

Perancangan Perbaikan Sistem Sampling Penerimaan Mutu pada Proses Produksi Divisi *Painting & Sticker* PT. X

Reynold Bernadi¹

Abstract: This project aims to provide a design of an improvised acceptance sampling system as a part of the Quality Control (QC) activity in some production processes of Painting & Sticker Division at PT. X. Repair calls for defectives known externally until receiving more customer complaints become some continuous concerns for the company. One technique for analyzing its sampling system is through looking to its Probability of Acceptance (Pa), Average Outgoing Quality (AOQ), and Average Total Inspection (ATI) value. This project sets AOQ value as the topmost judgement parameter to determine a better acceptance sampling system. This is due to external failures and continuous complaints acquired in which caused by a poor quality detached from the Painting & Sticker Division. Result shows that the current acceptance sampling system produces a thin gap between its AOQ and initial quality value (calculated from the average *defect/unit* in June-December 2019). On the other hand, its AOQ given by the improvised acceptance sampling system shows a lower value in comparison. A lower AOQ of an acceptance sampling system will benefit company at some aspects, such as decrease of external failure cost and complaints.

Keywords: acceptance sampling system; probability of acceptance; average outgoing quality; average total inspection

Pendahuluan

PT. X merupakan sebuah industri yang bergerak di bidang manufaktur sepeda. Proses inti atau yang menjadi divisi besar dalam proses produksi pada manufaktur sepeda di PT. X adalah antara lain proses welding, proses painting & sticker dan proses assembly. Proses painting & sticker dianggap penting karena melibatkan penampilan dari unit sepeda (khususnya kerangka/frame sepeda). Terdapat empat proses produksi pada Divisi *Painting & Sticker* PT. X antara lain, proses *primer coating*, proses *under/top coating*, proses *decal application (sticker)*, dan proses *clear coating*. Saat ini proses inspeksi 100% pada *output* dilakukan pada akhir lini atau disebut *final inspection*. Jenis inspeksi 100% ini juga dilakukan pada proses *primer coating* sedangkan proses produksi lainnya menggunakan proses inspeksi dengan sistem sampling penerimaan. Sistem sampling penerimaan saat ini adalah dengan mengambil sampel sebanyak satu pada setiap ukuran lotnya (20% dari Surat Perintah Kerja). Keputusan terima lot dilakukan apabila tidak ada kerusakan pada satu sampel yang diambil tersebut.

Data 6 bulan terakhir pada tahun 2019 menyatakan bahwa rata-rata *nonconformity rate* pada divisi ini mencapai 24%. Proses *clear* dan *sticker* memiliki rata-rata *nonconformity rate* yang sama besar yakni 8,2%, *under-top coating* dengan 5,4% dan *primer coating* dengan 2,2%. Hal ini nyatanya masih menimbulkan kelolosan unit output yang tidak sesuai oleh Departemen *Final Inspection* hingga ketidaksesuaian terkait penampilan *Painting & Sticker* yang ditemukan saat sudah ada pada konsumen. Kondisi ini tentunya memunculkan berbagai resiko seperti adanya *backtracking* untuk unit tidak sesuai yang harus diperbaiki kembali, penumpukan di stasiun repair, hingga paling parahnya kehilangan reputasi baik dari konsumen. Perbaikan terhadap sistem sampling penerimaan dapat dilakukan terlebih dahulu sejalan dengan evaluasi dan perbaikan pada proses produksi yang ada pada Divisi *Painting & Sticker* PT. X.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas metode-metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini yaitu analisis nilai *Probability of Acceptance* (Pa), *Average Outgoing Quality* (AOQ), dan juga *Average Total Inspection* (ATI) dari sistem sampling penerimaan mutu. Ketiga parameter nilai yang digunakan akan

¹ Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: reynoldbernadi@gmail.com

dibandingkan untuk sistem sampling penerimaan saat ini terhadap usulan perbaikan yang diberikan.

Acceptance Sampling

Inspeksi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memeriksa suatu lot apakah telah sesuai dengan kualitas yang diharapkan atau belum. Terdapat tiga jenis inspeksi yang digunakan oleh perusahaan, yaitu tanpa inspeksi, 100% inspeksi, dan *acceptance* sampling. Jenis inspeksi yang dilakukan oleh Divisi *Painting & Sticker* PT. X saat ini adalah inspeksi 100% dan *acceptance* sampling. Inspeksi 100% memiliki keuntungan bahwa lot yang diterima pasti tidak memiliki kecacatan. Inspeksi 100% memiliki kekurangan dalam hal waktu. Waktu inspeksi 100% akan memakan waktu yang sangat lama karena harus memeriksa semua unit yang terdapat pada lot. *Acceptance* sampling dapat dikatakan jalan tengah dari inspeksi. *Acceptance* sampling dapat mendeteksi kecacatan dengan baik dalam waktu yang lebih cepat (Montgomery [1]).

