

Catatan Penelitian

Kapabilitas Proses Mesin Pengemas Produk Pangan Bubuk: Studi Kasus pada Produk Tepung Terigu

Process Capability of Food Powder Packing Machine: A Case Study in Wheat Flour

Yoga Pratama*, Lisa Harmi Susanti

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

*Korespondensi dengan penulis (yogapratama@live.undip.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 11 Januari 2018 dan dinyatakan diterima tanggal 28 Februari 2018. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui www.jatp.ift.or.id. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2018

Abstrak

Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisis kapabilitas proses pada mesin pengemas produk pangan bubuk dengan sampel tepung terigu dan menganalisa masalah yang terjadi apabila proses memiliki kapabilitas yang kurang baik. Sebanyak 1250 data berat bersih untuk setiap varian produk tepung terigu (varian 1000 g dan 500 g) diambil secara periodik dari produk yang dikemas dengan mesin pengemas otomatis berkecepatan 60 produk/menit. Data kemudian diolah menggunakan program Minitab 16 untuk menghitung indeks Cp dan Cpk yang menunjukkan kapabilitas proses. Indeks Cp dan Cpk untuk mesin 1000 g adalah 0,52 dan 0,47, sedangkan untuk mesin 500 g adalah 1,12 dan 0,68 dengan mengacu pada standar internal perusahaan. Hal ini menunjukkan bahwa proses yang dijalankan belum *capable* dan memungkinkan adanya penyimpangan dari batas spesifikasi yang ditentukan karena nilai indeks Cpk yang rendah yakni kurang dari 1. Apabila mengacu ke standar eksternal yang ditetapkan pemerintah, maka nilai indeks yang diperoleh lebih besar karena batas spesifikasi yang lebih longgar. Penyebab masalah yang ditampilkan dalam *fishbone diagram* dan alternatif langkah solusi yang ditawarkan dapat menjadi masukan produsen untuk meningkatkan kapabilitas proses dan meningkatkan kualitas produk. Studi ini dapat menjadi acuan pada proses produk pangan bubuk lain yang memiliki sistem produksi serupa.

Kata kunci: kualitas, tepung, berat, kapabilitas proses, minitab

Abstract

The current case study aimed to analyze process capability of food powder packing machine using wheat flour as sample, and further, analyze the problem if the process has low capability. The total of 1250 net weight data for each 1000 g variant and 500 g variant were collected periodically from the automatic packing machine which has 60 products/minute throughput. Data was then calculated for Cp and Cpk index using Minitab 16 software to indicate the process capability. Referring to the internal standard, Cp and Cpk index for 1000 g machine were 0.52 and 0.47 respectively, whereas 1.12 and 0.68 were found for the 500 g variant. The result showed that the process is not capable and tended to produce defected product due to low Cpk value, i.e. lower than 1. However, the Cp and Cpk values were found to be higher if external standard (government standard) was used, most likely due to less strict specification limit. Possible root causes which were shown in fishbone diagram and solution alternatives could be an input for producer to increase their process capability thus improving the product quality. The study can be used as reference for other similar process involving powdered food product.

Keywords: quality, flour, weight, process capability, minitab

Pendahuluan

Kualitas produk yang baik merupakan syarat mutlak agar produk pangan bisa bersaing di pasar yang semakin berkembang pesat. Standar internasional untuk *quality management*, ISO 9000 mendefinisikan kualitas sebagai derajat kesesuaian produk dengan persyaratan atau spesifikasi yang telah ditetapkan (Hoyle, 2009). Oleh karenanya, produsen pangan hendaknya memenuhi semua persyaratan yang ada seperti misalnya peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah ataupun spesifikasi lain yang ditetapkan berdasarkan tuntutan konsumen.

Salah satu persyaratan yang ditetapkan oleh pemerintah adalah aturan tentang berat produk. Pemerintah mewajibkan setiap produsen untuk mencantumkan berat bersih produk di setiap kemasan produk pangan berdasarkan PP No. 69 tahun 1999. Toleransi terhadap variasi berat bersih produk yang mengatur tentang batasan-batasan yang diperbolehkan

juga telah tertuang di dalam Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 31/M-DAG/PER/10/2011. Lebih dari itu, konsumen juga tentunya mengharapkan produk pangan yang dibelinya memiliki berat sesuai dengan yang tercantum dalam kemasannya. Oleh karena itu, upaya untuk menjaga berat produk telah menjadi salah satu operasi kontrol kualitas paling dasar yang dijalankan oleh produsen pangan.

