

MODEL OPTIMISASI PENENTUAN *LOT* PRODUKSI PADA SISTEM PRODUKSI YANG TERDETERIORASI DENGAN PEMERIKSAAN *SAMPLING* GANDA UNTUK MEMINIMUMKAN TOTAL BIAYA

ADIK Satria Permadi, Arie Desrianty, Hendro Prassetiyo

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: adiksatria@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan model Economic Production Quantity (EPQ). EPQ mengasumsikan bahwa sistem produksi berjalan selalu sempurna sehingga seluruh pesanan dapat menjadi persediaan. Sistem produksi pada kenyataannya tidak dapat selalu berjalan sempurna, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya deteriorasi dan kesalahan pemeriksaan. Pada penelitian ini, produk akan mengalami inspeksi sampling ganda dengan 3 (tiga) kemungkinan keputusan, yaitu diterima, diambil sampel kedua, dan inspeksi dengan ukuran ATI. Penelitian ini merupakan pengembangan model dengan menggunakan tools pemrograman dinamis probabilistik untuk menghasilkan model optimisasi penentuan lot produksi akibat deteriorasi dan mempertimbangkan kesalahan inspeksi sampling dengan kriteria minimisasi total ongkos yang terdiri dari ongkos setup, ongkos produksi, biaya kegagalan internal dan ongkos penalti.

Kata Kunci: *deteriorasi, sampling, produk cacat, lot produksi*

ABSTRACT

This study discusses developing model of Economic Production Quantity (EPQ). EPQ assumes that the system of production runs are always perfectly so that all orders can be a stock item. Production system in fact can not always run perfectly, this is caused by several factors, such as its deterioration and error proofing. In this study, the product will undergo a double sampling inspection, with three possibilities of decision, accepted, taken second samples, and conducted inspections with ATI. This study is a model development using dynamic programming tools to produce probabilistic optimization model production due to deterioration determination lot and consider the inspection sampling error criteria comprising minimizing the total cost of setup costs, production costs, internal failure costs and penalty charges.

Keywords: *deterioration, sampling, defective products, production lot*

1. PENDAHULUAN

1.1. Pengantar

Berkembangnya teknologi akan mempengaruhi perkembangan perusahaan karena mampu memenuhi kebutuhan konsumennya. Untuk memenuhi kebutuhan konsumen diperlukan penentuan ukuran *lot* yang optimal yang akan diproduksi, salah satu metode yang umum digunakan untuk penentuan ukuran *lot* produksi adalah metode EPQ. Namun pada dasarnya metode EPQ memiliki asumsi-asumsi tertentu, misalnya bahwa seluruh pesanan produk dalam suatu produksi selalu diterima dan menjadi persediaan. Tetapi pada kenyataannya asumsi yang ada pada metode EPQ tidak selalu berlaku dan perlu ditinjau kembali untuk menjaga perubahan yang ada pada asumsi.

Berdasarkan batasan tersebut, Ben-daya & Rahim (2003) melakukan penelitian penentuan ukuran *lot* produksi pada sistem yang tidak sempurna dengan mempertimbangkan dua kemungkinan yaitu proses produksi berjalan dengan baik seluruhnya dan proses produksi mengalami kegagalan. Sistem produksi yang tidak sempurna mengakibatkan proses produksi tidak berjalan semestinya dan menghasilkan produk yang cacat (*non conforming items*).

Berdasarkan batasan pada model Ben-Daya & Rahim (2003), Perdana (2008) melakukan pendekatan model mengenai masalah inspeksi sampling dengan menentukan ukuran lot produksi yang tidak sempurna. Irawan (2013) melakukan pengembangan penelitian Perdana (2008) dengan melakukan penelitian mempertimbangkan sistem produksi yang tidak sempurna tidak hanya diakibatkan oleh kesalahan pada saat pemeriksaan saja melainkan juga pengaruh mesin yang mengalami deteriorasi. Pengembangan juga dilakukan oleh Nishfi (2014) dengan mempertimbangkan sistem produksi yang tidak sempurna karena terdeteriorasi dan pemeriksaan dilakukan dengan cara sampling. Ramadhan (2015) membuat model optimasi dalam menentukan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang tidak sempurna akibat deteriorasi mesin dan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan operator pada saat pemeriksaan sampling untuk meminimumkan total biaya.

Selain kondisi tersebut, pada saat ini terdapat kondisi-kondisi lain yang yang belum terpenuhi oleh penelitian sebelumnya, yaitu proses inspeksi dengan menggunakan *sampling* ganda. Oleh karena itu, penelitian ini akan dibuat model dengan menggunakan inspeksi *sampling* ganda pada sistem produksi yang tidak sempurna yang mempertimbangkan kesalahan pada saat pemeriksaan oleh operator.

1.2. Identifikasi Masalah

Penelitian ini akan menghasilkan suatu model optimisasi untuk menentukan ukuran *lot* produksi pada sistem produksi yang tidak sempurna. Ketidaksempurnaan terjadi akibat kesalahan pemeriksaan dan mesin/peralatan yang mengalami deteriorasi dengan mempertimbangkan inspeksi *sampling* dan inspeksi dengan ukuran ATI untuk meminimumkan total ongkos yang dihasilkan.

2. STUDI LITERATUR

2.1. *Economic Order Quantity (EOQ) & Economic Production Quantity (EPQ)*

Metode EOQ merupakan sebuah perhitungan dengan rumus mengenai berapa jumlah, atau frekuensi pemesanan, atau nilai pemesanan yang paling ekonomis. Formulasi *EOQ* pada dasarnya mengasumsikan seluruh pesanan *item* yang diterima yang menjadi persediaan yang akan diproses kemudian. Ketika jumlah permintaan konstan, maka *EPQ* dapat ditentukan berdasarkan model *EOQ*.

2.2. Konsep Persediaan

Persediaan diterjemahkan dari kata "inventory" yang merupakan jenis barang yang disimpan di gudang yang mempunyai sifat pergerakan yang agak berbeda satu sama lain (Indrapriyatna *et al*, 2002).

2.3. Distribusi Binomial

Distribusi binomial merupakan suatu proses distribusi probabilitas yang dapat digunakan apabila suatu proses *sampling* dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernoulli. Bila dari n percobaan BERNOULLI akan terjadi x kali sukses (H) maka akan tepat terjadi $(n - x)$ kali gagal (\bar{H}). Jadi jelaslah bahwa bila $P = \{ X = x \}$ menyatakan probabilitas akan tepat terjadi x sukses (H) dari n percobaan BERNOULLI yang identik dan saling bebas (Walpole, 1995).

2.4. Distribusi Poisson

Distribusi ini merupakan distribusi probabilitas untuk variabel diskrit acak yang mempunyai nilai 0, 1, 2, 3 dan seterusnya. Percobaan Poisson apabila menghasilkan peubah acak X yang menyatakan banyaknya hasil selama selang waktu, periode atau daerah tertentu misalnya jumlah barang yang cacat setiap kali pengiriman (Walpole, 1995).

