

EKSPEKTASI BIAYA KERUGIAN KUALITAS PRODUK TRIPLEX 3 mm DENGAN PENDEKATAN MODEL FUNGSI KUADRAT SIMETRIS

Johan Marcus Tupan

Dosen Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon

ABSTRAK

Terjadinya penyimpangan ukuran panjang, lebar dan tebal dari nilai nominal/nilai target yang ditentukan menunjukkan adanya variasi proses dan produk. Penyimpangan tersebut dapat terjadi dalam range batas spesifikasi maupun diluar batas spesifikasi dan berdampak pada biaya dan kualitas produk yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi ukuran dimensi produk Triplex yang dijual di Kota Ambon berada dalam dan atau diluar batas spesifikasi (toleransi) yang ditentukan dan menghitung ekspektasi kerugian kualitas yang ditanggung oleh konsumen.

Hasil analisis menunjukkan bahwa produk Triplex yang dijual memiliki variasi ukuran dimensi panjang, lebar dan tebal di bawah batas spesifikasi bawah maupun diatas batas spesifikasi atas. Ekspektasi kerugian kualitas rata – rata per unit (lembar) yang ditanggung oleh konsumen untuk dimensi panjang triplex berkisar antara Rp. 0.2026 s/d Rp. 0.4051; untuk dimensi lebar triplex berkisar antara Rp. 4,6902 s/d Rp. 9,3804 dan untuk dimensi tebal triplex berkisar antara Rp. 1,0144 s/d Rp. 2,0289. Dengan ekspektasi kerugian kualitas total sebesar Rp. 677.328,28

Kata Kunci : Dimensi Triplex, Fungsi Kerugian Kualitas, Ekspektasi Kerugian

ABSTRACT

Deviation length, width and thickness of the nominal value / target value specified indicates the variation of process and product. Deviations may occur in the range of specification limits and outside the specification limits and the impact on cost and quality of product produced. This study aims to determine variations in the size dimension Triplex products sold in the city of Ambon is in or outside the specification limits (tolerances) are defined and calculated expectations of quality loss incurred by consumers.

The analysis showed that the products sold Triplex has a variety of dimensions length, width and thickness below the lower specification limit or above the upper specification limit. Expectations of average quality loss - Average per unit (pieces) are borne by the consumer for a long dimension triplex between Rp. 0.2026 s / d Rp. 0.4051; for triplex width dimensions ranging from Rp. 4.6902 s / d Rp. 9.3804 and for the dimensions of thick triplex between Rp. 1.0144 s / d Rp. 2.0289. With expectations for quality losses is Rp. 677,328.28.

Keywords : triplex dimention, quality loss function, loss expectation

PENDAHULUAN

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas teknik dan manajemen, melalui mana kita mengukur karakteristik kualitas dari output (Barang dan/atau Jasa), kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi output yang diinginkan pelanggan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan performansi aktual dan standar.

Kualitas dinilai oleh konsumen. Kualitas adalah pencapaian dan pemenuhan kebutuhan konsumen. Kualitas terdengar begitu sederhana, namun perusahaan-perusahaan terbaik yang memiliki skala global yang mampu memberi perhatian tentang hal ini. Kualitas dan kepuasan konsumen sudah menjadi kata kunci fokus ini terletak pada konsumen

Triplex adalah salah satu produk pengolahan dari bahan baku kayu, yang diolah untuk dijadikan suatu produk bahan bangunan. Dalam Era Pembangunan saat ini bahan-bahan bangunan seperti salah satu contohnya triplex sangat diperlukan oleh masyarakat.

Seberapa pentingnya kebutuhan triplex ditentukan oleh bentuk pekerjaan yang dilakukan yang membutuhkan tripleks. Di Kota Ambon kebutuhan akan bahan bangunan salah satunya berupa triplex sangat penting karena tingkat pembangunan di kota ini yang begitu tinggi setelah berakhirnya konflik.

Ukuran dimensi produk triplex yang dipasarkan saat ini tidak semuanya persis sama dengan ukuran spesifikasi yang diinginkan (khusus ukuran nominal). Penyimpangan ukuran terhadap nilai nominal baik dalam batas spesifikasi bawah maupun batas spesifikasi atas pasti terjadi. Hal ini mengindikasikan adanya variasi. Variasi yang terjadi dapat terjadi dari waktu ke waktu, antara proses yang satu dengan proses yang lainnya, antara produk yang satu dengan produk yang lain dalam satu proses, maupun di dalam produk triplex itu sendiri. Penyimpangan ukuran dimensi sebagai wujud adanya variasi antar produk dapat dilihat pada ukuran dimensi produk triplex.

Adanya variasi ukuran dimensi produk yang ditawarkan tentunya berdampak pada berbagai hal baik kepada produsen yang menawarkan maupun konsumen yang membelinya. Dari sisi produsen, adanya variasi ukuran dimensi berdampak pada kualitas produk yang ditawarkan. Selain itu kerugian ekonomis juga dirasakan. Hal yang sama juga dialami oleh pihak konsumen. Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi/standar yang ditentukan akan merugikan konsumen baik secara teknis maupun ekonomis. Idealnya baik produsen maupun konsumen mengharapkan ukuran dimensi produk yang ditawarkan sama persis dengan nilai nominal (nilai target).

Banyak penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli untuk mengestimasi kerugian ekonomis akibat variasi ukuran dimensi (toleransi) dengan mengembangkan model-model fungsi kerugian kualitas, diantaranya Li (2000), Li dan Chen (2000), Maghsoodloo dan Li (2000), Li (2002), Chen (2003a), dan Chen (2003b). Aplikasi model-model fungsi kerugian kualitas banyak diterapkan untuk berbagai karakteristik kualitas, diantaranya *smaller-the-better* (STB), *nominal-the-best* (NTB) dan *larger-the-better* (LTB). Untuk karakteristik *nominal-the-best*, produk memiliki dua sisi batas spesifikasi, yaitu batas spesifikasi bawah (*lower specification limit*), batas spesifikasi atas (*upper specification limit*) dan nilai target konstan. Untuk karakteristik *smaller-the-better*, produk hanya memiliki satu sisi batas spesifikasi USL dan nilai target sama dengan nol (0). Sedangkan untuk karakteristik *larger-the-better*, produk hanya memiliki satu sisi batas spesifikasi LSL dan nilai target mendekati tak terhingga.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba menggunakan model fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris yang dikembangkan oleh Maghsoodloo dan Li (2000) untuk menghitung ekspektasi kerugian ekonomis akibat adanya variasi ukuran dimensi produk Triplex. Model ini dipilih karena mudah dan sederhana dalam implementasi dan dapat digunakan untuk mengevaluasi level kualitas produk dengan menghitung penyimpangan dari nilai target dan menentukan toleransi yang sesuai.

