



DETEKSI FALSE ALARM MENGGUNAKAN RESIDUAL CONTROL CHART BERDASARKAN METODE SUPPORT VECTOR REGRESSION

Luh Made Pramasari^{1,*} dan Moses Laksono Singgih²
*^{1,2}Laboratorium Sistem Manufaktur, Jurusan Teknik Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 60111, Indonesia
email: ¹pluhmade@gmail.com dan ²moseslsinggih@ie.its.ac.id*

ABSTRAK

Berat produk merupakan salah satu karakteristik penting yang menentukan kualitas *labelstock* jenis Z. Selama ini, pengendalian kualitas produk Z dilakukan dengan menggunakan *individual control chart*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat *error* tipe I (*false alarm*) atau *error* tipe II dalam proses pengendalian kualitas produk Z. Hasil penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa proses produksi produk Z merupakan proses yang memiliki keterkaitan antar waktu (berautokorelasi). Hal ini membuat penggunaan *individual control chart* untuk pengendalian kualitas produk menjadi kurang tepat. *Residual control chart* merupakan *tool* yang efektif digunakan untuk pengendalian kualitas data berautokorelasi. *Residual control chart* adalah *control chart* yang dibentuk dari residual hasil pemodelan menggunakan metode peramalan data *time series*. Pada penelitian ini diterapkan *residual control chart* berdasarkan model *support vector regression* (SVR). SVR adalah bagian khusus dari *support vector machine* (SVM) yang digunakan untuk model regresi dengan menggunakan pendekatan *loss function*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas menggunakan data pengamatan mengindikasikan proses tidak terkontrol secara statistik. Fakta sebaliknya ditemukan pada pengendalian kualitas menggunakan residual SVR, hasil pengontrolan kualitas residual berdasarkan model SVR menunjukkan bahwa proses telah terkontrol secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi tipe *error* I yaitu menyatakan proses *in control* sebagai proses yang *out of control*. Saat perusahaan memutuskan untuk mereject *labelstock* sepanjang 2000m yang terindikasi *out of control* berdasarkan *individual control chart* data pengamatan, maka perusahaan akan kehilangan pendapatan sebesar 5,8 juta rupiah.

Kata kunci: *False Alarm, Individual Control chart, Residual Control chart, Support Vector Regression*

PENDAHULUAN

Kualitas produk dan jasa menjadi faktor penting dalam menentukan keputusan dalam banyak bidang bisnis saat ini (Montgomery, 2012). Peningkatan kualitas produk merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan, terdapat beberapa cara untuk melakukan peningkatan kualitas produk, salah satunya adalah menerapkan *statistical process control* (SPC). Menurut Chongfuangprinya (2009), SPC adalah seperangkat prosedur yang menggunakan teknik statistik untuk mengukur, menganalisis, dan mengurangi variasi proses. Selanjutnya, menurut Montgomery (2012), terdapat tujuh *tools* yang umum digunakan dalam SPC antara lain Histogram, Pareto Chart, *Cause and Effect Diagram*, *Control chart*, *Scatter Diagram*, *Defect Concentration Diagram* dan *Check Sheet*. Kandananond (2014) menyatakan bahwa *control*



chart adalah *tools* utama dari SPC, selain itu menurut Kandanand (2014) *control chart* adalah salah satu SPC *tool* yang paling berhasil untuk diterapkan pada kasus nyata untuk mengetahui variansi proses. Chongfuangprinya (2009) mendefinisikan *control chart* sebagai sebuah grafik khusus yang menunjukkan hasil pengamatan dari waktu ke waktu pada suatu periode waktu tertentu.

PT “PQR” adalah salah satu perusahaan yang telah menggunakan *control chart* untuk melakukan pengendalian kualitas. Produk Z merupakan salah satu jenis *labelstock* unggulan yang diproduksi PT “PQR”. Selama ini, pengendalian kualitas produk Z dilakukan dengan menggunakan *individual control chart*. Hasil penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa proses produksi produk Z merupakan proses yang berautokorelasi. Autokorelasi menunjukkan korelasi dari suatu deret waktu antara kejadian masa lalu dan kejadian akan datang (Chatfield, 2004). Hal ini membuat penggunaan *individual control chart* untuk pengendalian kualitas produk menjadi kurang tepat.