2.5. Sampling Penerimaan

Sampling penerimaan (*acceptance sampling*) digunakan sebagai suatu bentuk dari inspeksi antara perusahaan dengan pemasok, antara pembuat produk dengan konsumen, atau antar divisi dalam perusahaan. Oleh karenanya, *acceptance sampling* tidak melakukan pengendalian atau perbaikan kualitas proses, melainkan hanya sebagai metode untuk menentukan disposisi terhadap produk yang datang (bahan baku) atau produk yang telah dihasilkan.

2.6. Pemrograman Dinamis

Pemrograman dinamis adalah suatu teknik matematika yang digunakan untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara bertahap-ganda. Dalam teknik ini, keputusan yang menyangkut suatu persoalan dioptimalkan secara bertahap dan bukan secara sekaligus. Jadi inti dari teknik ini adalah membagi satu persoalan atas beberapa bagian persoalan yang dalam Pemrograman dinamis disebut tahap. Kemudian memecahkan tiap tahap dengan mengoptimalkan keputusan atas tiap tahap sampai seluruh persoalan telah terpecahkan.

2.7. Model Ben-Daya & Rahim (2003)

Tujuan dari model yang dikembangkan oleh Ben-daya & Rahim (2003) adalah untuk menentukan ukuran lot produksi pada persoalan *multistage* dengan proses produksi yang tidak sempurna. Berikut merupakan model Ben-daya & Rahim (2003):

$$\begin{aligned} ETC &= E(SC) + E(HC) + E(QC) + E(IRC) & (1) \\ &= \text{biaya } set\text{-up} + \text{biaya pengadaan persediaan} + \text{biaya kualitas per unit} \\ &\quad + (\text{biaya pemeriksaan} + \text{biaya perbaikan}) \end{aligned}$$

2.8. Model Perdana (2008)

Menurut Perdana (2008) model ukuran *lot* mempertimbangkan ukuran sampel. permintaan (D) tertentu, akan diproduksi sebesar ukuran *lot* tertentu (Q). Proses inspeksi dilakukan dengan menggunakan *sampling* dimana sampel (n) diambil dari ukuran lot produksi. Kemungkinan mengenai kondisi *lot* tersebut yaitu diterima jika kondisi sampel yang diambil baik (Pa) atau ditolak jika kondisi sampel yang diambil cacat ($1-Pa$). Jika keputusan lot diterima maka akan terdapat probabilitas kesalahan menerima produk cacat (β), sedangkan jika keputusan *lot* ditolak maka akan diasumsikan diperiksa secara sensus dan inspeksi

sensus tidak dibahas pada model Perdana (2008) ini. Model Perdana (2008) adalah:

$$\begin{aligned} & \text{Min } f_j(S_j, Q_j) = \text{Min} \\ & \sum_{i=1}^i [c1 + Qi \times c2 + c3 \times n + [Pa.(Qi - n).\beta.c4] + [(1 - Pa).Ia] + [(1 - \\ & Pa).(c3 \times (Qi - n))] + \{f_j + 1 * (S_j + 1)\}] \end{aligned} \quad (2)$$

= ongkos *set up* + ongkos produksi + ongkos inspeksi + ongkos keputusan *lot* + ongkos penalty + $f_{j+1}^*(S_{j+1})$

2.9. Model Irawan (2013)

Menurut Irawan (2013) mempertimbangkan *deteriorasi* pada sistem produksi dimana hal tersebut akan menghasilkan produk *conforming* ataupun *nonconforming*. Proses inspeksi pada model ini dilakukan dengan menggunakan sensus yang menimbulkan beberapa kemungkinan terhadap kesalahan pemeriksaan yaitu kemungkinan produk baik dapat diterima, kemungkinan produk baik *direject*, kemungkinan produk jelek dapat diterima ataupun kemungkinan produk jelek *direject*. Berikut merupakan model Irawan (2013):

$$\begin{aligned} & f_j(S_j, X_j) = \\ & \text{Min } \sum_{i=1}^j [U] + [Q.O_i] + [Q \times W_1 \times (K_1 + C)] + \\ & \left[[(1 - Pc_j)\theta_2 + (Pc_j)\theta_4] \times Q \times W_1 \times (K_1 + C) \right] + \left[[(1 - Pc_j)\theta_2 \times Q \times W_2 \times (K_2 + C)] + \right. \\ & \left. [Pc_j \times \theta_4 \times W_3 \times (K_3 + C)] \right] + f_{j+1} * (S_{j+1}) \end{aligned} \quad (3)$$

= ongkos *set up* + ongkos produksi + ongkos kegagalan internal + $f_{j+1}^*(S_{j+1})$

2.10. Model Nishfi (2014)

Model Nishfi (2014) bertujuan untuk mendapatkan solusi dari model penentuan lot produksi yang mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan inspeksi *sampling*. Pada model Nishfi (2014) menggunakan data hipotetis dengan permintaan konsumen sebesar (D) dan kapasitas (K). Proses inspeksi *sampling* akan menghasilkan 2 (dua) kemungkinan keputusan, yaitu diterima dan ditolak. Penerimaan akan menghasilkan probabilitas produk baik dan cacat. Berikut merupakan model Nishfi (2014):

$$\begin{aligned} & f_j(S_j, Q_j) = \\ & \text{Min } \sum_{j=1}^j \left[[C_1 + (Q_j \times C_2)] + [n \times W_1 \times C_3] + [Q_j \times W_1 \times C_4] + [(1 - Pa_j) \times (Q_j - n) \times W_2 \times C_5] \right. \\ & \left. + [(1 - Pa_j) \times Q_j \times W_2 \times C_6] + [(1 - Pa_j) \times (Pc_j) \times r_j \times W_3 \times C_7] + [(1 - Pa_j) \times Q_j \times W_3 \times C_8] + [f_{j+1} \right. \\ & \left. * (S_{j+1}) \right] \end{aligned} \quad (4)$$

2.11. Model Ramadhan (2015)

Ramadhan (2015) membahas ukuran *lot* produksi yang dinotasikan (Q) dengan permintaan sebesar (D) dan memiliki kapasitas (K). Inspeksi *sampling* menghasilkan dua kemungkinan yaitu diterima dan ditolak. Kejadian diterima akan menghasilkan dua kemungkinan pada saat konsumen mendapatkan produk yaitu produk baik dan produk cacat. Hal tersebut akibat kesalahan pemeriksaan pada saat *sampling*. Sedangkan kejadian ditolak akan langsung melalui proses *rework* dengan tiga kemungkinan yaitu produk baik, produk *rework*, dan produk *reject*. Berikut merupakan model Ramadhan (2015):

$$\begin{aligned} & f_j(S_j, Q_j) = \\ & \text{Min } \sum_{j=1}^j \left[[C_1 + (Q_j \times C_2)] + [n \times W_1 \times C_3] + [Q_j \times W_1 \times C_4] + [(1 - Pa_j) \times ((Prw \times (Q_j - n) \times W_2 \times \right. \\ & C_5) + (Prj \times (Q_j - n) \times W_3 \times C_5) + (P_b \times (Q_j - n) \times W_4 \times C_5)) + [(1 - Pa_j) \times ((Prw \times Q_j \times W_2 \times C_6) + \\ & (Prj \times Q_j \times W_3 \times C_6) + (P_b \times Q_j \times W_4 \times C_6))] + [(1 - Pa_j) \times Prw \times (Q_j - n) \times W_5 \times C_7] + [(1 - Pa_j) \times \\ & Prw \times Q_j \times W_5 \times C_8] + [f_{j+1} * (S_{j+1})] \end{aligned} \quad (5)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan penelitian model penentuan ukuran lot produksi pada sistem yang terdeteriorasi adalah sebagai berikut:

3.1. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini membahas mengenai model ukuran pemesanan dengan menggunakan metode EOQ, EPQ, konsep dari distribusi binomial, dari pemrograman dinamis sebagai dasar dalam membuat model optimisasi pada penelitian. Literatur lainnya adalah penjelasan dari beberapa penelitian mengenai model optimisasi lot produksi menurut Ben-Daya & Rahim (2003), Perdana (2008), Irawan (2013), Nishfi (2014) dan Ramadhan (2015).

