

AHg = Gaya akibat aliran dan hanyutan pada saat terjadi gempa

Gg = Gaya gesek pada tumpuan bergerak

Gh = Gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi

$(H+K)$ = Beban hidup dan kejut

M = Beban mati

$P1$ = Gaya-gaya pada saat pelaksanaan

Rm = Gaya rem

- S = Gaya sentrifugal
 SR = Gaya akibat susut dan rangkaiak
 Tm = Gaya akibat perubahan suhu
 Ta = Gaya tekanan tanah
 Tag = Gaya tekanan tanah akibat gempa bumi
 Tb = Gaya tumbuk
 Tu = Gaya angkat

2.4.2. Struktur Atas (*Upperstructure*)

Struktur atas merupakan struktur dari jembatan yang terletak dibagian atas dari jembatan. Pemilihan konstruksi ini berdasarkan pada bentang jembatan, yaitu:

Tabel 2.4. Pemilihan konstruksi berdasarkan bentang jembatan

No	Jenis Bangunan Atas	Variasi Bentang (m)	Perbandingan H /L Tipikal	Penampilan
A	Konstruksi Kayu :			
1	Jembatan balok dengan lantai urug atau lantai papan	5 – 20	1 / 15	Kurang
2	Gelagar kayu gergaji dengan papan lantai	5 – 10	1 / 5	Kurang
3	Rangka lantai atas dengan papan kayu	20 – 50	1 / 5	Kurang
4	Gelagar baja dengan lantai papan kayu	5 – 35	1/17 – 1/30	Kurang
B	Konstruksi Baja :			
1	Gelagar baja dengan lantai plat baja	5 – 25	1/25 – 1/27	Kurang
2	Gelagar baja dengan lantai beton komposit (bentang Sederhana dan menerus)	15 – 50 35 – 90	1 / 20	Fungsional
3	Rangka lantai bawah dengan plat beton	30 – 100	1/8 – 1/11	Kurang
4	Rangka Baja Menerus	60 – 150	1 / 10	Baik
C	Konstruksi Beton Bertulang :			
1	Plat beton bertulang	5 – 10	1 / 12,5	Fungsional
2	Pelat berongga	10 – 18	1 / 18	Fungsional

3	Gelagar beton ' T '	6 – 25	1/12 – 1/15	Fungsional
4	Lengkung beton (Parabola)	30 – 70	1 / 30	Estetik
D	Jembatan Beton Pratekan :			
1	Segmen pelat	6 – 12	1 / 20	Fungsional
2	Gelagar I dengan lantai beton komposit, bentang menerus.	20 – 40	1 / 17,5	Fungsional

Pada perencanaan jembatan, struktur bagian atas meliputi :

1. Sandaran

Merupakan pembatas antara kendaraan dengan pinggiran jembatan yang berfungsi sebagai pengaman bagi pemakai lalu lintas yang melewati jembatan tersebut. Konstruksi sandaran terdiri dari :

- a. Tiang sandaran (*Raill Post*), biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
- b. Sandaran (*Hand Raill*), biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang. Beban yang bekerja pada sandaran adalah beban sebesar 100 kg yang bekerja dalam arah horisontal setinggi 0,9 meter.

2. Trotoir

Trotoir berfungsi untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan .Konstruksi *trotoir* direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan pada lantai jembatan bagian samping yang diasumsikan sebagai pelat yang tertumpu sederhana pada pelat jalan. Prinsip perhitungan pelat *trotoir* sesuai dengan SKSNI T – 15 – 1991 – 03. Pembebanan pada *trotoir* meliputi :

- a. Beban mati berupa berat sendiri pelat.
- b. Beban hidup sebesar 500 kg/ m² berupa beban merata dan beban terpusat pada *kerb* dan sandaran.
- c. Beban akibat tiang sandaran.

