

Identifikasi Faktor Penentu dan Perhitungan Standard Time Proses *Washing* di PT.X

Harry Setyawan Firmansyah¹, Nova Sepadyati²,

Abstract: PT.X is a company engaged in the manufacturing of heat exchangers. PT.X has a standard time formula for each process on the production floor. The washing process formula currently only uses three variables from the specifications of each unit. The research carried out at PT.X aims to see whether the standard washing process standard time formula is still relevant or not to be used today. Observation data shows that the average time of 105.88% of the results of the calculation formula is greater than the actual time. The results of the calculation of the new formula are designed to approach the actual time and only use two of the seven factors that significantly influence the washing process time based on the ANOVA test results. The new standard time formula was built using a regression model. Standardizing the washing process using a new formula can reduce the washing process production costs by 39.8% from € 0.1008 / minute to € 0.0607 / minute.

Keywords: work time measurement, standard time formula, multiple linier regression

Pendahuluan

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak pada industri pembuatan *heat exchanger*. *Heat exchanger* merupakan alat penukaran panas. Produksi yang dilakukan PT.X juga tergantung dari permintaan *customer* (*make to order*) dan melayani adanya *custom* yang dibutuhkan oleh *customer*. Dimensi, ukuran, bahan dan spesifikasi dari *heat exchanger* beraneka ragam. Sebagian besar *part* diproduksi sendiri oleh PT.X mulai dari *case body* (*sheet metal*) hingga *part* bagian dalam (*header, tube* dan *fin*).

PT.X memiliki department *Industrial Engineering* (IE) yang bertujuan untuk meningkat efisiensi kerja dan proses yang ada di PT.X. Department IE selalu mencari cara untuk terus melakukan *improvement* yang dapat dikembangkan lebih baik lagi pada berbagai section produksi PT.X. PT.X melakukan perhitungan *standard time* pada tiap prosesnya dengan menggunakan rumusan formula. Salah satu tahapan proses yang dilalui untuk memproduksi *heat exchanger* yaitu proses *washing*.

Proses *washing* dilakukan untuk membersihkan sisa oli yang menempel pada selah-selah *coil*. Saat ini, rumusan formula *standard time* pada proses *washing* dihitung dengan memasukkan variabel *row*, kolom, dan panjang *berript* dari fisik *coil*. Departement IE menduga adanya indikasi variabel lain yang belum diperhatikan dalam perhitungan *standard time* formula mengingat variasi yang cukup besar pada

komponen produk. Cara atau metode *washing* yang dilakukan pada PT.X juga belum standar. Tidak ada aturan yang menjadi pedoman bagi operator dalam membersihkan produk unit *coil*. Unit dikatakan bersih hanya berdasarkan perkiraan dari operator atau bersifat subjektif. Perkiraan operator yang salah juga akan menjadi pemborosan energi, waktu, dan bahan baku proses *washing*.

Berdasarkan pengalaman perusahaan, timbul pertanyaan apakah formula *standard time* proses *washing* ini masih relevan atau tidak untuk digunakan sebagai acuan dalam mencuci sebuah unit saat ini. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian faktor-faktor yang mempengaruhi waktu proses *washing* dan menentukan *standard time* proses *washing* yang tepat untuk kondisi saat ini.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas metode-metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu *Analysis of Variance* (ANOVA), perhitungan waktu baku dan regresi.

Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA merupakan singkatan dari *Analysis of Variance*. ANOVA dikembangkan dan diperkenalkan oleh ahli statistik bernama Ronald Fisher. ANOVA merupakan salah satu metode analisis statistik yang banyak digunakan dalam menganalisa hasil penelitian. ANOVA menguji perbedaan rerata grup atau kelompok jenis perlakuan. Ciri khas ANOVA yaitu adanya satu atau

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: harrysetfir@gmail.com, nova.s@petra.ac.id

lebih variabel bebas (faktor yang mempengaruhi) dan satu atau lebih variabel respon (variabel terikat atau dampak dari faktor). Jenis ANOVA berdasarkan jumlah variabel terikat (variabel dependen) yaitu *univariate* dan *multivariate*. *Univariate* untuk satu variabel terikat dan *multivariate* untuk variabel terikat lebih dari satu. Sedangkan jenis ANOVA berdasarkan variabel bebas (variabel independen) yaitu *One Way ANOVA*, *Two Way ANOVA*, dan *Multi Way ANOVA*. *One Way ANOVA* untuk satu variabel bebas, *Two Way ANOVA* untuk dua variabel bebas, dan *Multi Way ANOVA* untuk lebih dari dua variabel bebas (Montgomery [1]).