3.2. Identifikasi Masalah

Penelitian sebelumnya masih memiliki beberapa batasan, sehingga perlu adanya penambahan parameter untuk menyempurnakan model optimasi lot produksi pada sistem produksi yang terdeteriorasi. Pada penelitian ini membuat model dengan inspeksi *sampling* ganda dengan mempertimbangkan ukuran sampel. Inspeksi *sampling* pertama akan menghasilkan kemungkinan diterima, pengambilan sampel kedua ataupun ditolak, yang menyebabkan produk mengalami proses inspeksi dengan ukuran ATI. Produk yang diterima akan dikirim untuk pemenuhan permintaan, produk yang ditolak dari inspeksi dengan ukuran ATI tidak akan dikirim, dan berpengaruh pada status selanjutnya.

3.3. Pengembangan Model

Pengembangan model dilakukan melalui beberapa tahapan untuk menentukan model yang diinginkan. Posisi penelitian ini terhadap penelitian-penelitian lain yang berkaitan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Posisi Model Penelitian Terhadap Penelitian-Penelitian Lain yang Berkaitan

Keterangan	Model						
	EPQ	Ben-Daya (2003)	Perdana (2008)	Irawan (2013)	Nishfi (2014)	Ramadhan (2015)	Penelitian
Pendekatan	Kontinu	Kontinu	Diskrit	Diskrit	Diskrit	Diskrit	Diskrit
Kondisi	Statis & Deterministik	Dinamis & Probabilistik	Dinamis & Probabilistik	Dinamis & Probabilistik	Dinamis & Probabilistik	Dinamis & Probabilistik	Dinamis & Probabilistik
	Proses selalu terkendali (<i>in of control</i>), sehingga seluruh produk yang dihasilkan berkualitas baik, fasilitas produksi tidak pernah gagal/rusak serta tidak ada kegagalan produk	Proses tidak selalu terkendali, sehingga sistem produksi tidak sempurna dan kegagalan produk mungkin terjadi	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi yang tidak sempurna dengan kriteria minimasi ongkos	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos dengan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi total ongkos	Proses tidak terkendali akibat sistem produksi yang terdeteriorasi, pemeriksaan menggunakan <i>sampling</i> tunggal. Kemudian jika hasil <i>sampling</i> 1 ditolak, akan dilakukan <i>sampling</i> 2, yang apabila hasilnya ditolak, akan dilakukan rework dengan 3 kemungkinan hasil, baik, reject, dan rework. Produk yang telah dinyatakan baik akan dikirimkan ke pelanggan, dan apabila produk cacat diterima pelanggan, maka perusahaan dikenakan penalti
Komponen Ongkos	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos Produksi, dan Ongkos Simpan	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos Pengadaan persediaan, Ongkos pengendalian kualitas, Ongkos Pemeriksaan, dan Ongkos Perbaikan	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos penalti, dan Ongkos Produksi	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos penalti, Ongkos Produksi dan Ongkos Pengendalian Kualitas	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos penalti, Ongkos Produksi dan Ongkos Pengendalian Kualitas	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos penalti, Ongkos Produksi dan Ongkos Pengendalian Kualitas (Kegagalan Internal dan External)	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos penalti, Ongkos Produksi dan Ongkos Pengendalian Kualitas dan Ongkos Penalti
Proses Inspeksi	<i>Sampling</i>	<i>Sampling</i>	<i>Sampling</i>	Sensus	<i>Sampling</i> , Sensus	<i>Sampling</i> , Sensus	<i>Sampling</i> Ganda
Ukuran Sampel	Tidak Dipertimbangkan	Tidak Dipertimbangkan	Dipertimbangkan	Tidak ada	Dipertimbangkan (<i>sampling</i>)	Dipertimbangkan (<i>sampling</i>)	n & ATI
Fungsi Tujuan	Minimasi Total Ongkos	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>	Minimasi Ekspektasi Total <i>Cost (ETC)</i>
Variabel Keputusan	Produksi dan <i>Reorder Point</i>	Ukuran Lot Produksi	Q_j : Ukuran Lot Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran Lot Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran Lot Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran Lot Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran Lot Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j
Metode Solusi	Analitik	<i>Transition Probability</i>	Pemrograman Dinamis Probabilistik	Pemrograman Dinamis Probabilistik	Pemrograman Dinamis Probabilistik	Pemrograman Dinamis Probabilistik	Pemrograman Dinamis Probabilistik
Status yang terungkap	Tidak ditemukan dalam literatur	Produk <i>non-conforming</i>	Jumlah Permintaan yang belum terpenuhi	Jumlah Permintaan yang belum terpenuhi	Jumlah Permintaan yang belum terpenuhi	Jumlah Permintaan yang belum terpenuhi	Jumlah Permintaan yang belum terpenuhi

3.4. Pengujian Model dan Analisis

Pengujian model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dikembangkan sesuai atau tidak sesuai dengan tujuan dari penelitian. Pengujian model dilakukan dengan menggunakan data-data hipotetik yang sesuai dengan masalah dalam penelitian. Pengujian model dilakukan dengan menggunakan empat set data dimana masing-masing set data memiliki data permintaan dan kapasitas yang berbeda. Pada set data ketiga dilakukan perubahan nilai pada parameter-parameter ongkos yang memiliki tujuan untuk mengetahui analisis sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan yang terjadi pada parameter-parameter tersebut. Analisis dilakukan berdasarkan kondisi yang berbeda di setiap pengujian modelnya.