Penulangan plat *trotoir* diperhitungkan sebagai berikut :

$$d = h - p - 0,5\phi \quad M/bd^2 = \dots \rightarrow \rho \text{ (GTPBB)}$$

ρ_{\min} dan ρ_{\max} dapat dilihat pada tabel GTPBB (Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang)

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$A_s = \rho * b * d$ dimana; d = tinggi efektif pelat

h = tebal pelat

ρ = tebal selimut beton

ϕ = diameter tulangan

b = lebar pelat per meter

3. Pelat Lantai

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan. Pelat lantai diasumsikan tertumpu pada dua sisi. Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

a. Beban mati berupa berat sendiri pelat, berat *pavement* dan berat air hujan.

b. Beban hidup berupa muatan "T" dengan beban gandar maksimum 10 T.

Perhitungan untuk penulangan pelat lantai jembatan sama dengan prinsip penulangan pada pelat *trottoir*.

4. Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang berfungsi menahan beban plat lantai, lapis perkerasan dan beban air hujan, kemudian menyalurkannya ke gelagar melintang.

5. Gelagar Melintang

Gelagar melintang menerima limpahan beban dari gelagar memanjang kemudian menyalurkannya ke rangka baja.

Baik gelagar memanjang maupun melintang harus ditinjau terhadap :

Kontrol kekuatan :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Di mana : M = Momen

W = Momen tahanan

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{L}{500} < \delta \quad : \text{dimana} \quad : L = \text{Bentang}$$

$$\delta = \frac{5ML^2}{48EI} \quad : \text{dimana} \quad : E = \text{Modulus Elastisitas Bahan}$$

I = Inersia

6. Rangka Baja

Rangka baja berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada jembatan dan menyalurkannya pada tumpuan untuk disalurkan ke tanah dasar melalui pondasi.

7. Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk menahan gaya akibat angin.

8. Andas Jembatan

Merupakan perletakan dari jembatan yang berfungsi untuk menahan beban berat baik yang vertikal maupun horisontal. Disamping itu juga untuk meredam getaran sehingga abutment tidak mengalami kerusakan.

Untuk perletakkan jembatan direncanakan digunakan *bearings* merk CPU buatan Indonesia, seperti terlihat pada gambar dibawah ini (*bearing pad dan elastomeric bearing*).

a. CPU *Elastomeric Bearings*

Spesifikasi :

- Merupakan bantalan atau perletakan *elastomer* yang dapat menahan beban berat, baik yang vertikal maupun horisontal.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* disusun atau dibuat dari lempengan *elastomer* dan logam yang disusun secara lapis per lapis.
- Merupakan satu kesatuan yang saling melekat kuat dan diproses dengan tekanan tinggi.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* berfungsi untuk meredam getaran, sehingga kepala jembatan (*abutment*) tidak mengalami kerusakan.

- Lempengan logam yang paling luar dan ujung-ujung *elastomer* dilapisi dengan lapisan *elastomer* supaya tidak berkarat.
- Bantalan atau perletakan *elastomer* juga disebut bantalan *neophrene* yang dibuat dari karet sintetis.

Pemasangan :

- Bantalan atau perletakan *elastomer* dipasang diantara tumpuan kepala jembatan dan gelagar jembatan.
- Untuk melekatkan bantalan atau perletakan *elastomer* dengan beton atau besi dapat dipergunakan lem *epoxy rubber*.

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.

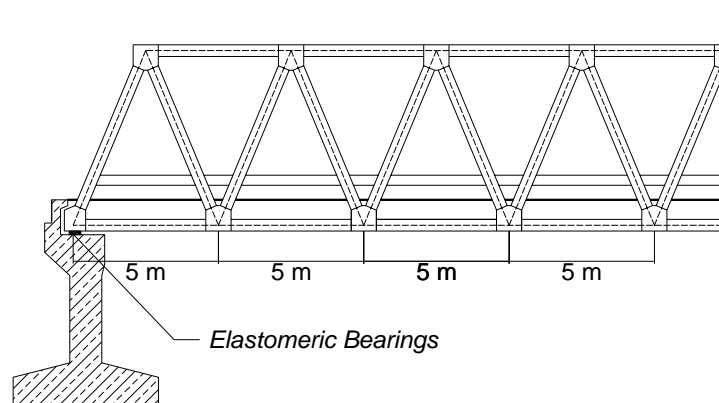
b. *Bearing Pad/ Strip*

Spesifikasi :