Konsep manajemen kualitas telah beralih dari *quality control* ke *quality assurance* (Hoyle, 2009). Kesesuaian berat produk terhadap persyaratan yang sebelumnya dijaga dengan cara mengecek langsung produk (*quality control*), sekarang beralih ke arah sistem kendali untuk mencegah agar produk tidak sampai melewati batas yang ditentukan (*quality assurance*). Konsep yang dapat dipakai adalah dengan memastikan bahwa proses produksi yang dilakukan memiliki kemampuan yang baik untuk memenuhi persyaratan tersebut. Secara statistik, kemampuan proses ini dapat

dikuantifikasi dalam indeks kapabilitas proses (Cp) dan indeks kapabilitas proses Kane (Cpk). Cp dihitung sebagai rentang spesifikasi (batas bawah ke batas atas) dibagi dengan 6 sigma (standar deviasi) hasil proses, sedangkan Cpk dihitung sebagai rentang spesifikasi ke target dibagi dengan 3 sigma (Spiring, 1997; Wu *et al.*, 2009). Proses yang tidak stabil akan menyebabkan nilai sigma yang tinggi dan berakibat pada indeks Cp dan Cpk yang rendah, artinya proses dianggap kurang mampu dalam menghasilkan produk sesuai rentang spesifikasi yang telah ditetapkan.

Peningkatan kualitas produk melalui upaya perbaikan kapabilitas proses telah diaplikasikan di banyak produk tidak hanya terbatas pada produk pangan seperti yang dilaporkan oleh (Kurnia *et al.*, 2013) pada produk MSG, (Hartono *et al.*, 2010) pada teh dalam kemasan, dan (Vitho *et al.*, 2013) pada produk karet. Perhitungan kapabilitas proses juga sering diikuti dalam studi peningkatan kualitas dengan konsep Six Sigma (Dewi, 2012). Studi kasus kali ini bertujuan untuk mengaplikasikan konsep kapabilitas proses dalam upaya peningkatan kualitas serta konsistensi berat produk pangan bubuk yakni tepung terigu. Masalah yang ditemukan kemudian dianalisa dan diformulasikan alternatif solusinya. Studi ini bermanfaat bagi industri pengolahan khususnya produk pangan bubuk untuk meningkatkan kualitas produknya.

Materi dan Metode

Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung terigu dengan kadar protein sedang dan bahan pengemas yang memiliki spesifikasi lapisan PET-12/PE-15/LLDPE-35.

Metode

Studi kasus ini dilakukan pada salah satu perusahaan produsen tepung terigu komersial skala nasional di bulan Januari – Februari tahun 2016. Data dikumpulkan dari proses pengemasan tepung terigu pada dua varian produk yakni produk dengan berat bersih 1000 gram dan 500 gram. Pengambilan data berat bersih dilakukan secara bertahap dengan interval tertentu dengan total data sebanyak 1250 data untuk setiap varian produk.

Proses Pengemasan Tepung Terigu

Pengemasan tepung terigu dilakukan menggunakan mesin pengemas otomatis berkapasitas hingga 60 kemasan per menit dengan urutan proses: persiapan kemasan, pengisian produk, dan proses *sealing*. Sistem mesin pengemas adalah *vertical form-fill-seal*, di mana pengisian produk dilakukan menggunakan *auger feeder*, sedangkan *sealing* dilakukan secara vertikal maupun horizontal sehingga menghasilkan kemasan dengan tipe *3-side seal* (Hughes, 2007).

Analisis Penyebab Permasalahan

Analisis penyebab permasalahan terhadap penyimpangan kualitas produk hasil pengemasan dilakukan dengan pengamatan di lapangan dan

brainstorming yang melibatkan pihak-pihak yang berkaitan dengan proses, serta kemudian dituangkan dalam bentuk *fish bone* diagram.

Analisis Statistik

Data yang diperoleh kemudian dianalisis kapabilitas prosesnya dengan menggunakan program Minitab 16. Standar target berat produk, batas spesifikasi atas (*upper specification limit/USL*), dan batas spesifikasi bawah (*lower specification limit/LSL*) yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 1. Dua set standar digunakan dalam penelitian ini yakni standar internal yang digunakan oleh perusahaan dan standar eksternal yang mengacu pada Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 31/M-DAG/PER/10/2011 Tentang Barang Dalam Keadaan Terbungkus.

