

MENENTUKAN WAKTU PROSES PRODUKSI PRODUK BEJANA TEKAN DENGAN METODA MULTIPLE REGRESI LINEAR

Nyoman G Suryadharma
NIK : 451090
Jurusan Teknik Mesin Universitas 45 Surabaya
email korespondensi :

ABSTRACT

Pressure vessel is a kind of plant equipment, which has a wide function to support the industrial process. The increasing of economic growth, causing the increasing demand of industrial equipment including pressure vessel. Therefore to have competitive advantage in global market, a just in time production cost calculation of pressure vessel are the most important matter. One of the factor which have a significant effect in the calculation of cost is the requirement of operation time or man hour, because calculation of operation time is more accurate to reduce either losses or error in the prediction of delivery time. The study, analyze the purposes to get of the operation time planning on the pressure vessel's main element. This has been done by production modeling with a multiple linear regression at least square method, and the result of linearization become a basic parameter to calculate the estimate of manufacturing cost. The equation for the modeling system is: $Y_{1..n} = f(X_1, X_2, \dots X_n)$. Where : Y_i is the operation each an operation process such as marking, cutting, welding and others. X_i is each dimension parts the pressure vessel such as thickness, Outside diameter and others. This analyze can get a estimate the operation time closer the actual operation time.

Key Word: *Operation time, Linear regression method*

ABSTRAK

Bejana tekan (pressure vessel) merupakan salah satu jenis peralatan pabrik yang mempunyai fungsi yang luas dalam menunjang proses produksi. Agar peralatan ini mempunyai daya saing yang kompetitif dipasar global, maka ketepatan dalam menghitung biaya produksi merupakan salah satu faktor yang berperan penting, salah satu adalah menghitung biaya kerja orang (manhour) yang dipakai dalam penjadwalan proses produksi sehingga ketepatan dan biaya bisa dihitung dengan tepat. Pada penelitian ini dibahas waktu proses produksi dengan metoda multiple regresi linear yang merupakan kuadrat terkecil yang dipakai untuk menghitung estimasi biaya produksi. Persamaan model : $Y_{1..n} = f(X_1, X_2, \dots X_n)$.

Y_i = waktu proses masing masing proses produksi seperti marking, cutting welding dan lain – lain.

X_i = dimensi masing masing part bejana tekan seperti: ketebalan, diameter luar dan lain – lain.

Dari hasil analisa ini dihasilkan waktu proses produksi mendekati waktu operasi yang sebenarnya,

Kata kunci : waktu proses produksi, metode regresi linear.