- Merupakan lembaran karet (*elastomer*) tanpa plat baja
Berfungsi untuk meredam getaran mesin maupun ujung gelagar jembatan
- Dipasang diantara beton dengan beton atau beton dengan besi

Ukuran :

Selain ukuran-ukuran standar yang sudah ada, juga dapat dipesan ukuran sesuai permintaan.



Gambar 2.4. Andas Jembatan

9. Oprit

Oprit dibangun agar memberikan kenyamanan saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Oprit disini dilengkapi dengan dinding penahan. Pada perencanaan oprit, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Tipe dan kelas jalan ataupun jembatan. Hal ini sangat berhubungan dengan kecepatan rencana.
- b. Volume lalu lintas.
- c. Tebal perkerasan.

2.4.3. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

1. *Abutment*

Dalam perencanaan ini, struktur bawah jembatan berupa *abutment* yang dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah. Dalam hal ini perhitungan *abutment* meliputi :

- a. Menentukan bentuk dan dimensi rencana penampang *abutment* serta mutu beton serta tulangan yang diperlukan.
- b. Menentukan pembebanan yang terjadi pada *abutment* :
 - Beban mati berupa rangka baja, lantai jembatan, trotoir, perkerasan jembatan (*pavement*), sandaran, dan air hujan.
 - Beban hidup berupa beban merata dan garis serta beban di trotoir.
 - Beban sekunder berupa beban gempa, tekanan tanah aktif, rem dan traksi, koefisien kejut , beban angin dan beban akibat aliran dan tumbukan benda-benda hanyutan.
- c. Menghitung momen, gaya normal dan gaya geser yang terjadi akibat kombinasi dari beban-beban yang bekerja.
- d. Mencari dimensi tulangan dan cek apakah *abutment* cukup memadai untuk menahan gaya-gaya tersebut.
- e. Ditinjau juga kestabilan terhadap *sliding* dan bidang runtuh tanah.
- f. Ditinjau juga terhadap *settlement* (penurunan tanah).

2.4.4. Pondasi

Pondasi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur keseluruhan. Jenis pondasi umum yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut :

Alternatif 1 :