Hasil dan Pembahasan

Kapabilitas Proses Pengemasan Terigu 1000 g

Tabel 1 menunjukkan standar target produk yang digunakan pada analisis kapabilitas proses. Hasil analisis kapabilitas proses pada varian produk dengan berat bersih 1000 g dapat dilihat pada Figur 1 dan Tabel 2 yang menyajikan detail dari analisis. Nilai rata-rata (*mean*) yang didapatkan adalah 1012,7 g dan nilai ini sangat mendekati nilai yang ditetapkan sebagai target standar internal yakni 1012 g. Akan tetapi rata-rata berat yang didapatkan sebenarnya lebih tinggi dari target yang ditetapkan oleh pemerintah yakni sebesar nilai dari berat bersih yang tercantum dalam kemasan itu sendiri yakni 1000 g. Seperti juga dapat dilihat pada Tabel 1, perusahaan menerapkan standar target berat yang lebih tinggi dan batas spesifikasi yang lebih ketat dari yang dianjurkan oleh pemerintah. Praktik seperti ini cukup banyak dilakukan oleh produsen pangan untuk menjamin bahwa produk yang diterima oleh konsumen memiliki berat sesuai dengan berat bersih. Meskipun sebenarnya peraturan pemerintah yang tertuang pada Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 31/M-DAG/PER/10/2011 memperbolehkan adanya berat produk yang kurang dari berat bersih tercantum dengan persentase tertentu.

Kapabilitas proses ditunjukkan oleh nilai Cp dan Cpk. Nilai indeks Cp pada proses pengemasan tepung terigu 1000 g dengan acuan standar internal adalah 0,52 dan 1,36 apabila mengacu ke standar eksternal. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengemasan dianggap tidak mampu (*incapable*) berdasarkan standar internal karena memiliki nilai $Cp < 1$, sedangkan mengacu ke standar eksternal proses tersebut dianggap sudah *capable*. Sebuah proses dianggap *capable* apabila memiliki nilai Cp minimal 1 (Siregar & Syahputri, 2017) dan dianggap ideal (direkomendasikan) apabila memiliki nilai Cp lebih dari 1,33 (Kiran, 2017). Proses yang *incapable* memiliki peluang terjadinya penyimpangan terhadap spesifikasi yang sudah ditetapkan, dalam hal ini penyimpangan berat produk. Penyimpangan berupa berat yang lebih rendah dari batas akan merugikan konsumen dan menyebabkan produk dianggap memiliki mutu yang rendah. Sedangkan penyimpangan berupa berat yang berlebih akan merugikan perusahaan. Berdasarkan nilai Cp dengan standar eksternal yang lebih

Tabel 1. Standar yang digunakan dalam analisa stasistik kapabilitas proses mesin pengemas bubuk

	Standar Internal		Standar Eksternal	
	Kemasan 1000 g	Kemasan 500 g	Kemasan 1000 g	Kemasan 500 g
USL ^a	1023	520	1030	530
Target	1012	510	1000	500
LSL ^b	1000	500	970	470

^aUpper specification limit (batas spesifikasi atas)

^bLower specification limit (batas spesifikasi bawah)

Tabel 2. Detail analisis kapabilitas proses produk tepung terigu 1000 g

Item	Standar Internal	Standar Eksternal
Total Data	1250	1250
Subgroup size	1	1
Mean (g)	1012,7	1012,7
Standar deviasi (g)	7,43	7,43
Cp	0,52	1,36
Cpk	0,47	0,78

Tabel 3. Detail analisis kapabilitas proses produk tepung terigu 500 g

Jenis Data	Standar Internal	Standar Eksternal
Total Data	1250	1250
Subgroup size	1	1
Mean (g)	513,92	513,92
Standar deviasi (g)	4,28	4,28
Cp	1,12	3,35
Cpk	0,68	1,79

tinggi dari 1,33, proses pengemasan dianggap telah *capable* dan tidak memerlukan perbaikan atau inovasi perbaikan mutu. Akan tetapi, perusahaan juga menerapkan standar internal yang lebih ketat yang berarti kondisi proses yang sudah berjalan masih memerlukan perbaikan untuk memenuhi standar tersebut.

