

## ESTIMASI BIAYA PRODUKSI DAN PENENTUAN HARGA ALAT PENUKAR KALOR DI PT. B

**Tarmizi Husni**

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA, Palembang.*

### ABSTRAK

Alat Penukar Kalor (APK) merupakan suatu peralatan industri yang mempunyai fungsi strategis dalam berbagai proses industri, terutama dalam industri kimia, untuk industri perminyakan, industri pupuk dan lain sebagainya. Guna mengantisipasi perkembangan dan peluang permintaan penawaran APK dalam negeri yang akhir-akhir ini cenderung meningkat, maka industri manufaktur yang bergerak dalam proses pabrikasi APK perlu melakukan standarisasi dalam proses pabrikasi dan penawaran harga yang dilakukannya, sehingga perusahaan akan dapat mengantisipasi perubahan unsur-unsur biaya yang terjadi dan akan memberikan keluasaan gerak pada perusahaan untuk mendapatkan order melalui tender-tender yang ada. Sistem estimasi terhadap perhitungan biaya pabrikasi dan penentuan harga APK yang dilakukan, dilaksanakan dalam usaha untuk mempercepat proses penentuan harga sebuah unit APK dengan ketepatan dan kecepatan terhadap estimasi perhitungan biaya yang akan dilakukan. Penentuan sistem estimasi dilakukan terhadap rangkaian proses pabrikasi unit-unit APK dalam kegiatan produksi yang dilakukan. Dari hasil analisa terhadap sistem yang dilakukan dapat diketahui besarnya biaya pembuatan APK (harga pokok produksi) tipe shell and tube sebesar Rp. 39.208.630,- dari system ini ternyata dapat memberikan kontribusi penghematan dalam perhitungan penawaran harga terhadap biaya 30 %, waktu 85 %, jam tenaga kerja 72 % dan jam pekerja 20 %.

Kata Kunci: Estimasi Biaya, Pabrikasi, Manufaktur, Alat Penukar Kalor

### 1. UMUM

Perkembangan industri manufaktur di tanah air yang dewasa ini semakin cepat telah menyebabkan permintaan pemakaian APK untuk menunjang kegiatan proses industri di perusahaan semakin meningkat, keadaan ini menimbulkan tumbuhnya beberapa industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pabrikasi APK.

Dalam perhitungan besarnya biaya pembuatan produk APK ini seringkali dilakukan hanya berdasarkan pada perkiraan semata, sehingga dalam pelaksanaan pabrikasi akan timbul perbedaan antara besarnya biaya dan waktu perkiraan dengan besarnya biaya dan waktu realisasi, keadaan ini juga sangat berkaitan dengan jumlah tenaga kerja dan jumlah jam orang (*manhour*) untuk pekerjaan tersebut. Selain itu, dalam proses pabrikasi mungkin tidak semua komponen perlu dibuat sendiri, sehingga pada bagian-bagian tertentu perlu di sub kontrakkan, hal ini menyebabkan terjadinya kesenjangan dalam memenuhi permintaan penawaran yang ada, sehingga hanya sebagian saja yang dapat dipenuhi baik melalui permintaan biasa atau melalui tender-tender yang ada, hal ini disebabkan dalam proses permintaan penawaran APK yang dimaksud mempunyai dimensi, spesifikasi teknis dan batas waktu penawaran permintaan yang berbeda-beda dari yang dikehendaki oleh konsumen, disamping itu adanya ketergantungan dengan bagian-bagian lain dalam menyelesaikan proses estimasi untuk penentuan harga APK merupakan cirri khas dari keadaan yang saat ini berlaku di PT. B., sehingga membuat penentuan harga APK memerlukan waktu yang lama.

## 2. TUJUAN PENELITIAN.

Adapun tujuan dari penelitian pada tulisan ini adalah :

1. Mempercepat proses penentuan harga APK
2. Mengefektifkan jumlah pemakaian tenaga kerja
3. Membuat estimasi biaya produksi APK berdasarkan waktu operasi dan jumlah bahan yang digunakan sesuai dengan perencanaan formulasi yang ditentukan sehingga diketahui harga pokok produksi APK.

## 3. ALAT PENUKAR KALOR (APK).

APK merupakan suatu alat untuk memindahkan energi thermal dari sumber panas ke sumber lebih dingin atau alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan energi dalam bentuk kalor antara dua fluida atau lebih yang mempunyai temperatur berbeda.

Semua *shell and tube Heat Exchanger* pada waktu bekerja akan dikenai tekanan dari dalam (*Internal pressure*,) oleh karena itu APK ini dapat diidentikkan dengan bejana bertekanan (*pressure Vessel*), sehingga untuk menjamin kelangsungan proses, APK yang digunakan harus memenuhi standar kualitas tertentu dengan aturan-aturan khusus (kode) yang harus dipenuhi oleh pihak pabrikan dalam melakukan spesifikasi APK, misalnya; kode ASME yang berisi cara mengontrol kualitas material yang datang selama proses pabrikasi sampai dilakukan pengiriman, dan kode TEMA yang berisi standar dalam aturan desain konstruksi APK.