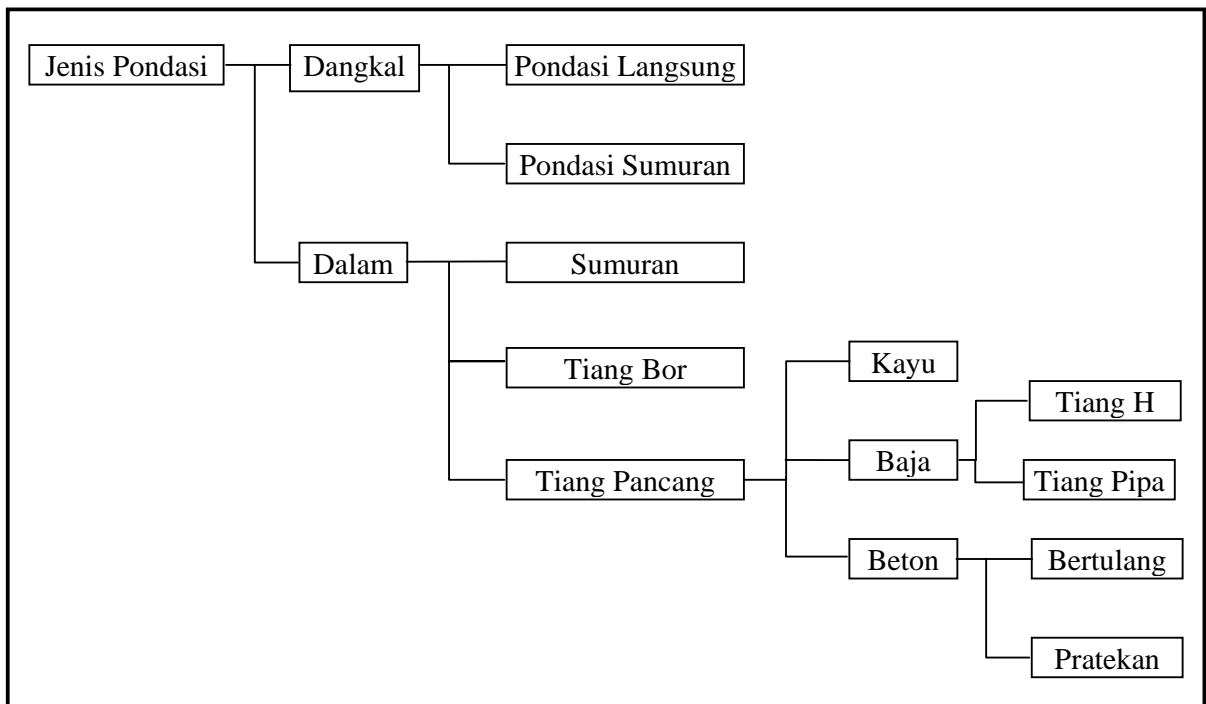
- Pondasi dangkal

Dapat dilakukan dengan pondasi langsung maupun sumuran

Alternatif 2 :

- Pondasi dalam

Dapat dilakukan dengan sumuran, tiang bor maupun tiang pancang (dari bahan kayu, baja, beton).



Gambar 2.5. Bagan jenis-jenis pondasi

Perencanaan pondasi ditinjau terhadap pembebanan vertikal dan lateral, dimana berdasarkan data tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras terletak pada lapisan sangat dalam, sehingga pondasi pada perencanaan jembatan Kali Sekarsuli

ini direncanakan menggunakan pondasi *bored pile*. Persyaratan teknik pemakaian pondasi jenis ini adalah :

- Tekanan konstruksi ke tanah < daya dukung tanah pada dasar sumuran
- Aman terhadap penurunan yang berlebihan, gerusan air, dan longsoran tanah
- Diameter *bore pile* $\geq 0,50$ meter
- rumus:

$$P_u = \frac{9 * C_b * A_b + 0,5 * \pi * d * C_s * L_s}{F_s}$$

Di mana:

C_b = kohesi tanah pada base

A_b = luas base

d = diameter *pile*

C_s = kohesi pada selubung *pile*

L_s = panjang selubung *pile*

F_s = 2,5 – 4,0

2.4.5. Drainase

Fungsi drainase adalah untuk membuat air hujan secepat mungkin dialirkan ke luar dari jembatan sehingga tidak terjadi genangan air dalam waktu yang lama. Akibat terjadinya genangan air maka akan mempercepat kerusakan struktur dari jembatan itu sendiri. Saluran drainase ditempatkan pada tepi kanan–kiri dari badan jembatan.

2.5. SISTEM MANAJEMEN

2.5.1. Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Rekayasa nilai (*Value engineering*) adalah suatu teknik yang dalam merencanakan suatu produk dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan biaya–biaya yang tidak perlu tanpa mengorbankan kualitas produk (Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987).

2.5.2. Prinsip - Prinsip Rekayasa Nilai

Tujuan utama penciptaan suatu produk pada dasarnya adalah untuk kepuasan kepada pemakainya. Dengan demikian para perancang produk seharusnya tidak menciptakan fungsi-fungsi produk yang berlebihan yang pada akhirnya tidak berguna. Jadi gagasan harus dikembangkan dengan bertitik tolak dari :

- a. Penghematan biaya
- b. Penghematan waktu
- c. Penghematan bahan.

dengan memperhatikan aspek kualitas dari produk jadi.