Beberapa syarat atau asumsi yang harus dipenuhi dalam uji ANOVA yaitu independen, identik, dan distribusi normal (Montgomery [2]):

- Independen, setiap observasi dalam ANOVA harus bersifat independen
- Identik, varians antar kelompok yang dibandingkan harus bersifat homogen
- Distribusi normal, residual atau error harus mengikuti distribusi normal

Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku ialah waktu proses yang dibutuhkan oleh operator dalam membuat atau memproduksi suatu produk. Terdapat tiga syarat dalam pengambilan data waktu baku yaitu operator telah mahir atau terlatih, bekerja dalam kondisi normal, dan mengerjakan tugas yang spesifik (Meyers [3]). Hasil waktu perhitungan waktu baku juga telah mempertimbangkan *allowance* dan *performance rating* pada tiap prosesnya. *Allowance* diberikan sebagai bentuk kelonggaran bagi operator ketika bekerja. *Performance rating* digunakan untuk menstandarkan waktu pekerjaan operator yang diamati.

Performance rating

Hasil pengukuran waktu setiap pekerja memiliki perbedaan. Perbedaan ini timbul karena adanya *performance* yang berbeda dari tiap individu. Pekerja yang memiliki pengalaman yang cukup besar akan cenderung memiliki waktu kerja yang relatif lebih rendah dari pekerja baru. Ada operator yang bekerja lebih cepat dari reratanya dan ada juga operator yang bekerja lebih lambat dari reratanya. Perbedaan ini dapat “dinormalkan” dengan melakukan penilaian *performance rating*. Penilaian *performance rating* dapat bersumber dari data perusahaan maupun penilaian langsung oleh pengamat. Operator yang bekerja terlalu cepat diatas batas kewajaran akan mendapatkan nilai *performance rating* diatas 1. Operator yang bekerja lebih lambat dari batas kewajaran akan mendapatkan nilai *performance*

rating dibawah 1. Operator yang bekerja secara normal akan mendapatkan nilai *performance rating* 1.

Kondisi kerja saat operasi secara penuh dilaksanakan oleh mesin (*operating* atau *machine time*) maka waktu yang diukur dianggap merupakan waktu yang normal. Penilaian *performance rating* dilakukan berdasarkan faktor *skill*, *effort*, *condition*, dan *consistency* yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Sutalaksana [4]). *Skill* yaitu ketrampilan atau kemampuan mengikuti cara kerja yang ditetapkan. *Effort* yaitu usaha kesungguhan yang ditunjukkan operator ketika bekerja. *Condition* yaitu kondisi lingkungan fisik lingkungan seperti pencahayaan, temperature, dan kebisingan ruangan. *Consistency* yaitu konsistensi atau kenyataan bahwa setiap hasil pengukuran waktu menunjukkan hasil yang berbeda-beda.

Tabel 1. Westinghouse (Sutalaksana [4])

Westinghouse System Skill Ratings		
+0.15	A1	Superskill
+0.13	A2	Superskill
+0.11	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.06	C1	Good
+0.03	C2	Good
0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair
-0.10	E2	Fair
-0.16	F1	Poor
-0.22	F2	Poor
Westinghouse System Effort Ratings		
+0.13	A1	Excessive
+0.12	A2	Excessive
+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.05	C1	Good
+0.02	C2	Good
0.00	D	Average
-0.04	E1	Fair
-0.08	E2	Fair
-0.12	F1	Poor
-0.17	F2	Poor
Westinghouse System Condition Ratings		
+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excellent
+0.02	C	Good
0.00	D	Average
-0.03	E	Fair
-0.07	F	Poor
Westinghouse System Consistency Ratings		
+0.04	A	Perfect
+0.03	B	Excellent
+0.01	C	Good
0.00	D	Average
-0.02	E	Fair
-0.04	F	Poor

Perhitungan waktu normal akan dilakukan dengan persamaan: (Sutalaksana [4])

$$Wn = Ws \times p \tag{1}$$

Yang mana, *Ws* merupakan waktu siklus atau rerata waktu satu kali pengerjaan, *p* adalah *performance rating*.

Allowance

Setiap pekerjaan memiliki beban kerja yang berbeda-beda. *Allowance* diberikan pada pekerja sebagai bentuk kelonggaran beban kerja. Setiap pekerjaan tidak terlepas dari gangguan yang terjadi, terutama pekerjaan manual yang dilakukan oleh manusia. Perhitungan waktu baku perlu mempertimbangkan *allowance* yang diberikan bagi pekerja. *Allowance* dibedakan menjadi dua golongan, yaitu *constant allowance* dan *variable allowance*. *Constant allowance* dibedakan menjadi dua yaitu *personal allowance* dan *basic fatigue allowance*. *Constant allowance* selalu ada untuk pekerjaan yang dilakukan oleh manusia (pekerjaan manual). *Variable allowance* merupakan kelonggaran lain yang diberikan bagi pekerja dan disesuaikan dengan tingkat beban pekerjaan. Semakin besar beban pekerjaan maka semakin besar *variable allowance*.