## 4. PROSES PRODUKSI DAN ESTIMASI BIAYA PABRIKASI.

Proses produksi merupakan proses pengerjaan dalam membuat komponen-komponen APK, secara umum dalam proses produksi akan melalui proses sebagai berikut;

1. Proses *Marking*;  
Proses ini merupakan proses penandaan yang dilakukan diatas bahan atau material yang akan dikerjakan. Pada proses *marking* ini dalam melakukan penandaan haruslah ditambahkan untuk mencapai ketebalan bahan yang sesuai dengan spesifikasi, karena sesudah proses selanjutnya bahan akan mengalami penyusutan.
2. Proses *Cutting*;  
Bahan atau material yang sudah dilakukan penandaan telah siap untuk dilakukan pemotongan melalui mesin potong. Dalam melakukan pemotongan material ini, dapat dilakukan dengan berbagai macam mesin potong, misalnya dengan menggunakan mesin potong *beaver*.
3. Proses *Forming*;  
Proses ini merupakan proses pembentukan material, dalam proses ini terdiri dari beberapa macam proses, seperti proses pengerolan, proses pengeboran, proses pembubutan dan proses *press*.
4. Proses *Welding*;  
Proses ini merupakan proses penyambungan bahan baik terhadap komponen-komponen itu sendiri maupun dengan komponen-komponen yang lainnya.
5. Proses *Testing*;  
Proses ini merupakan proses untuk menjamin kualitas produk sesuai dengan toleransi dan kinerja produk yang dihasilkan.

Adapun komponen-komponen APK yang akan diproduksi meliputi;

- a. **Komponen Shell;**  
*Shell* merupakan bagian tengah alat penukar kalor dan merupakan rumah untuk *tube bundle*.  
 Antara *shell* dan *tube bundle* terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas, sesuai dengan proses yang terjadi.  
 Diantara sekat (*baffle*) harus terdapat ruang bebas untuk memudahkan dalam memasukkan *baffle* ke dalam *shell*.  
 Untuk memproduksi elemen *shell* ini terdapat beberapa rangkaian proses pekerjaan seperti; *Marking, Cutting, Rolling, Fit-up, long and Circ. Welding* dan *Grinding*.
- b. **Komponen Head and Channel;**  
 Elemen *Head* terdiri dari dua bagian yaitu, *head stationer* dan *rear end head*. *Head Stationer* merupakan salah satu bagian ujung dari alat penukar kalor dan merupakan saluran masuk fluida yang akan mengalir ke dalam *tube*. *Head Stationer* terdiri dari dua macam yaitu, *Channel* dan *Bonnet* (topi).  
*Rear end Head* merupakan head bagian belakang yang terletak pada bagian ujung yang lain dari APK.  
 Dalam proses produksi elemen *head* ini secara langsung terintegrasi dengan *channel*, dan rangkaian prosesnya meliputi; *marking, cutting, pre-bending, rolling, grinding, fit-up, long and circ. weld, cutting holes flange, and nozzles, fit-up, nozzle, flange* dan *welding*.
- c. **Elemen Nozzle**  
*Nozzle* merupakan tempat masuk atau keluarnya fluida (*inlet* atau *outlet*). Pada APK minimal harus terdapat 4 (empat) buah *nozzle*, yaitu dua untuk fluida dalam *tube* dan dua untuk fluida luar *tube*. Untuk membuat elemen *nozzle* dilakukan proses produksi berupa, *marking, cutting, mach drill* dan *welding*.
- d. **Elemen Saddle**  
*Saddle* merupakan tempat dudukan atau kaki dari APK. Dalam proses pabrikasi elemen *saddle* terdapat beberapa rangkaian proses produksi sebagai berikut; *Marking, cutting, bending, welding, dan grinding*.
- e. **Elemen Tube Bundle**  
*Tube* dalam APK merupakan urat nadi, karena didalam dan diluar *tube* mengalir fluida. Fluida yang mengalir tersebut mempunyai kapasitas, temperature, tekanan, *density* serta jenis yang berbeda. Kedua ujung dari *tube* ini diikat pada *tube sheet* yang bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida yang mengakibatkan kontaminasi.  
*Tube* yang sudah dirakit menjadi *tube bundle* dimasukkan kedalam *shell* alat penukar kalor, *tube bundle* ini sudah dilengkapi dengan sekat (*baffle*). Dalam proses pabrikasi elemen *tube bundle* terdiri dari proses sebagai berikut; *fit-up, champering holes, insert tubes*.

Sedangkan dalam estimasi yang dilakukan terhadap harga pabrikasi dan biaya produksi yang terjadi meliputi;

#### 4.1. Persiapan Penentuan Harga Pabrikasi;

Dalam membuat suatu komponen, aliran proses produksi, spesifikasi bahan dan spesifikasi APK, maka akan dapat ditentukan dan direncanakan jenis dan jumlah bahan baku yang akan digunakan, termasuk besarnya kehilangan bahan baku selama proses produksi (*waste*), jumlah bahan penolong, jumlah tenaga kerja, jumlah jam tenaga kerja (*manhour*), jumlah jam mesin yang digunakan, kebutuhan peralatan pembantu, pekerjaan khusus dan pekerjaan yang disubkontrakan.

- a. **Pemakaian Bahan Baku;**  
 Bahan baku utama dalam proses pabrikasi APK adalah material plat yang sesuai dengan spesifikasinya, bahan jadi dan bahan setengah jadi. Dalam memilih jenis bahan baku untuk bagian-bagian yang bertekanan harus berdasarkan pada suhu perencanaan, tekanan dan fungsi atau tujuan penggunaannya. Selain itu harus dengan standar kode yang berlaku untuk bagian yang mampu memikul tekanan, sedangkan untuk bagian-bagian yang tidak

bertekanan seperti dudukan APK (*saddle*) dan lainnya harus dilas pada bagian-bagian yang bertekanan dan dipergunakan bahan baku yang terbuat dari baja Carbon ASTM 293 atau JIS SS 41 atau yang sejenis. Kebutuhan bahan baku dihitung dan disesuaikan dengan ukuran yang tersedia dan menurut standar yang ada di pasaran.