Menurut Psarakis (2007), akibat dari penggunaan *control chart* standar pada data berautokorelasi adalah meningkatnya *false alarm* (tipe *error I*). Dalam *control chart*, tipe *error I* didefinisikan sebagai peluang proses dikatakan *out of control* saat proses *in control* (Montgomery, 2012). Secara praktis, tipe *error I* akan menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan yang berakibat pada penurunan pendapatan perusahaan atau terjadi *loss income*. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk melakukan pengendalian kualitas pada data berautokorelasi adalah dengan melakukan pemetaan residual hasil pemodelan menggunakan metode *time series* pada *control chart* (Bisgaard, 2005; Jamal, 2007; Psarakis, 2007; Montgomery, 2012). Pemetaan residual hasil pemodelan dalam sebuah *control chart* selanjutnya disebut dengan *residual control chart*.

Banyak penelitian tentang pengembangan *residual control chart* yang sudah dilakukan dan diaplikasikan dalam proses nyata. Lu dan Reynolds (1999) menggunakan nilai residual model AR (1) untuk dipetakan dalam *individual* serta *exponential weighted moving average* (EWMA) *control chart*, selanjutnya Lu dan Reynolds (2001) melakukan pengembangan penelitian sebelumnya dengan *plotting* residual AR(1) pada *cumulative sum* (CUSUM) *control chart*. Selain itu, Issam dan Mohamed (2008) pernah melakukan penelitian tentang *support vector regression* (SVR) yang digunakan untuk memperoleh nilai residual untuk dipetakan dalam CUSUM *chart* pada data yang mengalami autokorelasi. Shichang dan Jun Lv (2012) pernah melakukan penelitian tentang penggunaan *residual control chart* untuk mendeteksi rata-rata *shift* pada *autocorrelated process* dengan menggunakan metode SVR. Beberapa penelitian tersebut telah membuktikan bahwa *residual control chart* berdasarkan model SVR efektif untuk diterapkan pada data berautokorelasi. Hal ini melatarbelakangi penggunaan metode SVR dalam pengendalian kualitas produk Z. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui apakah terdapat tipe *error I* atau II dalam pengendalian kualitas produk Z.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian (Mithasandy, 2013). Pada penelitian Mithasandy (2013) sudah dilakukan pengendalian kualitas data menggunakan *individual control chart*. Sementara itu, tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tiga hal utama yaitu pengendalian kualitas menggunakan data pengamatan, pengendalian kualitas menggunakan residual SVR serta perbandingan hasil pengendalian kualitas data pengamatan dan residual SVR. Dalam penelitian ini juga ditunjukkan sisi ekonomis dari penggunaan *residual control chart*.



Pengendalian Kualitas Menggunakan Data Pengamatan

Tahap pengendalian kualitas menggunakan data pengamatan dilakukan dengan menggunakan individual *control chart* seperti yang dilakukan perusahaan serta menggunakan *Exponentially weighted moving average (EWMA) control chart*. *EWMA control chart* digunakan karena ditemukan fakta bahwa proses produksi produk Z merupakan proses dengan *shift* kecil.

Saat pengamatan atau ukuran sampel hanya diukur satu kali, biasanya akan diterapkan suatu pengontrolan kualitas secara individu. Salah satu pengontrolan kualitas individu yang umum digunakan adalah individual *control chart*. Batas kendali individual *control chart* dapat dinyatakan dengan Persamaan 1 sampai 3 (Montgomery, 2012).

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (1)$$

$$Center\ line = \bar{x} \quad (2)$$

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (3)$$

\overline{MR} merupakan rata-rata dari nilai pergeseran range, \bar{x} adalah nilai rata-rata pengamatan dan d_2 adalah nilai yang diperoleh dari tabel statistik.

Exponentially Weighted Moving Average atau lebih dikenal dengan EWMA merupakan salah satu Shewhart *control chart* yang banyak diterapkan khususnya pada kasus *time series* (Montgomery, 2012). Hal ini disebabkan karena EWMA *control chart* mampu mendeteksi pergeseran *shift* yang kecil (Wardell et al., 1992; Lu dan Reynolds, 1999). *Exponentially weighted moving average* dapat didefinisikan dalam Persamaan 4.

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda) z_{i-1} \quad (4)$$

dimana, $0 < \lambda \leq 1$ bersifat konstan dan nilai awalnya merupakan nilai target yang diharapkan. Sehingga $z_0 = \mu_0 = \bar{x}$. EWMA *control chart* merupakan plotting dari nilai z_i terhadap waktu. *Center line* dan batas kendali EWMA *control chart* dapat dinyatakan dengan Persamaan 5 sampai 7 (Montgomery, 2012).