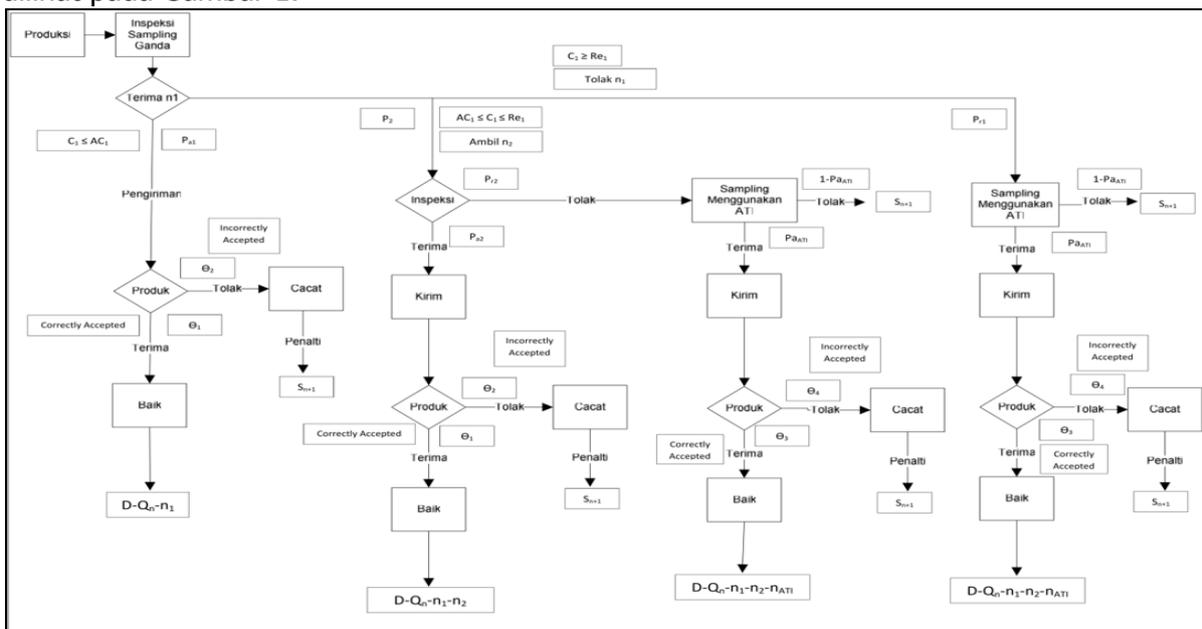
3.5. Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan hasil pengembangan model dan analisis yang telah dilakukan, dari kesimpulan tersebut dapat diambil saran untuk penelitian selanjutnya.

4. PENGEMBANGAN MODEL

4.1. Karakteristik Sistem

Penelitian ini menggunakan teknik *sampling* ganda dalam pemeriksaannya. Teknik *sampling* biasanya digunakan pada perusahaan besar yang memiliki produk yang diproduksi secara massal. Teknik *sampling* digunakan karena dapat meminimalkan waktu serta biaya pemeriksaan. Pada pemeriksaannya, apabila produk diterima pada *sampling* pertama, maka produk akan langsung dikirimkan ke konsumen untuk memenuhi permintaan, Kemudian apabila jumlah cacat masih berada dibawah jumlah Re_1 , maka akan ada pemeriksaan kedua pada lot selanjutnya, hasil inspeksi ini akan menghasilkan dua kemungkinan, yaitu apabila diterima, maka produk akan dikirimkan ke konsumen. Apabila pemeriksaan kedua ditolak, maka akan dilakukan inspeksi dengan ukuran ATI (*Average Total Inspection*) yang akan menghasilkan dua kemungkinan, yaitu produk dikirimkan ke konsumen, atau produk ditolak, sehingga berpengaruh pada status selanjutnya. Apabila jumlah cacat berada diatas jumlah Re_1 , maka akan dilakukan pemeriksaan pada lot selanjutnya dengan ukuran ATI yang akan menghasilkan dua kemungkinan, yaitu produk dikirimkan ke konsumen, atau produk ditolak, yang akan berpengaruh pada status selanjutnya. Sistem penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penelitian

4.2. Asumsi – Asumsi

Penelitian ini memiliki asumsi-asumsi yang berfungsi untuk menyederhanakan masalah yang diteliti. Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Asumsi-asumsi

No	Asumsi	No	Asumsi
1	Laju permintaan bersifat deterministik.	8	Probabilitas terjadinya produk gagal akan terus meningkat di setiap <i>run</i> produksi.
2	Set-up dilakukan setiap lot akan produksi.	9	Laju kenaikan probabilitas terjadinya produk gagal di setiap <i>run</i> produksi tetap.
3	Setiap produk yang dihasilkan di setiap run produksi (Q_j), akan diambil sampel pertama dengan ukuran (n_1) untuk dilakukan pemeriksaan secara <i>sampling</i> . Hasil pemeriksaan akan mengasilkan tiga kondisi, yaitu penerimaan sampel pertama, pengambilan sampel kedua, serta penolakan sampel pertama.	10	Setiap produk yang diterima akan langsung dikirim untuk memenuhi permintaan.
4	Produk hasil pemeriksaan <i>sampling</i> pertama yang memiliki jumlah cacat berada dibawah batas cacat dan diatas jumlah penerimaan ($AC_1 \leq C_1 \leq Re_1$) akan mengalami inspeksi <i>sampling</i> kedua dengan ukuran (n_2)	11	Pada setiap <i>run</i> produksi ukuran <i>lot</i> produksi minimumnya adalah 8 unit, karena sampel yang diambil sebanyak 2 unit, baik untuk <i>sampling</i> pertama dan kedua, serta diambil sebanyak minimal 3 dan maksimal 4 unit untuk pemeriksaan dengan ukuran ATI.
5	Produk hasil pemeriksaan <i>sampling</i> pertama yang memiliki jumlah cacat diatas batas penerimaan ($C_1 \geq Re_1$) ditolak akan dilakukan pemeriksaan selanjutnya dengan ukuran (n_{ATI})	12	Setiap produk cacat akan dipenuhi pada <i>run</i> produksi selanjutnya.
6	Saat produk diterima konsumen, terdapat dua kemungkinan yang terjadi, yaitu produk baik yang akan memenuhi permintaan, serta produk cacat yang akan menyebabkan penalti bagi perusahaan.	13	Ongkos inspeksi <i>sampling</i> dan inspeksi dengan ukuran ATI tetap.
7	Sampel yang diperiksa tidak termasuk ke dalam produk yang dikirim kepada konsumen, sehingga produk yang dikirim adalah jumlah produksi dikurangi jumlah sampel, baik dengan ukuran sampel pertama atau kedua, dan dengan ukuran ATI ($Q-n$).	14	Produk cacat yang sampai ke konsumen akan menyebabkan perusahaan dikenai penalti.

4.3. Daftar Notasi

Tabel 3 menunjukkan notasi-notasi yang digunakan dalam penelitian, sehingga memudahkan dalam pembacaan dan penyusunan model.