- b. Pemakaian Bahan Pembantu;  
Perhitungan bahan bantu utama berupa kawat las tergantung pada tebal bahan dan panjang pengelasan, yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$W_p = (W_m + W_b) \times L_p \times F_w \text{ (kg) ..... (1)}$$

dimana;

$W_p$  = total welding material yang dibutuhkan (kg)

$W_m$  = standard weld deposit yang dibutuhkan sesuai tebal material (kg/meter)

$W_b$  = standard weld deposit sebagai akibat dari *back chipping* (kg/meter)

$L_p$  = panjang pengelasan (meter)

$F_w$  = standar factor keamanan kebutuhan *welding material* akibat adanya *repair welding* dan *welding material* yang tidak terpakai.

- c. Pemakaian Jam Orang (*manhour*);  
Perhitungan jam orang (*manhour*) dari setiap jenis pekerjaan dilakukan dengan menghitung jumlah orang dan jumlah waktu yang digunakan dalam satuan jam, dengan tarif terhadap upah merupakan pembebanan dalam satuan rupiah.
- d. Pemakaian Mesin;  
*Job* pekerjaan dengan menggunakan mesin dilakukan terhadap pemakaian jam mesin yang dihitung berdasarkan lamanya mesin itu digunakan dalam satu jam. Untuk menyelesaikan sebuah APK dari awal sampai akhir dibutuhkan beberapa jasa mesin, dimana setiap mesin mempunyai harga (tarif) tersendiri yang dinyatakan dalam rupiah terhadap waktu yang digunakan.
- e. Pemakaian Peralatan Pembantu;  
Peralatan pembantu berfungsi untuk memperlancar dan memudahkan serta mempersingkat waktu penyelesaian komponen APK yang dibuat. Pemakaian alat bantu ini akan tergantung pada komponen yang akan dipabrikasi dan berhubungan langsung dengan tingkat dimensi dan tingkat kesulitan proses pabrikasi.

#### 4.2. Perhitungan Pabrikasi dan Estimasi Biaya APK.

##### A. Perhitungan Pabrikasi dan Estimasi Biaya Elemen *Shell*.

Rangkaian Proses yang dilalui selama proses pabrikasi elemen *shell* ini meliputi, proses *marking, cutting, rolling, fit-up, welding* dan *grinding*. Untuk menghitung berat dari *shell* *slindris* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus;

$$W_{shell} = \pi \times D^{2out} \times L \times t \times G \times 0,0254^2 \times 25,4 \text{ (kg)}$$

Dimana;

$W$  = shell (kg)

$D_{out}$  =  $D_{in} + 2 \times$  tebal bahan (in)

$D_{in}$  = diameter dalam *shell* (in)

$L$  = panjang tangensial *shell* (in)

$t$  = tebal bahan yang digunakan (in)

$G$  = berat jenis bahan yang digunakan (kg/dm<sup>2</sup>)

0,0254 = faktor konversi (in)

25,4 = faktor konversi (in)

Adapun perhitungan terhadap bahan baku, bahan pembantu, jam orang (*manhour*), jam mesin serta biaya yang terjadi dapat diestimasi sebagai berikut;

- a. Bahan baku atau material.
  - Berat bersih *shell* =  $a_{11}$  kg
  - Berat Berat kehilangan bahan baku (*waste*) =  $\underline{a_{12}}$  kg
  - Berat bahan baku terhitung adalah =  $xa$  kg
  - Jumlah biaya bahan baku *shell* adalah  $xa$  kg x Rp. / kg =  $xa$  Rp.
- b. Bahan Pembantu meliputi;
  - batu grinda =  $b_{15}$  Rp. .,
  - Kebutuhan kawat las =  $b_{11}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Gas argon =  $b_{12}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Elpiji =  $b_{13}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Oksigen =  $b_{14}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Jumlah biaya bahan pembantu adalah =  $xb$  Rp. .,
- c. Perhitungan Upah Tenaga Kerja.
  - Biaya tenaga kerja plat =  $c_{11}$  Rp. .,
  - Biaya tenaga kerja las =  $c_{12}$  Rp. .,
  - Jumlah biaya tenaga kerja pabrikan *shell* =  $xc$  Rp. .,
- d. Pemakaian Mesin.
  - Biaya pemakaian mesin plat =  $d_{11}$  Rp. .,
  - Biaya pemakaian mesin las =  $d_{12}$  Rp. .,
  - Jumlah biaya pemakaian mesin adalah =  $xd$  Rp. .,

**B. Perhitungan Pabrikan dan Estimasi Biaya Produksi Elemen *Nozzle***

Proses pabrikan yang dilalui dalam membuat elemen *nozzle* ini meliputi, *marking, cutting, mach. Drill* dan *welding*. Adapun rincian perhitungan biaya dalam membuat elemen *nozzle* dapat diestimasi sebagai berikut;

- a. Biaya bahan baku meliputi;
  - Berat bersih *nozzle* =  $a_{11}$  kg
  - Berat Berat kehilangan bahan baku (*waste*) =  $\underline{a_{12}}$  kg
  - Berat bahan baku terhitung adalah =  $xa$  kg
  - Jumlah biaya bahan baku *nozzle* adalah  $xa$  kg x Rp. /kg =  $xa$  Rp.
- b. Bahan Pembantu meliputi;
  - Kebutuhan kawat las =  $b_{11}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Gas argon =  $b_{12}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Elpiji =  $b_{13}$  Rp. .,
  - Kebutuhan Oksigen =  $b_{14}$  Rp. .,
  - Kebutuhan batu grinda =  $b_{15}$  Rp. .,
  - Jumlah biaya bahan pembantu adalah =  $xb$  Rp. .,
- c. Perhitungan Upah Tenaga Kerja meliputi;
  - Biaya tenaga kerja plat =  $c_{11}$  Rp. .,
  - Biaya tenaga kerja las =  $c_{12}$  Rp. .,
  - Jumlah biaya tenaga kerja pabrikan *nozzle* =  $xc$  Rp. .,
- d. Pemakaian Mesin.
  - Biaya pemakaian mesin plat =  $d_{11}$  Rp. .,
  - Biaya pemakaian mesin masining =  $d_{12}$  Rp. .,
  - Biaya pemakaian mesin las =  $d_{13}$  Rp. .,
  - Jumlah biaya pemakaian mesin adalah =  $xd$  Rp. .,