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (5)$$

$$Center\ line = \mu_0 \quad (6)$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (7)$$

Varian z_i adalah $\sigma_{z_i}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1-\lambda)^{2i}]$. L dan λ ditentukan oleh peneliti.

Pengendalian Kualitas Menggunakan Residual SVR

Yang (2003) menyatakan bahwa *support vector machine (SVM)* merupakan alternatif untuk *multi layer neural network* untuk model tidak linear. SVM adalah suatu teknik yang relatif baru untuk melakukan prediksi, baik dalam kasus klasifikasi maupun regresi. Menurut Santosa (2007), dalam banyak implementasi, SVM memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan *artificial neural network (ANN)*, terutama dalam solusi yang dicapai.



ANN menemukan solusi berupa *local optimal* sedangkan SVM menemukan solusi yang *global optimal*. Solusi *local optimal* membuat ANN menghasilkan solusi yang berbeda untuk setiap *running*, sedangkan SVM akan menghasilkan solusi yang sama untuk setiap *running* (Santosa, 2007).

Menurut Yang (2003) suatu *vector input* x_i dan *output* y_i jika dirumuskan dalam suatu persamaan *support vector regression* yang bersifat linear, dapat ditunjukkan pada Persamaan 8. w adalah *vector* bobot, b merupakan *bias*. Persamaan 9 menunjukkan *constraint* dari fungsi tujuan $F(X)$.

$$F(X) = wx - b \quad (8)$$

$$y_i - wx_i - b \leq \varepsilon \quad (9)$$

$$wx_i + b - y_i \leq \varepsilon$$

Marginal = $\frac{1}{\|w\|}$, untuk meminimumkan nilai $\|w\|^2$ guna memperoleh nilai marginal yang maksimum, maka fungsi SVR dapat dijadikan sebagai *constraint* dalam suatu permasalahan optimasi.

$$\text{minimize : } L(w) = \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (10)$$

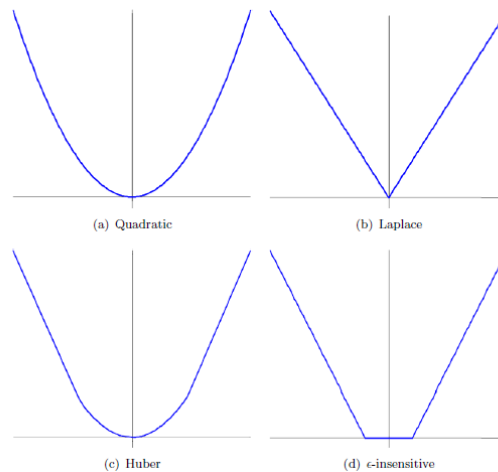
$$\text{Subject to } \begin{cases} y_i - wx_i - b \leq \varepsilon \\ wx_i + b - y_i \leq \varepsilon \end{cases} \quad (11)$$

Solusi dari Persamaan 10 dan Persamaan 11 belum mempertimbangkan *error*, untuk itu perlu ditambahkan unsur *error* dalam kedua persamaan yang dinyatakan dengan *slack* variabel ξ_i dan ξ_i^* . Sehingga persamaan 10 berubah menjadi persamaan baru yaitu Persamaan 12 dan Persamaan 11 berubah menjadi Persamaan 13.

$$\text{minimize : } L(w, \xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + c \sum_{i=1}^N \xi_i + c \sum_{i=1}^N \xi_i^* \quad (12)$$

$$\text{subject to } \begin{cases} y_i - wx_i - b \leq \varepsilon + \xi_i \\ wx_i + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* \geq 0 \end{cases} \quad (13)$$

Menurut Farizi (2013), *support vector regression* (SVR) adalah bagian khusus dari SVM yang digunakan untuk model regresi dengan menggunakan pendekatan *loss function*. Menurut Gunn (1998), beberapa jenis *loss function support vector regression* ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1 a menunjukkan kurva *loss function* yang berbentuk kuadratik atau dapat disamakan dengan kriteria *least square error* konvensional. Gambar 1 b menunjukkan kurva *loss function* Laplacian, *loss function* jenis ini kurang sensitif terhadap *oulier* jika dibandingkan dengan *loss function* kuadratik. Gambar 1 c menunjukkan *robust loss function*, *loss function* jenis ini memiliki sifat optimal ketika distribusi data tidak diketahui. Kuadratik, Laplacian dan Robust menghasilkan *support vector* yang tidak menyebar, untuk itu Vapnik mengembangkan suatu *loss function* yang digambarkan pada Gambar 1 d. *Loss function* pada Gambar 1 c disebut *loss function* Huber yang memungkinkan untuk mendapatkan kumpulan *support vector* yang tersebar (Gunn 1998).