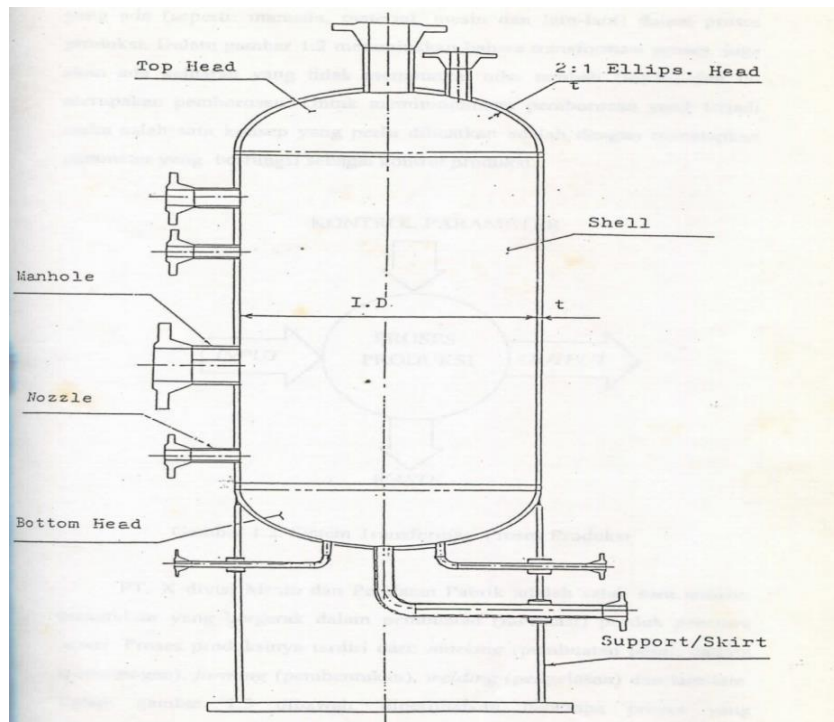
PENDAHULUAN

Bejana tekan (*Pressure vessel*) merupakan alat yang sangat luas dipakai dalam industri dan dalam perencanaan tergantung dari : *service*, suhu, tekanan dan geometri. Fluida yang mengalir dalam bejana tekan ini sangat berbahaya maka untuk menjamin kualitas produk harus mengikuti aturan khusus dalam merancang seperti standar ASME (*American Society of mechanical Engineer*) sehingga kualitasnya bisa terjamin.

Proses pembuatan bejana tekan ini berdasarkan pesana (*job order*) dan ini ditandai dengan variasi bagian (*part*) yang tinggi tapi mempunyai volume yang rendah dan hal ini menimbulkan waktu persiapan (*set up*) yang tinggi dan hal ini berpengaruh terhadap perhitungan produktivitas pabrik.

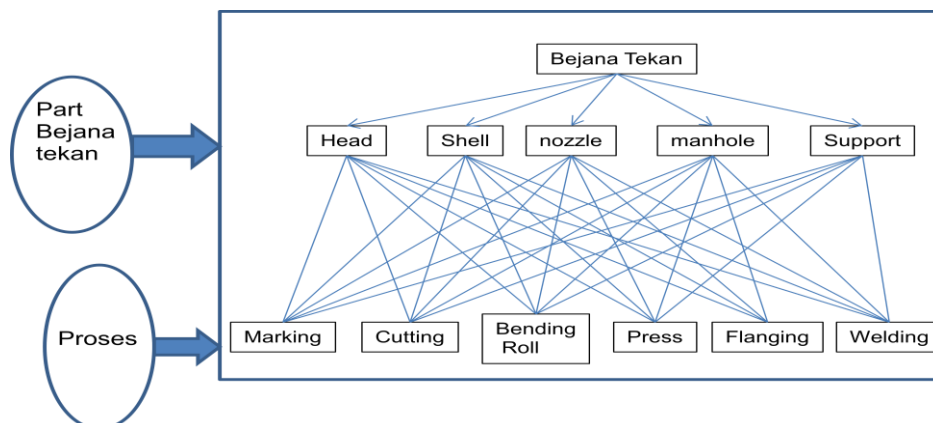
Saat ini permintaan akan kebutuhan bejana tekan sebagai komponen industri cenderung meningkat dan hal ini membuat persaingan dalam pembuatan bejana tekan makin meningkat dan sebagai salah satu pembuat produk tersebut harus mampu bersaing sehingga kompetitif dalam QCD (*Quality, Cost dan Delivery*). Agar kompetitif dalam persaingan maka semua *resource* (sumber daya) harus terpakai secara maksimal sehingga *waste* (buangan) yang merupakan pemborosan harus seminimal mungkin proses produksi terdiri atas : *marking, cutting, forming, welding*, dan lain lain.

Gambar 1 dibawah menggambarkan salah satu type dan komponen dari Bejana tekan yang bertipe Vertical, sedang banyak type yang ada sesuai dengan posisi penempatan dan dimensi juga berbeda beda sesuai dengan fluida yang ditanganinya.



Gambar 1. Bejana tekan type vertical

Gambar 2 dibawah hubungan antara part bejana tekan dengan proses proses yang diperlukan untuk membentuknya.