**C. Perhitungan Pabrikasi dan Estimasi Biaya Produksi Elemen *Saddle***

Untuk menentukan berat dari *saddle* dapat dipergunakan rumus sebagai berikut;  
*Support / skirt horizontal*;

$$W = \{2 (4/3 \times D^2 - 0,35 \times \Pi/4 \times D^2) + 4 (\sqrt{R \times ts}) + 2 (2 \times 1,56 \times (\sqrt{R \times ts}) \times 0,4 \times \Pi \times D) + 2 (D + 4'') (\sqrt{R \times ts})\} \times ts \times G \times (0,0254)^2 \times 25,4 \text{ (kg)}.$$

Dimana;

- 2 = jumlah lempengan *support*
- 4/3 = faktor ketinggian *support* dari dasar
- D = Diameter luar *shell* (in)
- 0,35 = faktor kehilangan luasan bahan
- 4 = jumlah kaki *support*
- H = tinggi kaki *support*
- 2 = jumlah *saddle*
- 1,56 = faktor lebar *saddle*
- R = jari-jari luar *shell*
- ts = tebal bahan *shell*
- 0,4 = faktor keliling *saddle*
- 2 = jumlah sepatu *support*
- D+4'' = panjang sepatu *support*
- G = berat jenis bahan (dm<sup>3</sup>/kg)
- (0,0254)<sup>2</sup> = faktor konversi (in)
- 25,4 = faktor konversi (in)

*Support/skirt Vertikal*

$$W = (\Pi \times D \times h \times 2 \times \Pi/4 \times 0,3075 D^2) \times ts \times G \times (0,0254)^2 \times 25,4 \text{ (kg)}$$

Dimana;

- D = diameter luar *skirt* (in)
- h = tinggi *support* (0,7 – 0,85 x D)
- 0,3075 = faktor *luasan support*
- 2 = jumlah *support*
- G = berat jenis bahan (dm<sup>3</sup>/kg)
- (0,0254)<sup>2</sup> = faktor konversi (in)
- 25,4 = faktor konversi (in)
- t = tebal bahan *support* (in)

Tebal bahan *support* dapat dihitung dengan rumus;

$$t = \frac{12 \times MT}{R^2 \times \pi \times S \times E} + \frac{W}{D \times \pi \times S \times E} \text{ (in)}$$

dimana;

- 12 = faktor konversi inci ke ft
- MT = momen pada *skirt*
- R = jari-jari luar *support* (in)
- S = *strength* bahan *support* (psi)
- E = efisiensi sambungan *support* dan *head*
- W = berat APK

Sedangkan alur proses produksi yang dilalui untuk menghasilkan elemen *saddle* adalah *marking, cutting, bending, welding* dan *grinding*.

Dengan demikian perhitungan estimasi biaya yang dilakukan terhadap elemen *saddle* ini adalah sebagai berikut;

- a. Biaya bahan baku meliputi;
  - Berat bersih *support* =  $a_{11}$  kg
  - Berat Berat kehilangan bahan baku (*waste*) =  $\underline{a_{12} \text{ kg}}$
  - Berat bahan baku terhitung adalah =  $x a$  kg

Jumlah biaya bahan baku *saddle* adalah  $x a$  kg x Rp./kg =  $x a$  Rp.
- b. Bahan Pembantu meliputi;
  - Kebutuhan kawat las =  $b_{11}$  Rp. ..
  - Kebutuhan Gas argon =  $b_{12}$  Rp. ..
  - Kebutuhan Elpiji =  $b_{13}$  Rp. ..
  - Kebutuhan Oksigen =  $b_{14}$  Rp. ..
  - Kebutuhan batu grinda =  $b_{15}$  Rp. ..

Jumlah biaya bahan pembantu adalah =  $x b$  Rp. ..
- c. Perhitungan Upah Tenaga Kerja meliputi;
  - Biaya tenaga kerja konstruksi =  $c_{11}$  Rp. ..
  - Biaya tenaga kerja plat =  $c_{12}$  Rp. ..
  - Biaya tenaga kerja las =  $c_{13}$  Rp. ..

Jumlah biaya tenaga kerja pabrikan *nozzle* =  $x c$  Rp. ..
- d. Pemakaian Mesin.
  - Biaya pemakaian mesin konstruksi =  $d_{11}$  Rp. ..
  - Biaya pemakaian mesin plat =  $d_{12}$  Rp. ..
  - Biaya pemakaian mesin las =  $d_{13}$  Rp. ..

Jumlah biaya pemakaian mesin adalah =  $x d$  Rp. ..