Tabel 2. *Allowance* (Sutalaksana [4])

ILO Recommended Allowances	
A. Constant allowances:	
1. Personal allowance	5
2. Basic fatigue allowance	4
B. Variable allowances:	
1. Standing allowance	2
2. Abnormal position allowance:	
a. Slightly awkward	0
b. Awkward (bending)	2
c. Very awkward (lying, stretching)	7
3. Use of force, or muscular energy (lifting, pulling, or pushing):	
Weight lifted, lb:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Bad light:	
a. Slightly below recommended	0
b. Well below	2
c. Quite inadequate	5
5. Atmospheric conditions (heat and humidity)—variable	0-100
6. Close attention:	
a. Fairly fine work	0
b. Fine or exacting	2
c. Very fine or very exacting	5
7. Noise level:	
a. Continuous	0
b. Intermittent—loud	2
c. Intermittent—very loud	5
d. High-pitched—loud	5
8. Mental strain:	
a. Fairly complex process	1
b. Complex or wide span of attention	4
c. Very complex	8
9. Monotony:	
a. Low	0
b. Medium	1
c. High	4
10. Tediousness:	
a. Rather tedious	0
b. Tedious	2
c. Very tedious	5

Regresi Linear Berganda

Regresi baik digunakan untuk menjelaskan hubungan antara satu atau lebih variabel dan seberapa besar pengaruhnya terhadap suatu variabel. Hubungan yang dihasilkan biasanya dijelaskan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel. Persamaan matematik ini mengandung dua jenis variabel yaitu variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependen atau dikenal sebagai variabel respon yaitu sebagai variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel independen atau dikenal sebagai variabel *predictor* yaitu variabel bebas yang tidak dipengaruhi variabel lain.

Model regresi linear berganda mengandung satu variabel terikat atau variabel respon dan dua atau lebih variabel bebas (Singgih [5]).

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_nx_n \quad (2)$$

Yang mana, *Y* merupakan variabel respon, *x* adalah variabel bebas, *a* adalah parameter *intercept*, *b* adalah parameter koefisien regresi variabel bebas.

Model regresi dapat dikatakan baik apabila memenuhi lima asumsi dalam permodelan regresi. Lima asumsi utama dalam permodelan regresi yaitu (Harlan [6]):

- Asumsi linearitas, yaitu terdapat hubungan antara variabel dependen dengan sekelompok variabel independen bersifat linear
- Asumsi independensi dan non-otokorelasi, yaitu residul saling independen tidak terdapat korelasi antara satu data dengan data yang lain
- Asumsi normalitas, yaitu residual berdistribusi secara normal dengan rerata nol
- Asumsi homoskedasitas, yaitu residual memiliki variansi konstan. Model regresi yang baik adalah tidak terjadi heteroskedasitas
- Asumsi non-multikolinearitas, yaitu melihat adanya korelasi antar variabel independen. Model regresi yang baik adalah tidak terjadi multikolinearitas

Hasil dan Pembahasan

Data pengamatan proses *washing* akan diambil terlebih dahulu untuk dibandingkan dengan hasil perhitungan formula yang dimiliki oleh PT.X. Apabila terjadi perbedaan yang cukup besar maka akan dilakukan identifikasi ulang untuk merancang formula baru yang lebih relevan. *Allowance* dan *performance rating* baru juga akan diperhitungkan..

Perbandingan Formula *Standard Time* dengan *Actual time*

PT.X memiliki rumusan formula *standard time* untuk setiap proses yang ada pada rantai produksi. Formula *standard time* proses *washing* yaitu

$$St: 10,23936 + (0,000107 \times b \times c \times r) \times 1,8 \quad (3)$$

Yang mana, *b* adalah *berript* (panjang unit), *c* adalah jumlah *column*, *r* adalah jumlah *row*.

Formula *standard time* ini menggunakan variabel *berript*, *column*, dan *row*. *Berript* dapat diartikan sebagai panjang unit, *column* dapat diartikan sebagai lebar unit dan *row* dapat diartikan sebagai tinggi unit. *Allowance* yang diberikan oleh PT.X untuk proses *washing* saat ini yaitu sebesar 80%.