Gambar 1. Loss Function Support Vector Regression (Sumber: Gunn 1998)

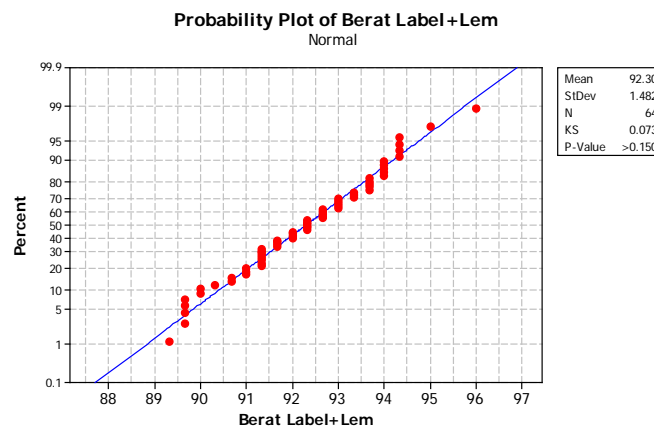
Dalam penelitian ini, SVR digunakan untuk memprediksi nilai suatu variabel dalam *time series*. Nilai prediksi ini kemudian akan dibandingkan dengan nilai aktual sehingga akan diperoleh selisih antara nilai prediksi dan aktual. Selisih nilai prediksi dan aktual selanjutnya akan disebut dengan residual, nilai residual ini nantinya akan diplot pada individual dan EWMA *control chart*.

Perbandingan Hasil Pengontrolan Kualitas

Perbandingan hasil pengendalian kualitas dilakukan dengan melihat banyak titik yang *out of control* dari individual dan EWMA *control chart*. Berdasarkan hasil perbandingan juga dapat diketahui indikasi tipe *error* I atau II dalam proses pengendalian kualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

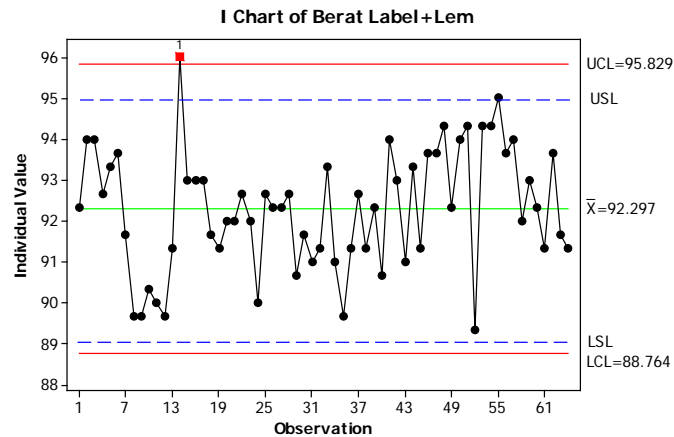
Tahapan analisis dimulai dari uji distribusi data pengamatan. Gambar 2 menunjukkan *quantile-quantile plot* dari data berat *labelstock* yang telah diisi lem. Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa hasil uji normalitas data berat *labelstock* jenis Z menggunakan uji Kolmogorov Smirnov menunjukkan bahwa data berdistribusi normal ($p_value < 0,05$). Setelah diketahui bahwa data berdistribusi normal, maka selanjutnya dapat dilakukan *plotting* data pengamatan pada individual *control chart*. Individual *control chart* data berat *labelstock* jenis Z ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. QQ Plot Data Berat Labelstock yang Sudah Diisi Lem



Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa terdapat satu buah titik yang berada di luar batas kendali individual *control chart*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Melihat pola persebaran data pada Gambar 3, diduga proses produksi produk Z merupakan proses dengan *shift* kecil atau mengalami pergeseran rata-rata $< 1,5\sigma$.