Single Sampling Plan for Attributes

Single sampling *plan* merupakan salah satu rencana sampling yang terdapat pada metode sampling penerimaan. *Single* sampling *plan* didefinisikan dari dua variabel yaitu besarnya ukuran sampel (n) di dalam sebuah lot (N) dan bilangan penerimaannya (c). Bilangan penerimaan merupakan bilangan yang menunjukkan nilai maksimal dari ukuran data atribut pada sampel (n) yang diamati. Ukuran data atribut secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu ukuran untuk *defective* dan ukuran untuk *defect*. *Defective* menunjukkan ketidaksesuaian dari proses yang ada, sedangkan ukuran terhadap *defects* menunjukkan jumlah ketidaksesuaiannya. *Lot/batch* akan diterima apabila jumlah ketidaksesuaian (berdasarkan ukuran atribut yang digunakan; *level of defective/ level of defects*) kurang dari sama dengan nilai (c) yang ditentukan. Apabila jumlah *defectives* atau *defects* yang didapati pada sejumlah sampel yang diambil telah melebihi nilai c yang ditentukan, *lot/batch* tersebut dapat ditolak. *Single* sampling *plan* menyatakan penerimaan atau penolakan secara satu lot demi satu lot.

Probability of Acceptance (Pa)

Nilai P_a merupakan peluang untuk menerima suatu lot dengan nilai kualitas tertentu dalam sebuah rencana sampling. Probabilitas penerimaan dalam suatu rencana sampling penerimaan umumnya dibedakan berdasarkan dua ukuran nilai kualitas, yakni *level of defectives* atau *level of defects*.

Penelitian ini menggunakan rumus untuk menghitung probabilitas penerimaan dengan ukuran *level of defects* yang mengikuti karakteristik distribusi poisson dengan harapan jumlah *defects* (d) tidak melebihi bilangan penerimaan tertentu (x) dapat dilihat pada rumus 1. (Fitriyan et al. [2])

$$P_a = P(d \leq x) = \sum_{d=0}^x \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

λ : rata-rata terjadinya peristiwa (dalam hal ini nilai kualitas awal sebuah lot)

x : jumlah percobaan (dalam hal ini ukuran sampel)

e : bilangan alam (bilangan natural/euler) = 2,71828

d : bilangan penerimaan

Average Outgoing Quality (AOQ)

AOQ adalah rata-rata nilai kualitas dari lot setelah dilakukan proses inspeksi (Jabir [3]). Nilai AOQ merupakan sebuah nilai yang dapat digunakan untuk mengevaluasi performa dari *rectifying inspection*. *Rectifying inspection* merupakan suatu aplikasi dari sistem sampling penerimaan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas lot. Nilai AOQ dibentuk berdasarkan asumsi bahwa setiap produk yang tidak baik pada suatu lot yang ditolak telah diperbaiki dan diganti seutuhnya. Pertimbangan tersebut membuat nilai AOQ adalah nilai yang mempertimbangkan kualitas daripada lot yang telah diterima pada rancangan sampling awal yang dilakukan. Perhitungan nilai AOQ pada lot-lot yang diterima dengan peluang ketidaksesuaian tertentu dapat dihitung dengan rumus (2).

$$AOQ = \frac{(P_a) \cdot (p) \cdot (N-n)}{N} \quad (2)$$

Average Total Inspection (ATI)

ATI adalah banyaknya rata-rata total unit yang diinspeksi pada suatu rencana sampling. ATI merupakan sebuah parameter lain untuk mengukur performa rencana sampling dengan adanya aplikasi *rectifying inspection* pada prosedur sampling penerimaan yang dilakukan. Jumlah produk yang diinspeksi pada lot yang diterima akan sama dengan besarnya ukuran sampel (n) dan inspeksi 100% pada lot yang ditolak untuk melihat produk mana yang benar-benar tidak sesuai untuk diganti atau diperbaiki. Rata-rata total produk yang diinspeksi pada lot dengan nilai kualitas $0 < p < 1$ akan berkisar di antara ukuran sampel (n) dan ukuran lot (N). Banyaknya ATI juga bergantung pada probabilitas penolakan lot ($1 - P_a$) dengan nilai kualitas awal tertentu. ATI dianggap sebagai *tradeoff* terhadap AOQ kedua variabel memiliki hubungan yang terbalik. Perhitungan nilai ATI

dapat dirumuskan pada persamaan pada rumus (3) sebagai berikut.

$$ATI = n + (1 - Pa) \cdot (N - n) \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Data Awal

Data awal yang diperoleh dari perusahaan merupakan data jumlah ketidaksesuaian (*defects*) untuk masing-masing prosesnya. Data yang diperoleh merupakan data dari selama bulan Juni-Desember 2019. Proses yang ditinjau adalah proses *under/top*, *sticker* dan *clear* terkait kebutuhan nilai kualitas yang disertakan pada perhitungan sistem sampling penerimaan. Nilai kualitas yang digunakan adalah *level of defects* dengan satuan *defect/unit* untuk masing-masing prosesnya. Nilai *defect/unit* (*u*) untuk proses *Under/Top* adalah 0,0538 *defect/unit*, proses *Sticker* dengan 0,0817 *defect/unit*, dan proses *Clear* dengan 0,0820 *defect/unit*.

Analisis Sistem Sampling Penerimaan Saat Ini

Metode sampling penerimaan saat ini dilakukan dengan mengambil sejumlah satu sampel (*n*) dan bilangan penerimaan (*c*) adalah nol. Analisis sistem sampling penerimaan dilakukan dengan melihat tiga parameter nilai yang dipertimbangkan dari sebuah sistem sampling penerimaan. Tiga parameter nilai yang ditinjau antara lain nilai *Pa*, *AOQ* dan juga *ATI*.