Selain indeks Cp yang menunjukkan kemampuan proses dalam memenuhi batas spesifikasi yang telah ditentukan, terdapat indeks Cpk yang berfungsi untuk memberi indikasi apakah proses sudah berada di tengah (mendekati target) atau tidak (Ramakrishnan *et al.*, 2001; Wu *et al.*, 2009). Nilai Cpk tidak mungkin melebihi nilai Cp dan secara khusus menjadi penting ketika nilai Cp nya sudah memenuhi syarat. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2, nilai Cpk proses pengemasan tepung terigu 1000 g adalah 0,47 (standar internal) dan 0,78 (standar eksternal). Kapabilitas proses mengacu ke standar eksternal dinyatakan ideal karena $Cp > 1,33$, namun nilai Cpk yang lebih kecil dari Cp mengartikan bahwa proses yang terjadi tidak berada dekat dengan target nilainya dan nilai $Cpk < 1$ menunjukkan kemungkinan terjadinya penyimpangan berat dari standar. Figur 1(B) menunjukkan bahwa histogram lebih condong ke sisi kanan dari nilai target sebesar 1000 g, sehingga nilai $Cpk < 1$ menyiratkan bahwa proses masih memiliki peluang untuk menghasilkan produk menyimpang dengan berat melebihi batas yang ditentukan.

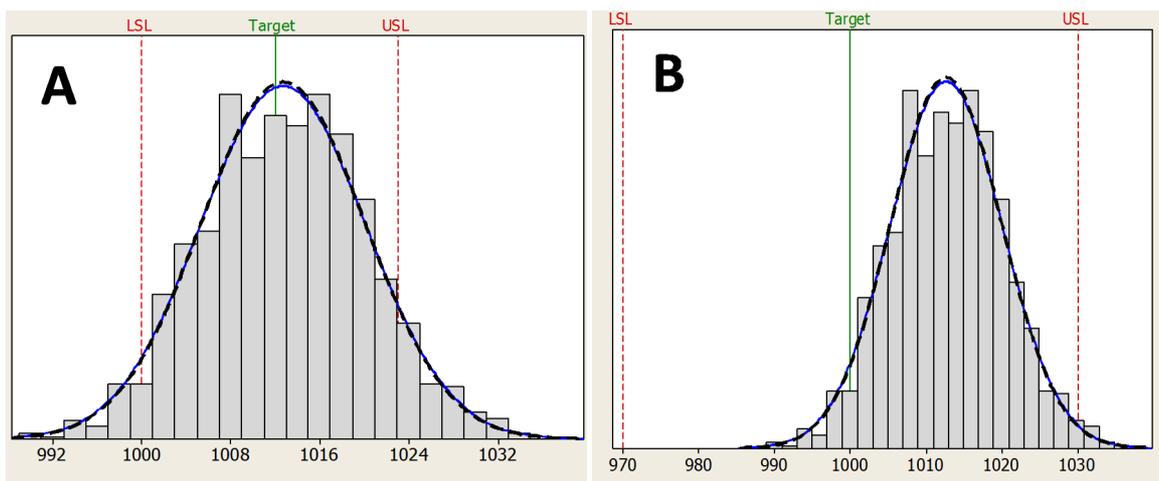
Kapabilitas Proses Pengemasan Terigu 500 g

Figur 2 dan Tabel 3 menunjukkan hasil analisis kapabilitas proses pada mesin pengemas produk tepung terigu dengan berat bersih tercantum 500 g. Nilai rata-rata produk yang dihasilkan dari mesin pengemas adalah 513,92 g yang lebih besar dari target yang ditetapkan yakni 510 g (internal) dan 500 g (eksternal).