**D. Perhitungan Pabrikasi dan Estimasi Biaya Produksi Elemen *Head* dan *Channel***

Untuk melakukan perhitungan berat dari *head* ini dapat dipergunakan rumus sebagai berikut;

Untuk *head Ellipsoidal* adalah

$$W = 1,09 \times D^2 \times t \times G \times (0,0254)^2 \times 25,4 \text{ (kg)}$$

Untuk *head hemispherical* adalah

$$W = 1,5708 \times D^2 \times t \times G \times (0,0254)^2 \times 25,4 \text{ (kg)}$$

Dimana;

- D = diameter *shell* bagian luar (in)
- t = tebal bahan (in)
- G = berat jenis bahan (kg/dm<sup>3</sup>)
- 1,09 = faktor luasan *head ellipsoidal*
- 1,5708 = faktor luasan *head hemispherical*
- (0,0254)<sup>2</sup> = faktor konversi (in)
- 25,4 = faktor konversi (in)

Adapun alur proses pengerjaan *head* dan *channel* adalah, *marking, cutting, pre bending, rolling, grinding, fit-up, long and circle welding, cutting holes flange, nozzles, fit-up, nozzle*

*flange dan welding*. Sehingga dalam melakukan estimasi perhitungan elemen *head* dan *channel* dapat dilakukan sebagai berikut;

- a. Biaya bahan baku
- Berat bersih *head and channel* =  $a_{11}$  kg
  - Berat Berat kehilangan bahan baku (*waste*) =  $a_{12}$  kg
  - Berat bahan baku terhitung adalah =  $x a$  kg
- Jumlah biaya bahan baku *head and channel*  $x a$  kg x Rp./kg =  $x a$  Rp.
- b. Bahan Pembantu.
- Kebutuhan kawat las =  $b_{11}$  Rp. ..
  - Kebutuhan gas argon =  $b_{12}$  Rp. ..
  - Kebutuhan Elpiji =  $b_{13}$  Rp. ..
  - Kebutuhan Oksigen =  $b_{14}$  Rp. ..
  - Kebutuhan batu grinda =  $b_{15}$  Rp. ..
- Jumlah biaya bahan pembantu adalah =  $x b$  Rp. ..
- c. Perhitungan Upah Tenaga Kerja.
- Biaya tenaga kerja proses pembentukan =  $c_{11}$  Rp. ..
  - Biaya tenaga kerja las =  $c_{13}$  Rp. ..
- Jumlah biaya tenaga kerja pabrikan *nozzle* =  $x c$  Rp. ..
- d. Pemakaian Mesin.
- Biaya pemakaian mesinplat =  $d_{11}$  Rp. ..
  - Biaya pemakaian mesin *masining* =  $d_{12}$  Rp. ..
  - Biaya pemakaian mesin las =  $d_{13}$  Rp. ..
- Jumlah biaya pemakaian mesin adalah =  $x d$  Rp. ..

**E. Perhitungan Pabrikasi dan Estimasi Biaya Produksi Elemen *Tube Bundle*.**

Dalam perhitungan elemen *tube bundle*, ketebalan bahan dari *tube sheet*, tebal bahan *baffle* dan tebal *tubenya* sendiri merupakan hal yang menentukan.

Ketebalan bahan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus;

$$T = \frac{FG}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi \times S}} + CCA + \textit{Shell side corrosion allowance}$$

dimana;

- T = tebal plat *tube sheet* yang efektif (in)
- S = tegangan tarik yang di izinkan (psi)
- F = Suatu faktor uuntuk *tube sheet*
- G = diameter dalam *shell*
- P = tekanan perencanaan (psi)
- CCA = *multi pass tube sheet*

Sedangkan alur proses yang dilalui guna melakukan pabrikasi terhadap elemen *tube bundle* ini adalah; *marking, cutting, bor, fit-up, champering holes, insert tube, nesting and welding shell*. Sehingga estimasi perhitungan biaya terhadap elemen *tube sheet* ini dapat dilakukan sebagai berikut;

- a. Biaya bahan baku
- Berat bahan *tube sheet* =  $a_{11}$  kg
  - Berat bahan *baffle* =  $a_{12}$  kg
  - Berat *tube* (jumlah) =  $a_{13}$  kg
- Jumlah biaya bahan baku adalah =  $x a$  Rp.

- b. Bahan Pembantu.
- Kebutuhan kawat las =  $b_{11}$  Rp. ,.
  - Kebutuhan gas argon =  $b_{12}$  Rp. ,.
  - Kebutuhan elpiji =  $b_{13}$  Rp. ,.
  - Kebutuhan oksigen =  $b_{14}$  Rp. ,.
  - 25,4 (kg)Kebutuhan batu grinda =  $b_{15}$  Rp. ,.
- Jumlah biaya bahan pembantu adalah =  $x b$  Rp. ,.
- c. Perhitungan Upah Tenaga Kerja.
- Biaya tenaga kerja plat =  $c_{11}$  Rp. ,.
  - Biaya tenaga kerja *masing* =  $c_{12}$  Rp. ,.
  - Biaya tenaga kerja las =  $c_{13}$  Rp. ,.
  - Biaya tenaga kerja pemasangan =  $c_{14}$  Rp. ,.
- Jumlah biaya tenaga kerja pabrikan *nozzle* =  $x c$  Rp. ,.
- d. Pemakaian Mesin.
- Biaya pemakaian mesin plat =  $d_{11}$  Rp. ,.
  - Biaya pemakaian mesin konstruksi =  $d_{12}$  Rp. ,.
  - Biaya pemakaian mesin masining =  $d_{13}$  Rp. ,.
  - Biaya pemakaian mesin las =  $d_{14}$  Rp. ,.
- Jumlah biaya pemakaian mesin adalah =  $x d$  Rp. ,.