Tabel 3. Notasi Penelitian

Notasi	Keterangan	Notasi	Keterangan
j	<i>Run</i> produksi, ($j= 1, 2, 3, \dots, j$)	x	Jumlah produk cacat
Q_j	Ukuran <i>lot</i> produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (unit)	p	Probabilitas produk gagal (%)
n	Ukuran sampel (unit)	q	Probabilitas produk baik (%)
W_1	Waktu Inspeksi <i>sampling</i> (menit/unit)	B_1	Biaya produksi (Rp)
W_2	: Waktu Inspeksi dengan ukuran ATI (menit/unit)	B_2	Biaya inspeksi & simpan <i>sampling</i> pertama (Rp)
Pa_j	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi <i>sampling</i> pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	B_3	Biaya inspeksi & simpan <i>sampling</i> kedua (Rp)
P_j	Probabilitas pengambilan <i>sampling</i> ke dua inspeksi <i>sampling</i> pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	B_4	Biaya inspeksi & simpan <i>sampling</i> dengan ukuran ATI (Rp)
Pa_{1j}	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi <i>sampling</i> kedua pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	B_5	Biaya inspeksi & simpan <i>sampling</i> dengan ukuran ATI (Rp)
$1-Pa_{1j}$	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi <i>sampling</i> kedua pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	B_6	Biaya penalti (Rp)
$1-Pa_{jATI}$	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi <i>sampling</i> dengan ukuran ATI pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	C_1	Ongkos set-up (Rp)
Pa_{jATI}	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi <i>sampling</i> dengan ukuran ATI pada setiap <i>run</i> produksi ke- j (%)	C_2	Ongkos produksi (Rp/unit)
Pg_j	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- j (%)	C_3	Ongkos inspeksi <i>sampling</i> pertama (Rp/menit)
Pg_0	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke-0 (%)	C_4	Ongkos simpan inspeksi <i>sampling</i> pertama (Rp/menit)
x	Jumlah produk cacat	C_5	Ongkos inspeksi <i>sampling</i> kedua (Rp/menit)
p	Probabilitas produk gagal (%)	C_6	Ongkos simpan inspeksi <i>sampling</i> kedua (Rp/menit)
q	Probabilitas produk baik (%)	C_7	Ongkos inspeksi <i>sampling</i> dengan ukuran ATI (Rp/menit)
Pg_j	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- j (%)	C_8	Ongkos simpan inspeksi <i>sampling</i> dengan ukuran ATI (Rp/menit)
Pg_0	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke-0 (%)	C_9	Ongkos penalti (Rp/unit)

4.4. Pemodelan Probabilitas Kegagalan Items

Pemodelan probabilitas kegagalan di setiap *run* produksi dinotasikan dengan Pg_j . Dimana Pg_j merupakan probabilitas kegagalan suatu produk yang akan terus meningkat pada setiap *run* produksi. Hal ini dipengaruhi oleh laju kenaikan probabilitas produk gagal (a) dan probabilitas gagal pada *run* ke- $j = 0$ (Pg_0). Probabilitas dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Pg_j = (1+a)^j \times Pg_0 \tag{6}$$

Probabilitas jumlah produk gagal diperoleh dengan menggunakan distribusi binomial yang bersifat diskrit, sehingga menaksirkan dua kemungkinan yaitu gagal dinotasikan dengan p dan baik dimodelkan dengan q , dimana $q = 1 - p$. Probabilitas jumlah produk gagal dinyatakan oleh rumus distribusi binomial sebagai berikut:

$$b(x;n;p) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} \tag{7}$$

4.5. Biaya yang Dibutuhkan dalam Proses Produksi

Biaya-biaya yang dibutuhkan dalam model penelitian ini yaitu biaya produksi yang merupakan penjumlahan ongkos *set up* dan ongkos produksi. Selain itu ada juga biaya kegagalan internal timbul ketika sejumlah produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi kualitas yang telah ditentukan sebelum produk tersebut dikirim ke konsumen. Biaya kegagalan internal mencakup (1) biaya untuk memeriksa seluruh produk (inspeksi *sampling* dan inspeksi dengan ukuran ATI), (2) biaya simpan produk yang timbul ketika dilakukan proses inspeksi, (3) biaya penalti yang disebabkan produk cacat yang sampai ke konsumen.

4.7. Formulasi Pemrograman Dinamis Probabilistik

Model optimasi tersebut dapat dipenuhi dengan pemrograman dinamis dengan parameter sebagai berikut:

Variabel keputusan

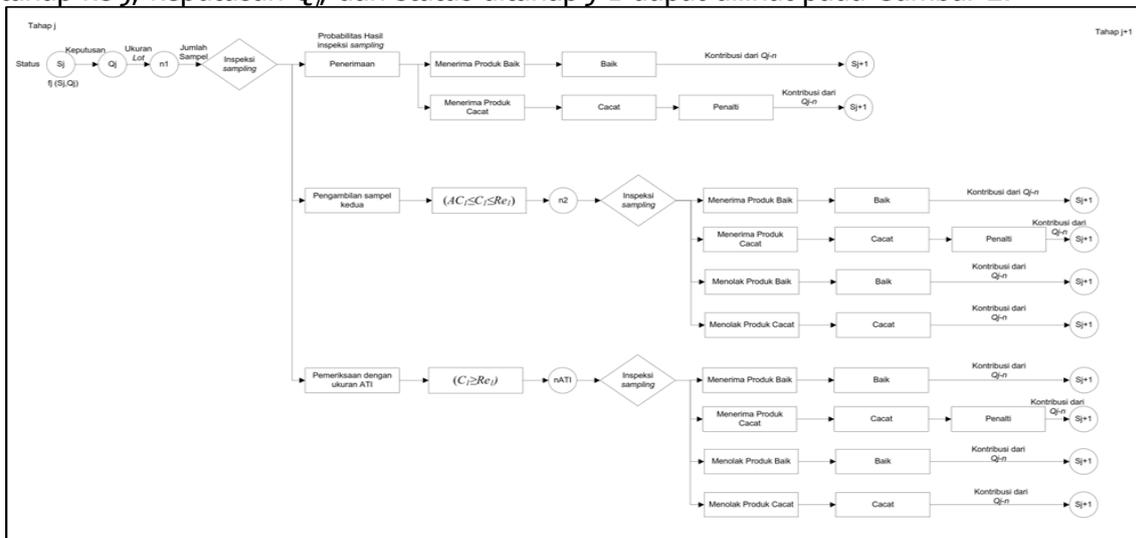
Variabel keputusan pada penelitian ini yaitu ukuran lot produksi pada setiap run produksi ke-*j* (Q_j) pada sistem produksi yang tidak sempurna dengan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan operator pada saat melakukan inspeksi *sampling* yang memiliki tujuan untuk meminimasi total biaya.

Tahap

Pengambilan keputusan ukuran lot produksi pada setiap run produksi ke-*j* dinyatakan sebagai tahap pengambilan keputusan dengan $j = 1, 2, 3, \dots, j$.