METODE PENELITIAN

Pengendalian Proses Statistik (Statistical Process Control)

Menurut Montgomery (2001; 2005), peta kendali merupakan peragaan grafik suatu karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari sampel terhadap nomor sampel atau waktu yang berguna untuk pemantauan dan kontrol suatu proses, mereduksi variabilitas proses dan mengestimasi parameter produk dan proses. Grafik ini memuat garis tengah (*centre line*) yang merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkontrol (yakni hanya sebab-sebab tak terduga yang ada), dan dua garis mendatar lainnya yang berupa batas pengendali, yaitu Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*) dan Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*). Batas-batas pengendali ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan (1) dan (2).

$$UCL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}; LCL_x = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (1)$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}; LCL_R = D_3 \bar{R} \quad (2)$$

Analisis Kemampuan Proses

Dalam analisis kemampuan proses, digunakan indeks Cp, Cpk, CR (*capability ratio*) dan Cpm, yang dihitung masing-masing dengan persamaan (3), (4), (5) dan (6).

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3)$$

$$C_{pk} = \text{Min} \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ or } \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] \quad (4)$$

$$CR = \frac{6\sigma}{USL - LSL} \quad (5)$$

$$Cpm = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (6)$$

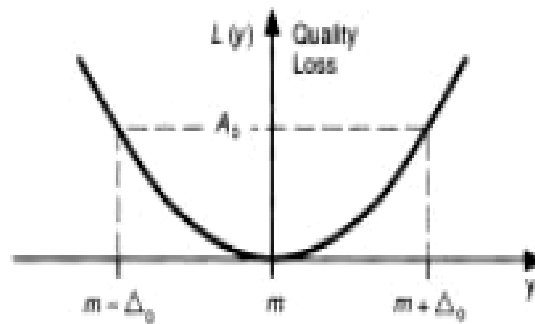
Model Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris (Li dan Chen, 2000 ;Maghsoodloo dan Li, 2000)
Model umum fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris diberikan oleh

$$QL(y) = \begin{cases} k (T - y)^2, & \text{untuk } y \leq T \\ k (y - T)^2, & \text{untuk } y \geq T \end{cases} \quad (7)$$

Dimana :

$QL(y)$ = kerugian kualitas
 $\tau = T = m$ = nilai nominal / target
 $y = \mu$ = mean proses

Untuk model fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris, $A_1 = A_2 = A$ (lihat Gambar 1) sehingga $k_1 = A / \Delta_1^2$ dan $k_2 = A / \Delta_2^2$



Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris ($\Delta_1 = \Delta_2$).

Sumber : Taguchi, Elsayed dan Hsiang (1989)

Ekspektasi kerugian kualitas untuk model ini diberikan oleh

$$\begin{aligned} E[QL(y)] &= kE[(y - T)^2] = kE[(y - \mu) + (\mu - T)]^2 \\ &= k[\sigma^2 + (\mu - T)^2] \end{aligned} \quad (8)$$

Dimana :

σ^2 = variansi proses
 k = koefisien kerugian

Nilai optimum μ untuk fungsi kerugian kualitas simetris adalah $\mu_0 = T$ sehingga nilai minimum untuk ekspektasi kerugian kualitas pada persamaan (8) menjadi

$$E[QL(y)] = k\sigma^2 \quad (9)$$

Pengumpulan Data

Pengambilan sampel dilakukan secara random pada 10 toko di lima kecamatan dengan masing – masing toko diambil 15 lembar triplex dan diukur panjang, lebar dan tebal menggunakan jangka sorong (resolusi 0.001 mm) dan meter rol serta disusun dalam sub-sub grup, dengan jumlah data per sub grup sebanyak 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Peta Kendali \bar{x} bar dan R dan Analisis Kemampuan Proses

Untuk mendesain peta kendali/control \bar{x} bar dan R, maka data ukuran Triplex, baik panjang, lebar dan tebal dikelompokkan dalam sub grup – sub grup dengan $n = 5$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1,2 dan 3. Untuk plotting peta kendali serta analisis kemampuan proses digunakan software Minitab 14. Outputnya dapat dilihat pada Gambar 2, 3 dan 4, sedangkan analisis kemampuan proses dapat dilihat pada Gambar 5. Dari plotting peta kendali \bar{x} bar dan R, dapat dilihat bahwa dengan melakukan test 1 – 8, ternyata semua titik sampel berada dalam batas kontrol, itu berarti, proses dikatakan terkendali secara statistik. Peta kontrol ini, kemudian dipakai untuk analisis kemampuan proses.

Analisis Peta Kontrol \bar{x} bar dan R

Untuk peta kontrol \bar{x} bar, batas kontrol atas dan batas kontrol bawah adalah simetris terhadap garis tengah. Secara teoritis, batas kontrol untuk peta kontrol R seharusnya simetris terhadap garis tengah. Tetapi untuk situasi dengan ukuran sub grup 6 atau kurang, batas kontrol bawah akan memiliki nilai negatif. Karena nilai negatif tidak dimungkinkan, maka untuk batas kontrol bawah ditetapkan nilai D_3 untuk subgrup $n \leq 6 = 0$. Ketika ukuran subgrup, $n = 7$, maka batas kontrol bawah akan lebih besar dari nol (0) dan akan simetris terhadap garis tengah.

Pada desain peta kontrol \bar{x} bar dan R, ukuran subgrup ditetapkan konstan ($n = 5$) untuk subgrup 1 sampai 30. Perubahan dalam ukuran sampel (*sample size*) akan berdampak pada lebar batas kontrol untuk peta kontrol \bar{x} bar dan R. Dari persamaan batas kontrol dapat dilihat, bahwa peningkatan dalam ukuran subgrup n akan mengurangi lebar batas kontrol. Untuk peta kontrol \bar{x} bar, lebar batas kontrol dari garis tengah berbanding terbalik dengan proporsi akar kuadrat dari ukuran sampel. Nilai faktor peta kontrol A_2 , D_3 dan D_4 akan menurun dengan bertambahnya ukuran sampel.

Peta kontrol \bar{x} bar digunakan untuk memonitor *centering of the process*, karena \bar{x} bar mengukur pemusatan. Naik-turunnya titik-titik pada peta kontrol \bar{x} bar artinya rata-rata proses naik-turun dan mengindikasikan *tren process center* meningkat secara gradual. Ketika proses terkendali secara statistik, kemampuan proses dapat diestimasi oleh standar deviasi proses. Ukuran ini dapat digunakan untuk menentukan bagaimana proses dilakukan sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan, selain itu proporsi item yang tidak sesuai dapat pula diestimasi. Tergantung pada karakteristik yang dipertimbangkan, beberapa output dapat dikerjakan ulang (*rework*), dan yang lain dapat dikelompokkan sebagai produk skrap. Jika biaya untuk skrap dan rework ditentukan, maka estimasi biaya total untuk rework dan skrap dapat diperoleh.

Hasil plotting rata-rata subgrup dan rentang sub grup pada peta kontrol \bar{x} bar dan R menunjukkan proses berada dalam keadaan terkendali. Hal ini ditunjukkan dengan masuknya semua titik dalam batas kontrol atas dan bawah.