Nilai *Pa* Sistem Sampling Penerimaan Saat Ini

Nilai *Pa* merupakan peluang penerimaan dari sekumpulan lot yang diinspeksi. Nilai *Pa* melibatkan ukuran sampel (*n*) dan bilangan penerimaan (*c*) yang digunakan dalam sistem sampling penerimaan. Nilai *Pa* dihitung dengan menggunakan rumus (1). Lot yang diterima dilanjutkan dari satu proses ke proses berikutnya hingga sampai pada *final inspection*. Nilai *Pa* yang semakin tinggi menunjukkan semakin besarnya peluang sebuah lot dengan nilai kualitas awal (*u*) yang akan diterima pada *final inspection*. Tujuan daripada proyek ini adalah untuk mengurangi jumlah unit tidak sesuai ataupun ketidaksesuaian pada *final inspection*. Hal ini diharapkan juga akan mengurangi resiko kelolosan unit tidak sesuai dari *final inspection*. Nilai *Pa* yang dihasilkan oleh sistem sampling penerimaan saat ini untuk ketiga proses yang ada dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Pa* sistem sampling penerimaan saat ini

Proses	<i>Pa</i>
<i>Under/Top</i>	0,948
<i>Sticker</i>	0,922
<i>Clear</i>	0,921

Nilai *Pa* yang dihasilkan oleh sistem sampling saat ini relatif besar. Hal ini menunjukkan besarnya peluang lot-lot output dengan nilai kualitas awal (*u*) pada *final inspection* untuk masing-masing prosesnya. Nilai *Pa* ini tentunya akan mempengaruhi nilai dari parameter selanjutnya, yakni nilai *AOQ*.

Nilai *AOQ* Sistem Sampling Penerimaan Saat Ini

Nilai *AOQ* merupakan rata-rata kualitas keluaran dari suatu sistem sampling penerimaan. Sistem sampling penerimaan yang dilakukan saat ini telah menerapkan aplikasi dari *rectifying inspection* yang mana bertujuan untuk memperbaiki nilai kualitas dari sekumpulan lot. Lot yang diperbaiki ini berasal dari lot yang tertolak sehingga unit tidak sesuai akan diperbaiki sebelum dilanjutkan. Nilai *AOQ* dalam kondisi ini juga akan sama dengan nilai kualitas baru dari suatu sistem sampling penerimaan.

Nilai *AOQ* yang diperhitungkan berdasarkan rumus (2) melibatkan nilai *Pa*, besarnya ukuran lot (*N*), dan juga ukuran sampel (*n*). Ukuran lot yang digunakan dalam penelitian ini dibedakan menjadi lima kelas, yakni 16-25, 26-50, 51-90, 91-150, 151-280 (satuan unit/lot). Kelas ini didapat berdasarkan Tabel Sample Size dari MIL STD 105E pada Tabel 2. Pemilihan kelas terkecil (16-25 unit/lot) adalah berdasarkan kapasitas umum *trolley* sebagai alat penampung dan transportasi unit output yang digunakan pada Divisi Painting & Sticker PT X..

Tabel 2. *Sample Size Code* MIL STD 105E (Montgomery [1])

Lot or Batch Size	Special Inspection Levels				General Inspection Levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 to 8	A	A	A	A	A	A	B
9 to 15	A	A	A	A	A	B	C
16 to 25	A	A	B	B	B	C	D
26 to 50	A	B	B	C	C	D	E
51 to 90	B	B	C	C	C	E	F
91 to 150	B	B	C	D	D	F	G
151 to 280	B	C	D	E	E	G	H
281 to 500	B	C	D	E	F	H	J
501 to 1,200	C	C	E	F	G	J	K
1,201 to 3,200	C	D	E	G	H	K	L
3,201 to 10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001 to 35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001 to 150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001 to 500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001 and over	D	E	H	K	N	Q	R

Rumus *AOQ* oleh rumus (2) akan memperhitungkan banyaknya nilai *AOQ* berdasarkan banyaknya ukuran lot.

Hal ini berbeda dengan perhitungan pada nilai Pa sebelumnya yang hanya meninjau besarnya ukuran sampel (n) dan bilangan penerimaan (c). Nilai AOQ untuk sistem sampling saat ini dibedakan berdasarkan lima kelas ukuran lot untuk masing-masing prosesnya. Tabel nilai AOQ untuk masing-masing prosesnya dapat dilihat pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 3. Nilai AOQ proses *under/top* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	AOQ (<i>defect/unit</i>)
Under/Top	80-125	16-25	0,04837
	126-250	26-50	0,04949
	251-450	51-90	0,05020
	451-750	91-150	0,05053
	751-1400	151-280	0,05072