Status

Struktur dari pemrograman dinamis probabilistik yang menunjukkan hubungan antara status di tahap ke-*j*, keputusan Q_j , dan status ditahap *j-1* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Pemrograman Dinamis Probabilistik

Fungsi Tujuan

$$f_j(S_j, Q_j) = \text{Min} \sum_{j=1}^j [[C_1 + (Q_j \times C_2)] + [(n \times W_1 \times C_3) + (Q_j \times W_1 \times C_4)] + [(P_{2j} \times n_1 \times W_1 \times C_5) + (P_{2j} \times Q_j \times W_1 \times C_6)] + [(P_{2j} \times P_{r1j} \times n \times W_2 \times C_7) + (P_{2j} \times P_{r1j} \times Q_j \times W_2 \times C_8)] + [(P_{rj} \times n \times W_3 \times C_7) + (P_{rj} \times Q_j \times W_3 \times C_8)] + [((Q_j - n_1) \times C_9 \times P_{aj} \times \theta_2) + (P_{2j} \times P_{a1j} \times \theta_2 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_2) + (P_{2j} \times P_{r1j} \times P_{ajATI} \times \theta_4 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_2 - n_{ATI}) + (P_{rj} \times P_{ajATI} \times \theta_4 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_{ATI})) + [f_{j+1} * (S_{j+1})]] \tag{8}$$

Persamaan rekursif:

$$f_{j+1} * (S_{j+1}) = [(f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot Pa_{j0}) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{j0}) \cdot (P_{Cj0}) \times C_9 + \dots + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{jk}) \cdot (P_{Cjk}) \times C_9] \tag{9}$$

Model Optimisasi Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Terdeteriorasi dengan Pemeriksaan Sampling Ganda Untuk Meminimumkan Total Biaya

sehingga:

$$[[C_1 + (Q_j \times C_2)] + [(n \times W_1 \times C_3) + (Q_j \times W_1 \times C_4)] + [(P_{2j} \times n_1 \times W_2 \times C_5) + (P_{2j} \times Q_j \times W_2 \times C_6)] + [(P_{2j} \times P_{r1j} \times n \times W_3 \times C_7) + (P_{2j} \times P_{r1j} \times Q_j \times W_3 \times C_8)] + [(P_{rj} \times n \times W_3 \times C_7) + (P_{rj} \times Q_j \times W_3 \times C_8)] + [((Q_j - n_1) \times C_9 \times P_{aj} \times \Theta_2) + (P_{2j} \times P_{aj} \times \Theta_2 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_2)) + (P_{2j} \times P_{r1j} \times P_{ajATI} \times \Theta_4 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_2 - n_{ATI})) + (P_{rj} \times P_{ajATI} \times \Theta_4 \times C_9 \times (Q_j - n_1 - n_{ATI}))] + [(f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot P_{aj0}) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - P_{aj0}) \cdot (P_{c0}) \times C_9 + \dots + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - P_{ajk}) \cdot (P_{cjk}) \times C_9)] \quad (10)$$

5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

5.1. Pengujian Model

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 (empat) set data dimana masing-masing set data memiliki langkah-langkah seperti perhitungan permintaan, probabilitas kegagalan dan ukuran lot serta total biaya. Berikut ini adalah perhitungan untuk set data 1 yang memiliki permintaan lebih besar dari pada kapasitas yaitu D=9 dan K=10.

1. Penentuan nilai parameter

Nilai parameter set data 1 seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Parameter Set Data 1

Notasi	D	K	n1	nATI	W1	W2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	a	Pg0	Θ1	Θ2	Θ3	Θ4
Nilai	9	10	2	3.4	1	2	20	5	2	0.5	2	0.5	1	0.5	100	20%	15%	0.6	0.4	0.7	0.3

2. Perhitungan jumlah permintaan dan produksi

Jumlah permintaan dan jumlah produksi di setiap *run* seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Permintaan dan Produksi Set Data 1

j	Sj	Qj	n1	Terima n1										ATI	n2	Terima n2										ATI	Sn+1				
				Sn+1			P			Tr ATI			To ATI			Sn+1			P			Tr ATI			To ATI						
				B	C	P	B	C	P	B	C	P	B			C	P	B	C	P	B	C	P	B	C			P			
1	9	10	2	8	8	1	0.1,2,3,4,5,6,7,8	4	5	5	4	0.1,2,3,4,5	9	2	6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	7	0.1,2	9	1,2,3,4,5,7,8,9						
		9		7	7	2	0.1,2,3,4,5,6,7	3	5	5	4	0.1,2,3,4,5			5	5	4	0.1,2,3,4,5	3	2	2	7	0.1,2								
		8		6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	3	4	4	5	0.1,2,3,4			4	4	5	0.1,2,3,4	3	1	1	8	0.1								
		10		8	8	1	0.1,2,3,4,5,6,7,8	4	5	5	4	0.1,2,3,4,5			6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	7	0.1,2								
		9		7	7	2	0.1,2,3,4,5,6,7	3	5	5	4	0.1,2,3,4,5			5	5	4	0.1,2,3,4,5	3	2	2	7	0.1,2								
		8		6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	3	4	4	5	0.1,2,3,4			4	4	5	0.1,2,3,4	3	1	1	8	0.1								
		10		8	8	0	0.1,2,3,4,5,6,7,8	4	4	4	4	0.1,2,3,4			6	6	2	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	6	0.1,2								
		9		7	7	1	0.1,2,3,4,5,6,7	3	4	4	4	0.1,2,3,4			5	5	3	0.1,2,3,4,5	3	2	2	6	0.1,2								
		8		6	6	2	0.1,2,3,4,5,6	3	3	3	5	0.1,2,3			4	4	4	0.1,2,3,4	3	1	1	7	0.1,2								
		10		7	7	0	0.1,2,3,4,5,6,7	4	4	4	3	0.1,2,3,4			6	6	1	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	5	0.1,2								
		9		7	7	0	0.1,2,3,4,5,6,7	3	4	4	3	0.1,2,3,4			5	5	2	0.1,2,3,4,5	3	2	2	5	0.1,2								
		8		6	6	1	0.1,2,3,4,5,6	3	3	3	4	0.1,2,3			4	4	3	0.1,2,3,4	3	1	1	6	0.1								
		10		5	5	0	0.1,2,3,4,5	4	4	4	1	0.1,2,3,4			5	5	0	0.1,2,3,4,5	4	2	2	3	0.1,2								
		9		5	5	0	0.1,2,3,4,5	3	4	4	1	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4,5	3	2	2	3	0.1,2								
		8		5	5	0	0.1,2,3,4,5	3	3	3	2	0.1,2,3			4	4	1	0.1,2,3,4	3	1	1	4	0.1								
		10		4	4	0	0.1,2,3,4	4	4	4	0	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4	4	2	2	2	0.1,2								
		9		4	4	0	0.1,2,3,4	3	4	4	0	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4	3	2	2	2	0.1,2								
		8		4	4	0	0.1,2,3,4	3	3	3	1	0.1,2,3			4	4	0	0.1,2,3,4	3	1	1	3	0.1								
		10		3	3	0	0.1,2,3	4	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	4	2	2	1	0.1,2								
		9		3	3	0	0.1,2,3	3	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	3	2	2	1	0.1,2								
		8		3	3	0	0.1,2,3	3	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	3	1	1	2	0.1								
		10		2	2	0	0.1,2	4	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	4	2	2	0	0.1,2								
		9		2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2								
		8		2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	3	1	1	1	0.1								
		10		1	1	0	0.1	4	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	4	1	1	0	0.1								
		9		1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1								
		8		1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1								
		10		8	8	1	0.1,2,3,4,5,6,7,8	4	5	5	4	0.1,2,3,4,5			6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	7	0.1,2								
		9		7	7	2	0.1,2,3,4,5,6,7	3	5	5	4	0.1,2,3,4,5			5	5	4	0.1,2,3,4,5	3	2	2	7	0.1,2								
		8		6	6	3	0.1,2,3,4,5,6	3	4	4	5	0.1,2,3,4			4	4	5	0.1,2,3,4	3	1	1	8	0.1								
		10		8	8	0	0.1,2,3,4,5,6,7,8	4	4	4	4	0.1,2,3,4			6	6	2	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	6	0.1,2								
		9		7	7	1	0.1,2,3,4,5,6,7	3	4	4	4	0.1,2,3,4			5	5	3	0.1,2,3,4,5	3	2	2	6	0.1,2								
		8		6	6	2	0.1,2,3,4,5,6	3	3	3	5	0.1,2,3			4	4	4	0.1,2,3,4	3	1	1	7	0.1,2								
		10		7	7	0	0.1,2,3,4,5,6,7	4	4	4	3	0.1,2,3,4			6	6	1	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	5	0.1,2								
		9		7	7	0	0.1,2,3,4,5,6,7	3	4	4	3	0.1,2,3,4			5	5	2	0.1,2,3,4,5	3	2	2	5	0.1,2								
		8		6	6	1	0.1,2,3,4,5,6	3	3	3	4	0.1,2,3			4	4	3	0.1,2,3,4	3	1	1	6	0.1								
		10		6	6	0	0.1,2,3,4,5,6	4	4	4	2	0.1,2,3,4			6	6	0	0.1,2,3,4,5,6	4	2	2	4	0.1,2								
		9		6	6	0	0.1,2,3,4,5,6	3	4	4	2	0.1,2,3,4			5	5	1	0.1,2,3,4,5	3	2	2	4	0.1,2								
		8		6	6	0	0.1,2,3,4,5,6	3	3	3	3	0.1,2,3			4	4	2	0.1,2,3,4	3	1	1	5	0.1								
		10		5	5	0	0.1,2,3,4,5	4	4	4	1	0.1,2,3,4			5	5	0	0.1,2,3,4,5	4	2	2	3	0.1,2								
		9		5	5	0	0.1,2,3,4,5	3	4	4	1	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4,5	3	2	2	3	0.1,2								
		8		5	5	0	0.1,2,3,4,5	3	3	3	2	0.1,2,3			4	4	1	0.1,2,3,4	3	1	1	4	0.1								
		10		4	4	0	0.1,2,3,4	4	4	4	0	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4	4	2	2	2	0.1,2								
		9		4	4	0	0.1,2,3,4	3	4	4	0	0.1,2,3,4			4	4	0	0.1,2,3,4	3	2	2	2	0.1,2								
		8		4	4	0	0.1,2,3,4	3	3	3	1	0.1,2,3			4	4	0	0.1,2,3,4	3	1	1	3	0.1								
		10		3	3	0	0.1,2,3	4	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	4	2	2	1	0.1,2								
		9		3	3	0	0.1,2,3	3	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	3	2	2	1	0.1,2								
		8		3	3	0	0.1,2,3	3	3	3	0	0.1,2,3			3	3	0	0.1,2,3	3	1	1	2	0.1								
		10		2	2	0	0.1,2	4	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	4	2	2	0	0.1,2								
		9		2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2								
		8		2	2	0	0.1,2	3	2	2	0	0.1,2			2	2	0	0.1,2	3	1	1	1	0.1								
		10		1	1	0	0.1	4	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	4	1	1	0	0.1								
		9		1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1								
		8		1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1			1	1	0	0.1	3	1	1	0	0.1								