Analisis Kemampuan Proses Dimensi Triplex

Pada analisis kemampuan proses ini akan dianalisis berturut-turut indeks kemampuan proses, yaitu indeks C_p , C_{pk} , dan C_{pm} .

a. Indeks C_p

Indeks C_p merepresentasikan potensial proses. Proses yang tidak *center* memungkinkan $C_p > 1$, dan akan terdapat beberapa proporsi ketidaksesuaian. Indeks CPU dan CPL berguna untuk mengevaluasi kinerja proses relatif terhadap batas spesifikasi, selain itu berguna untuk menentukan *setting* parameter proses (misalkan, mean proses) atau persyaratan parameter proses (misalkan, standar deviasi proses). Semakin besar nilai C_p , maka kualitas produk yang dihasilkan juga akan semakin bagus (kualitas disini berhubungan dengan karakteristik kualitas variabel, misalnya ukuran panjang, lebar dan tebal).

Dari hasil pengolahan diperoleh indeks C_p sebesar 0.03 untuk ukuran panjang triplex, dengan batas bawah (C_{pL}) = 0.01 dan batas atas (C_{pU}) = 0.05, sedangkan untuk ukuran lebar triplex $C_p = 0.03$, dengan batas bawah = -0.01 dan batas atas = 0.06; sedangkan untuk ukuran tebal triplex, $C_p = 4.60$ dengan batas bawah (C_{pL}) = 4.60 dan batas atas (C_{pU}) = 4.61, ini mengindikasikan unruk ukuran panjang dan lebar, proses secara potensial tidak mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi ukuran panjang yang ditentukan 2440 ± 1.6 mm dan lebar 1220 ± 1.6 mm. Berbeda dengan ukuran tebal, proses secara potensial mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi ukuran tebal, yaitu 3.00 ± 0.15 mm. Sesuai dengan batas minimum yang dianjurkan untuk dua sisi spesifikasi ternyata indeks C_p sebesar 0.03 belum mencapai batas minimum yang dianjurkan, yaitu sebesar 1.33 untuk proses eksisting.

Perhitungan X bar, Range, Grand Mean dan Rata – Rata Range Untuk Ukuran Panjang Triplex

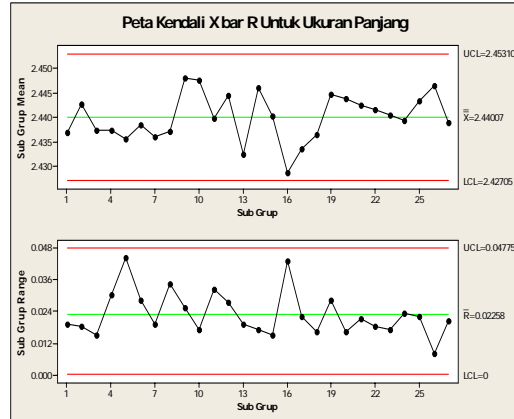
Sub Grup	Sampel					Rata - Rata (m)	Range (m)
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	2.431	2.437	2.450	2.432	2.435	2.437	0.019
2	2.434	2.441	2.445	2.452	2.442	2.443	0.019
3	2.444	2.432	2.438	2.429	2.444	2.437	0.016
4	2.446	2.440	2.437	2.417	2.447	2.438	0.030
5	2.456	2.427	2.439	2.444	2.412	2.435	0.044
6	2.440	2.453	2.430	2.425	2.445	2.438	0.028
7	2.431	2.434	2.432	2.433	2.450	2.436	0.019
8	2.416	2.450	2.447	2.442	2.431	2.437	0.033
9	2.441	2.448	2.437	2.453	2.462	2.448	0.025
10	2.442	2.457	2.455	2.440	2.445	2.448	0.016
11	2.454	2.422	2.446	2.445	2.432	2.440	0.032
12	2.441	2.433	2.442	2.447	2.460	2.445	0.027
13	2.461	2.437	2.443	2.461	2.421	2.445	0.040
14	2.442	2.437	2.423	2.424	2.436	2.433	0.020
15	2.443	2.449	2.456	2.439	2.444	2.446	0.017
16	2.435	2.440	2.436	2.450	2.441	2.440	0.015
17	2.436	2.437	2.398	2.431	2.441	2.429	0.043
18	2.426	2.448	2.430	2.430	2.434	2.434	0.022
19	2.434	2.437	2.437	2.445	2.429	2.436	0.016
20	2.444	2.431	2.452	2.459	2.438	2.445	0.028
21	2.449	2.437	2.453	2.442	2.439	2.444	0.016
22	2.437	2.430	2.450	2.445	2.451	2.443	0.020
23	2.439	2.441	2.442	2.452	2.434	2.441	0.018
24	2.441	2.433	2.434	2.445	2.450	2.441	0.017
25	2.433	2.434	2.436	2.456	2.438	2.439	0.023
26	2.432	2.429	2.429	2.443	2.426	2.432	0.017
27	2.421	2.451	2.430	2.439	2.442	2.437	0.031
28	2.437	2.439	2.445	2.437	2.459	2.443	0.022
29	2.443	2.446	2.451	2.448	2.445	2.447	0.008
30	2.433	2.442	2.429	2.449	2.442	2.439	0.019
	Rata - Rata					2.440	0.023

Perhitungan X bar, Range, Grand Mean dan Rata – Rata Range Untuk Ukuran Lebar Triplex

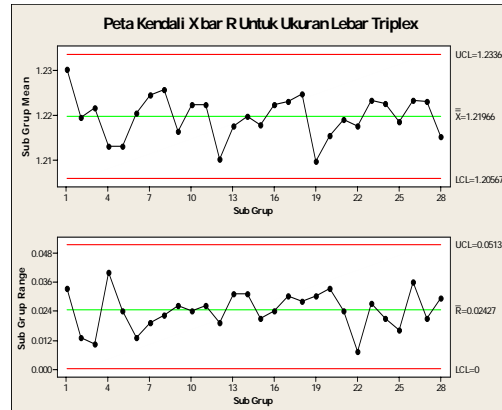
Sub Grup	Sampel					Rata-Rata (m)	Range (m)
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	1.233	1.240	1.209	1.242	1.227	1.230	0.033
2	1.227	1.221	1.214	1.218	1.217	1.219	0.013
3	1.227	1.223	1.221	1.220	1.217	1.222	0.010
4	1.187	1.227	1.201	1.223	1.226	1.213	0.039
5	1.205	1.215	1.210	1.229	1.206	1.213	0.024
6	1.218	1.225	1.225	1.212	1.222	1.220	0.013
7	1.228	1.233	1.220	1.228	1.214	1.225	0.019
8	1.231	1.214	1.236	1.222	1.225	1.226	0.022
9	1.211	1.222	1.215	1.204	1.230	1.216	0.026
10	1.215	1.217	1.238	1.227	1.214	1.222	0.023
11	1.241	1.224	1.215	1.215	1.217	1.222	0.026
12	1.211	1.206	1.206	1.204	1.223	1.210	0.019
13	1.233	1.250	1.213	1.210	1.187	1.219	0.063
14	1.207	1.225	1.206	1.212	1.237	1.218	0.031
15	1.215	1.210	1.221	1.211	1.241	1.220	0.031
16	1.227	1.223	1.226	1.206	1.207	1.218	0.021
17	1.232	1.231	1.212	1.208	1.228	1.222	0.024
18	1.226	1.212	1.242	1.214	1.221	1.223	0.031
19	1.214	1.242	1.227	1.219	1.222	1.225	0.028
20	1.203	1.212	1.203	1.200	1.230	1.210	0.030
21	1.219	1.210	1.209	1.236	1.203	1.215	0.032
22	1.227	1.215	1.217	1.230	1.206	1.219	0.023
23	1.220	1.218	1.218	1.213	1.219	1.218	0.007
24	1.236	1.224	1.209	1.224	1.224	1.223	0.027
25	1.227	1.231	1.210	1.227	1.218	1.223	0.021
26	1.226	1.210	1.223	1.223	1.210	1.219	0.016
27	1.228	1.221	1.227	1.202	1.238	1.223	0.035
28	1.221	1.216	1.223	1.237	1.218	1.223	0.020
29	1.240	1.230	1.179	1.225	1.243	1.223	0.064
30	1.223	1.210	1.209	1.231	1.202	1.215	0.028
	Rata - Rata					1.220	0.027