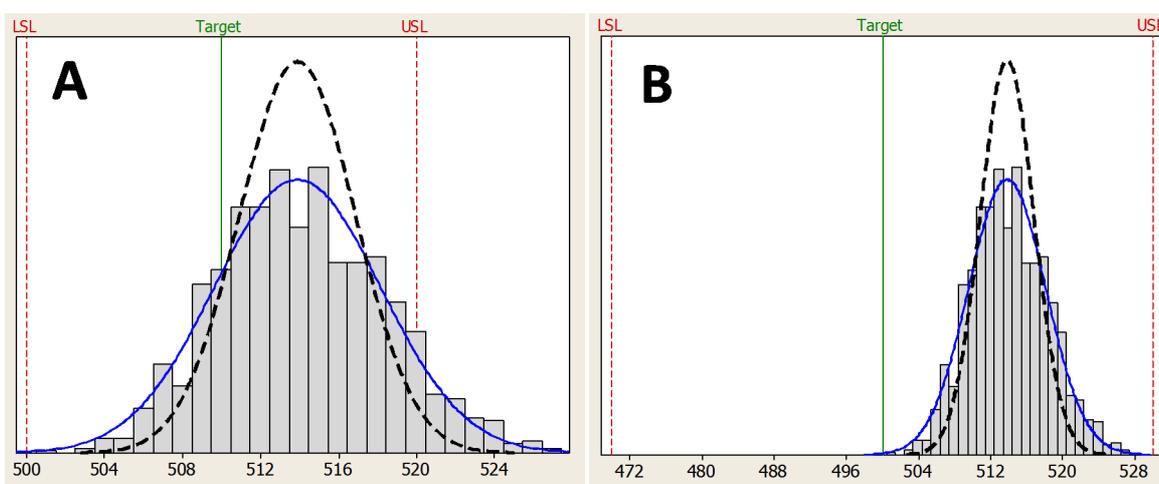
Proses pengemasan produk tepung 1000 g memiliki performa yang lebih baik dalam hal kedekatan nilai rata-rata produk dikemas dengan target beratnya. Kapabilitas proses mesin pengemas tepung terigu 500 g dinyatakan cukup baik dengan nilai Cp 1,12 (standar internal) atau sangat baik dengan nilai Cp 3,35 apabila menggunakan acuan standar eksternal. Nilai Cp yang tinggi disebabkan oleh variabilitas yang dihasilkan oleh proses rendah sehingga produk yang dihasilkan konsisten mutunya. Sesuai dengan pendapat (Siregar & Syahputri, 2017), proses dinyatakan *capable* apabila nilai $Cp > 1$.

Proses pengemasan varian tepung dengan berat 500 g memiliki indeks kapabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan proses pada varian 1000 g sangat dimungkinkan berkaitan erat dengan sistem pengisian produk pada kemasan yang dilakukan. *Auger feeder* merupakan jenis pengisi yang menggunakan prinsip pengisian secara volumetrik yang digunakan untuk berbagai jenis produk kering (Hughes, 2007). Prinsip operasinya adalah menggunakan ulir (screw) di dalam selongsong yang akan mendorong produk ketika ulir tersebut berputar. Volume pengisian ditentukan oleh kemiringan, diameter dan jumlah putaran ulir (Hughes, 2007). Oleh karenanya, dengan target output produksi yang sama yakni 60 kemasan per menit maka varian 1000 g akan membutuhkan putaran ulir 2 kali lebih cepat (putaran 2 kali lebih banyak dalam waktu yang sama) dari varian 500 g, dengan asumsi gradien dan diameter ulir tidak jauh berbeda. Putaran *auger* yang lebih cepat dimungkinkan berpengaruh dalam akurasi berat produk yang diisikan.

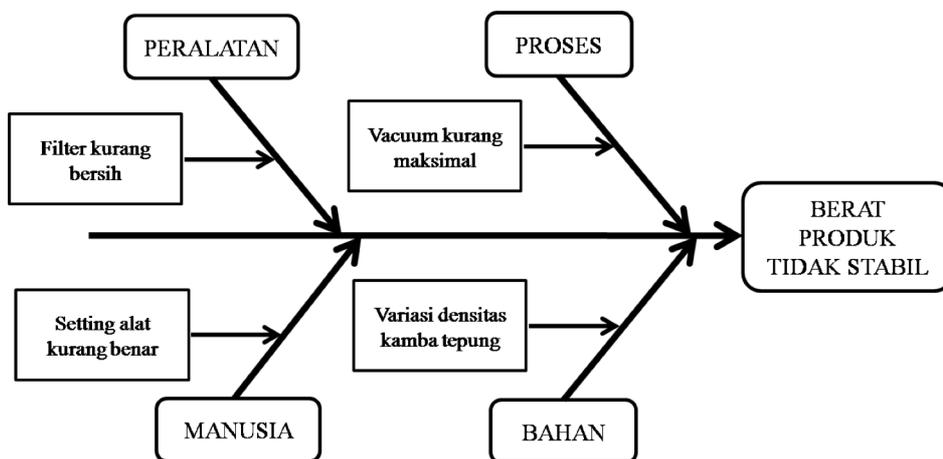
Meskipun secara kapabilitas, proses pengemasan pada varian 500 g dianggap *capable*, namun ternyata proses yang dilakukan tidak berada di tengah atau dekat dengan target. Hal ini terlihat dari nilai Cpk yang lebih kecil dari nilai Cp nya yakni 0,68 (standar internal) dan 1,79 (standar eksternal). Histogram pada Figur 2