Nilai AOQ yang ditunjukkan pada Tabel 3 berjumlah lima buah untuk setiap kelas ukuran lot maupun ukuran SPK (5x ukuran lot). Kelima nilai AOQ ini didapat dari nilai median untuk masing-masing nilai AOQ dari ukuran lot minimal dan maksimal pada setiap kelasnya. *Range* untuk nilai AOQ *under/top* berada pada 0,03837 *defect/unit* hingga 0,05072 *defect/unit*. Nilai ini meningkat secara linier karena tidak ada perbedaan Pa karena n dan c sama untuk setiap ukuran lotnya. Peningkatan terjadi karena ukuran lot yang terus bertambah. Selisih antara nilai kualitas awal (u) dan nilai AOQ yang ada menjadi ekspektasi perbaikan kualitas yang dilakukan dengan suatu sistem sampling penerimaan. Ekspektasi perbaikan ini merupakan perbaikan yang dilakukan pada proses masing-masing sebelum unit *output* sampai ke *final inspection*. Ekspektasi perbaikan kualitas yang dapat diharapkan dari sistem sampling penerimaan saat ini untuk proses *under/top* berkisar antara 0,0031 *defect/unit* hingga 0,0054 *defect/unit*,

Tabel 5. Nilai AOQ proses *clear* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	AOQ (<i>defect/unit</i>)
Sticker	80-125	16-25	0,07143
	126-250	26-50	0,07309
	251-450	51-90	0,07413
	451-750	91-150	0,07463
	751-1400	151-280	0,07491

Range nilai AOQ untuk proses *sticker* adalah 0,07143 *defect/unit* – 0,07491 *defect/unit*. Nilai AOQ pada proses *sticker* terhitung lebih tinggi dibanding pada proses *under/top* karena nilai kualitas awal (u) yang lebih tinggi juga ditambah nilai Pa yang tidak berbeda jauh untuk ketiga proses. Ekspektasi jumlah perbaikan untuk proses *sticker* akan berkisar pada selisih nilai kualitas awal (0,0817

defect/unit) dan nilai AOQ yang dalam hal ini berdasarkan ukuran lot. Ekspektasi perbaikan kualitas yang dilakukan dengan sistem sampling penerimaan saat ini berkisar sekitar 0,0068 *defect/unit* – 0,0103 *defect/unit*.

Tabel 5. Nilai AOQ proses *clear* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	AOQ (<i>defect/unit</i>)
Clear	80-125	16-25	0,07167
	126-250	26-50	0,07334
	251-450	51-90	0,07438
	451-750	91-150	0,07488
	751-1400	151-280	0,07516

Nilai AOQ yang dihasilkan dari sistem sampling penerimaan saat ini untuk proses *clear* adalah yang tertinggi dibanding kedua proses lainnya. *Range* nilai AOQ untuk proses *clear* berkisar 0,07167 *defect/unit* – 0,07516 *defect/unit*. Ekspektasi perbaikan kualitas yang dapat dilakukan dengan sistem sampling saat ini untuk proses *clear* berkisar pada 0,0068 *defect/unit* – 0,0103 *defect/unit*. Proses *clear* yang juga merupakan proses terakhir dalam alur proses produksi pada Divisi *Painting & Sticker* ini masih memiliki keuntungan apabila harus adanya ketidaksesuaian yang perlu diperbaiki setelah dari *final inspection*. Keuntungan yang dimaksud adalah lebih kecilnya biaya *backtracking* karena perbaikan pada proses *clear* akan melibatkan proses ini saja. Berbeda dengan proses-proses yang berada di belakang proses *clear* yang mana perbaikan terkait proses tersebut akan membutuhkan pengerjaan ulang kembali untuk proses-proses setelahnya. Situasi ini menjadi salah satu alasan bagi perusahaan untuk menekan fokus perbaikan proses lebih kepada proses-proses yang berada atau dilalui lebih awal (saat ini proses *sticker*).

Perhatian terhadap nilai AOQ ini dipertimbangkan karena salah satu faktor kelolosan unit tidak sesuai adalah kelolosan identifikasi unit tidak sesuai maupun ketidaksesuaian pada *final inspection*. Semakin besar nilai AOQ menunjukkan semakin besar ekspektasi jumlah ketidaksesuaian yang dapat ditemukan pada unit *output* saat *final inspection*. Kondisi ini menjadi perhatian karena operator *final inspection* memeriksa unit secara keseluruhan dengan acuan karakteristik kualitas dari masing-masing keempat proses yang ada (*primer, under/top, sticker, clear*). Metode inspeksi pada *final inspection* dilakukan dengan unit *ouput* yang berjalan di atas *crane* mengharuskan operator *final inspection* untuk melakukan inspeksi lebih cepat dibanding apabila unit dalam posisi tidak bergerak.

Kelolosan dari kondisi ini dapat terjadi apabila operator *final inspection* belum secara sempurna dan sepenuhnya melihat hasil *output* yang ada.

Tinjauan dari segi biaya terhadap nilai AOQ dilihat dengan skenario terburuk apabila nilai AOQ adalah nilai kualitas terakhir setelah sekumpulan lot dipindahkan keluar dari lantai produksi Divisi *Painting & Sticker*. Hasil ekspektasi jumlah ketidaksesuaian dari perkalian kedua variabel tersebut (AOQ dan ukuran lot) akan menjadi koefisien dari besaran biaya kegagalan eksternal yang dapat muncul (biaya perbaikan + *backtracking*) untuk masing-masing prosesnya. Biaya kegagalan eksternal ini juga dapat menimbulkan biaya yang tidak terlihat seperti biaya nama baik atau reputasi yang dihasilkan oleh banyaknya komplain apabila ketidaksesuaian baru ditemukan oleh konsumen akhir. Skenario dari kondisi terburuk ini umumnya akan membuahkan besaran biaya yang lebih besar karena mencakup biaya yang terlihat maupun yang tidak terlihat.

Nilai ATI Sistem Sampling Penerimaan Saat Ini

Nilai atau jumlah ATI diperhitungkan dengan persamaan pada rumus (3). Berbeda dengan perhitungan untuk nilai AOQ, nilai ATI memperhitungkan besarnya peluang penolakan ($1 - P_a$) yang dihasilkan oleh suatu sistem sampling penerimaan. Besarnya ATI menunjukkan rata-rata unit yang diinspeksi dalam suatu proses sampling penerimaan yang mana berasal dari setiap lot yang tertolak. Nilai ATI juga memperhitungkan besarnya ukuran lot dan ukuran sampel yang diambil. Hasil dari nilai ATI yang dihasilkan oleh sistem sampling saat ini untuk masing-masing proses berdasarkan ukuran lot dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

Tabel 6. Nilai ATI proses *under/top* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	ATI/SPK (unit)
Under/Top	80-125	16-25	10
	126-250	26-50	15
	251-450	51-90	23
	451-750	91-150	36
	751-1400	151-280	61

Perhitungan ATI langsung ditujukan untuk ukuran SPK yang berasal dari lima kali ukuran lot sesuai dengan metode yang digunakan saat ini. Jumlah ATI yang dihasilkan oleh sistem sampling penerimaan saat ini berkisar dari 10 unit untuk kelas SPK terkecil dan 61 unit.SPK untuk kelas SPK terbesar. Besarnya nilai ATI/SPK ini juga

dihitung dari nilai median untuk ATI pada ukuran SPK minimal dan SPK maksimal setiap kelasnya.

Tabel 7. Nilai ATI proses *sticker* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	ATI/SPK (unit)
Sticker	80-125	16-25	13
	126-250	26-50	20
	251-450	51-90	32
	451-750	91-150	52
	751-1400	151-280	89

Jumlah ATI yang dihasilkan oleh sistem sampling saat ini untuk proses *sticker* terhitung lebih banyak dibanding jumlah ATI pada proses *under/top*, yaitu 13-89 unit. Hal ini berhubungan dengan lebih kecilnya nilai P_a untuk proses dengan nilai kualitas awal (u) yang lebih besar.

Tabel 8. Nilai ATI proses *clear* dari sistem sampling saat ini

Proses	Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	ATI/SPK (unit)
Clear	80-125	16-25	13
	126-250	26-50	20
	251-450	51-90	32
	451-750	91-150	52
	751-1400	151-280	90

Jumlah nilai ATI untuk proses terakhir, yakni proses *clear* berkisar 13-90 unit yang relatif sama dengan ATI untuk proses *sticker*. Hal ini karena kedua proses tersebut memiliki nilai kualitas awal (u) yang juga tidak berbeda jauh. Parameter nilai ATI dianggap sebagai *trade off* terhadap nilai AOQ sebelumnya. Nilai P_a yang lebih rendah akan menurunkan nilai AOQ dan meningkatkan jumlah ATI. Jumlah ATI yang lebih rendah berarti adanya waktu inspeksi yang lebih lama yang dibutuhkan untuk proses inspeksinya. Pertimbangan penyesuaian terhadap hal ini juga dapat ditinjau dari segi ketersediaan operator QC yang ada.

Hasil dari nilai P_a , AOQ dan ATI dari sistem sampling saat ini masih menyebabkan ketidaksesuaian unit yang ditemukan di luar Divisi *Painting & Sticker*. Hal ini memunculkan perhatian untuk melakukan perbaikan untuk sistem sampling penerimaannya di luar perbaikan pada proses produksi yang idealnya juga perlu diperhatikan.

Usulan Sistem Sampling Penerimaan

Analisis usulan sistem sampling penerimaan tetap dilakukan dengan membandingkan ketiga parameter nilai yang ada (P_a , AOQ, ATI). Usulan yang diberikan berpedoman pada standar MIL STD 105E untuk penyesuaian nilai n dan c terhadap

ukuran lot yang ada. Terdapat dua usulan yang dapat diberikan. Usulan pertama (Usulan 1) merupakan penyesuaian nilai n dan c terhadap ukuran lot yang sudah ditetapkan sebelumnya yang mana dihitung dari metode perusahaan saat ini. Usulan kedua (Usulan 2) adalah dengan menetapkan ukuran lot menjadi 20 unit/lot (sesuai dengan kapasitas rata-rata *trolley*) dan menyesuaikan nilai n dan c berdasarkan ukuran lot yang ada. Hal ini akan membuat besarnya n dan c untuk Usulan 2 tidak berbeda berdasarkan kelas SPK yang ada. Detail terkait ukuran lot (N), dan juga besarnya n dan c untuk masing-masing usulan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Besar N , n , dan c usulan 1

Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	Ukuran Sampel (unit)	Bilangan Penerimaan (unit)
80-125	16-25	5	0
126-250	26-50	8	0
251-450	51-90	13	1
451-750	91-150	20	1
751-1400	151-280	32	2

Usulan 1 dilakukan dengan menyesuaikan nilai n dan c berdasarkan ukuran lot yang ada. Besarnya nilai n dan c ini diambil dari Tabel n dan c dari MIL STD 105E untuk *normal inspection* dengan AQL 2,5% (Montgomery [1]) sesuai dengan yang digunakan perusahaan. Aktivitas tambahan yang perlu dilakukan dalam prosedur usulan 1 ini adalah penyesuaian nilai n dan c terhadap ukuran lot ataupun ukuran SPK yang ada.

Tabel 10. Besar N , n , dan c Usulan 2

Ukuran SPK (unit)	Ukuran Lot (unit)	Ukuran Sampel (unit)	Bilangan Penerimaan (unit)
80-125	16-25		
126-250	26-50		
251-450	51-90	5	0
451-750	91-150		
751-1400	151-280		

Usulan 2 yang menetapkan ukuran lot, nilai n dan c tentunya akan memiliki keuntungan seperti prosedur sampling yang lebih ringkas dan sederhana karena tidak perlu menyesuaikan n dan c terhadap ukuran lot. Kelemahan daripada usulan 2 ini adalah frekuensi sampling yang akan lebih banyak apabila semakin banyak unit dalam suatu SPK yang juga akan membuat kegiatan inspeksi lebih padat.

Nilai P_a Usulan Sistem Sampling

Nilai P_a untuk kedua usulan sistem sampling penerimaan juga dihitung menggunakan rumus (1).

Berbeda dengan nilai P_a dari sistem sampling penerimaan saat ini, nilai P_a untuk usulan 1 akan berbeda terhadap ukuran lotnya karena nilai n dan c yang dibedakan berdasarkan ukuran lot yang ada. Hal ini berlaku untuk ketiga proses yang ditinjau. Usulan 2 akan memiliki masing-masing 1 nilai P_a untuk setiap prosesnya karena tidak adanya perbedaan nilai n dan c dengan ukuran lot yang ditetapkan. Nilai P_a untuk Usulan 1 dan Usulan 2 untuk masing-masing prosesnya dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 secara berturut-turut.

Tabel 11. Nilai P_a usulan 1

Ukuran Lot (unit)	n, c	P_a		
		<i>Under/Top</i>	<i>Sticker</i>	<i>Clear</i>
16-25	5,0	0,764	0,665	0,664
26-50	8,0	0,650	0,520	0,519
51-90	13,1	0,844	0,713	0,711
91-150	20,1	0,708	0,514	0,512
151-280	32,2	0,752	0,515	0,512

Tabel 11 menunjukkan nilai P_a untuk ukuran lot yang ditinjau pada masing-masing prosesnya. Nilai P_a untuk masing-masing prosesnya terhadap ukuran lot yang ada dihitung lebih rendah dibanding nilai P_a oleh sistem sampling penerimaan saat ini. Hasil ini membuktikan sistem sampling penerimaan oleh usulan 1 akan memberikan peluang yang lebih kecil dari sebuah lot dengan nilai kualitas awal diteima pada *final inspection*.

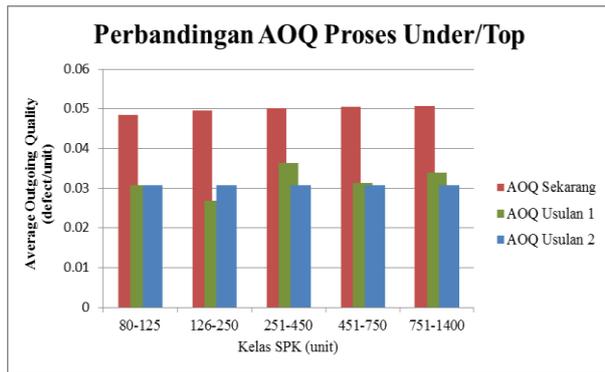
Tabel 12. Nilai P_a usulan 2

Ukuran Lot (unit)	n, c	P_a		
		<i>Under/Top</i>	<i>Sticker</i>	<i>Clear</i>
16-25				
26-50				
51-90	5,0	0,764	0,665	0,664
91-150				
151-280				

Tabel 12 memperlihatkan satu nilai P_a untuk setiap prosesnya karena usulan 2 tidak membedakan besarnya n dan c yang ditentukan untuk setiap ukuran lot yang ditinjau. Besarnya nilai P_a oleh usulan 2 akan sama dengan nilai P_a oleh usulan 1 pada ukuran lot terkecil, yaitu dengan menggunakan ukuran sampel (n) sebanyak lima dengan bilangan penerimaan (c) nol. Adanya beberapa nilai P_a yang lebih kecil untuk ukuran lot tertentu menunjukkan lebih ketatnya proses inspeksi yang akan dihasilkan oleh usulan sistem sampling penerimaan tertentu. Proses inspeksi yang lebih ketat ini diharapkan dapat mengurangi peluang *defects/defectives* yang "lolos" dari *final inspection* karena beban inspeksi yang dibagi dengan sampling penerimaan sebelumnya. Nilai P_a ini juga akan mempengaruhi nilai AOQ dan ATI sebagai parameter lainnya dalam analisis sistem sampling penerimaan.

Perbandingan AOQ Sistem Sampling Penerimaan

Nilai AOQ untuk usulan sistem sampling penerimaan juga dihitung menggunakan rumus (2). Nilai AOQ pada tahap ini langsung dibandingkan berdasarkan lima kelas pada ukuran lot yang ditinjau untuk masing-masing sistem sampling penerimaan yang dibahas. Perbandingan ditampilkan dalam bentuk grafik batang yang dapat dilihat pada Gambar 1-3.



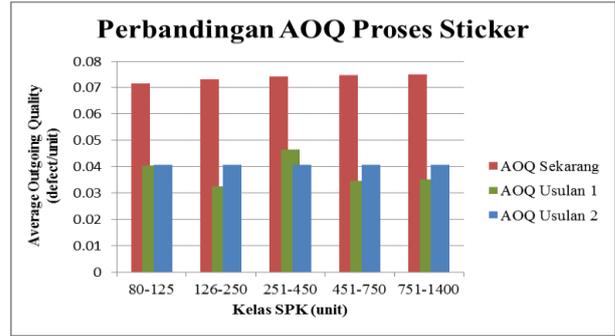
Gambar 1. Perbandingan AOQ untuk proses *under/top*

Gambar 1 menunjukkan nilai AOQ yang dihasilkan dari masing-masing sistem sampling penerimaan (sekarang, usulan 1, usulan 2). Nilai AOQ yang dihasilkan oleh usulan sistem sampling penerimaan terlihat lebih rendah yang menandakan lebih baiknya rata-rata kualitas keluaran dari prosedur usulan sistem sampling penerimaan. Sistem sampling penerimaan yang dipilih adalah yang menghasilkan nilai AOQ terendah untuk lima kelas ukuran SPK diatas. Sistem sampling penerimaan dengan nilai AOQ terbaik untuk setiap ukuran SPK yang ditinjau pada proses *under/top* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Sistem sampling penerimaan terbaik untuk proses *under/top*

Ukuran SPK (unit)	Sistem Sampling Penerimaan	AOQ (defect/unit)
80-125	Usulan 1	0,03057
126-250	Usulan 1	0,02680
251-450	Usulan 2	0,03083
451-750	Usulan 2	0,03083
751-1400	Usulan 2	0,03083

Usulan 1 nyatanya paling baik digunakan pada saat ukuran SPK sebesar 80-250 unit dengan nilai AOQ terendah yang dihasilkan dari ketiga sistem sampling penerimaan yang dibandingkan. Usulan 2 dapat digunakan untuk ukuran SPK 251-1400 unit dengan nilai AOQ yang terbaik (terendah) juga. Range nilai AOQ dengan sistem sampling penerimaan terbaik berkisar 0,02680 defect/unit – 0,03083 defect/unit.



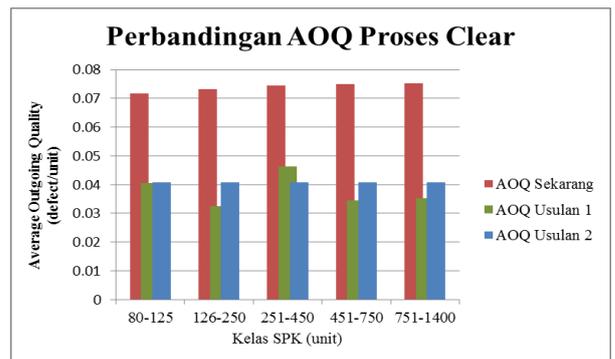
Gambar 2. Perbandingan AOQ untuk proses *sticker*

Proses berikutnya adalah proses *sticker*. Dengan metode yang sama untuk menentukan sistem sampling terbaik seperti yang dilakukan untuk proses sebelumnya, hasil keputusan terbaik untuk proses *sticker* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Sistem sampling penerimaan terbaik untuk proses *sticker*

Ukuran SPK (unit)	Sistem Sampling Penerimaan	AOQ (defect/unit)
80-125	Usulan 1	0,04039
126-250	Usulan 1	0,03256
251-450	Usulan 2	0,04073
451-750	Usulan 1	0,03459
751-1400	Usulan 1	0,03520

Proses *sticker* memiliki kombinasi yang berbeda dengan proses *under/top*. Usulan 1 paling baik digunakan untuk kelas SPK 80-250 unit dan 451-1400 unit. Usulan 2 paling baik digunakan untuk kelas SPK dengan 251-450 unit. Perbedaan kombinasi ini terlihat untuk kelas SPK dengan 451-1400 unit yang mana usulan terbaik berubah menjadi usulan 1. Usulan 1 untuk kedua kelas SPK terbesar diantara lima kelas SPK yang ada nyatanya memberikan nilai AOQ yang lebih rendah untuk proses *sticker*. Hal ini masih berhubungan dengan nilai Pa dari usulan 1 dan 2 dengan margin ataupun selisih yang lebih jauh untuk proses *sticker* meskipun pada proses *under/top* nilai Pa dari usulan 1 juga masih lebih rendah. Hal yang mempengaruhi hasil ini juga adalah nilai kualitas awal (u) yang lebih tinggi pada proses *sticker*.



Gambar 3. Perbandingan AOQ untuk proses *clear*

Proses *clear* juga memiliki hasil yang kombinasi sistem sampling penerimaan terbaik yang sama dengan proses *sticker*. Hasil ini dikarenakan nilai kualitas awal (u) yang membuat nilai P_a dan AOQ yang tidak berbeda jauh juga. Detail nilai AOQ untuk masing-masing ukuran SPK pada proses *clear* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Sistem sampling penerimaan terbaik untuk proses *clear*

Ukuran SPK (unit)	Sistem Sampling Penerimaan	AOQ (defect/unit)
80-125	Usulan 1	0,04047
126-250	Usulan 1	0,03259
251-450	Usulan 2	0,04081
451-750	Usulan 1	0,03457
751-1400	Usulan 1	0,03516

Proses *clear* memiliki range AOQ dari 0,03259-0,04081 defect/unit. Range ini tidak berbeda jauh dengan range AOQ pada proses *sticker*. Potensi perbaikan ketidaksesuaian yang dapat dilakukan dengan setiap kombinasi pada masing-masing prosesnya adalah yang paling besar karena selisih antara nilai kualitas awal (u) dan AOQ yang lebih besar dibanding yang dihasilkan sistem sampling saat ini.

Perbandingan ATI Sistem Sampling Penerimaan

Pertimbangan ini dilanjutkan dengan melihat jumlah ATI yang dihitung dengan rumus (3) untuk setiap kombinasi yang ada pada masing-masing prosesnya. Semakin banyak ATI menunjukkan semakin banyak unit yang harus diinspeksi yang juga akan memerlukan waktu lebih. Waktu inspeksi dibedakan berdasarkan jenis prosesnya, yakni 5 menit/unit untuk proses *coating* (*primer, under/top, clear*) dan 2,5 menit/unit untuk proses *sticker*. Hal ini menjadi pertimbangan dari perusahaan dari segi ketersediaan operator dan terhadap lama waktu inspeksi yang dibutuhkan. Penyesuaian terhadap waktu ini dilakukan demi tetap menjaga keseimbangan lini produksi pada Divisi *Painting & Sticker*. Nilai ATI dari kombinasi terbaik berdasarkan nilai AOQ untuk setiap ukuran lot dan masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Perbandingan ATI usulan terbaik pada setiap proses

Ukuran SPK (unit)	ATI (unit/SPK)		
	<i>Under/Top</i>	<i>Sticker</i>	<i>Clear</i>
80-125	43	51	51
126-250	93	112	112
251-450	149	175	175
451-750	255	344	345
751-1400	457	605	607

Besar ATI/SPK untuk setiap proses yang disertakan pada Tabel 16 adalah rata-rata unit yang perlu diinspeksi untuk setiap ukuran SPK yang ada. Nilai ATI yang tertera adalah median dari nilai ATI untuk ukuran SPK terendah dan tertinggi pada setiap kelasnya. Nilai ini adalah yang kemudian dapat dipertimbangkan perusahaan terkait ketersediaan waktu dan operatornya. Besarnya ATI juga merupakan koefisien untuk biaya inspeksi yang akan dikeluarkan perusahaan. Biaya ini dibandingkan dengan besarnya biaya kegagalan eksternal dari parameter nilai AOQ yang dihitung. ATI yang merupakan *tradeoff* untuk AOQ berarti semakin rendahnya nilai AOQ yang diupayakan dari suatu sistem sampling penerimaan akan menimbulkan konsekuensi untuk jumlah inspeksi yang lebih besar.

Simpulan

Sistem sampling penerimaan yang dilakukan oleh Divisi *Painting & Sticker* PT. X saat ini memberikan gabungan nilai AOQ untuk setiap prosesnya sebesar 0,1973 defect/unit. Usulan (atau kombinasi usulan) dari sistem sampling penerimaan akan memberikan nilai AOQ akhir 0,1033 defect/unit untuk ketiga proses yang ditinjau. Hal ini berarti adanya penurunan sebesar kurang lebih 47,6% untuk nilai kualitas keluaran yang dihasilkan oleh usulan sistem sampling penerimaan yang diberikan. Nilai kualitas keluaran ini masih dapat diturunkan karena masih sampai pada Departemen *Final Inspection*. Nilai AOQ yang lebih kecil akan membuat biaya kegagalan eksternal dan komplain konsumen yang lebih sedikit juga. Parameter AOQ ditinjau terlebih dahulu karena biaya kegagalan eksternal (ketidaksesuaian yang ditemukan di luar Divisi *Painting & Sticker*) umumnya lebih besar dibanding biaya inspeksi. Hal ini juga karena biaya kegagalan eksternal yang dapat diplotkan oleh parameter AOQ juga mencakup nama baik atau reputasi perusahaan.

Daftar Pustaka

1. Montgomery, D. C., *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed., John Wiley and Sons, Inc, Hoboken, NJ, 2013.
2. Fitriyan, M. H. & Salim, A., Pengendalian Kualitas dengan Metode Acceptance Sampling (Studi Kasus: AMDK ADENI Pamekasan), *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, 6(2), 2011, pp. 159-165.
3. Jabir, B., Evaluation of Average Outgoing Quality (AOQ) for Reliability Acceptance Sampling Plan Following Logistic Distribution. *International Journal of Statistics and Applied Mathematics*, 3(6), 2018, pp. 91-97.