Tabel 6. Nilai Probabilitas Kegagalan Set Data 1

Probabilitas Kegagalan Set Data 1			
	Run ke-1	Run ke-2	Run ke-3
P _{gj}	0.18	0.22	0.26

Tabel 7. Nilai Probabilitas Inspeksi *Sampling Run* Produksi Set Data 1

j	Produksi (Q)	Sampel 1 (n ₁)	Inspeksi <i>Sampling</i>			Sampel 2 (n ₂)	Probabilitas Penerimaan (P _{a2j})	Probabilitas Penolakan (1-P _{a2j})	ATI		
			Probabilitas Penerimaan (P _{a1j})	Probabilitas Penolakan (p _{r1})	Probabilitas Pengambilan Sampel 2 (p ₂)				ATI Sampel (n ATI)	Probabilitas Penerimaan (P _{aATI})	Probabilitas Penolakan (1-P _{aATI})
1	10	2	0.70	0.05	0.25	2	0.18	0.82	4	0.87	0.13
	9										
	8										
2	10	2	0.64	0.07	0.28	2	0.18	0.82	3	0.83	0.17
	9										
	8										
3	10	2	0.59	0.10	0.31	2	0.18	0.82	3	0.78	0.22
	9										
	8										

Perhitungan nilai probabilitas hasil inspeksi setiap *run* produksi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Probabilitas Ditemukan Cacat di *Run* Produksi Set Data 1