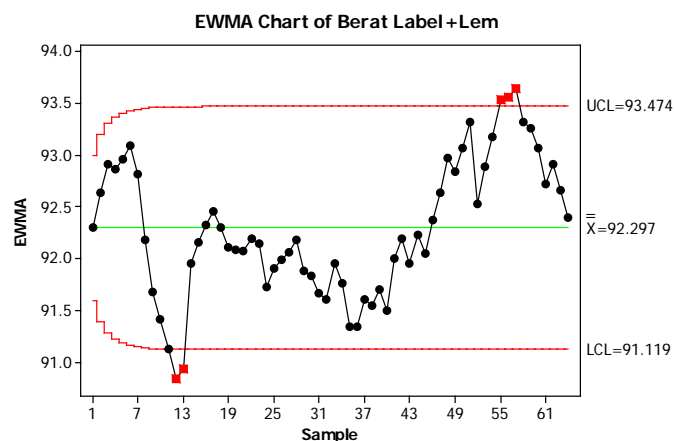
Gambar 3. Individual Control chart Berat Labelstock

Uji t dua populasi dilakukan untuk menunjukkan kebenaran dari hipotesis proses produksi produk Z merupakan proses dengan *shift* kecil. Tahap awal dari uji t adalah membagi data pengamatan menjadi 2 populasi. Tabel 1 menunjukkan statistika deskriptif dari kedua populasi.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Data Berat Labelstock Jenis Z

Populasi	N	Rata-rata	Standar Deviasi
Populasi 1	40	91,90	1,40
Populasi 2	24	92,96	1,41

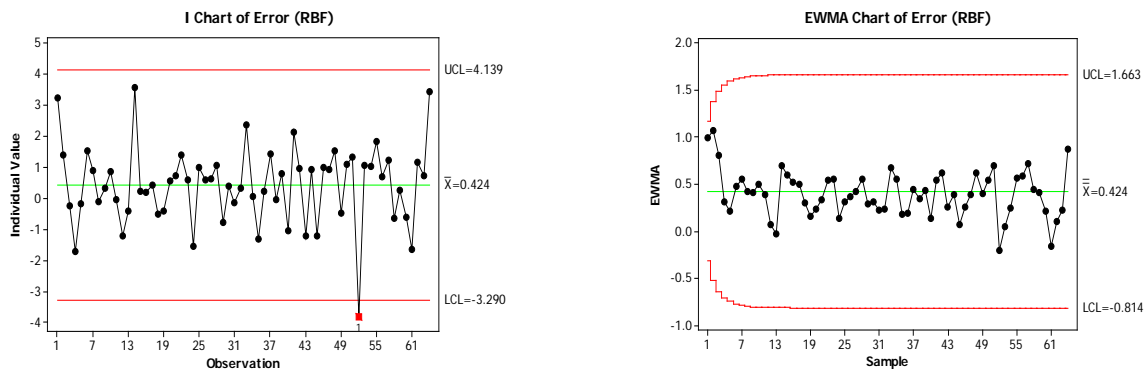
Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa kedua populasi data memiliki rata-rata yang terpaut cukup jauh namun memiliki standar deviasi yang hampir sama. Uji t terhadap kedua populasi menunjukkan bahwa kedua populasi memiliki mean yang berbeda secara signifikan. Hal ini ditunjukkan dari *p_value* pengujian yang bernilai 0,005 ($p_value < 0,05$). Sesuai dengan fakta tersebut maka dalam penelitian ini juga dilakukan pengendalian kualitas menggunakan EWMA *control chart*.