Perhitungan X bar, Range, Grand Mean dan Rata - Rata Range Untuk Ukuran Tebal Triplex

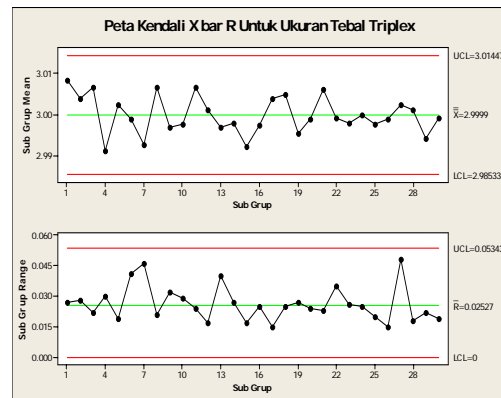
Sub Grup	Sampel					Rata - Rata (mm)	Range (m)
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	3.006	2.998	3.010	3.003	3.025	3.008	0.027
2	3.018	2.990	2.997	3.009	3.005	3.004	0.027
3	3.015	3.000	3.011	3.015	2.993	3.007	0.023
4	2.989	2.984	3.011	2.991	2.981	2.991	0.030
5	3.004	2.998	3.014	2.995	3.001	3.002	0.019
6	2.979	3.000	2.998	3.020	2.998	2.999	0.041
7	2.971	2.996	2.991	3.017	2.988	2.993	0.046
8	2.993	3.014	3.012	3.006	3.009	3.007	0.021
9	2.980	2.998	2.992	3.002	3.012	2.997	0.032
10	2.994	3.011	3.007	2.982	2.994	2.998	0.029
11	3.011	2.996	2.997	3.020	3.009	3.007	0.024
12	2.992	3.009	3.004	2.993	3.008	3.001	0.017
13	2.985	2.998	2.997	2.982	3.022	2.997	0.040
14	2.992	2.999	3.005	3.010	2.983	2.998	0.028
15	2.996	2.997	2.994	2.994	2.980	2.992	0.017
16	3.005	2.982	3.003	2.990	3.007	2.997	0.026
17	3.008	3.001	3.004	2.996	3.011	3.004	0.015
18	3.000	3.017	3.011	3.005	2.992	3.005	0.025
19	2.989	2.987	2.985	3.012	3.004	2.995	0.027
20	3.013	2.989	3.002	2.990	3.000	2.999	0.023
21	2.994	3.011	3.004	3.017	3.005	3.006	0.023
22	3.004	3.011	2.986	2.980	3.015	2.999	0.035
23	2.998	3.000	3.005	2.980	3.006	2.998	0.026
24	3.012	3.001	2.994	2.987	3.006	3.000	0.025
25	3.010	3.000	2.995	2.993	2.990	2.998	0.020
26	3.004	3.002	3.003	2.996	2.989	2.999	0.015
27	2.997	2.979	3.001	3.008	3.027	3.002	0.047
28	3.006	2.999	2.993	2.997	3.011	3.001	0.018
29	2.988	3.007	2.985	2.992	2.998	2.994	0.021
30	3.010	2.998	2.992	2.991	3.005	2.999	0.020
	Rata - Rata					3.000	0.026