Figur 1. Histogram kapabilitas proses produk tepung terigu 1000 g menurut (A) Standar Internal dan (B) Standar Eksternal



Figur 2. Histogram kapabilitas proses produk tepung terigu 500 g menurut (A) Standar Internal dan (B) Standar Eksternal



Figur 1. Fish bone diagram penyebab masalah berat produk tepung terigu tidak stabil

menunjukkan kecenderungan berat produk mendekati batas spesifikasi atas. Nilai C_p 1,12 dan C_{pk} 0,68 dengan standar internal dapat diartikan sebagai proses cukup *capable* namun ada potensi penyimpangan berat produk melebihi batas spesifikasi atas karena nilai $C_{pk} < 1$. Tindakan yang perlu dilakukan oleh perusahaan ketika menemukan fenomena seperti ini adalah cukup sederhana, yakni dengan mengubah pengaturan mesin agar sebaran berat yang dihasilkan mendekati nilai target. Tindakan perbaikan pada mesin tidak dibutuhkan karena sebenarnya mesin sudah *capable* ($C_p > 1$).

Apabila acuan standar eksternal digunakan, kombinasi indeks C_p dan C_{pk} adalah sebesar 3,35 dan 1,79. Meskipun proses yang dilakukan jelas condong ke batas spesifikasi atas, produk yang dihasilkan memiliki kemungkinan kecil untuk melebihi batas tersebut karena nilai $C_{pk} > 1$. Nilai C_{pk} yang lebih besar dikarenakan standar eksternal memiliki rentang yang lebih longgar. Oleh karena itu apabila tujuan proses hanya untuk menghasilkan produk yang tidak melewati batas spesifikasi (atas maupun bawah), maka tidak ada yang perlu dilakukan lagi dengan indeks $C_{pk} > 1$.

Analisa Penyebab Masalah dan Kemungkinan Solusi

Hasil dari analisis kapabilitas proses yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tindakan perbaikan perlu dilakukan agar proses pengemasan produk tepung mencapai taraf *capable* dalam memenuhi spesifikasi yang ada, khususnya spesifikasi internal yang lebih ketat. Tindakan perbaikan lebih diperlukan pada proses pengemasan produk tepung terigu 1000 g yang masih memiliki indeks $C_p < 1$. Analisis penyebab masalah ketidakstabilan berat produk dilakukan berdasarkan pengamatan langsung serta *brainstorming* dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan proses produksi dan kemudian dituangkan dalam bentuk *fish bone diagram* (Figur 3). *Fish bone diagram* disebut juga sebagai diagram Ishikawa dan umum dipakai dalam analisis sebab-akibat sebuah permasalahan dalam proses peningkatan mutu produk (Dobruskin, 2016).

Karakteristik sebuah proses bersifat spesifik dan dipengaruhi oleh banyak hal seperti jenis produk, model mesin, metode produksi serta pelaksana proses tersebut. Oleh karenanya, permasalahan yang sama dan pada jenis produk yang mirip belum tentu memiliki penyebab yang sama. Hasil pengamatan dan *brainstorming* pada studi kasus ini menunjukkan bahwa terdapat satu tahap proses yang dianggap berperan penting terhadap kestabilan berat produk tepung terigu, yakni tahap proses *vacuum*. *Vacuum* pada mesin pengemas tepung terigu varian 1000 g berfungsi untuk menjaga jalur *dosing auger feeder* agar bersih dari sisa tepung yang tertinggal dan menyebabkan akurasi *auger* menurun. Kestabilan *vacuum* sendiri dipengaruhi oleh proses sirkulasi udara yang lancar. Oleh karenanya filter udara harus dipastikan bersih dan tidak tersumbat oleh residu tepung.