Dalam merancang suatu produk, permasalahan yang dihadapi dapat dirumuskan sebagai berikut : apabila fungsi pokok telah terpenuhi sampai sejauh mana perancang dapat menambahkan fungsi-fungsi sekunder. Hal ini perlu diperhatikan mengingat penambahan fungsi pada produk akan selalu berarti penambahan biaya. Kiranya dapat dipahami bahwa dalam hal tertentu mungkin saja konsumen lebih menyukai produk yang sederhana, lebih rasional, dan murah. (Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987)

2.5.3. Pengertian Fungsi Produk

Pada saat produk akan dirancang, persoalan mendasar yang timbul adalah aspek kegunaan produk. Pendekatan yang paling baik untuk menjawab pertanyaan ini adalah dengan mencoba mendefinisikan semua fungsi yang harus ada produk. Analisa selanjutnya harus didasarkan atas fungsi-fungsi tersebut.

(Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987)

2.5.4 Pengertian Nilai (*Value*)

Pengertian nilai dapat dibedakan atas :

- a. Nilai bagi pemakai produk (konsumen), dan
- b. Nilai bagi pembuat produk.

Nilai bagi pemakai merupakan ukuran sampai sejauh mana pemakai bersedia mengorbankan sesuatu untuk memiliki suatu produk. Sedangkan nilai bagi produsen menunjukkan pengorbanan yang diberikan produsen dalam menawarkan suatu produk kepada konsumennya.

Pengertian nilai masih dapat dibedakan lagi atas :

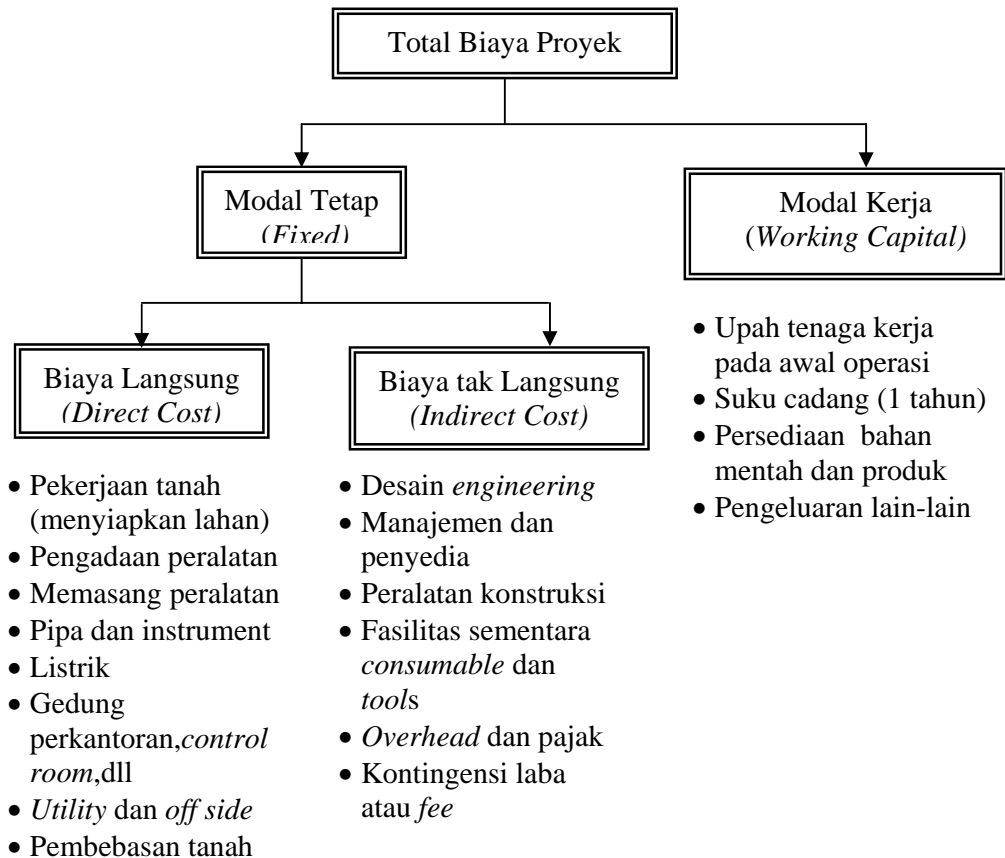
- a Nilai kegunaan : menyatakan tingkat kegunaan dan pelayanan yang dapat diberikan oleh suatu produk.
- b Nilai *prestise* : nilai yang mengaitkan suatu produk dengan image yang menyebabkan daya tarik untuk memilikinya.
- c Nilai tukar : merupakan ukuran pengorbanan finansial yang diberikan konsumen untuk dapat memiliki suatu produk.
- d Nilai biaya : merupakan hasil penjumlahan dari biaya-biaya seperti bahan, tenaga, biaya tak langsung, dan biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat produk tersebut.