**F. Perhitungan dan Estimasi Biaya *Test Radiographik / X Ray***

Biaya yang terjadi dalam *Test Radiographik / X Ray* dilakukan atas dasar penawaran dari luar yang bergerak khusus dalam bidang ini, sehingga besarnya biaya adalah,

- Biaya mendatangkan peralatan dan orang untuk pengetesan (ls) =  $a_{11}$  Rp. ,-
  - Biaya pengadaan film =  $x$  rol (panjang pengelasan  $x$  Rp. ,- /rol =  $a_{12}$  Rp. ,-
- Jumlah biaya test radiographic / x ray =  $x a$  Rp. ,-

**G. Perhitungan dan Estimasi Biaya Pengujian Tekanan Hidrostatik.**

Dalam melakukan pengujian hidstatik dilakukan berdasarkan sewa, sehingga besarnya biaya sewa adalah;

- Biaya peralatan pengujian lengkap =  $a_{11}$  Rp. ,-
  - Biaya kebutuhan air =  $a_{12}$  Rp. ,-
  - Biaya tenaga pengujian =  $a_{13}$  Rp. ,-
- Jumlah biaya pengujian adalah =  $x a$  Rp. ,-

**H. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses *Head Treatment***

Perhitungan biaya dilakukan berdasarkan besarnya *lump sump* (ls), yang mana biaya dihitung berdasar sekali masuk dalam proses *head treatment* yaitu sebesar =  $a_{11}$  Rp. Dalam proses *head treatment*, dimana kapasitas ruangan dengan ukuran diameter 3.000 mm, dan panjang 10.000 mm. Sehingga apabila panjang dan diameter dari APK yang di pabrikan melebihi ukuran tersebut maka proses *head treatment* dilakukan lebih dari satu kali proses.

**I. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses *Degreasing*.**

Biaya proses *degreasing* merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan pembersihan bagian dalam dari APK dengan menggunakan zat kimia, guna menghilangkan atau mencegah terjadinya korosi terhadap dinding *shell* mau pun *head*, estimasi nya dapat dilakukan sebagai berikut;

- Biaya zat kimia =  $a_{11}$  Rp. ,-
- Biaya tenaga pengerjaan =  $a_{12}$  Rp. ,-
- Biaya peralatan pembantu (ls) =  $a_{13}$  Rp. ,-
- Jumlah biaya =  $x a$  Rp. ,-

**J. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses *Sand Blasting* dan Pengecatan.**

Dalam melakukan perhitungan terhadap besarnya biaya proses *sand blasting* dan pengecatan dilakukan sebagai berikut;

- a. Biaya bahan baku;
- Biaya bahan *sand blasting* =  $a_{11}$  kg x Rp. / kg =  $a_{11}$  Rp. ,-
  - Biaya bahan cat dasar =  $a_{12}$  kg x Rp. / kg =  $a_{12}$  Rp. ,-
  - Biaya bahan cat akhir =  $a_{13}$  kg x Rp. / kg =  $a_{13}$  Rp. ,-
  - Jumlah biaya *sand blasting* dan pengecatan =  $x a$  Rp. ,-
- b. Biaya tenaga kerja;
- Biaya tenaga kerja *sand blasting* =  $b_{11}$  m<sup>2</sup> x Rp. / m<sup>2</sup> =  $b_{11}$  Rp. ,-
  - Biaya tenaga kerja pengecatan =  $b_{12}$  m<sup>2</sup> x Rp. / m<sup>2</sup> =  $b_{12}$  Rp. ,-
  - Jumlah biaya tenaga kerja =  $x b p$  ,-

**K. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses Proteksi *Humidifeir*.**

Besarnya biaya proteksi humidifier dihitung berdasarkan pada volume APK. Pengerjaan ini bertujuan untuk melakukan pencegahan terhadap korosif pada bagian dalam APK, dengan jalan menyemprotkan gas nitrogen pada bagian dalam APK, sehingga perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut;

- Biaya kebutuhan nitrogen =  $a_{11}$  botol
- Volume APK =  $a_{12}$  m<sup>3</sup>
- Jumlah biaya proteksi *humadifeir* =  $a_{11} m^3 \times a_{12} m^3 \times Rp. / \text{botol} = x a$  Rp. ,-

**L. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses Pengujian Tekanan Udara/*Pneumatik*.**

Pada dasarnya pengujian ini telah terwakili dalam pengujian tekanan dalam APK, namun sebagian pemesan ada yang menginginkan untuk melakukan pengujian dengan tekanan udara, yang biasanya dilaksanakan langsung ditempat pabrikasi, besarnya biaya ini dinyatakan dengan;

- *Lump sump (ls)* =  $a_{11}$  Rp. ,-

**M. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses Perencanaan dan Gambar Detail.**

Biaya perencanaan dan gambar detail sebagai dasar untuk pabrikasi dihitung berdasarkan banyaknya waktu yang digunakan oleh tenaga kerja dalam membuat gambar detail, serta berbadai fasilitas yang digunakan oleh tenaga kerja tersebut.

Besarnya biaya ini dihitung sebagai *lump sump (ls)* =  $a_{11}$  Rp. ,-

**N. Perhitungan dan Estimasi Biaya Proses Perencanaan dan Gambar Detail.**

Biaya sertifikasi merupakan biaya yang dikeluarkan guna pengurusan sertifikasi terhadap APK yang telah diproduksi sehingga dapat dinyatakan layak beroperasi.

Perhitungan besarnya biaya sertifikasi ini dihitung berdasarkan *lump sump (ls)* =  $a_{11}$  Rp.

Dari rangkaian proses-proses estimasi yang dilakukan ini tentunya berhubungan erat dengan proses pabrikasi yang dilaksanakan seperti, penggunaan bahan baku, penggunaan bahan pembantu, penggunaan jam orang dan penggunaan tenaga kerja, serta penggunaan jam mesin, kemudian variable-variabel ini di kalikan dengan harga masing-masing variabel.

Rancangan dalam proses estimasi ini dapat digambarkan sebagaimana gambar 1 halaman berikut ini;



Gambar 1. Diagram Proses Estimasi

Dari perhitungan-perhitungan terhadap komponen-komponen APK yang diproduksi, maka dapat diketahui besar biaya atau HPP dari APK tersebut sebagaimana yang diperlihatkan melalui tabel 1.