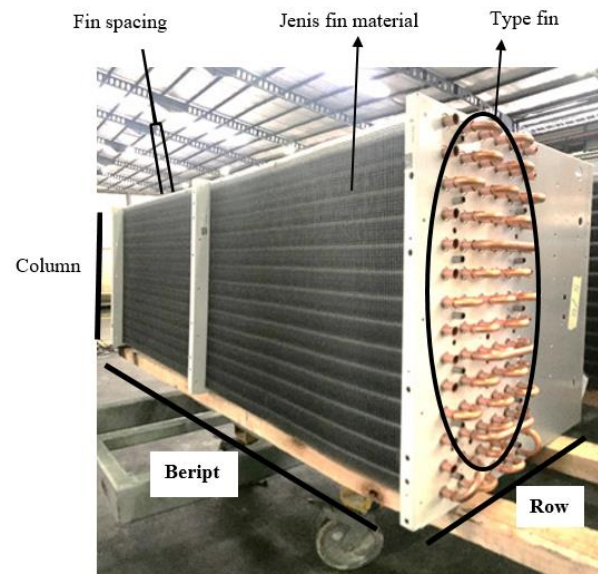
Pengambilan data dilakukan antara tanggal 21 Februari 2020 hingga 19 Maret 2020. Pengambilan data hanya dilakukan pada saat operator bekerja tanpa adanya gangguan saat pengerjaan. Contoh gangguan yaitu adanya unit urgent atau repair yang harus dikerjakan mendesak pada saat operator sedang mengerjakan unit lain. Data yang diambil harus dikerjakan oleh operator yang sama dari awal hingga akhir pengerjaan, tidak diijinkan adanya pergantian shift pada pengerjaan unit yang sama. Data waktu yang diambil yaitu saat operator memulai bilas pertama hingga saat operator mengakhiri bilas kedua. Waktu proses *loading* dan *unloading* tidak ikut diukur waktunya.

Data hasil pengamatan (90 data) selanjutnya akan dibandingkan dengan perhitungan rumus formula. Permasalahan yang terjadi yaitu *standard time* hasil formula tidak sesuai dengan *actual time* di lantai produksi (105,88% formula *standard time* lebih besar dari *actual time*). Hasil pengukuran di lapangan ini menunjukkan -61,12% hingga 402,61% perbedaan antara formula *standard time* dengan *actual time*. Tanda minus “-“ berarti *actual time* lebih besar dari formula *standard time*, begitu pula dengan sebaliknya. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan pada pengambilan data waktu yang sebelumnya tidak memperhatikan jumlah unit yang masuk pada area *washing*. Pengaruh material dan spesifikasi unit lainnya juga belum diperhatikan sehingga perlu adanya kajian ulang mengenai formula proses *washing* saat ini.

Identifikasi Faktor yang Mempengaruhi Waktu *Washing*

Tiap unit *coil* membutuhkan waktu pencucian yang berbeda-beda. Lama proses pencucian yang berbeda

ini disebabkan tiap unit *coil* yang dicuci memiliki spesifikasi yang berbeda. Formula *standard time* saat ini hanya memperhatikan *berript*, *row*, dan *column*. Spesifikasi unit *coil* sebenarnya dapat dibedakan dari segi *row*, *column*, *berript*, *fin spacing*, *type fin* dan material *fin*. Keenam hal ini merupakan variasi pada tiap unit di PT.X yang didapatkan dari hasil pembeda antar PO dari wawancara *staff* PT.X. Penggunaan material sabun selama penelitian ini tetap sama dan tidak dilakukan analisa lebih lanjut mengenai dampak dari perubahan material sabun.

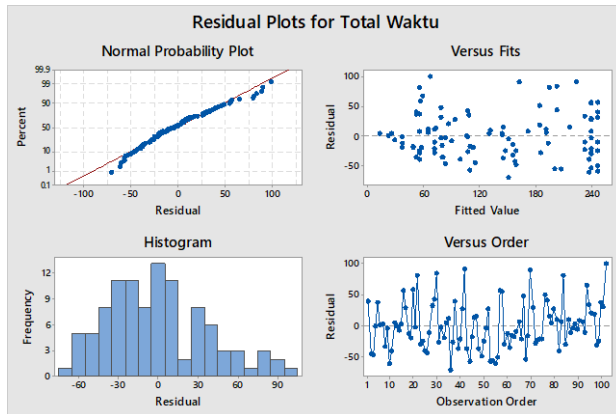


Gambar 1. Variasi unit *heat exchanger*

Gambar 1 menunjukkan variasi spesifikasi yang ada pada unit produksi PT.X. Unit yang diproduksi disesuaikan dengan permintaan *customer* dengan variasi *berript*, *row*, *column*, *fin spacing*, *type fin*, dan *fin material* yang berbeda. *Type fin* merupakan pola lubang *tube* pada *fin*. *Fin spacing* merupakan jarak antara tiap lapis *fin* satu dengan yang lain. *Fin material* merupakan bahan dasar *fin* yang digunakan. Terdapat enam variasi *row*, 16 variasi *column*, 27 variasi *berript*, delapan variasi *fin spacing*, empat variasi *fin material*, dan empat variasi *type fin*. Spesifikasi yang ditemui di lapangan merupakan kombinasi diantara variasi yang ada. ID operator juga perlu dicatatkan saat pengambilan data. ID operator menunjukkan identitas dari operator yang sedang bekerja.

ANOVA

ANOVA merupakan suatu metode pengujian statistik untuk melihat hubungan antara satu variabel respon dengan satu atau lebih variabel bebas. Syarat uji ANOVA menurut Montgomery yaitu data harus berdistribusi normal, identik (homogen), dan independen.