Gambar 2. Bagian Bejana tekan dengan proses produksi

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat suatu perumusan (formulasi) model dengan metode curve yang multi kompleks dengan cara meminimalkan kesalahan (*standar error of estimate*) antara data waktu historis terhadap model. Perumusan model yang dicari adalah:

- Elemen head*
- Elemen shell*
- Elemen nozzle*
- Elemen manhole*
- Elemen support (skirt) dan*
- Finishing*

Dari hal diatas dapat dihitung estimasi biaya produksi (*manufacturing cost*) terutama saat menentukan biaya langsung pekerja (*direct labour cost*) secara lebih tepat.

LANDASAN TEORI

Waktu proses produksi adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang terlatih untuk menyelesaikan beberapa kegiatan (proses transformasi) yang spesifik untuk mengubah sumber daya menjadi produk akhir.

MODEL MATEMATIKA

Pengambilan keputusan dari suatu permasalahan dapat disederhanakan dengan suatu abstraksi atau variabel-variabel yang mempengaruhi sebuah tujuan dan penganalisaan ini dirumuskan dalam formulasi dari problem yang ada, seperti model fisk, model skema dan model matematika.

Skema dibawah menggambarkan model matematika yang bisa memprediksi keluaran akibat dari masukan yang ada.



Gambar 3. Sistem Permodelan

Metode Regresi Kuadrat terkecil (*Least Square Regresion*)

Metode ini merupakan salah satu cara meminimumkan perbedaan antara data pengamatan dengan pemodelan dari waktu operasi **yaiaptdng aa dakan** dianalisa dengan cara yang terbaik sehingga bisa didapatkan kurva terbaik.

Perumusan model sebagai berikut:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

Atau,

$$Y = f(X) \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dimana, Y = variable terikat

X = variable bebas

Kemudian untuk menentukan konstanta a_0, a_1, a_2 , sampai ke a_n digunakan metoda matrik, sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_{1,i} & \sum X_{2,i} & \sum X_{3,i} & \dots & \sum X_{n,i} \\ \sum X_{1,i} & \sum X_{1,i}^2 & \sum X_{2,i} \sum X_{1,i} & \sum X_{3,i} \sum X_{1,i} & \dots & \sum X_{n,i} \sum X_{1,i} \\ \sum X_{2,i} & \sum X_{2,i} \sum X_{1,i} & \sum X_{2,i}^2 & \sum X_{3,i} \sum X_{2,i} & \dots & \sum X_{n,i} \sum X_{2,i} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum X_{n,i} & \sum X_{n,i} \sum X_{1,i} & \sum X_{n,i} \sum X_{2,i} & \sum X_{n,i} \sum X_{3,i} & \dots & \sum X_{n,i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{1,i} Y_i \\ \sum X_{2,i} Y_i \\ \vdots \\ \sum X_{n,i} Y_i \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ANALISA MODEL

HEAD

- a) Proses marking elemen head dilaksanakan dengan jumlah 2 orang pekerja, dengan persamaan model :

$$Y1 = f(x1, X2, X3) \\ = a0 + a1X1 + a2X2 + a3X3$$

Dimana : Y1 = waktu proses marking (mhr)
X1 = ketebalan material (mm)
X2 = blank diameter (mm)
X3 = berat blank diameter (kg)

Tabel berikut merupakan data waktu pengamatan operasi dengan ketebalan (thickness) dan diameter dalam (inside diameter) yang berbeda-beda, sebagai berikut :

Tabel 1.