Gambar 4. EWMA Control chart Data Berat Labelstock Jenis Z

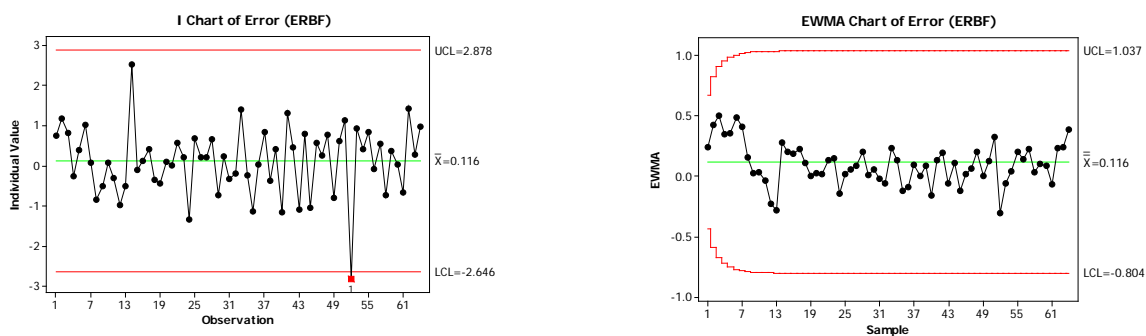


Sesuai dengan Gambar 4, diketahui bahwa terdapat 5 buah titik yang berada di luar batas kendali EWMA *control chart*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi produk Z tidak terkendali secara statistik. Penelitian lebih lanjut terhadap data dan proses produksi produk Z, ditemukan fakta bahwa proses produksi produk Z merupakan proses yang berautokorelasi sehingga *plotting* data pengamatan pada individual dan EWMA *control chart* menjadi kurang tepat. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk melakukan pengendalian kualitas pada data berautokorelasi adalah dengan melakukan pemetaan residual hasil pemodelan menggunakan metode *time series* pada *control chart* (Bisgaard, 2005; Jamal, 2007; Psarakis, 2007; Montgomery, 2012). Pemetaan residual hasil pemodelan dalam sebuah *control chart* selanjutnya disebut dengan residual *control chart*. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, *support vector regression* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemodelan data pengamatan.



Gambar 5. Individual dan EWMA Control chart berdasarkan Residual SVR dengan RBF Kernel

Gambar 5 dan Gambar 6 masing-masing menunjukkan individual dan EWMA *control chart* berdasarkan residual *support vector regression* dengan *radial basis function* (RBF) dan *exponential radial basis function* (ERBF) kernel. Hasil pengendalian kualitas menggunakan residual SVR menunjukkan bahwa proses produksi produk Z telah terkendali secara statistik.



Gambar 6. Individual dan EWMA Control chart Berdasarkan Residual SVR dengan ERBF Kernel

Tabel 2 menunjukkan perbandingan hasil pengendalian kualitas menggunakan data pengamatan dan menggunakan residual SVR. Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa terdapat perbedaan kesimpulan antara pengendalian kualitas menggunakan data dan pengendalian kualitas menggunakan residual SVR. Hal ini menunjukkan telah terjadi tipe *error I*. Tipe *error I* didefinisikan sebagai peluang proses dikatakan *out of control* saat proses *in control* (Montgomery, 2012). Secara praktis, tipe *error I* akan menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan yang berakibat pada penurunan pendapatan perusahaan atau terjadi *loss income*.



Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengendalian Kualitas

	Metode	Banyak Out Of Control		Kesimpulan
		Individual	EWMA	
Data	Plotting Data	1	5	Tidak terkontrol
Residual Berdasarkan Model SVR	Model SVR Kernel RBF	1	0	Terkontrol
	Model SVR Kernel ERBF	1	0	Terkontrol

Tabel 3 menunjukkan *loss income* yang akan dialami oleh perusahaan apabila perusahaan mereject 2000m produk yang dinyatakan *out of control* pada *individual control chart* data pengamatan seperti yang selama ini dilakukan perusahaan. Apabila perusahaan menggunakan *residual control chart* berdasarkan SVR maka *loss income* sebesar 5,8 juta rupiah akan dapat dihindari karena perusahaan tidak akan mereject produk baik.

Tabel 3. Loss Income

Keterangan	Satuan
Berat rata-rata <i>labelstock</i>	92 gram/m ²
Berat 2000mx0,5m	92000 gram= 0.092 ton
harga jual <i>labelstock</i> jenis Z	4800 \$/ton*
harga jual <i>labelstock</i> jenis Z (rupiah)	Rp 63.403.200
Pendapatan (2000x0,5) m ²	Rp 5.833.094,4