Gambar 2. Hasil uji IIDN

Gambar 2 menunjukkan hasil uji IIDN (identik, independen dan berdistribusi normal). Uji ANOVA baru dapat dilakukan setelah data lolos dari uji IIDN. Uji ANOVA pada pengujian ini digunakan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap respon (waktu proses *washing*).

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	7	560645	80092	51.46	0.000
ID_Operator	1	1060	1060	0.68	0.411
Tinggi	1	4610	4610	2.96	0.089
Lebar	1	7814	7814	5.02	0.027
Fin Spacing	1	1301	1301	0.84	0.363
Beript	1	213457	213457	137.15	0.000
Type Fin	1	3683	3683	2.37	0.127
Jenis Fin Material	1	3230	3230	2.08	0.153
Error	94	146298	1556		
Lack-of-Fit	54	104212	1930	1.83	0.024
Pure Error	40	42086	1052		
Total	101	706943			

Gambar 3. Hasil uji *analysis of variance* data

Hasil uji ANOVA yang terdapat dalam Gambar 3 menghasilkan nilai *p-value* yang berbeda pada masing-masing faktor. *P-value* ini dapat digunakan untuk menilai apakah masing-masing faktor itu secara signifikan mempengaruhi respon atau tidak. Dalam uji ANOVA ini untuk menilai faktor berpengaruh secara signifikan atau tidak, digunakan hipotesa :

H_0 : faktor tidak mempengaruhi respon

H_1 : faktor mempengaruhi respon.

Nilai *p-value* dari hasil uji ANOVA ini dibandingkan dengan nilai dari α sebesar 0,05. Hasil *p-value* untuk faktor operator adalah 0,895 yang mana nilai ini lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga gagal tolak H_0 dan dapat disimpulkan bahwa perbedaan operator tidak mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil *p-value* untuk faktor tinggi unit adalah 0,143 yang mana nilai ini lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan tinggi unit tidak mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil *p-value* untuk faktor lebar unit adalah 0,018 yang mana nilai ini juga lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan lebar unit mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil *p-*

value untuk faktor *fin spacing* adalah 0,52 yang mana nilai ini juga lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan *fin spacing* tidak mempengaruhi respon secara signifikan.

Hasil *p-value* untuk faktor *berript* adalah 0,00 yang mana nilai ini lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan *berript* mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil *p-value* untuk faktor *type fin* adalah 0,302 yang mana nilai ini lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan *type fin* tidak mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil *p-value* untuk faktor jenis *fin material* adalah 0,841 yang mana nilai ini juga lebih besar dari $\alpha = 0,05$ sehingga disimpulkan jenis *fin material* tidak mempengaruhi respon secara signifikan. Hasil ANOVA menunjukkan urutan faktor yang mempengaruhi waktu *washing* dari yang signifikan hingga tidak signifikan yaitu *berript*, lebar unit, tinggi unit, *type fin*, *fin spacing*, jenis *fin material*, dan perbedaan operator.

Regresi

Formula *standard time* proses *washing* saat ini dipengaruhi oleh *berript*, *column* dan *row* dari tiap unit, sedangkan hasil ANOVA menunjukkan terdapat dua faktor yang signifikan dari ketujuh faktor yaitu lebar unit dan *berript* (panjang unit). Kedua faktor ini yang nantinya akan dijadikan dasar dalam pembuatan regresi waktu proses *washing*. Model regresi ini telah diuji dan lolos uji IIDN.

Regression Analysis: Total Waktu (m) versus Beript (mm), Lebar (mm)					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	503995	251997	274.90	0.000
Lebar (mm)	1	10223	10223	11.15	0.001
Beript (mm)	1	224970	224970	245.42	0.000
Error	87	79752	917		
Lack-of-Fit	36	37044	1029	1.23	0.246
Pure Error	51	42708	837		
Total	89	583747			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
30.2769	86.34%	86.02%	85.49%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-25.45	7.99	-3.19	0.002	
Lebar (mm)	0.01120	0.00335	3.34	0.001	1.70
Beript (mm)	0.03407	0.00217	15.67	0.000	1.70

Regression Equation
Total Waktu (m) = -25.45 + 0.01120 Lebar (mm) + 0.03407 Beript (mm)

Gambar 4. Hasil uji regresi waktu *washing*

Hasil regresi proses *washing* dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai *R-Square* disebut juga dengan nilai koefisien determinasi berganda. *R-Square* di dalam mintab ditunjukkan dengan nilai R-Sq di mana pada uji ini nilainya sebesar 86,34% artinya variabel Y (total waktu *washing*) dapat dijelaskan oleh sekelompok variabel independen (lebar unit dan

berript) secara serentak atau simultan sebesar 86,34% sedangkan sisanya (100%-86,34%=13,66%) dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak diteliti.