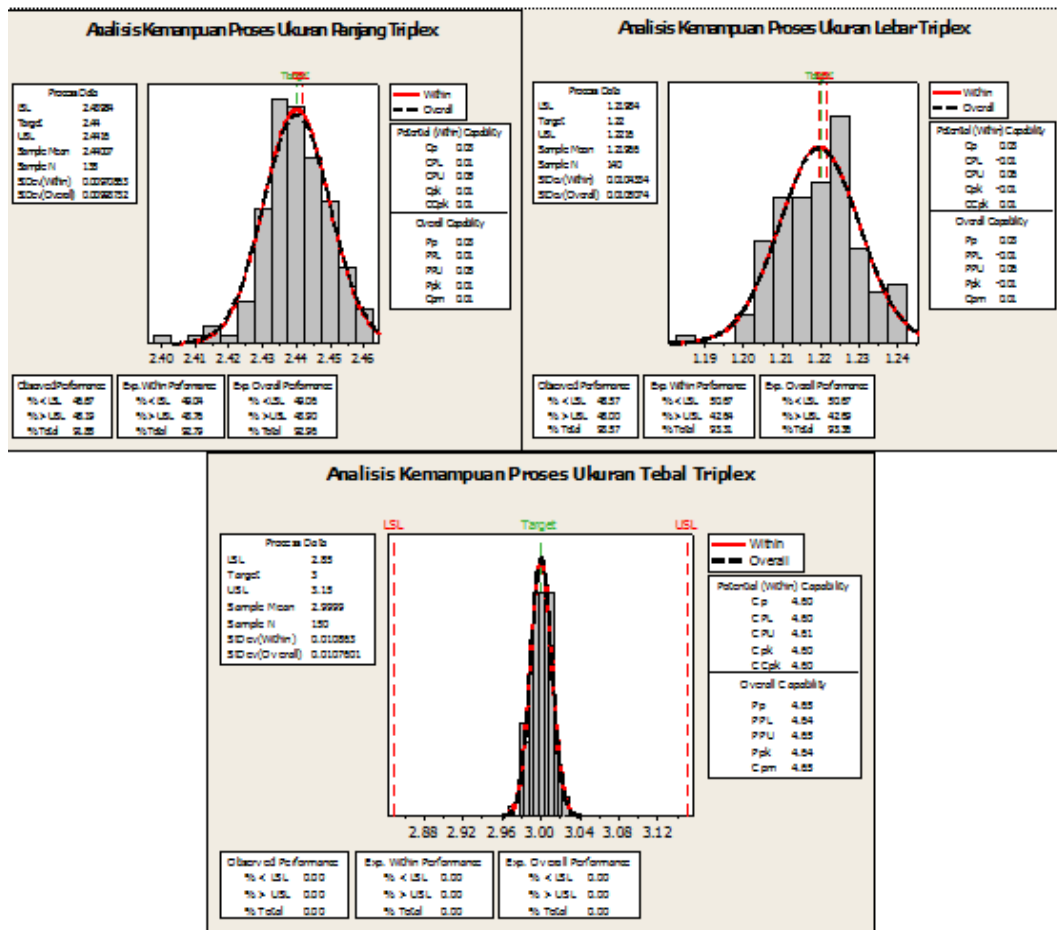
Peta Kendali X bar R Untuk Panjang



Peta Kendali X bar R Untuk Lebar



Peta Kendali X bar R Untuk Tebal



Analisis Kemampuan Proses Ukuran Panjang, Lebar dan Tebal Triplex

Ekspektasi Kerugian Kualitas Simetris

Untuk menghitung ekspektasi kerugian kualitas fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris, maka digunakan data biaya kerugian kualitas pada Tabel Untuk data ukuran panjang dan lebar data toleransi menunjukkan nilai toleransi yang simetris, nilai minus (-) dan nilai plus (+) sama. Untuk ukuran panjang dan lebar nilai minus (-) = - 1.6 mm, sedangkan nilai plus (+) = + 1.6 mm. Sedangkan untuk ukuran tebal, nilai minus dan plusnya juga sama, yaitu ± 0.15 mm. Dengan menggunakan biaya kerugian kualitas dalam Tabel 4, persamaan 7, $\sigma^2 = 0.0665$ mm dan $\mu = 23.39$ mm, maka diperoleh ekspektasi kerugian kualitas seperti pada Tabel 5, 6 dan 7. Sedangkan untuk tampilan visualisasi nilai ekspektasi masing-masing ukuran panjang, lebar dan tebal untuk fungsi kerugian 1 dan 6 dapat dilihat pada Gambar 6-11.

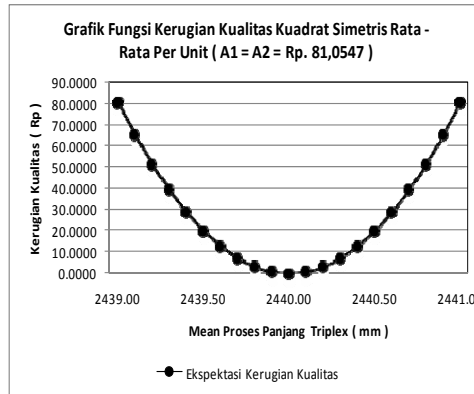
Biaya Kerugian Kualitas LSL dan USL

Item Biaya	% Dari Harga Jual (Rp. 41.500,-)					
	0.0025	0.0030	0.0035	0.0040	0.0045	0.0050
Biaya LSL (Rp)	103.75	124.5	145.25	166	186.75	207.5
Biaya USL (Rp)	103.75	124.5	145.25	166	186.75	207.5

Sumber : Hasil Pengolahan

Sensivitas Mean Proses dan Biaya Kerugian Kualitas Terhadap Ekspektasi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Panjang Triplex

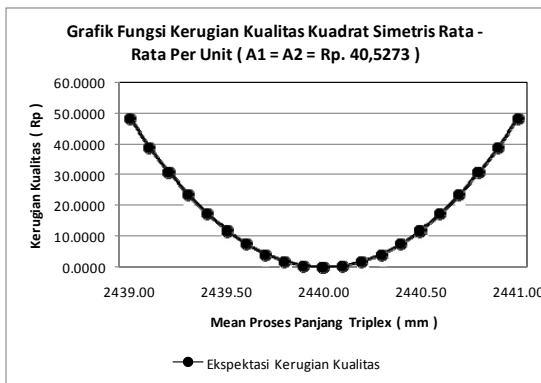
Mean Proses μ (mm)	Ekspektasi Kerugian Kualitas Rata - Rata per Unit (Rp)					
	E[QL(y)]1	E[QL(y)]2	E[QL(y)]3	E[QL(y)]4	E[QL(y)]5	E[QL(y)]6
2439.00	40.5313	48.6376	56.7439	64.8502	72.9563	81.0626
2439.10	32.8311	39.3973	45.9636	52.5298	59.0960	65.6623
2439.20	25.9414	31.1298	36.3181	41.5064	46.6946	51.8830
2439.30	19.8623	23.8348	27.8073	31.7798	35.7523	39.7247
2439.40	14.5938	17.5126	20.4313	23.3501	26.2689	29.1876
2439.50	10.1358	12.1630	14.1901	16.2173	18.2444	20.2716
2439.60	6.4883	7.7860	9.0837	10.3814	11.6790	12.9767
2439.70	3.6514	4.3817	5.1120	5.8423	6.5726	7.3029
2439.80	1.6251	1.9501	2.2751	2.6001	2.9251	3.2501
2439.90	0.4092	0.4911	0.5729	0.6548	0.7366	0.8185
2440.00	0.0040	0.0048	0.0056	0.0064	0.0071	0.0079
2440.10	0.4092	0.4911	0.5729	0.6548	0.7366	0.8185
2440.20	1.6251	1.9501	2.2751	2.6001	2.9251	3.2501
2440.30	3.6514	4.3817	5.1120	5.8423	6.5726	7.3029
2440.40	6.4883	7.7860	9.0837	10.3814	11.6790	12.9767
2440.50	10.1358	12.1630	14.1901	16.2173	18.2444	20.2716
2440.60	14.5938	17.5126	20.4313	23.3501	26.2689	29.1876
2440.70	19.8623	23.8348	27.8073	31.7798	35.7523	39.7247
2440.80	25.9414	31.1298	36.3181	41.5064	46.6946	51.8830
2440.90	32.8311	39.3973	45.9636	52.5298	59.0960	65.6623
2441.00	40.5313	48.6376	56.7439	64.8502	72.9563	81.0626



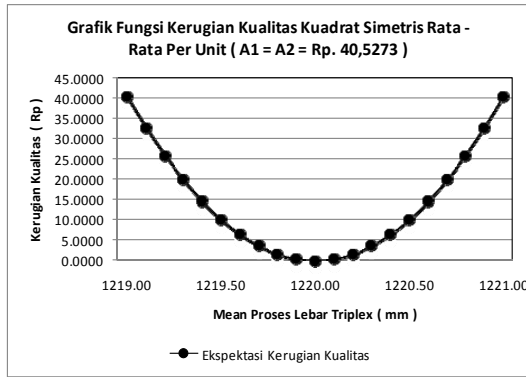
Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 81,0547)

Sensivitas Mean Proses dan Biaya Kerugian Kualitas Terhadap Ekspektasi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Lebar Triplex

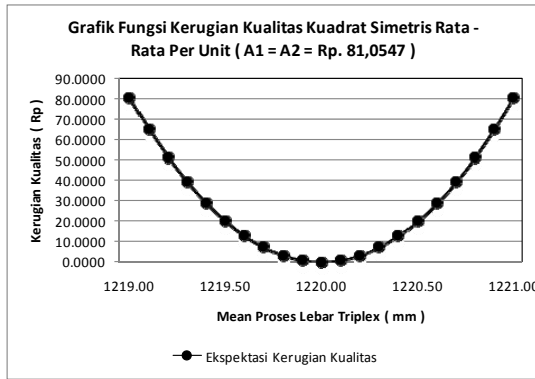
Mean Proses μ (mm)	Ekspektasi Kerugian Kualitas Rata - Rata per Unit (Rp)					
	E[QL(y)]1	E[QL(y)]2	E[QL(y)]3	E[QL(y)]4	E[QL(y)]5	E[QL(y)]6
1219.00	40.5326	48.6391	56.7457	64.8522	72.9587	81.0652
1219.10	32.8324	39.3989	45.9654	52.5319	59.0983	65.6648
1219.20	25.9427	31.1313	36.3199	41.5085	46.6970	51.8855
1219.30	19.8636	23.8364	27.8091	31.7819	35.7546	39.7273
1219.40	14.5951	17.5141	20.4332	23.3522	26.2712	29.1902
1219.50	10.1371	12.1645	14.1920	16.2194	18.2468	20.2742
1219.60	6.4896	7.7876	9.0855	10.3834	11.6814	12.9793
1219.70	3.6527	4.3833	5.1138	5.8444	6.5749	7.3055
1219.80	1.6264	1.9516	2.2769	2.6022	2.9275	3.2527
1219.90	0.4105	0.4927	0.5748	0.6569	0.7390	0.8211
1220.00	0.0053	0.0063	0.0074	0.0084	0.0095	0.0105
1220.10	0.4105	0.4927	0.5748	0.6569	0.7390	0.8211
1220.20	1.6264	1.9516	2.2769	2.6022	2.9275	3.2527
1220.30	3.6527	4.3833	5.1138	5.8444	6.5749	7.3055
1220.40	6.4896	7.7876	9.0855	10.3834	11.6814	12.9793
1220.50	10.1371	12.1645	14.1920	16.2194	18.2468	20.2742
1220.60	14.5951	17.5141	20.4332	23.3522	26.2712	29.1902
1220.70	19.8636	23.8364	27.8091	31.7819	35.7546	39.7273
1220.80	25.9427	31.1313	36.3199	41.5085	46.6970	51.8855
1220.90	32.8324	39.3989	45.9654	52.5319	59.0983	65.6648
1221.00	40.5326	48.6391	56.7457	64.8522	72.9587	81.0652



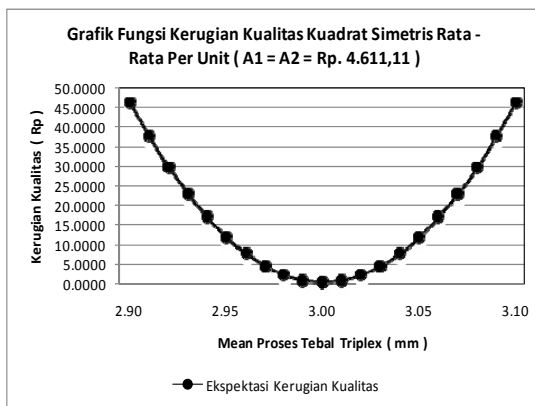
Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 40,5273)



Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 40,5273)



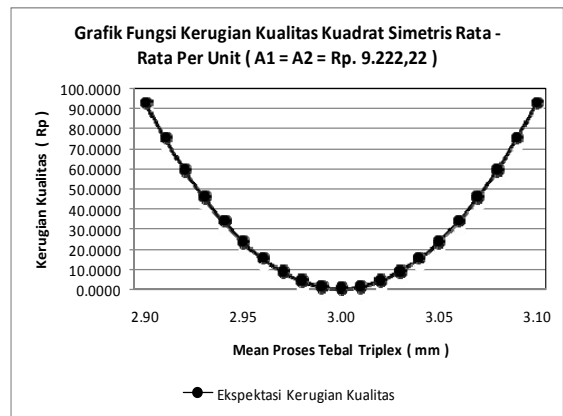
Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 81,0547)



Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 4.611,11)

Sensivitas Mean Proses dan Biaya Kerugian Kualitas Terhadap Ekspektasi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Tebal Triplex

Mean Proses μ (mm)	Ekspektasi Kerugian Kualitas Rata - Rata per Unit (Rp)					
	$E[QL(y)]1$	$E[QL(y)]2$	$E[QL(y)]3$	$E[QL(y)]4$	$E[QL(y)]5$	$E[QL(y)]6$
2.90	46.6644	55.9973	65.3303	74.6631	83.9960	93.3289
2.91	37.9033	45.4840	53.0647	60.6454	68.2260	75.8066
2.92	30.0644	36.0773	42.0903	48.1031	54.1160	60.1289
2.93	23.1478	27.7773	32.4069	37.0365	41.6660	46.2955
2.94	17.1533	20.5840	24.0147	27.4453	30.8760	34.3067
2.95	12.0811	14.4973	16.9136	19.3298	21.7460	24.1622
2.96	7.9311	9.5173	11.1036	12.6898	14.2760	15.8622
2.97	4.7033	5.6440	6.5847	7.5253	8.4660	9.4067
2.98	2.3978	2.8773	3.3569	3.8364	4.3160	4.7956
2.99	1.0144	1.2173	1.4202	1.6231	1.8260	2.0289
3.00	0.5533	0.6640	0.7747	0.8853	0.9960	1.1067
3.01	1.0144	1.2173	1.4202	1.6231	1.8260	2.0289
3.02	2.3978	2.8773	3.3569	3.8364	4.3160	4.7956
3.03	4.7033	5.6440	6.5847	7.5253	8.4660	9.4067
3.04	7.9311	9.5173	11.1036	12.6898	14.2760	15.8622
3.05	12.0811	14.4973	16.9136	19.3298	21.7460	24.1622
3.06	17.1533	20.5840	24.0147	27.4453	30.8760	34.3067
3.07	23.1478	27.7773	32.4069	37.0365	41.6660	46.2955
3.08	30.0644	36.0773	42.0903	48.1031	54.1160	60.1289
3.09	37.9033	45.4840	53.0647	60.6454	68.2260	75.8066
3.10	46.6644	55.9973	65.3303	74.6631	83.9960	93.3289



Grafik Fungsi Kerugian Kualitas Kuadrat Simetris Rata – Rata Per Unit (A1 = A2 = Rp. 9.222,22)

Indeks Cp tidak dipengaruhi oleh perubahan mean proses (perubahan mean proses tidak merubah nilai Cp), tetapi dipengaruhi oleh standar deviasi (σ), semakin kecil standar deviasi, maka nilai Cp akan semakin besar, begitu sebaliknya. Standar deviasi itu sendiri merupakan akar kuadrat dari variansi, dengan demikian jika variansi kecil, maka standar deviasi juga akan kecil. Indeks Cp > 1 belum

dapat menjamin bahwa proses itu mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi. Oleh karena itu harus diuji dengan indeks kemampuan proses yang lain, yaitu indeks Cpk.

b. Indeks Cpk

Indeks Cpk digunakan ketika mean proses tidak sama dengan nilai nominal atau nilai target (terjadi pergeseran mean proses). Cpk merepresentasikan skala jarak relatif 3 standar deviasi, antara mean proses dan batas spesifikasi. Skala jarak merupakan ukuran deviasi (penyimpangan) mean proses dari nilai target (nilai nominal).

Jika indeks Cp merepresentasikan potensial proses, maka nilai Cpk merepresentasikan kemampuan proses aktual dengan nilai parameter eksisting. Nilai Cpk menggabungkan mean proses dan standar deviasi untuk mengukur performance proses aktual. Dari hasil pengolahan, diperoleh nilai Cpk sebesar 0.01 untuk ukuran panjang dan lebar triplex, ini artinya kemampuan aktual proses eksisting belum dapat menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan (terdapat produk yang *out of specification*). Sedangkan untuk ukuran tebal triplex, nilai Cpk = 4.60, ini artinya kemampuan actual proses dapat menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Jika Indeks Cpk ≥ 1 mengindikasikan performance proses aktual sangat bagus dan praktis dapat dikatakan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

c. *Taguchi Capability Index*, Cpm

Nilai Cpm mengindikasikan perbedaan batasan antara mean proses (μ) dan nilai target (T). Nilai ini mengukur deviasi (penyimpangan) mean proses dari nilai target. Semakin besar deviasi penyimpangan mean proses dari nilai target, maka nilai Cpm akan semakin kecil begitupun sebaliknya. Dari hasil pengolahan diperoleh nilai Cpm sebesar 0.01 untuk panjang dan lebar triplex, sedangkan untuk tebal triplex, nilai Cpm = 4.65 dengan jarak standar mean proses/deviasi penyimpangan sebesar 7.07 mm untuk panjang, 29.31 mm untuk lebar dan 0.89 untuk tebal triplex mm. Sebagai contoh, jika deviasi penyimpangan menurun di bawah nilai 0.89 mm akan berimplikasi pada meningkatnya nilai Cpm, begitupun sebaliknya jika deviasi penyimpangan bertambah di atas nilai 0.89, maka nilai Cpm akan menjadi kecil. Hal ini ditunjukkan dengan semakinnya jauhnya penyimpangan mean proses dari nilai target, akibatnya produk yang dihasilkan akan keluar dari batas spesifikasi yang ditentukan.

Analisis Kerugian Kualitas

Variabel-variabel yang berpengaruh dalam ekspektasi kerugian kualitas kuadrat simetris adalah koefisien kerugian kualitas, mean proses, dan variansi

a. Koefisien Kerugian Kualitas

Nilai koefisien kerugian kualitas ditentukan oleh proporsi biaya kerugian untuk *Lower Specification Limit* (LSL) dan *Upper Specification Limit* (UCL). Nilai koefisien kerugian kualitas berbanding lurus dengan biaya kerugian dan berbanding terbalik dengan kuadrat toleransi, artinya koefisien kerugian akan meningkat secara proporsional dengan meningkatnya biaya kerugian, atau dengan kata lain koefisien kerugian akan meningkat, jika toleransinya semakin kecil, untuk biaya kerugian yang tetap, begitu pula sebaliknya. Meningkatnya koefisien kerugian kualitas tentunya akan berpengaruh pada ekspektasi kerugian kualitas untuk fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris. Pada penelitian ini, proporsi biaya kerugian kualitas yang digunakan adalah 0.0025 – 0.005 % dari harga jual produk. Adanya proporsi biaya kerugian ini, dapat digunakan oleh manajemen (pemilik toko) untuk mengestimasi kerugian kualitas yang terjadi, jika digunakan kombinasi biaya kerugian tertentu untuk batas spesifikasi bawah dan batas spesifikasi atas.

b. Mean Proses, Variansi dan Jarak Standar Deviasi

Ekspektasi kerugian kualitas, untuk fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris sangat dipengaruhi oleh mean proses, variansi, dan standar deviasi dan jarak standar mean proses. Mean proses, jarak standar dan standar deviasi mempunyai hubungan yang erat yang digambarkan dalam persamaan ($\delta = (\mu - T)/\sigma$). Jika variansi konstan (standar deviasi juga konstan), maka mean proses dipengaruhi oleh jarak standar mean proses. Jika jarak standar mean proses semakin melebar, maka mean proses akan bergeser menjauhi nilai target baik ke atas maupun ke bawah. Pergeseran mean proses ini akan berdampak pada ekspektasi kerugian kualitas. Mean proses yang ekonomis adalah mean proses yang memberikan ekspektasi kerugian kualitas yang paling minimum. Untuk kondisi ideal, secara teoritis, ekspektasi kerugian kualitas yang minimum, diperoleh ketika, mean proses akan tepat sama dengan nilai nominal atau nilai target. Untuk penelitian ini ekspektasi kerugian kualitas yang minimum untuk kondisi

ideal tercapai ketika mean proses untuk ukuran panjang sama dengan 2440 mm; untuk ukuran lebar sama dengan 1220 mm dan untuk ukuran tebal sama dengan 3 mm. Tetapi kondisi ini tidak mungkin akan tercapai, walaupun menggunakan teknologi secanggih apapun, variabilitas pasti akan terjadi.

Untuk fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris, mean proses di bawah nilai target dan di atas nilai target (2440 mm untuk panjang; 1220 mm untuk lebar dan 3 mm untuk tebal triplex) memberikan ekspektasi kerugian kualitas rata-rata per unit yang sama (Tabel 4.12; Tabel 4.13 dan Tabel 4.14). Nilai-nilai *trade off* ini dapat digunakan oleh manajemen dalam pengambilan keputusan untuk menentukan mean proses mana yang paling ekonomis dengan mempertimbangkan biaya kerugian kualitas yang dibebankan pada batas spesifikasi. Sebagai contoh berdasarkan Tabel 4.12 dapat dikatakan, bahwa untuk memperoleh ekspektasi kerugian yang minimum, mean proses ditentukan berkisar antara 2439.80 mm s/d 2440.20 mm untuk masing-masing persamaan fungsi kerugian dengan asumsi akan terjadi pergeseran mean proses, sedangkan variansi konstan.

Pergeseran mean proses dapat dilakukan dengan mereduksi variabilitas yang disebabkan oleh penyebab khusus. Tetapi harus diperhatikan pula bahwa, penambahan biaya untuk mereduksi variasi, harus lebih kecil dari kerugian kualitas (Belavendram, 1995). Menurut Belavendram ekspektasi kerugian kualitas berdasarkan fungsi kerugian kualitas lebih komprehensif dari pada menggunakan metode konvensional, yaitu ekspektasi kerugian berdasarkan *defect* produk. Untuk metode konvensional produk yang ada dalam batas spesifikasi diasumsikan tidak memiliki kerugian kualitas, sehingga perhitungan kerugian kualitas hanya sebagian saja tidak menyeluruh. Sedangkan metode fungsi kerugian kualitas menggunakan kerugian yang disebabkan oleh dispersi data untuk menghitung kerugian kualitas dengan mempertimbangkan variansi dan bias. Misalkan jumlah produk yang dipasok untuk toko-toko yang dijadikan sampel penelitian adalah 1700 lembar (Tabel 4.4). Ekspektasi total produk yang tidak sesuai batas spesifikasi = 0.9296 (hasil analisis kemampuan proses, Gambar 4.7) untuk ukuran panjang; untuk ukuran lebar = 0.9336 (hasil analisis kemampuan proses, Gambar 4.8) dan untuk ukuran tebal triplex = 0.0000 (hasil analisis kemampuan proses, Gambar 4.9) dan biaya kerugian untuk masing – masing dimensi adalah Rp. 207.50 (0.0050 %, Tabel 4.5), maka kerugian akibat *reject* adalah untuk ukuran panjang = 0.9296 x Rp. 207.50./lembar x 1700 lembar = Rp 327.916,4. Untuk ukuran lebar triplex = 0.9336 x Rp. 207.50/lembar x 1700 lembar = Rp. 329.327,4 dan untuk ukuran tebal triplex = 0.0000 x Rp. 207.50/lembar x 1700 lembar = Rp. 0.-. Dengan demikian total kerugian = Rp. 327.916,4 + Rp. 329.327,4 + Rp. 0.- = Rp. 657.243,8. Sedangkan jika menggunakan fungsi kerugian kualitas kuadrat simetris ($A_1 = A_2 = \text{Rp. } 207.50.-$) di peroleh ekspektasi kerugian kualitas total untuk ukuran panjang adalah Rp. 0.4051/lembar x 1700 lembar = Rp. 688,67; untuk ukuran lebar = Rp. 9,3804 x 1700 lembar = Rp. 15.946,68 dan untuk ukuran tebal = Rp. 2,0289 x 1700 lembar = Rp. 344,13. Dengan demikian total ekspektasi kerugian dalam batas spesifikasi = Rp. 688,67 + Rp. 15.946,68 + Rp. 344, 13 = Rp. 20.084,48. Sedangkan total ekspektasi kerugian secara keseluruhan = ekspektasi kerugian akibat variasi ukuran dalam batas spesifikasi + ekspektasi kerugian diluar batas spesifikasi = Rp. 20.084,48 + Rp. 657.243,8 = Rp. 677.328,28.

KESIMPULAN

- 1.a Untuk dimensi panjang triplex, produk yang keluar dari batas spesifikasi bawah adalah sebesar 46.67 % dan batas spesifikasi atas sebesar 45.19 % untuk performansi observasi, sedangkan ekspektasi untuk performansi keseluruhan menunjukkan, 49.70 % produk yang dihasilkan berada di bawah batas spesifikasi bawah dan 43.90 % produk berada di atas batas spesifikasi atas. Untuk ukuran panjang triplex terjadi pergeseran mean proses dari 2.440 mm menjadi 2.44007 mm \approx 2.4401 mm dengan standar deviasi 0.0099 mm.
- 1.b Untuk dimensi lebar triplex, produk yang keluar dari batas spesifikasi bawah adalah sebesar 48.57 % dan batas spesifikasi atas sebesar 45.00 % untuk performansi observasi, sedangkan ekspektasi untuk performansi keseluruhan menunjukkan, 51.27 % produk yang dihasilkan berada di bawah batas spesifikasi bawah dan 42.69 % produk berada di atas batas spesifikasi atas. Untuk ukuran panjang triplex terjadi pergeseran mean proses dari 1.220 mm menjadi 1.21966 mm dengan standar deviasi 0.0105074 mm.
- 1.c Untuk dimensi tebal triplex, produk yang keluar dari batas spesifikasi bawah adalah sebesar 0.00 % dan batas spesifikasi atas sebesar 0.00 % untuk performansi observasi, sedangkan ekspektasi untuk performansi keseluruhan menunjukkan, 0.00 % produk yang dihasilkan berada di bawah batas spesifikasi bawah dan 0.00 % produk berada di atas batas spesifikasi atas. Untuk ukuran tebal triplex terjadi pergeseran mean proses dari 3.000 mm menjadi 2.9999 mm dengan standar deviasi 0.0107601 mm.

2. Ekspektasi kerugian kualitas rata – rata per unit (lembar) yang ditanggung oleh konsumen untuk dimensi panjang triplex berkisar antara Rp. 0.2026 s/d Rp. 0.4051; untuk dimensi lebar triplex berkisar antara Rp. 4,6902 s/d Rp. 9,3804 dan untuk dimensi tebal triplex berkisar antara Rp. 1,0144 s/d Rp. 2,0289. Dengan ekspektasi kerugian kualitas total sebesar Rp. 677.328,28.

SARAN

Hal – hal yang dapat direkomendasikan berdasarkan hasil analisis adalah sebagai berikut :

1. Pemilik toko (produsen) maupun konsumen dapat selektif dalam memilih produk yang akan dijual dan dibeli. Secara teknis variabilitas ukuran panjang, lebar dan tebal akan berpengaruh pada penggunaan produk itu sendiri. Dan disisi ekonomis, ada biaya yang ditanggung baik oleh produsen maupun konsumen yang tidak disadarai oleh konsumen dan produsen sebelumnya.
2. Penelitian lanjutan dapat dilakukan pada produk sejenis dengan mempertimbangkan karakteristik kualitas atribut produk seperti cacat triplex maupun penggunaan model fungsi kerugian kualitas kuadrat tidak simetris.

DAFTAR PUSTAKA

- Chase, Aquilano, Jacobs., (2001) *Operations Management for Competitive Advantage*, ninth edition, McGraw-Hill.
- Chen, C.H. (2003a), “Determining the Optimum Process Mean for the Larger-The-Better Weibull Quality Characteristic”, *International Journal of Applied Science and Engineering*, Vol. 1, No. 2, p. 172-176.
- Chen, C.H. (2003b), “Determining the Optimum Process Mean for an Indirect Quality Characteristic”, *Tamking Journal of Science and Engineering*, Vol. 6, No. 4, p 235-240.
- Li, M.H.C., Chen, J.C. (2000), “Determining Process Mean for Machining while Unblanced Tolerance Design Occurs”, *Journal of Industrial Technology*, Vol. 17, No. 1, p. 1-6.
- Maghsoodloo, S., Li, M.H.C. (2000), “Optimal Asymmetric Tolerance Design”, *IIE Transactions*, Vol. 32, p. 1127-1137.
- Montgomery, D.C., (2001) *Introduction to Statistical Quality Control*, 4th ed., Wiley, New York.
- Montgomery, D.C., (2005) *Introduction to Statistical Quality Control*, 5th ed., Wiley, New York.
- Taguchi, G., Elsayed, E.A., dan Hsiang, T. (1989), *Quality Engineering in Production System*. New York : McGraw-Hill.