Tabel data Waktu Operasi Head							
No Obs	ID (mm)	Thickness (mm)	Marking (Mhr)	Cutting (Mhr)	Press (Mhr)	Flanging (Mhr)	Cutting bevel edge (Mhr)
1	800	12,7	6,00	0,83	9,00	12,0	2
2	1000	12,7	7,00	1,00	10,00	16,5	2,17
3	1200	12,7	7,67	1,17	12,00	18	2,67
4	1500	12,7	8,33	1,33	13,50	19,5	2,83
5	1800	12,7	9,00	1,50	16,00	21	3,17
6	2000	12,7	10,00	1,83	19,50	25	3,33
7	2300	12,7	11,00	2,00	24,00	27,5	3,5
8	2500	12,7	11,67	2,17	27,00	30	4
9	2800	12,7	12,33	2,50	33,00	33	4,17
10	3000	12,7	13,00	2,67	36,00	37,5	4,33
11	800	19,05	6,33	1,00	10,00	15	2,33
12	1000	19,05	7,33	1,17	12,50	19	2,83
13	1200	19,05	8,00	1,27	13,50	20,5	3
14	1500	19,05	9,33	1,43	15,00	22,5	3,17
15	1800	19,05	10,33	1,60	18,00	24	3,33
16	2000	19,05	11,00	1,83	24,00	26	3,5
17	2300	19,05	12,00	2,10	27,5	29,5	3,83
18	2500	19,05	12,33	2,33	31,5	31,5	4,17
19	2800	19,05	13,33	2,60	36,00	35,5	4,33
20	3000	19,05	13,67	2,83	39,00	37,5	4,5
21	800	25,4	8,00	1,10	16,00	18	2,67
22	1000	25,4	8,33	1,17	17,00	21	3
23	1200	25,4	9,00	1,33	19,00	22,5	3,17
24	1500	25,4	9,67	1,50	21,00	25,5	3,33
25	1800	25,4	10,67	1,67	25,5	27,5	3,67
26	2000	25,4	11,00	2,00	32,00	30	3,83

27	2300	25,4	11,00	2,17	33,5	33	4
28	2500	25,4	12,67	2,50	36,00	34,5	4,33
29	2800	25,4	13,33	2,67	38,5	36	4,5
30	3000	25,4	14,00	3,00	43,00	41,5	4,67

Sesuai dengan perumusan no 2 didapatkan matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 30 & 571,5 & 717,34 & 22.959,4 \\ 571,5 & 11.693,5 & 1.368.619 & 470.833,7 \\ 717,34 & 136.816 & 1,93 \times 10^6 & 68.144,3 \\ 22.959,4 & 470.833,6 & 768.144,28 & 27.134,9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ A_2 \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 308,4 \\ 5.954,12 \\ 795.239,5 \\ 258.977,7 \end{bmatrix}$$

Sehingga persamaan dari model untuk waktu proses marking menjadi :

$$Y1 = 1,79 + 0,118X1 + 0,003X2 - 6,45X3$$

Secara sama didapatkan proses formulasi untuk pembentukan head :

Tabel 2.

Proses Head	Perumusan Pemodelan
2. Proses Pemotongan (cutting) head	$Y2 = 0,038 + 0,002 x1 + 0,044X2 - 2,335 * 10^{-4} X3$
3. Proses Press Head	$Y3 = 4,533 + 0,079X1 + 0,004X2 + 0,011X3$
4. Proses Flanging Head	$Y4 = 10,323 + 0,056X1 + 0,004X2 + 0,006X3$
5. Proses Pemotongan Tinggi Head	$Y5 = 1,854 + 0,008X1 + 0,019X2 + 3,887 * 10^{-4} X3$

SHELL

Proses marking elemen shell dilaksanakan dengan jumlah 2 orang dan bekerja secara normal.

Persamaan Model:

$$Y6 = f(X1, X2, X3, X4, X5)$$

Dimana:

Y6 = waktu proses marking material shell (Mhr)

X1 = ketebalan material (mm)

X2 = diameter dalam shell (mm)

X3 = panjang per segmen (mm)

X4 = luasan per segmen shell (mm²)

X5 = berat per segmen shell (kg)

Dengan n =5 maka persamaan model adalah :

$$Y6 = a0 + a1x1 + a2X2 + a3X3 + a4X4 + a5X5$$

Dan data pengamatan waktu operasi shell sebagai berikut :

Tabel 3.

TABEL DATA WAKTU OPERASI SHELL

No obs	Dia. Dalam (mm)	Thick mat'l (mm)	Panjang per segmen, Ls (mm)	Marking (Mhr)	Cutting (Mhr)	Rolling (Mhr)	Cutt. Bevel edge (Mhr)	Ass. Lon (Mhr)	Ass. Circum (Mhr)	Weld Long (Mhr)	Weld circum (Mhr)
1	800	12.7	1000	6	1	6	1.67	10.75	19.25	5.5	13.83
2	1300	12.7	1500	9	1.83	6.75	2.67	15.25	24.25	8.17	22.5
3	1800	12.7	2000	12.67	2.5	8.5	3.33	19.75	28.75	11	31.17
4	2300	12.7	2500	16	2.83	9	4.33	22.5	37.25	13.75	39.67
5	2800	12.7	3000	19	3	10.5	5	27.75	48.5	16.33	48.33
6	800	15.875	1000	8	1.5	6.5	2	12.5	25.25	7.83	19.83
7	1300	15.875	1500	10	2	7.5	3	18.83	29.75	11.67	32.17
8	1800	15.875	2000	13	2.83	9	4	24.25	33.5	15.67	44.33
9	2300	15.875	2500	16.67	3	10.5	4.67	29.75	40.25	19.5	56.67
10	2800	15.875	3000	19.33	3.33	11.5	5.67	35.5	54.75	23.33	69
11	800	25.4	1000	9	1.83	7.5	2.33	18	28.75	10.33	26.17
12	1300	25.4	1500	11.67	2.33	8.5	3.33	25.25	35.5	15.33	42.33
13	1800	25.4	2000	14.33	3	9	4.33	31	38.25	20.17	58.33
14	2300	25.4	2500	18	3.5	11.5	5.67	38.25	48	25.67	74.5
15	2800	25.4	3000	20	3.83	12	6.67	45	57.5	30.83	90.67

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a0 sampai a5, dan persamaan model masing proses akan didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.

Proses Shell	Perumusan Pemodelan
6. Proses Marking Shell	$Y_6 = 0,835 + 0,05X_1 + 8,75X_2 + 0,004X_3 + 1,46 \cdot 10^{-7} X_4 + 1,03 \cdot 10^{-4} X_5$
7. Proses Pemotongan Material Shell	$Y_7 = 0,144 + 0,22X_1 + 1,09 \cdot 10^{-4} X_2 + 1,862 \cdot 10^{-4} X_3 + 0,025X_4 + 1,361 \cdot 10^{-4} X_5$
8. Proses Bending Roll Shell	$Y_8 = 4,55 + 0,063X_1 + 3,9 \cdot 10^{-3} X_2 + 8,14 \cdot 10^{-4} X_3 + 6,392 \cdot 10^{-4} X_4 + 4,158 \cdot 10^{-4} X_5$
9. Proses Pemotongan untuk Kampuh Pengelasan	$Y_9 = 0,049 + 0,045X_1 + 1,593 \cdot 10^{-5} X_2 + 2,806 \cdot 10^{-5} X_3 + 0,016X_4 + 2,836 \cdot 10^{-4} X_5$
10. Proses Assembling Sambungan longitudinal Shell	$Y_{10} = -0,864 + 0,56X_1 + 4,907 \cdot 10^{-4} X_2 + 0,004X_3 + 1,383 \cdot 10^{-8} X_4 + 0,004X_5$
11. Proses Pengelasan Sambungna Longitudinal Shell	$Y_{11} = -12,501 + 0,695X_1 + 0,008X_3$

PROSES ASSEMBLING SAMBUNGA CIRCUMFERENSIAL SHELL ATAU HEAD

Pada proses assembli pada sambungan circumferensial dari elemen shell atau head ini dilaksanakan dengan jumlah pekerja yang diperlukan secara normal adalah 3 orang.

Persamaan model adalah :

$$Y_{12} = F(X_1, X_2)$$

Dimana :

Y_{12} : waktu proses assembling pada circumferensial shell (Mhr)

X_1 : ketebalan material (mm)

X_2 : diameter dalam shell atau head (mm)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_2 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{12} = -1.818 + 0.729X_1 + 0,014 X_2$$

PROSES PENGELASAN SAMBUNGAN CIRCUMFERENSIAL SHELL ATAU HEAD

Pada proses pengelasan (*welding*) pada sambungan circumferensial dari elemen shell atau head ini dilaksanakan dengan jumlah pekerja yang diperlukan secara normal adalah 2 orang.

Persamaan model adalah :

$$Y_{12} = F(X_1, X_2, X_3)$$

Dimana :

Y_{12} : waktu proses assembling pada circumferensial shell (Mhr)

X_1 : ketebalan material (mm)

X_2 : diameter dalam shell atau head (mm)

X_3 : keliling dari shell atau head (mm)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_3 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{12} = 0,78 + 0.024X_1 + 0,005 X_2 + 3.435 * 10^{-4} X_3$$

ELEMEN NOZZLE

Dalam elemen nozzle ini faktor yang mempengaruhi waktu operasi adalah diameter dalam nozzle dan pengamatan data waktu operasi historis seperti dibawah. Pengamatan ini merupakan waktu sampai assembling ke shell atau head. Pada operasi ini jumlah pekerja yang bekerja secara normal adalah 2 orang.

Tabel 5.
Data waktu pengamatan operasi nozzle

No. Obsv	Dia. Dalam (inch)	Waktu operasi (Mhr)
1	$\frac{1}{2}$	21.00
2	$\frac{3}{4}$	22.50
3	1	22.80
4	2	27.00
5	4	28.50
6	6	33.00
7	8	36.00
8	10	37.50
9	12	40.00
10	14	43.50
11	18	45.00
12	18	49.50
13	20	54.50
14	20	56.00

Persamaan model $Y_{14} = f(X_1)$

Dimana :

Y_{14} : waktu operasi nozzle (Mhr)

X_1 : diameter dalam nozzle (inch)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_1 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{14} = - 21.816 + 1,598 X_1$$

ELEMEN MANHOLE

Dalam elemen manhole (lubang orang) ini faktor yang mempengaruhi waktu operasi adalah diameter dalam manhole dan pengamatan data waktu operasi historis seperti dibawah. Pengamatan ini merupakan waktu sampai assembling ke shell atau head. Pada operasi ini jumlah pekerja yang bekerja secara normal adalah 3 orang.

Tabel 6.
Data waktu pengamatan operasi Manhole

N.o Obsv	Dia. Dalam (inch)	Waktu operasi (Mhr)
1	20	92.00
2	20	96.00
3	20	97.00
4	22	96.00
5	22	100.00
6	24	104.00
7	24	112.00
8	24	116.00
9	24	118.00
10	26	120.00
11	26	130.00
12	26	132.00
13	30	144.00
14	30	145.00
15	30	152.00

Persamaan model $Y_{15} = f(X_1)$

Dimana :

Y_{15} : waktu operasi manhole (Mhr)

X_1 : diameter dalam manhole (inch)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_1 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{15} = - 17.71 + 5.49 X_1$$

ELEMEN SUPPORT (SKIRT)

Dalam elemen support ini faktor yang mempengaruhi waktu operasi adalah diameter dalam support, panjang support dan ketebalan support, terlihat pengamatan data waktu operasi historis seperti dibawah. Pengamatan ini merupakan waktu operasi sampai assembling ke shell. Pada operasi ini jumlah pekerja yang bekerja secara normal adalah 3 orang.

Tabel 7.
Data waktu pengamatan operasi support (skirt)

No Obsv	Dia. Dalam (mm)	Panjang support (mm)	Ketebalan support (mm)	Waktu operasi (Mhr)
1	1000	1,000.00	12.7	165.00
2	1200	1,000.00	12.7	174.00
3	1500	1,000.00	12.7	192.00
4	1200	1,350.00	15.88	192.00
5	1500	1,500.00	15.88	216.00
6	1800	1,750.00	15.88	240.00
7	2000	1,750.00	15.88	270.00
8	1800	1,750.00	25.4	258.00
9	2000	2,000.00	25.4	279.00
10	2300	2,000.00	25.4	318.00
11	2500	2,000.00	25.4	336.00
12	2800	2,100.00	25.4	360.00
13	3000	2,200.00	25.4	396.00

Persamaan model $Y_{16} = f(X_1, X_2, X_3)$

Dimana :

Y_{16} : waktu operasi support (Mhr)

X_1 : diameter support (mm)

X_2 : panjang support (mm)

X_3 : ketebalan material support (mm)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_3 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{16} = 18.55 + 0.09 X_1 + 0.04 X_2 + 0.84 X_3$$

FINISHING

Dalam finishing ini faktor yang diperlukan untuk pembersihan grinding, sandblasting dan *coating*.

Pada operasi ini diperlukan jumlah pekerja 2 orang

Tabel 8.
Data pengatan waktu finishing

No Obsv	Berat PV (kg)	waktu operasi (Mhr)
1	5,710.0	212.00
2	2,380.0	118.95
3	2,830.0	141.40
4	2,900.0	150.00
5	14,120.0	340.00
6	4,680.0	190.00
7	3,400.0	138.00

Persamaan model $Y_{17} = f(X_1)$

Dimana :

Y_{17} : waktu operasi finishing (Mhr)

X_1 : berat bejana tekan (pressure vessel) (kg)

Secara sama seperti perumusan no 2 maka dimasukkan ke dalam matrik sehingga didapatkan konstanta dari a_0 sampai a_1 , dan persamaan model masing proses akan didapatkan :

$$Y_{17} = 19.69 + 0.021X_1$$

REPAIR, SHOP HANDLING DAN HYDROTESTING

Dalam memproduksi bejana tekan akan selalu memerlukan aktivitas handling selama fabrikasi, perbaikan / *rework* bila ada ketidaksesuaian dan hydrotest untuk menguji kinerja produk.

Perumusan model yang didapat :

$$Y_{18} = -9.814 \cdot 10^{-3} x_1 + 3.281 \cdot 10^{-3} X_2 + 3 X_3 + X_4 + X_5$$

Dimana :

Y_{18} : waktu total untuk perbaikan, shop handling dan hydro test (Mhr)

X_1 : diameter dalam (mm)

X_2 : panjang total shell (mm)

X_3 : jumlah manhole

X_4 : jumlah nozzle

X_5 : berat total bejana tekan (ton)

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan kemudian dianalisa dapat disimpulkan bahwa :

- Bertambah besarnya dimensi akan bertambah waktu operasi
- Untuk menghitung waktu operasi bejana tekan melalui analisa model dari metoda kuadrat terkecil (*least square method*) waktu operasi yang didapatkan relative mendekati waktu operasi aktual.
- Perhitungan waktu operasi bejana tekan pada estimasi awal tidak memakai perkiraan pada masing masing proses untuk setiap elemen bejana tekan, menyebabkan adanya perbedaan yang relatif besar terhadap analisa model
- Dengan analisa model, waktu operasi bejana tekan dari penelitian ini dapat digunakan untuk menghitung waktu operasi lebih teliti, sehingga dapat menentukan waktu pengiriman yang lebih realistik

Daftar Pustaka ;

- Adam, everette E Jr, Ronald J ebert, “ production and Operation management (Concept, models, and Behavior) Fifth edition Prentice Hall Inc, englewood cliff new Jersey 1992
- J. Supranto “ Statistik (teori dan aplikasi) Jilid 2, edisi keempat penerbit Erlangaa Jakarta 1986
- The American Society of mechanical Engineer . ASME, Boiler and Pressure Vessel Code, section VIII Div. 1 & section IX, New York