Tabel 1; Hasil Perhitungan Estimasi Biaya Pabrikasi Yang Dilakukan

No.	Uraian	Unit	Berat	Vol	Harga Satuan	Bahan	Bahan Bantu	Biaya ATK	Biaya Mesin	Biaya lain-lain	Total
1	Shell	Kg	4693		986.99	3285073.54	353145.41	360121.61	584494.85	49050.84	4631868.24
2	Head Ellipsoidal	Kg	58.36		24440.77	915883.31	115205.45	56329.02	922.69	337993.98	1426334.46
3	Nozzle	Kg	38.58		7070.58	64550.94	79578.61	84262.64	8744.07	35674.72	272810.98
4	Saddle	Kg	136.42		92.46	244570.81	281382.13	109267.73	46481.78	12614.23	692316.68
5	Tube Bundle	Kg	214.34		25385.95	4741223.22	298036.89	171567.33	210605.86	19817.97	5441251.26
6	Tes Radiografi	Spo		15.0	27500					413221.32	413221.32
7	Post Weld Head	Is		3						8000000.00	8000000.00
8	Treatmen										
	Stress relieving	hr		24	166666.67					4000000.00	4000000.00
9	Sand Blasting										
	Bagian Dalam	m <sup>2</sup>		8.25	21074.50	116672.03		10780.20		46437.78	173890.00
10	Pengecatan Dasar	m <sup>2</sup>		8.25	30154.50	213706.19		10780.20		24324.55	248810.63
11	Pengecatan akhir	m <sup>2</sup>		8.25	9154.50	40430.90		10780.20		24324.55	75535.65
12	Sertifikasi										
	Pengujian Tekanan	Is		1						5000000.00	5000000.00
13	Udara	Is		1						600000.00	600000.00
14	Biaya Inspeksi	Is		1						2000000.00	2000000.00
15	Tess Pressure Tube	Is		1						2000000.00	2000000.00
16	Dagreasing										
17	Start up /	m <sup>2</sup>		8.25	28186.5	175354.59		10780.20		46437.78	323572.56
	Komisioning	Is								4000000.00	4000000.00
						795465.51	1127384.5	824669.12	851249.25	2609897.71	39208630.09
										HPP (Rp.)	39208630.09

## 5. PENENTUAN HARGA DAN PERHITUNGAN PENAWARAN HARGA APK.

Setelah dilakukan perhitungan estimasi terhadap biaya pabrikasi yang dilakukan dan dengan diketahuinya harga pokok produksi (HPP), maka dapat ditentukan besarnya harga penawaran dari APK yang diproduksi. Besarnya harga penawaran ini merupakan harga pokok produksi ditambah persentase tertentu sebagai faktor biaya yang ditetapkan oleh perusahaan sebagai bagian dari kepentingan perusahaan dan menjadikannya sebagai standar penawaran harga (HPH).

Adapun biaya-biaya ini meliputi;

- a. Biaya *overhead*
- b. Biaya direksi
- c. Beban bunga
- d. Pajak-pajak
- e. Resiko dan keuntungan.

Dalam rangka melakukan perhitungan untuk menentukan besarnya penawaran harga tersebut diatas maka perlu melibatkan berbagai bagian yang terkait. Setiap bagian yang berkaitan dengan proses penawaran harga ini melakukan perhitungan sesuai dengan bidangnya masing-masing, seperti dalam bagian perencanaan yang merupakan bagian paling dominan dalam menentukan proses perhitungan penawaran harga, sehingga perhitungan dalam bagian perencanaan ini akan dijabarkan dalam perhitungan berikutnya, kemudian oleh estimator atau bagian pemasaran diolah menjadi harga pokok produksi.

Setelah diketahuinya harga pokok produksi ini dilakukan perhitungan oleh tim evaluasi harga guna ditetapkan menjadi standar harga penawaran (SPH).

Adapun keadaan atau pola estimasi perhitungan harga saat ini berlaku di perusahaan PT. B dapat diperlihatkan melalui tabel 2 dibawah ini;

**Tabel 2; Sistem Estimasi Penentuan Harga APK saat ini di PT. B**

No.	Uraian	$\Sigma$ Jam Orang	$\Sigma$ Orang	$\Sigma$ Hari
1	Distribusi surat dan dokumen		1	1
2	Perencanaan			
	a. Pusat teknologi	6	1	2
	b. Divisi material	8	1	3
	c. <i>Manufacturing engineering</i>	6	1	2
	d. P 3 K	6	1	1
	e. Proses pengolahan	8	1	2
3	Proses Keputusan Harga (Tim Evaluasi Harga)			
	a. Fungsional peneliti harga	3	1	
	b. Divisi keuangan	3	1	1
	c. Divisi pemasaran	3	1	
	d. Divisi produksi	3	1	
4	Jumlah	46	10	13

Sumber; Divisi pemasaran P. B.

Dari sistem estimasi terhadap perhitungan penentuan harga pada keadaan saat ini diperusahaan tersebut, dapat diketahui besarnya biaya yang terjadi dalam proses perhitungan dan penentuan harga APK tersebut yaitu sebesar Rp. 1.012.080,-.