*sumber : alibaba.com

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis hasil, beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi menggunakan 2 jenis *control chart* yaitu *individual* dan *EWMA control chart* pada data berat *labelstock* memberikan kesimpulan bahwa hasil pengukuran berat *labelstock* jenis Z di PT “PQR” tidak terkontrol secara statistik.
2. Hasil evaluasi menggunakan 2 jenis *control chart* yaitu *individual* dan *EWMA control chart* pada residual data berat *labelstock* yang dimodelkan menggunakan SVR dengan RBF kernel dan ERBF kernel menghasilkan kesimpulan bahwa berat *labelstock* jenis Z di PT “PQR” telah terkontrol secara statistik.
3. Pengontrolan kualitas dengan menggunakan data hasil pengamatan diperoleh kesimpulan proses produksi *labelstock* jenis Z tidak terkontrol secara statistik, artinya terdapat berat *labelstock* yang melebihi batas spesifikasi data. Sementara itu, hasil pengontrolan kualitas menggunakan residual SVR menunjukkan hasil bahwa proses produksi *labelstock* jenis Z telah terkontrol secara statistik, tidak terdapat titik yang berada di luar batas kendali *control chart*. Perbedaan kesimpulan ini mengindikasikan telah terjadi *false alarm* (tipe *error I*) yaitu melakukan penolakan terhadap produk baik.
4. Saat perusahaan memutuskan untuk mereject produk jadi sepanjang 2000m padahal sebenarnya produk baik, maka perusahaan akan kehilangan pendapatan sekitar Rp5,8 juta.

Saran untuk perusahaan serta penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pihak perusahaan diharapkan menggunakan lebih dari satu acuan untuk melakukan evaluasi proses produksi sehingga tidak terjadi kekeliruan dalam mengambil kesimpulan yang menyebabkan kerugian bagi pihak perusahaan dan juga konsumen. Dalam kasus ini, diharapkan perusahaan mempertimbangkan alternatif penggunaan residual *control chart* untuk melakukan pengendalian kualitas.
2. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut tentang residual *control chart* berdasarkan metode peramalan lain sehingga evaluasi proses dapat dilakukan dengan lebih tepat dan cepat.



DAFTAR PUSTAKA

- (2015). Retrieved May 21, 2015, from alibaba.com.
- Bisgaard, S. K., Murat. (2005). The Effect of Autocorrelation on Statistical Process Control Procedures. *Quality Engineering*, 17, 481-489. doi: 10.1081/QEN-200068575
- Chatfield, C. (2004). *The analysis of time series, an introduction*. New York: Chapman & Hall/CRC.
- Chongfuangprinya, P. (2009). *Novel Nonparametric Control charts For Monitoring Multivariate Processes*. Doctor, The University Of Texas At Arlington.
- Farizi Rachman (2013). *Pemilihan Input Yang Optimal Pada Support Vector Regression (SVR) untuk Peramalan Data Time Series*. Pasca Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Gunn , S. R. (1998). *Support Vector Machine for Classification and Regression*: University of Southampton.
- Issam, B., Khediri ;Mohamed, Limam (2008). Support vector regression based residual MCUSUM *control chart* for autocorrelated process. *Elsevier*, 24(Applied Soft Computing), 304-315.
- Jamal, A., Seyed, T. A., & Babak, A. (2007). Artificial neural networks in applying MCUSUM residuals charts for AR(1) processes. *Jurnal of Applied Mathematics and Computation* (pp. 1889–1901).
- JunLv; Du, S. (2013). Minimal Euclidean distance chart based on support vector regression for monitoring mean shifts of auto-correlated processes. *Elsevier*, 141, 377-387.
- Kandanand, K. (2014). Guidelines for Applying Statistical Quality Control Method to Monitor Autocorrelated Processes. *24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation* (pp. 1449-1458). Thailand: Elsevier Ltd.
- Lu, C. W. and Reynolds, M. R. Jr. (1999). EWMA *control charts* for monitoring the mean of autocorrelated processes. *Journal of Quality Technology*, 31(2), 166-188.
- Lu, C. W. and Reynolds, M. R. Jr. (2001). CUSUM Charts for Monitoring an Autocorrelated Process. *Journal of Quality Technology*, 33(3), 316-334.
- Mithasandy, K. (2013). *Proses Pengendalian Produksi Produk Z di PT "PQR"*. Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. the United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Psarakis, S., & Papaleonida, G. E. (2007). SPC Procedures for Monitoring Autocorrelated Processes. *Quality Technology & Quantitative Management*, 501-540.
- Santosa, B. (2007). *Data Mining Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wardell, D. G., Moskowitz, H. and Plante, R. D. (1992). *Control charts* in the presence of data autocorrelation. *Management Science*, 38(8), 1084-1105.
- Yang, H. (2003). *Margin Variations in Support Vector Regression for the Stock Market Prediction*. Master of Philosophy, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong.