



ANALISIS SENSITIVITAS MODEL INSPEKSI 100% DENGAN KLASIFIKASI TERHADAP *CONFORMING* *ITEM* (Studi Kasus PT ABN Padalarang)

Ety Septiati

Dosen PNSD Universitas PGRI Palembang
email: etyseptiati@univpgri-palembang.ac.id

ABSTRAK

Analisis terhadap model dilakukan guna mengetahui perilaku, kelebihan dan kekurangan model. Pada penelitian ini dilakukan analisis sensitivitas terhadap model ekonomi untuk prosedur inspeksi 100%. Prosedur inspeksi dilakukan dalam dua tahap dengan dua variabel karakteristik yang saling independen. Hasil dari inspeksi adalah sebuah keputusan untuk mengelompokkan produk yang diinspeksi tidak hanya sebagai produk yang *conform* dan *nonconform*, tapi juga mempertimbangkan adanya klasifikasi terhadap produk yang *conform*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan ongkos inspeksi di tahap 1 sebesar 10%, 20% dan 30% tidak akan mempengaruhi nilai spesifikasi bawah produk kualitas 2A (L2) dan spesifikasi bawah untuk produk kualitas 2B tidak sensitif terhadap perubahan nilai parameter input sebesar 10%, 20% dan 30%.

Kata Kunci: model inspeksi 100%, klasifikasi conforming item, analisis sensitivitas

PENDAHULUAN

Masalah kualitas produk semakin memegang peranan penting dalam industri manufaktur. Salah satu dimensi dari kualitas menurut Garvin (1996) adalah kesesuaian (*conformance*), maksudnya sesuai dengan spesifikasi atau standar yang telah ditetapkan. Spesifikasi ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumen dan merupakan batas penerimaan dari kualitas karakteristik produk. Untuk membandingkan antara kondisi produk atau proses yang terjadi dengan spesifikasi atau standar yang telah ditetapkan maka dilakukan inspeksi. Output dari inspeksi adalah suatu keputusan untuk mengelompokkan produk yang diinspeksi sebagai produk yang *conform* atau *nonconform*, atau ada juga yang menggunakan istilah 'baik' dan 'cacat', 'terima' dan 'tolak' serta 'in control' dan 'out of control'. Produk yang *conform* atau disebut *conforming item* adalah produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, sedangkan produk yang *nonconform* atau disebut *nonconforming item* adalah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Inspeksi 100% atau pada beberapa jurnal menyebutnya sebagai *screening* adalah salah satu metoda untuk mendeteksi produk yang tidak memenuhi spesifikasi (*nonconforming items*) dari populasi dengan cara memeriksa seluruh produk yang berada dalam populasi. Semakin banyak produk yang diinspeksi semakin besar jaminan bahwa produk yang *nonconform* tidak akan sampai ke tangan konsumen. Pesatnya kemajuan perlengkapan inspeksi otomatis dan pengendalian komputer di manufaktur semakin membuat inspeksi 100% sangat mungkin dilakukan serta menjadi bagian dalam proses manufaktur modern (Tang dan Tang, 1994).

Pada kenyataannya, tidak semua produk yang dikirim tersebut sesuai dengan target yang diinginkan konsumen karena adanya variabilitas proses. Setiap penyimpangan yang terjadi terhadap target tersebut akan menyebabkan ketidakpuasan konsumen sehingga menimbulkan kerugian (*loss*). Karena itu saat ini banyak digunakan pengklasifikasian terhadap produk, yaitu pengelompokan produk menjadi beberapa tingkatan kualitas berdasarkan jarak kedekatannya terhadap target (Bockerstette et.al,1993).

Beberapa penelitian dilakukan berkaitan dengan prosedur inspeksi 100%. Govindaluri dan Cho (2002) mengembangkan model ekonomi untuk mendesain spesifikasi optimal dari prosedur inspeksi 100%. Selanjutnya Cho dan Govindaluri (2002) juga mengembangkan model ekonomi untuk mendesain spesifikasi optimal dari prosedur inspeksi 100%, khusus untuk komponen rakitan. Model ekonomi untuk prosedur inspeksi 100% yang berurutan, satu sisi serta berdasarkan Kesalahan Klasifikasi Individu (IME) dikembangkan oleh Tsai & Wu (2002). Penelitian Wu & Lin (2010) memodifikasi prosedur yang dilakukan oleh Tsai & Wu (2002) dan hasilnya menunjukkan bahwa perbandingan numerik dari prosedur yang dimodifikasi dengan prosedur lama menunjukkan bahwa total biaya inspeksi prosedur yang dimodifikasi sangat dekat dengan yang lama. Model ekonomi prosedur inspeksi 100% yang berurutan, dua sisi serta berdasarkan kesalahan klasifikasi individu (IME) dengan biaya total yang diharapkan (ETC) dari tiga jenis fungsi biaya kualitas dikembangkan oleh Wu & Lin (2014). Selanjutnya, Wu & Lin (2015) mengembangkan model yang sama untuk kasus satu sisi. Penggunaan kerangka ekonomi dalam hal ini analisis efektivitas biaya untuk membandingkan efisiensi metode identifikasi telah dilakukan oleh Shelmit (2016).

Analisis terhadap model dilakukan guna mengetahui perilaku, kelebihan dan kekurangan model. Analisis dilakukan melalui interpretasi output model dan juga interpretasi secara grafis. Perilaku model dianalisis sensitivitasnya dengan cara melihat pengaruh perubahan parameter terhadap output model, yaitu ekspektasi total ongkos dan limit spesifikasi. Berdasarkan uraian di atas ditemukan adanya kebutuhan untuk melakukan analisis sensitivitas model ekonomi prosedur inspeksi 100% yang melibatkan klasifikasi *conforming item*.

TINJAUAN PUSTAKA

Inspeksi 100%

Inspeksi merupakan suatu pekerjaan untuk membandingkan antara kondisi produk atau proses yang terjadi dengan spesifikasi atau standar yang telah ditetapkan. Produk bisa berarti item, sekumpulan item (lot), komponen-komponen produk, sub-sub assembli, sistem yang kompleks atau bahkan jasa, seperti transaksi bank. Inspeksi ini dilakukan sebelum, sesudah dan setelah proses manufaktur. Sebagai bagian dari pengendalian kualitas maka ada tiga fungsi khusus dari inspeksi, yaitu:

1. Mencegah kecacatan bahan atau produk dari proses berikutnya atau dari penjualan ke konsumen. Bisa dikatakan langkah ini melindungi konsumen.
2. Mengumpulkan data dari karakteristik tertentu dari suatu produk untuk dipakai pada keputusan secara menyeluruh tentang kualitas. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi ketidaksempurnaan untuk dapat dipertimbangkan sebagai produk cacat atau tidak.
3. Mengumpulkan data dari karakteristik tertentu dari suatu bahan atau produk untuk memberikan umpan balik tentang proses manufakturnya.

Pada sistem *Computerized Numerical Control (CNC)*, inspeksi 100% menjadi bagian yang berkaitan dengan laporan kerusakan alat atau perlengkapan untuk tindakan perbaikan. Lebih jauh lagi,

pada sistem manufaktur modern, seperti *Flexible Manufacturing System (FMS)* dan sistem *Just IN Time (JIT)* yang memiliki kecenderungan ke arah ukuran lot produksi lebih kecil untuk mengurangi biaya inventori, *inspeksi 100%* lebih efisien dan lebih cepat daripada rencana *sampling lot-by-lot* dalam pengendalian dan penyediaan laporan akan kualitas material yang datang dan item-item yang keluar (Tang dan Tang, 1989).

Beberapa contoh penerapan prosedur *inspeksi 100%* adalah untuk mendeteksi penyakit kronis, menganalisa obat-obatan dan racun, me-monitoring proses pembuatan air minum, menentukan getaran magnet dan penyaringan minyak mentah.

Faktor Ekonomi dalam Menentukan Spesifikasi Optimal

Spesifikasi ditentukan oleh kebutuhan konsumen. Bila dituangkan ke dalam nilai nominal, kebutuhan konsumen merupakan target yang harus dicapai oleh kualitas produk. Setiap penyimpangan yang terjadi terhadap target tersebut akan menyebabkan ketidakpuasan konsumen sehingga menimbulkan kerugian (*loss*).

Semakin ketat spesifikasi maka kualitas produk semakin mendekati target (memenuhi keinginan konsumen), ongkos kerugian karena ketidakpuasan konsumen akan berkurang akan tetapi produk yang ditolak akan semakin banyak dan menimbulkan ongkos *reject* yang bertambah bagi produsen. Semakin lebar spesifikasi maka kualitas produk semakin rendah, ongkos kerugian akan bertambah namun ongkos *reject* akan rendah (Govindaluri dan Cho, 2002). Maka dari itu spesifikasi optimal akan diperoleh dengan menyeimbangkan ongkos-ongkos yang harus dikeluarkan. Spesifikasi optimal adalah spesifikasi yang mampu menyeimbangkan *trade-off* antara keinginan konsumen dan usaha produsen untuk memenuhi keinginan konsumen.

Model Inspeksi 100%

Model inspeksi 100% dengan memperhatikan klasifikasi terhadap *conforming item* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 ETC &= ECQ + ECR + ECI \\
 &= k_1 k_3 \{ \tau_1 [\Phi(\tau_1) - \Phi(L_1)] - [\phi(L_1) - \phi(\tau_1)] \} \{ \tau_3 [\Phi(\tau_3) - \Phi(L_3)] - [\phi(L_3) - \phi(\tau_3)] \} \\
 &\quad + k_2 k_3 \{ \tau_2 [\Phi(\tau_2) - \Phi(L_2)] - [\phi(L_2) - \phi(\tau_2)] \} \{ \tau_3 [\Phi(\tau_3) - \Phi(L_3)] - [\phi(L_3) - \phi(\tau_3)] \} \\
 &\quad + k_1 k_4 \{ \tau_1 [\Phi(\tau_1) - \Phi(L_1)] - [\phi(L_1) - \phi(\tau_1)] \} \{ \tau_4 [\Phi(\tau_4) - \Phi(L_4)] - [\phi(L_4) - \phi(\tau_4)] \} \\
 &\quad + k_2 k_4 \{ \tau_2 [\Phi(\tau_2) - \Phi(L_2)] - [\phi(L_2) - \phi(\tau_2)] \} \{ \tau_4 [\Phi(\tau_4) - \Phi(L_4)] - [\phi(L_4) - \phi(\tau_4)] \} \\
 &\quad + c_r \cdot \{ \Phi(L_2) + \Phi(L_4) [1 - \Phi(L_2)] \} + c1 + [1 - \Phi(L_2)] c2
 \end{aligned}$$

parameter-parameter yang digunakan pada model adalah :

- k_1 : konstanta biaya dari fungsi *loss* pada tahap 1 kualitas 1
- k_2 : konstanta biaya dari fungsi *loss* pada tahap 1 kualitas 2
- k_3 : konstanta biaya dari fungsi *loss* pada tahap 2 kualitas 1
- k_4 : konstanta biaya dari fungsi *loss* pada tahap 2 kualitas 2
- τ_1 : target untuk variabel X_1 kualitas 1
- τ_2 : target untuk variabel X_1 kualitas 2

- τ_3 : target untuk variabel X_2 kualitas 1
- τ_4 : target untuk variabel X_2 kualitas 2
- c_r : Ongkos *reject* per produk
- c_1 : Ongkos inspeksi tahap 1 per produk
- c_2 : Ongkos inspeksi di tahap 2 per produk
- $\Phi(.)$: distribusi kumulatif standar normal
- $\phi(.)$: fungsi distribusi Normal.

Variabel dari model adalah:

- P_1 : probabilitas produk kualitas 1
- P_2 : probabilitas produk kualitas 2
- P_{reject} : probabilitas produk yang di-*reject*
- ETC : ekspektasi total ongkos per produk (Rp / produk)
- $ECQ1$: ekspektasi ongkos kerugian kualitas 1 per produk (Rp / produk)
- $ECQ2$: ekspektasi ongkos kerugian kualitas 2 per produk (Rp / produk)
- ECQ : ekspektasi total ongkos kerugian per produk (Rp / produk)
- ECR : ekspektasi ongkos *reject* per produk (Rp / produk)
- ECI : ekspektasi ongkos inspeksi per produk (Rp / produk)

Variabel keputusan dari model adalah:

- $L1$: spesifikasi bawah untuk menerima produk dengan kualitas 1 di tahap 1
- $L2$: spesifikasi bawah untuk menerima produk dengan kualitas 2 di tahap 1
- $L3$: spesifikasi bawah untuk menerima produk dengan kualitas 1 di tahap 2
- $L4$: spesifikasi bawah untuk menerima produk dengan kualitas 2 di tahap 2

Masalah optimasi dari model adalah:

$$\text{Minimasi } ETC = ECQ + ECR + ECI$$

dengan kendala:

$$\tau_1 \geq L1, \tau_2 \geq L2, \tau_3 \geq L3, \tau_4 \geq L4, 0 < \Phi(L1) < 1, 0 < \Phi(L2) < 1, 0 < \Phi(L3) < 1, \\ 0 < \Phi(L4) < 1.$$

Solusi optimal dari model adalah:

$$L_1^* = L_1$$

$$L_2^* = \tau_2 + \frac{-c_r + c_r \Phi(L_4) + c_2}{k_2 k_4 \{ \tau_4 [\Phi(\tau_4) - \Phi(L_4)] - [\phi(L_4) - \phi(\tau_4)] \}}$$

$$L_3^* = L_3$$

$$L_4^* = \tau_4 + \frac{-c_r [1 - \Phi(L_2)]}{\{ k_2 k_4 \{ \tau_2 [\Phi(\tau_2) - \Phi(L_2)] - [\phi(L_2) - \phi(\tau_2)] \} \}}$$

Profil Perusahaan

PT ABN adalah sebuah perusahaan yang memproduksi alat pengukur tekanan darah (tensimeter). Inspeksi 100% dilakukan terhadap salah satu komponen dari tensimeter, yaitu bagian *bladder* jenis natural. Bentuk *bladder* dan bagian-bagiannya ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. *Bladder* (sumber: <https://www.abnmedical.com>)

Bladder terdiri dari 2 bagian, yaitu :

1. *bag*, merupakan bageian yang akan dililitkan ke lengan manusia saat diukur tekanan darahnya
2. *tubing*, merupakan bagian seperti selang yang nantinya akan dihubungkan dengan komponen lain penunjuk tekanan darah

Bladder terbuat dari lateks dan campuran beberapa zat kimia, memiliki spesifikasi dimensi sebagai berikut: panjang *bag* 22.5 cm, lebar *bag* 12 cm, tebal *bag* 0.8mm, panjang *tubing* 51 cm, dan diameter luar *tubing* 8 mm.

Inspeksi terhadap dimensi *bladder* dilakukan secara *sampling*. Inspeksi 100% terhadap *bladder* dilakukan secara visual dan dilakukan setelah inspeksi terhadap dimensi *bladder*. Inspeksi dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama periksa *bag* dengan hasil inspeksi keputusan menerima *bladder* dengan kualitas 1, menerima *bladder* dengan kualitas 2A dan menolak *bladder*. *Bladder* dengan kualitas 1 dan 2A diinspeksi ke tahap kedua. Pada tahap 2 inspeksi dilakukan terhadap *tubing* dengan keputusan yang dihasilkan adalah menerima *bladder* dengan kualitas 1, menerima *bladder* dengan kualitas 2 dan menolak *bladder*. *Bladder* yang ditolak selanjutnya akan dihancurkan dan dibuang. Spesifikasi dari klasifikasi produk adalah sebagai berikut:

1. *Bladder* kualitas 1: permukaan bag halus dan bersih, tubing mulus
2. *Bladder* kualitas 2A: bag kotor, ada lipatan / kusut
3. *Bladder* kualitas 2B : bag tidak terlalu diamati, tubing tidak baik kondisinya / tidak halus.

Selama ini perusahaan hanya memfokuskan pada pencapaian target yang sudah ditetapkan tanpa mempertimbangkan faktor biaya dalam prosedur inspeksinya. Target yang ingin dicapai pada tahap 1 untuk tiap kelas adalah 50% dari produk yang diinspeksi adalah kualitas 1, 40% kualitas 2A dan 10% tolak. Untuk tahap kedua targetnya adalah 70% kualitas 1, 20% kualitas 2B dan 10% *tolak*.

METODE PENELITIAN

Tahapan tahapan penelitian yang dilakukan yaitu ; tahap awal penelitian dengan studi literatur untuk mendapatkan model ekonomi prosedur inspeksi 100% dengan melibatkan klasifikasi *conforming item*. Tahap kedua adalah mengumpulkan data dan observasi ke PT ABN. Pada tahap terakhir dilakukan perhitungan dan analisis data menggunakan software Matlab. Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Karena data yang diperoleh adalah data atribut maka data yang diperoleh akan ditransformasikan dalam bentuk proporsi. sedangkan untuk perhitungan solusi optimal tetap digunakan hasil dari pengembangan model . Pendekatan ini bisa dilakukan karena untuk jumlah sampel yang cukup besar dan p dekat ke 0 atau 1 maka distribusi normal dapat dipakai untuk menghampiri peluang binomial. Nilai parameter yang digunakan dalam model diperoleh dari data perusahaan dan ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan

| No | Notasi | Nilai | No | Notasi | Nilai | No | Notasi | Nilai |
|----|----------|---------------|----|----------------|---------------|----|----------------|----------|
| 1 | k_1 | Rp | 8 | τ_4 | 0.2 | 15 | $\Phi(\tau_4)$ | 0.57926 |
| 2 | k_2 | Rp 375/produk | 9 | c_r | Rp 500/produk | 16 | $\phi(\tau_1)$ | 0.352155 |
| 3 | k_3 | Rp | 10 | c_1 | Rp 100/produk | 17 | $\phi(\tau_2)$ | 0.368364 |
| 4 | k_4 | Rp 375/produk | 11 | c_2 | Rp 100/produk | 18 | $\phi(\tau_3)$ | 0.312333 |
| 5 | τ_1 | 0.5 | 12 | $\Phi(\tau_1)$ | 0.691462 | 19 | $\phi(\tau_4)$ | 0.391142 |
| 6 | τ_2 | 0.4 | 13 | $\Phi(\tau_2)$ | 0.655422 | | | |
| 7 | τ_3 | 0.7 | 14 | $\Phi(\tau_3)$ | 0.758036 | | | |

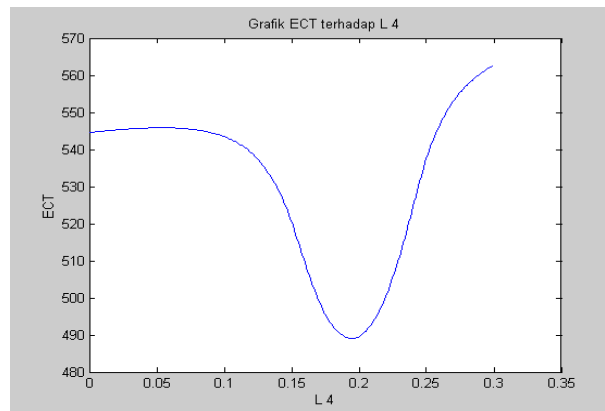
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan menggunakan MatLab menghasilkan:

Tabel 2. Solusi Optimal dari Model

| L1* | L2* | L3* | L4* | ECT |
|-----|---------|-----|--------|----------|
| 0.5 | 0.00095 | 0.7 | 0.0911 | 544.4721 |

Berdasarkan Tabel 2 ekspektasi total ongkos akan minimum saat $L_1^* = 0.5$, $L_2^* = 0.0009$, $L_3^* = 0.7$ dan $L_4^* = 0.0911$. Hasil numerik ini sekaligus membuktikan karakteristik solusi model, bahwa $L_1^* = \tau_1$ dan $L_3^* = \tau_3$. Keadaan optimal akan tercapai saat spesifikasi bawah untuk produk kualitas 2A dan 2B menuju 0, artinya proporsi *reject* akan sangat kecil sekali (*zero defect*).



Gambar 3. Grafik ETC untuk model

Berdasarkan gambar 3 diketahui bahwa saat $L_4 = 0.2$ akan tercapai nilai ECT yang minimum, namun hal ini tidak mungkin terjadi karena saat $L_4 = 0.2$ berarti sama nilainya dengan τ_4 . Jikanilai $L_4 = \tau_4$ maka akan diperoleh nilai L_2 yang sangat besar (∞) dan hal ini tidak mungkin terjadi. Adanya kondisi dimana $L_4 = 0.2$ mempengaruhi nilai ECT disekitar titik 0.2.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui perilaku model yang diinterpretasikan melalui output model, yaitu L_2^* , L_4^* dan ETC. Perubahan terhadap beberapa parameter yang membentuk model dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan tersebut terhadap output model. Perubahan nilai parameter c_r , c_1 , c_2 , k_2 , k_4 , τ_1 dan τ_2 sebesar 10%, 20% dan 30% dari nilai semula dilakukan kemudian diamati pengaruh perubahan tersebut pada nilai output dari model. Perubahan yang terjadi pada output ditampilkan pada Tabel 3 sampai Tabel 9, sedangkan output yang tidak ditampilkan berarti tidak mengalami perubahan ketika parameter diubah.

Pada tabel 3 berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter ongkos *reject*.

Tabel 3. Perubahan nilai c_r terhadap L_2 dan ETC.

| c_r | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 506.6761 | 465.3812 | 424.0661 | 589.2054 | 630.4397 | 671.6537 |
| L_2^* | 0.3891 | 0.3913 | 0.3935 | 0.3847 | 0.3825 | 0.3804 |

Berdasarkan tabel 3 makin rendah ongkos *reject* akan membuat spesifikasi L_2 semakin longgar dan ETC semakin rendah. Semakin tinggi ongkos *reject* maka spesifikasi L_2 akan semakin ketat dan ekspektasi total ongkos juga akan semakin tinggi. Perubahan ongkos *reject* tidak mempengaruhi spesifikasi bawah untuk produk kualitas 2B karena dari hasil optimasi diperoleh nilai L_4^* adalah sama dengan 0, artinya tidak ada produk yang *reject* di tahap 2.

Pada tabel 4 berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter ongkos inspeksi tahap 1.

Tabel 4. Perubahan nilai c_1 terhadap L2 dan ETC.

| c1 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 537.9508 | 527.9508 | 517.9508 | 557.9508 | 567.9508 | 577.9508 |
| L2 * | 0.3869 | 0.3869 | 0.3869 | 0.3869 | 0.3869 | 0.3869 |

Berdasarkan tabel 4, makin rendah ongkos inspeksi tahap 1 akan membuat ETC semakin rendah. Semakin tinggi ongkos inspeksi tahap 1 ekspektasi total ongkos juga akan semakin tinggi. Perubahan ongkos inspeksi tahap 1 tidak mempengaruhi spesifikasi bawah untuk produk kualitas 2A maupun 2B.

Pada tabel berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter ongkos inspeksi tahap 2.

Tabel 5. Perubahan nilai c_2 terhadap L2 dan ETC

| c2 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 544.4551 | 540.9561 | 537.4538 | 551.4434 | 554.9327 | 558.4187 |
| L2 * | 0.386 | 0.3852 | 0.3843 | 0.3878 | 0.3886 | 0.3895 |

Berdasarkan tabel 5, semakin rendah ongkos inspeksi tahap 2 maka spesifikasi L2 akan semakin ketat serta ekspektasi total ongkos akan semakin rendah. Semakin tinggi ongkos inspeksi tahap 2 maka L₂ akan semakin longgar, sedangkan ekspektasi total ongkos semakin tinggi. Perubahan ongkos inspeksi tahap 2 tidak mempengaruhi nilai L₄.

Pada tabel berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter ongkos kerugian untuk produk kualitas 2A.

Tabel 6. Perubahan nilai k_2 terhadap L₂* dan ETC

| k2 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|
| ETC | 547.9838 | 548.0113 | 548.0346 | 547.9105 | 547.86 | 547.7951 |
| L2 * | 0.3854 | 0.3891 | 0.3899 | 0.3854 | 0.3836 | 0.3813 |

Berdasarkan tabel 6 semakin rendah konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2A maka spesifikasi L₂ akan semakin longgar dan ekspektasi total ongkos akan semakin tinggi. Semakin besar konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2A maka spesifikasi L₂ akan semakin ketat dan

ekspektasi total ongkos semakin rendah. Perubahan konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2A tidak mempengaruhi nilai L_4 .

Pada tabel berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter ongkos kerugian untuk produk kualitas 2B.

Tabel 7. Perubahan nilai k_4 terhadap L_2^* dan ECT

| k_4 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|---------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 547.9105 | 547.86 | 547.7951 | 547.9838 | 548.0113 | 548.0346 |
| L_2^* | 0.3854 | 0.3836 | 0.3813 | 0.3881 | 0.3891 | 0.3899 |

Berdasarkan tabel 7, semakin rendah konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2B maka spesifikasi L_2 akan semakin ketat dan ekspektasi total ongkos akan semakin rendah. Semakin besar konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2B maka spesifikasi L_2 akan semakin longgar dan ekspektasi total ongkos semakin tinggi. Perubahan konstanta ongkos kerugian untuk produk kualitas 2B tidak mempengaruhi nilai L_4 .

Pada tabel berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter target untuk produk kualitas 2A.

Tabel 8. Perubahan nilai τ_2 terhadap L_2^* dan ECT

| t_2 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 545.7186 | 543.4545 | 541.1619 | 550.1483 | 552.3079 | 553.8301 |
| L_2^* | 0.3469 | 0.3069 | 0.2669 | 0.4269 | 0.4669 | 0.0006 |
| L_4^* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1719 |

Berdasarkan tabel 8 semakin rendah target untuk produk kualitas 2A maka spesifikasi L_2 akan semakin ketat dan ekspektasi total ongkos akan semakin rendah. Semakin besar target untuk produk kualitas 2A maka spesifikasi L_2 akan semakin longgar dan ekspektasi total ongkos semakin tinggi. Pada saat target untuk produk kualitas 2A dirubah sebesar 30%, yaitu menjadi 0.52 spesifikasi L_4 akan terpengaruh dan naik menjadi 0.1719. Perubahan target ini mengakibatkan proporsi produk kualitas 1 lebih kecil dari proporsi produk kualitas 2A pada inspeksi tahap 1.

Pada tabel 9 berikut ditampilkan hasil perhitungan terhadap perubahan parameter target untuk produk kualitas 2B.

Tabel 9. Perubahan nilai τ_4 terhadap L_2^* , L_4^* dan ECT

| t4 | -10% | -20% | -30% | 10% | 20% | 30% |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ETC | 547.8659 | 547.4898 | 545.7852 | 548.0136 | 548.0613 | 548.0985 |
| L_2^* | 0.3838 | 0.0021 | 0.0023 | 0.3892 | 0.3909 | 0.3922 |
| L_4^* | 0 | 0.1268 | 0.1063 | 0 | 0 | 0 |

Berdasarkan tabel 9 semakin rendah target untuk produk kualitas 2B maka spesifikasi L_2 akan semakin ketat dan ekspektasi total ongkos akan semakin rendah. Semakin besar target untuk produk kualitas 2B maka spesifikasi L_2 akan semakin longgar dan ekspektasi total ongkos semakin tinggi. Pada saat target untuk produk kualitas 2B dirubah sebesar 20%, yaitu menjadi 0.16 spesifikasi L_4 akan terpengaruh dan naik menjadi 0.1268. Saat target dirubah sebesar 30%, yaitu menjadi 0.14 spesifikasi L_4 akan terpengaruh dan naik menjadi 0.1063. Jadi titik kritis untuk parameter τ_4 adalah saat $\tau_4 = 0.16$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Dari analisis sensitivitas diketahui bahwa perubahan ongkos inspeksi di tahap 1 sebesar 10%, 20% dan 30% tidak akan mempengaruhi nilai spesifikasi bawah produk kualitas 2A (L_2).
- Dari analisis sensitivitas diketahui bahwa spesifikasi bawah untuk produk kualitas 2B tidak sensitif terhadap perubahan nilai parameter input sebesar 10%, 20% dan 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bockerstette, Joseph A. & Shell, Richard L. (1993), *Time Based Manufacturing*, McGraw-Hill.
- Cho; Byung Rae, Govindaluri, M.S.(2002), Optimal Screening Limits in Multi-stages Assemblies; *International Journal production Research*, Vol 40, No 9,1993-2009.
- Garvin, David A. (1996), Competing on the Eight Dimensions of Quality, *IEEE Engineering Management Review*.
- Govindaluri, M.S., Cho; Byung Rae (2002), Designing Cost-Effective Screening Limits: An Empirical Approach, *IIE*, 2064.
- Shelmit, Ian; Nada Khan, [Sophie Park](#), and [James Thomas](#). (2016). Use of cost-effectiveness analysis to compare the efficiency of study identification methods in systematic reviews. *Systematic Review Journal* 2016; 5: 140.

Tang, Kwei & Tang, Jen. (1989), Design of Product Specification for Multi-Characteristic in Inspection, *Management Science* Vol. 35 No. 6

Tang, Kwei & Tang, Jen. (1994), Design of Screening Procedures: A Review, *Journal of Quality Technology* Vol. 26 No. 3.

Tsai, Hsien-Tang & Wu, Shu-Fei. (2002), Sequential Screening Procedure Based on Individual Misclassification Error, *IIE Transactions*,. 34, 1079-1085.

Wu, Shu-Fei & Ying-Po Lin. (2010), A Modified One-Sided Sequential Screening Procedure Based on Individual Misclassification Error, *Communication in Statistics- Simulation and Computation* 39(9):1754-1778 · September 2010

Wu, Shu-Fei & Ying-Po Lin. (2014), The optimal allocation combination for the two-sided sequential screening procedure based on the individual misclassification error, *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Volume 84, 2014 - Issue 9 .

Wu, Shu-Fei & Ying-Po Lin. (2015), The Optimal Allocation Combination for the One-Sided Sequential Screening Procedure Based on the Individual Misclassification Error, *Communications in Statistics - Simulation and Computation* ,Volume 44, 2015 - Issue 4 .