(Sumber: Manajemen, Ali Basyah Siregar dan Tma Ari Samadhi,1987)

2.6. PENGERTIAN BIAYA PROYEK

Pada dasarnya sebelum kita mengetahui pihak-pihak yang berperan dalam pekerjaan tersebut, kita memerlukan sumber daya (*resource*) seperti bahan, tenaga kerja, peralatan, dan sebagainya. Masalah keuangan mencakup biaya dan pendapatan proyek serta penerimaan dan pengeluaran kas sangat berpengaruh. Dalam hal ini profitabilitas dan likuiditas terkait erat. Untuk menjamin adanya profitabilitas dan likuiditas proyek, maka perlu dibuat anggaran biaya proyek.

Total biaya yang dikeluarkan pada suatu proyek dapat dilihat pada bagan sebagai berikut :

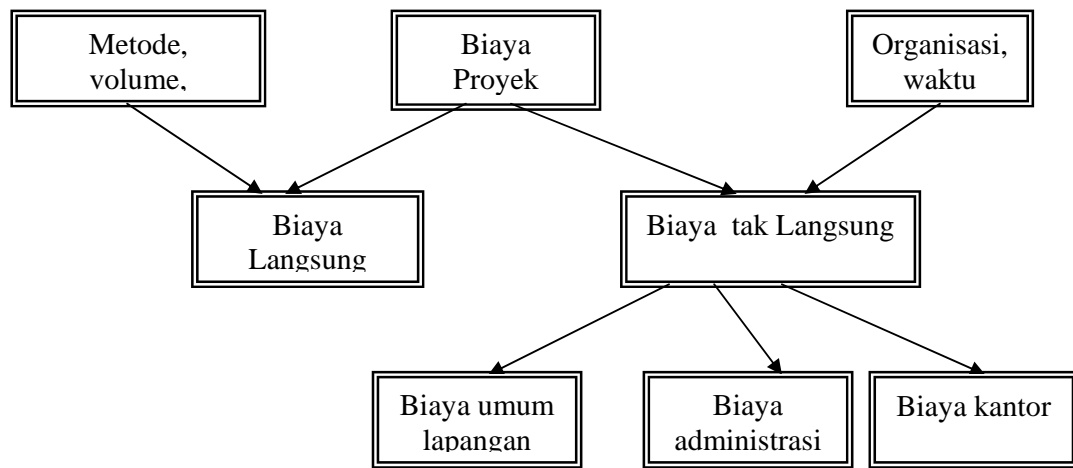


Gambar 2.6 Klasifikasi Perkiraan Biaya Proyek (Imam Soeharto, 1995)

Secara umum biaya dalam suatu proyek dapat dikelompokkan menjadi biaya tetap dan biaya tidak tetap. Modal tetap merupakan bagian dari biaya proyek yang digunakan untuk menghasilkan biaya proyek yang digunakan menghasilkan produk yang diinginkan, mulai dari studi kelayakan semua konstruksi atau instalasi tersebut berjalan penuh. Sedangkan modal kerja merupakan biaya yang digunakan untuk menutupi kebutuhan pada tahap awal operasi.