Faktor lainnya yang memungkinkan terjadinya ketidakstabilan berat adalah variasi dari densitas kamba produk tepung. Sistem *auger feeder* menggunakan prinsip volumetrik berdasarkan jumlah putaran ulir. Oleh karenanya pada volume tertentu yang dihasilkan oleh putaran ulir, densitas produk yang stabil akan menghasilkan berat produk yang stabil pula (Hughes, 2007). Perubahan densitas produk dapat dikompensasi dengan perubahan pengaturan jumlah putaran pada mesin. Akan tetapi, operator mesin umumnya melakukan monitoring berat dan pengaturan pengaturan di awal shift dan tidak secara terus menerus yang memungkinkan variasi berat produk ketika densitas produk berubah. Selain itu, operator perlu melakukan perubahan pengaturan mesin agar lebih mendekati target produk, khususnya pada varian tepung terigu 500 g yang sudah memiliki indeks C_p yang baik.

Kesimpulan

Hasil analisis kapabilitas proses menunjukkan bahwa diperlukan perbaikan terhadap proses pengemasan tepung terigu 1000 g dan 500 g agar memenuhi standar internal perusahaan. Penyimpangan berat produk lebih cenderung ke batas spesifikasi atas.

Hal ini mungkin tidak akan merugikan konsumen dan mengurangi persepsi mutu produk, namun akan merugikan perusahaan karena jumlah yang dikemas melebihi standar maksimal yang telah ditentukan. Indeks C_p dan C_{pk} dapat digunakan dalam analisis kapabilitas proses pengemasan produk pangan bubuk seperti produk tepung terigu dan dalam upaya peningkatan mutu maupun pengurangan jumlah *loss* produk akibat pengisian yang berlebih.

Daftar Pustaka

- Dewi, S.K. 2012. Minimasi defect produk dengan konsep six sigma. *Jurnal Teknik Industri* 13(1): 43–50.
- Dobruskin, C. 2016. On the identification of contradictions using cause effect chain analysis. *Procedia CIRP* 39 221–224. Elsevier B.V. DOI:10.1016/j.procir.2016.01.192.
- Hartono, G., Putro, T.N., Farhan, F., Fitrianingtyas, R. 2010. Analisis kinerja proses dan produk dengan pendekatan metodologi Six Sigma (DMAIC) untuk produk Teh Botol pada PT XYZ. *INASEA* 11(1): 58–69. Retrieved from <http://journal.binus.ac.id/index.php/inasea/article/view/76>
- Hoyle, D. 2009. *ISO 9000 Quality Systems Handbook - updated for the ISO 9001:2008 standard*. 6th ed. Oxford: Elsevier Ltd.
- Hughes, H.A. 2007. *Food Packaging Machinery*. In Kutz, M. (Ed). *Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery*. p. 695–718. Dordrecht: Springer B. V.
- Kiran, D.R. 2017. Chapter 18 - Process Capability. In Kiran, D. R. (Ed). *Total Quality Management*. p. 255–259. Butterworth-Heinemann. DOI:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811035-5.00018-0>.
- Kurnia, J.D., Retnaningsih, S.M., Aridinanti, L. 2013. Analisis kapabilitas proses produksi monosodium glutamat (MSG) di PT. Ajinomoto Indonesia. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(1): 2337–3520.
- Ramakrishnan, B., Sandborn, P., Pecht, M. 2001. Process capability indices and product reliability. *Microelectronics Reliability* 41(12): 2067–2070. DOI:10.1016/S0026-2714(01)00227-X.
- Siregar, K., Syahputri, K. 2017. Analisis process capability dalam menentukan kemampuan proses produksi pada industri baja. *Prosiding SNTI dan SATELIT 2017*. p. C52–55. Malang: Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
- Spiring, F.A. 1997. A unifying approach to process capability indices. *Journal of Quality Technology* 29(1): 49.
- Vitho, I., Ginting, E., Anizar. 2013. Aplikasi Six Sigma untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kecacatan produk Crumb Rubber Sir 20 pada PT. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU* 3(4): 23–28.
- Wu, C.W., Pearn, W.L., Kotz, S. 2009. An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance. *International Journal of Production Economics* 117(2): 338–359. DOI:10.1016/j.ijpe.2008.11.008.