Multikolinearitas merupakan situasi yang menunjukkan adanya hubungan atau korelasi kuat antara dua variabel bebas atau lebih dalam sebuah model regresi. Multikolinearitas dapat menyebabkan kekuatan prediksi sebuah model menjadi tidak handal. Gejala multikolinearitas dapat dideteksi dengan melihat nilai VIF pada hasil uji regresi. Nilai kedua VIF di atas yaitu 1,7 yang mana angka tersebut kurang dari 5 maka tidak ada gejala multikolinearitas.

Validasi Model Regresi

Validasi model regresi perlu dilakukan untuk mengecek seberapa akuratnya model regresi ini dapat menggambarkan kenyataan yang terjadi. Validasi dilakukan dengan menggunakan uji *Pair T-Test*. Uji *Pair T-Test* digunakan karena setiap data yang diambil memiliki spesifikasi yang berbeda.

Paired T-Test and CI: Total Waktu, Pure Regresi 1 OP				
Paired T for Total Waktu - Pure Regresi 1 OP				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Total Waktu	90	129.89	80.99	8.54
Pure Regresi 1 OP	90	129.90	75.26	7.93
Difference	90	-0.01	29.93	3.16

95% CI for mean difference: (-6.28, 6.26)
 T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = -0.00 P-Value = 0.998

Gambar 5. Hasil validasi model regresi

Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian waktu proses *washing* dengan menggunakan *Pair T-Test*. Hipotesa yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
 $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Hasil pengujian *Pair T-Test* menunjukkan angka *p-value* sebesar 0,998. Nilai *p-value* > α sehingga gagal tolak H_0 secara signifikan dengan tingkat $\alpha = 0,05$, maka tidak terdapat perbedaan antara waktu proses *washing* regresi dengan data pengamatan di lapangan secara statistik. Hasil formula atau regresi yang baru ini juga perlu dibandingkan dengan data pengamatan untuk melihat seberapa besar penyimpangan yang terjadi. Rata-rata selisih atau penyimpangan antara prediksi hasil regresi terhadap *actual time* yaitu sebesar 13,39% nilai regresi lebih besar daripada *actual time*.

Performance rating

Performance rating diperlukan untuk mencari waktu normal dari suatu proses. Setiap pekerja memiliki keahlian masing-masing dalam bidangnya.

Keahlian masing-masing individu yang berbeda ini yang menyebabkan ketidaksamaan waktu kerja. Oleh karena itu, *performance rating* digunakan untuk menstandarkan waktu pekerjaan. Data waktu pengamatan diperoleh dari dua tim operator *washing* PT.X yang berbeda. Hasil ANOVA menjelaskan bahwa perbedaan kedua tim ini tidaklah signifikan mempengaruhi respon (waktu proses *washing*). Penilaian *performance rating* cukup diwakili dari salah satu tim saja.

Tabel 3. *Performance rating*

Faktor	Kelas	Penyesuaian
<i>Skill</i>	<i>Good</i>	+0.06
<i>Effort</i>	<i>Good</i>	+0.05
<i>Condition</i>	<i>Poor</i>	-0.07
<i>Consistency</i>	<i>Excellent</i>	+0.03

Hasil penilaian *performance rating* dapat dilihat pada Tabel 3 dengan total *performance rating* 1,07. Penilaian *skill*, *effort*, dan *consistency* operator *washing* didapatkan dari data perusahaan dengan berkoordinasi dengan *section leader* terkait. Penilaian *condition* yaitu *poor* karena operator bekerja dengan posisi berdiri cukup lama dan mengangkat tuas penyemprotan. Kondisi lingkungan kerja juga cukup panas karena pencucian dilakukan dengan menggunakan air panas.

Allowance

Allowance merupakan kelonggaran yang diberikan kepada operator dalam menangani pekerjaannya. *Allowance* digunakan mencari waktu baku dari suatu proses. Penilaian *allowance* diberikan dengan mempertimbangkan kondisi dari suatu pekerjaan. *Allowance* proses *washing* yang ada pada PT.X saat ini yaitu 0,8. PT.X menilai *allowance* tersebut sudah tidak relevan dan berkeinginan untuk mengkaji ulang *allowance* yang baru.

Tabel 4. *Allowance*

<i>Allowance</i>	Type	Penyesuaian
<i>Constant allowance</i>	<i>Personal allowance</i>	+0.05
	<i>Basic fatigue allowance</i>	+0.04
<i>Variable allowance</i>	<i>Standing allowance</i>	+0.02
	<i>Use of force</i>	+0.02
	<i>Atmospheric condition</i>	+0.05

Tabel 4 menunjukkan perhitungan *allowance* baru yang dapat diberikan yaitu 18%. Penilaian *performance rating* didapatkan angka sebesar 1,07. Oleh karena itu rumusan formula *standad time* baru untuk proses *washing* yaitu

$St: (-25,45 + 0,0112 \times L + 0,03407 \times b) \times 1,26$ (4)
 Yang mana, L merupakan lebar unit dalam satuan *millimeter*, b adalah *berriipt* (panjang unit) dalam satuan *millimeter*.

Persamaan regresi dengan *performance rating* dan *allowance* ini juga perlu dibandingkan dengan data hasil pengamatan untuk melihat seberapa jauh penyimpangan yang mungkin saja terjadi. Rata-rata selisih antara formula baru (*exclude allowance*) ini dengan data pengamatan yaitu sebesar 13,39%, sedangkan rata-rata selisih antara formula baru (*include allowance*) ini dengan data pengamatan yaitu sebesar 43,16% formula baru lebih besar dari data pengamatan. Angka tersebut relatif lebih kecil daripada penyimpangan dengan menggunakan formula lama yaitu sebesar 105,88%.

Analisis Biaya Proses Washing

Biaya proses *washing* PT.X saat ini yaitu €0,1008/menit. Besaran angka ini mengacu pada hasil perhitungan dengan formula saat ini. Perhitungan formula menunjukkan nilai 24536,62 menit untuk 90 unit yang dikerjakan. Kenyataan yang terjadi waktu untuk menyelesaikan 90 unit tersebut lebih rendah dari perhitungan formula baru (*include allowance*) yaitu sebesar 14760,53 menit. Apabila dilakukan perhitungan menggunakan *cycle time*, *performance rating* dan *allowance* yang baru dengan data pengamatan maka dihasilkan biaya produksi sebesar €0,0607/menit. Penurunan biaya 39,8% ini dapat terjadi karena waktu kenyataan proses *washing* relatif lebih rendah dari perkiraan formula *standard time* yang ada di PT.X.

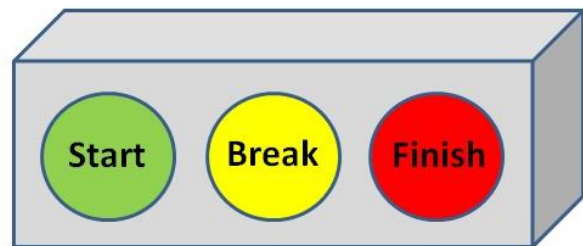
Rancangan Perbaikan

Hasil formula baru nantinya akan dijadikan sebagai pedoman dalam penentuan batas waktu proses *washing* yang ideal. Idealnya setiap operator pada masing-masing *section* akan mengetikkan nomor PO di awal dan akhir setiap proses pada layar komputer. Pengetikan nomor PO ini bertujuan untuk mendeteksi siapa nama operator pekerja dan kapan unit produk tersebut ditangani pada *section* ini. Kegiatan ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi spesifikasi produk yang selanjutnya sebagai *input* bagi rumus waktu formula.



Gambar 6. Countdown timer

Gambar 6 merupakan desain *countdown timer* yang akan disediakan pada area *washing*. Penghitung waktu mundur ini bertujuan untuk membantu mengingatkan operator dalam menyelesaikan tugasnya. Angka perhitungan waktu mundur ini mengacu pada rumus formula yang tersedia sehingga akan menyesuaikan dengan kebutuhan waktu dalam menyelesaikan unit produk tersebut.



Gambar 7. Tombol Countdown Timer

Gambar 7 merupakan desain tombol *countdown timer* yang akan disediakan pada area *washing*. Terdapat tiga tombol yaitu *start*, *pause*, dan *finish*. Tombol *start* ketika operator telah siap untuk memulai pekerjaannya dan *countdown timer* akan memulai menghitung mundur. Tombol *pause* ketika operator mengalami kendala di tengah pekerjaannya dan *countdown timer* akan diam berhenti. Tombol *finish* ketika operator telah selesai membersihkan keseluruhan unit walaupun ketika terdapat sisa waktu pada *countdown timer*. Lampu peringatan akan menyala ketika *countdown timer* telah mencapai angka 0. Operator hanya perlu menyelesaikan tugasnya dengan tidak terburu-buru dan menekan tombol *finish* ketika selesai. Seluruh waktu ini akan tersimpan pada sistem internal perusahaan dan dapat dilakukan analisa berkelanjutan.

Tabel 5. Formula perhitungan waktu *countdown timer*

Elemen proses	Formula <i>standard time</i> (menit)
Bilas pertama	$(-4.85 + 0.002797 \text{ Lebar} + 0.004249 \text{ Berript}) \times 1.26$
Cuci sabun	$(-2.70 + 0.000490 \text{ Lebar} + 0.007691 \text{ Berript}) \times 1.26$
Bilas kedua	$(-3.41 + 0.001894 \text{ Lebar} + 0.004478 \text{ Berript}) \times 1.26$

Penghitungan waktu mundur akan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu saat bilas pertama, saat cuci sabun, dan saat bilas kedua. Bentuk regresi akan dibangun pada tiap tahap tersebut ketika suatu unit melalui proses *washing* seperti pada Tabel 5. Setiap bentuk regresi elemen proses harus memenuhi beberapa syarat asumsi pembentukan regresi dan ketiga formula pada Tabel 5 telah memenuhi semua isi syarat asumsi tersebut. Formula ini akan tepat memprediksi perkiraan waktu proses *washing* apabila tidak terjadi pergantian komposisi sabun. Pergantian komposisi sabun akan menyebabkan perubahan waktu proses *washing*.

Formula ini mewakili kondisi terkini dan baik digunakan untuk kondisi saat ini. Apabila pada kemudian hari kerap ditemukan adanya penyimpangan waktu proses *washing* melebihi 13,38% (besaran *error* yang mungkin terjadi pada formula) dari yang seharusnya, maka perlu adanya analisa lebih lanjut dan pembangunan formula yang baru. Kondisi ini mungkin saja terjadi akibat *learning curve* dari operator (*performance* operator yang semakin baik).

Simpulan

PT.X merupakan perusahaan yang bergerak pada industri pembuatan *heat exchanger*. PT.X memiliki formula *standard time* untuk setiap proses di lantai produksi. Penelitian yang dilakukan pada PT.X ini bertujuan untuk melihat apakah formula *standard time* proses *washing* saat ini masih relevan atau tidak untuk digunakan saat ini. Pengambilan sejumlah data dilakukan untuk dibandingkan dengan hasil formula *standard time* saat ini. Hasil pengujian data menghasilkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara hasil *actual time* dengan formula *standard time* saat ini. Hasil formula *standard time* menghasilkan rata-rata 105,88% lebih besar daripada *actual time* yang terjadi. Oleh karena itu, perlu adanya formula *standard time* baru agar lebih relevan dengan kondisi nyata.

Unit produk yang diproduksi pada PT.X sangat bervariasi tergantung dari kebutuhan *customer*. Variasi yang ada tersebut dapat dijabarkan ke dalam enam variabel yaitu *berript* (panjang), *row* (tinggi),

column (lebar), *fin spacing*, *type fin*, dan jenis *fin* material. Data yang diambil berasal dari dua tim berbeda yang bekerja bergantian antara *shift* satu dan *shift* dua. Perbedaan sumber data tersebut juga harus diuji apakah berbeda secara signifikan atau tidak. Hasil pengujian ANOVA menunjukkan bahwa terdapat dua dari tujuh faktor yang signifikan mempengaruhi waktu pengerjaan, yaitu *column* (lebar) dan *berript* (panjang) dari unit yang selanjutnya akan digunakan sebagai *predictor*. *Allowance* yang diberikan cukup besar yaitu 80% sehingga perlu adanya perhitungan ulang. Perhitungan baru *performance rating* 1,07 dan *allowance* sebesar 18% maka dihasilkan formula *standard time* baru yaitu:

$$St: (-25,45 + 0,0112 \times L + 0,03407 \times b) \times 1,26 \quad (5)$$

Yang mana, L merupakan lebar unit dalam satuan *millimeter*, b adalah *berript* (panjang unit) dalam satuan *millimeter*.

Biaya produksi proses *washing* saat ini yaitu €0,1008/menit. Biaya produksi tersebut mengacu pada formula proses *washing* yang ada saat ini. Biaya tersebut dapat berkurang 39,8% dengan menggunakan formula *standard time* baru yaitu sebesar €0,0607/menit. Selain itu, lama pengerjaan *washing* dilakukan berdasarkan perkiraan dari operator untuk menyatakan suatu unit produk sudah bersih dari oli yang menempel. Perlu adanya suatu standarisasi pengerjaan agar operator tidak terlalu lama atau terlalu cepat dari waktu yang seharusnya. Lampu *alarm* dan *countdown timer* dirancang agar dapat membantu operator dalam memperkirakan waktu yang tersisa. Penghitungan waktu mundur ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu bilas pertama, cuci sabun, dan bilas kedua. Ketiga tahap ini memiliki rumusan formula *standard time* masing-masing yang didasarkan pada lebar dan panjang unit.

Daftar Pustaka

1. Montgomery, D. C., *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th ed., Wiley, United States, 2009.
2. Montgomery, D. C., *Applied Statistic and Probability for Engineers*, 7th ed., Wiley, United States, 2018.
3. Meyers, F. E., & Stewart, J. R., *Time Study Method Implementation in Manufacturing Industry*, A.B.E Report, University Technical Malaysia, Melaka, 2002.
4. Satalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, J. H., *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, ITB, Bandung, 2006.
5. Singgih, S., *Statistik Parametrik*, 2nd ed., Elex Media Komputindo, Jakarta, 2013.
6. Harlan, J., *Analisis Regresi Linear*, Gunadarma, Depok, 2018.