Selain pembagian biaya diatas, biaya dapat dilihat dari perspektif lain, yaitu biaya pemilik (*owner cost*) dan biaya kontraktor, serta biaya lingkup kerja pemilik (*owner scope*). Biaya pemilik (*owner cost*) meliputi biaya-biaya administrasi pengelolaan proyek oleh pemilik, pembayaran kepada konsultan, royalty, izin-izin, pajak. Biaya kontraktor merupakan biaya yang dibebankan oleh kontraktor kepada pemilik proyek atas jasa yang telah diberikan.

Owner Scope adalah biaya untuk menutup pengeluaran bagi pelaksanaan pekerjaan fisik yang secara administratif ditangani langsung oleh pemilik (tidak diberikan kepada kontraktor atau kontraktor utama). Umumnya terdiri fasilitas diluar instansi, misalnya pembangunan perumahan pegawai, telokomunikasi, dan infrastruktur pendukung lainnya.



Gambar 2.7. Biaya-Biaya Proyek

Biaya langsung (*direct cost*) yaitu himpunan pengeluaran untuk tenaga kerja, bahan, alat-alat, dan sub kontraktor. Apabila durasi dipercepat, maka pada umumnya biaya langsung secara total akan semakin tinggi.

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) yaitu himpunan pengeluaran untuk overhead, pengawasan resiko-resiko, dan lain-lain. Biaya ini mempunyai sifat bahwa apabila durasi diperlambat, maka secara total akan semakin tinggi.

2.7. PENGERTIAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

2.7.1. RENCANA ANGGARAN BIAYA

- Rencana : himpunan planning, termasuk detail/ penjelasan dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan, terdiri dari : bestek dan gambar bestek.

- Anggaran: perkiraan/ perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek dan gambar bestek
- Biaya : besar pengeluaran yang berhubungan dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan-persyaratan yang terlampir.

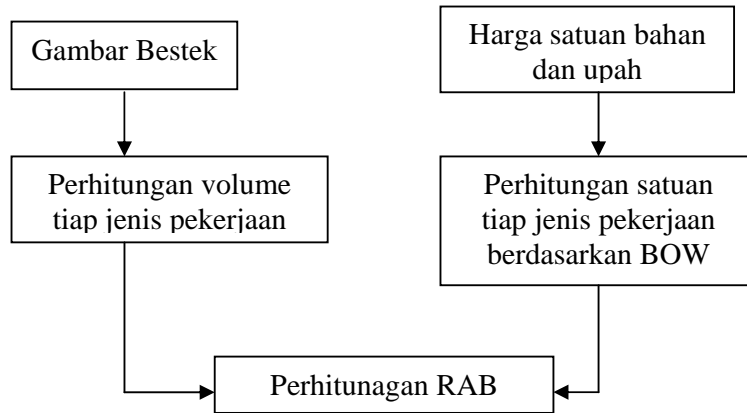
Jadi Rencana Anggaran Biaya adalah :

- Merencanakan bentuk bangunan yang memenuhi syarat
- Menentukan biaya
- Menyusun tata cara pelaksanaan teknis dan administrasi

Tujuan pembuatan Rencana Anggaran Biaya yaitu untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai : bentuk/ konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan serta penyelesaian.

Dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya ada tiga istilah yang harus dibedakan, yaitu : Harga Satuan Bahan, Harga Satuan Upah, dan Harga Satuan Pekerjaan.

- Harga Satuan Bahan
Merupakan kumpulan suatu daftar harga-harga bahan di pasaran.
- Harga Satuan Upah
Merupakan upah tenaga kerja yang didapatkan di lapangan, kemudian dikumpulkan dan dicatat dalam suatu daftar harga satuan upah.
- Harga Satuan Pekerjaan
Sebelum menyusun dan menghitung Harga Satuan Pekerjaan seseorang harus mampu menguasai cara penggunaan BOW. BOW (Burgerlijke Openbare Werken) yaitu suatu ketentuan umum yang ditetapkan Dir. BOW tanggal 28 Februari 1921 Nomor 5372 A pada zaman pemerintahan Belanda.



Gambar 2.8. Urutan Pembuatan RAB