Dari keadaan yang ada ini, dilakukan modifikasi terhadap sistem penentuan harga yang berlaku saat ini, sebagaimana yang diperlihatkan melalui tabel 3 dibawah ini;

**Tabel 3. Penentuan Harga APK Revisi**

No.	Uraian	$\Sigma$ Jam Orang	$\Sigma$ Orang	$\Sigma$ Hari
1	a. Distribusi surat dan dokumen		1	
	b. Operasioanal;			
	- Pusat teknologi	1	1	
	- Divisi material	1	1	1
	- <i>Manufacturing engineering</i>	3	1	
	- Estimator	1	1	
2	Proses Keputusan Harga (Tim Evaluasi Harga)			1
	- Sub direktorat keuangan	3	1	
	- Divisi pemasaran	2	1	
	- Divisi produksi	2	1	
		13	8	2

Dari tabel yang telah dimodifikasi ini, setelah dilakukan perhitungan dengan memasukkan harga dari tiap-tiap kegiatan dalam proses penentuan harga sebuah APK, maka dapat diketahui besarnya biaya yang terjadi, yaitu sebesar Rp. 711.520,-, keadaan ini sudah termasuk biaya investasi peralatan guna melakukan perhitungan lebih sempurna, cepat dan ketepatan estimasi perhitungannya, yang dibebankan dalam setiap unit penawaran permintaan yang ada.

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa pada sistem yang direvisi ini terjadi beberapa pengurangan, yaitu dalam proses operasional variabel P3K di hilangkan dan tugas yang selama ini ada didalam variabel ini diambil alih oleh pusat teknologi, sedangkan dalam proses keputusan variabel fungsional peneliti harga juga dihilangkan, dan tugasnya dilimpahkan ke bagian atau variabel divinisi pemasaran, dalam pemakaian jam kerja orang dan jumlah orang yang terlibat serta waktu yang digunakan dalam proses penentuan harga APK juga terjadi pengurangan.

Dalam perhitungan menggunakan sistem yang direvisi ini, perhitungan pabrikasi yang dilakukan mengacu realisasi saat pabrikasi berlangsung, sehingga setiap kali akan melakukan proses pabrikasi APK yang sejenis, hanya tinggal merubah besarnya variabel yang berhubungan dengan spesifikasi konstruksi dan variabel harga dari bahan dan bahan pembantu yang digunakan, dengan demikian waktu untuk melakukan perhitungan dapat ditekan, dan proses perhitungan penawaran harga juga dapat dipercepat dengan terjadinya pengurangan tenaga dalam proses penentuan harga dan akhirnya biaya ayang terjadi dapat di hemat. Dengan demikian perusahaan dapat lebih fleksibel guna mengikuti tender-tender yang ada, karena penentuan harga sebuah unit APK dapat dilakukan dengan cepat.

## 6. KESIMPULAN

Dari pembahasan terhadap estimasi dan perhitungan-perhitungan yang dilakukan diatas, dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut;

1. Komponen-komponen APK yang di produksi meliputi, *Shell, Head and Sadle, Nozzle, Saddle* dan *Tube Bundle*.
2. Dalam proses pabrikasi aliran proses produksi akan berpengaruh besar dalam penentuan estimasi yang digunakan.
3. Untuk menentukan besarnya biaya produksi maka biaya yang dihitung berdasarkan kegiatan nyata dalam proses pabrikasi.
4. Dalam kondisi saat ini di perusahaan memiliki kecenderungan untuk merebut pangsa pasar yang ada termasuk lambat, hal ini disebabkan dalam proses penentuan harga APK yang dilakukan memerlukan waktu yang lama.

5. Sistem estimasi penentuan harga APK yang direvisi ternyata memberikan;
  - a. Waktu yang digunakan dalam proses penentuan harga lebih cepat, turun sebanyak 85 %.
  - b. Jumlah jam orang lebih sedikit, dari 46 jam orang menjadi 13 jam orang atau turun 72 % dan jumlah orang turun dari 10 orang menjadi 8 orang atau turun 20 %.
  - c. Sistem ini ternyata dapat mempercepat dan memberikan ketepatan dalam proses perhitungan terhadap perubahan biaya yang terjadi dalam proses pabrikasi
  - d. Sistem ini memberikan penghematan biaya dalam proses penentuan harga sebesar 30%.

#### DAFTAR PUSTAKA

Asyhab, “*Alat Penukar Panas (Unfired Heater)*”, Makalah, *Heat Exchanger Course*, HAPKI – HTFS, Jakarta, 1995.

Budiono, Santo, “*Desain Praktis Untuk Shell and Tube Heat Exchanger*” Makalah, *Heat Exchanger Course*, HAPKI – HTFS, Jakarta, 1995.

Byrne, C. Richard, “*Standard of Tubular Exchanger Manufacturers Association*”, *Seventh Edition*, *Tubular Exchanger Manufacturers Association Inc.*, New York, 1988.

Chuse, Robert and Bryce E. Carson, Sr., “*Pressure Vessel; The ASME Code Simplified*”, *Seventh Edition*, McGraw-Hill, Inc. USA, 1993.

Gede Suryawan, Nyoman, “*Analisa Waktu Operasi dalam Manufaktur untuk Menentukan Biaya Produksi Pressure Vessel*”, Thesis, Program Pascasarjana, Teknik Mesin, Universitas Indonesia, 1994.

Handoko T., Hani, “*Manajemen Produksi dan Operasi*”, BPFE, Yogyakarta, 1994.

Klaus D. Timmerhaus and Peters Max S., “*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*”, *Fourth Edition*, McGraw-Hill, Inc. Singapura 1991.

Sulistianto DP., Agus, “*Meningkatkan Efektivitas Pemasaran dengan Mempercepat Estimasi Harga Pokok Pressure Vessel*”, Thesis, Program Pascasarjana, Teknik Mesin, Universitas Indonesia, 1995.

Sunarno dan Sulistianto DP., Agus, “*Pabrikasi Alat Penukar Kalor*”, Makalah, *Heat Exchanger Course*, HAPKI – HTFS, Jakarta, 1995.