Inspeksi									
j	Jumlah Pemeriksaan (Q-n)	Jumlah Produk Cacat (x)	Probabilitas Ditemukannya Produk Cacat (P _{cj})	Probabilitas Ditemukannya Produk Baik (1-P _{cj})	j	Jumlah Pemeriksaan (Q-n)	Jumlah Produk Cacat (x)	Probabilitas Ditemukannya Produk Cacat (P _{cj})	Probabilitas Ditemukannya Produk Baik (1-P _{cj})
1	1	0	0.82	0.18	2	6	0	0.23	0.77
		1	0.18	0.82			1	0.38	0.62
		2	0.67	0.33			2	0.26	0.74
	2	1	0.30	0.70			3	0.10	0.90
		2	0.03	0.97			4	0.02	0.98
		3	0.55	0.45			5	0.00	1.00
	3	1	0.36	0.64			6	0.00	1.00
		2	0.08	0.92			7	0.18	0.82
		3	0.01	0.99			8	0.35	0.65
	4	0	0.45	0.55			9	0.29	0.71
		1	0.40	0.60			10	0.13	0.87
		2	0.13	0.87			11	0.04	0.96
	5	3	0.02	0.98		12	0.01	0.99	
		4	0.00	1.00		13	0.00	1.00	
		5	0.37	0.63		14	0.00	1.00	
	6	1	0.41	0.59		15	0.14	0.86	
		2	0.18	0.82		16	0.31	0.69	
		3	0.04	0.96		17	0.30	0.70	
	7	4	0.00	1.00		18	0.17	0.83	
		5	0.00	1.00		19	0.06	0.94	
		6	0.30	0.70		20	0.01	0.99	
	8	1	0.40	0.60		21	0.00	1.00	
		2	0.22	0.78		22	0.00	1.00	
		3	0.06	0.94		23	0.00	1.00	
2	1	0	0.01	0.99	3	7	0	0.7408	0.26
		1	0.00	1.00			1	0.2592	0.74
		2	0.00	1.00			2	0.55	0.45
	2	0	0.25	0.75			3	0.38	0.62
		1	0.38	0.62			4	0.07	0.93
		2	0.25	0.75			5	0.41	0.59
	3	3	0.09	0.91			6	0.43	0.57
		4	0.02	0.98			7	0.15	0.85
		5	0.00	1.00			8	0.02	0.98
	4	6	0.00	1.00			9	0.30	0.70
		7	0.00	1.00			10	0.42	0.58
		8	0.20	0.80			11	0.22	0.78
	5	1	0.36	0.64		12	0.22	0.78	
		2	0.28	0.72		13	0.39	0.61	
		3	0.12	0.88		14	0.27	0.73	
	6	4	0.03	0.97		15	0.10	0.90	
		5	0.01	0.99		16	0.02	0.98	
		6	0.00	1.00		17	0.10	0.90	
	7	7	0.00	1.00		18	0.00	1.00	
		8	0.00	1.00		19	0.00	1.00	
		9	0.00	1.00		20	0.17	0.83	
	8	0	0.784	0.22		21	0.35	0.65	
		1	0.216	0.78		22	0.30	0.70	
		2	0.61	0.39		23	0.30	0.70	
9	1	0.34	0.66	24	0.14	0.86			
	2	0.05	0.95	25	0.04	0.96			
	3	0.48	0.52	26	0.01	0.99			
10	1	0.40	0.60	27	0.00	1.00			
	2	0.11	0.89	28	0.00	1.00			
	3	0.01	0.99	29	0.12	0.88			
11	0	0.38	0.62	30	0.30	0.70			
	1	0.42	0.58	31	0.31	0.69			
	2	0.17	0.83	32	0.18	0.82			
12	3	0.03	0.97	33	0.06	0.94			
	4	0.00	1.00	34	0.01	0.99			
	5	0.30	0.70	35	0.00	1.00			
13	1	0.41	0.59	36	0.00	1.00			
	2	0.22	0.78	37	0.09	0.91			
	3	0.06	0.94	38	0.25	0.75			
14	4	0.01	0.99	39	0.31	0.69			
	5	0.00	1.00	40	0.22	0.78			
	6	0.00	1.00	41	0.10	0.90			
15	7	0.00	1.00	42	0.03	0.97			
	8	0.00	1.00	43	0.00	1.00			
	9	0.00	1.00	44	0.00	1.00			
16	10	0.00	1.00	45	0.00	1.00			
	11	0.00	1.00	46	0.00	1.00			
	12	0.00	1.00	47	0.00	1.00			
17	13	0.00	1.00	48	0.00	1.00			
	14	0.00	1.00	49	0.00	1.00			
	15	0.00	1.00	50	0.00	1.00			

Model Optimisasi Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Terdeteriorasi dengan Pemeriksaan Sampling Ganda Untuk Meminimumkan Total Biaya

4. Perhitungan Total Biaya dan Penentuan Lot
 Pada langkah ini dilakukan perhitungan model optimasi *lot* produksi setiap *run* dengan pemrograman dinamis probabilistik yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Set Data 1

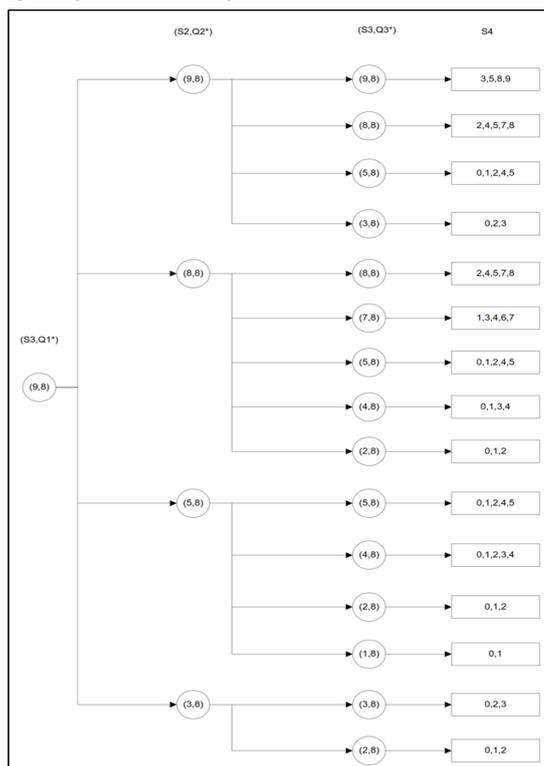
S4	f4*
0	0
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500
6	600
7	700
8	800
9	900

Set Data 1 Run 3						
S3	Q3	8	9	10	f3*	Q3*
1		284.640	324.779	357.283	284.640	8
2		287.128	327.649	360.152	287.128	8
3		287.595	328.117	360.620	287.595	8
4		287.926	328.447	360.951	287.926	8
5		287.987	328.449	360.953	287.987	8
6		287.992	328.489	368.251	287.992	8
7		287.992	328.532	368.329	287.992	8
8		287.992	328.532	368.333	287.992	8
9		287.992	328.532	368.333	287.992	8

Set Data 1 Run 2						
S2	Q2	8	9	10	f2*	Q2*
1		540.475	581.726	615.897	540.475	8
2		545.394	586.646	620.816	545.394	8
3		546.828	588.079	622.249	546.828	8
4		547.385	588.656	622.826	547.385	8
5		547.503	588.779	622.949	547.503	8
7		547.522	588.802	622.974	547.522	8
8		547.526	588.802	622.974	547.526	8
9		547.526	588.802	622.974	547.526	8

Set Data 1 Run 1						
S1	Q1	8	9	10	f1*	Q1*
9		840.14	923.67	993.73	840.14	8

Berdasarkan hasil perhitungan set data 1, maka diperoleh solusi optimal untuk model optimisasi ukuran *lot* yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Solusi Optimal Untuk Set Data 1

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan kedalam 4 set data maka menghasilkan rekapitulasi total ongkos untuk set data 1, set data 2, set data 3 dan set data 4 yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Total Ongkos

Parameter			Biaya (Satuan Biaya)	Keterangan	Q1*	Q2*	Q3*	Kenaikan Ongkos Total	Keterangan
Set Data 1	K>D		840.14	Permintaan = 9 unit dan kapasitas produksi = 10 unit	8	8	8		
Set Data 2	K=D		840.14	Permintaan = 9 unit dan kapasitas produksi = 9 unit	8	8	8		
Set Data 3	K<D		961.86	Permintaan = 9 unit dan kapasitas produksi = 9 unit	8	8	8		
Set Data 4	K>D	Set Data 4.1	1489.97	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	8	77.35%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Ongkos Setup = 10							
		Ongkos Produksi = 5							
		Ongkos Inspeksi = 2							

Tabel 9. Rekapitulasi Total Ongkos (lanjutan)

Parameter			Biaya (Satuan Biaya)	Keterangan	Q ^{1*}	Q ^{2*}	Q ^{3*}	Kenaikan Ongkos Total	Keterangan		
Set Data 4	K>D	Set Data 4.2	Ongkos Setup = 10	855.52	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 4	8	8	8	1.83%	Dibandingkan dengan Set Data 2	
			Ongkos Produksi = 5								
			Ongkos Penalti = 100								
	Set Data 4.3	Set Data 4.3	Ongkos Setup = 10	Ongkos Produksi = 5	1489.97	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	8	77.35%	Dibandingkan dengan Set Data 1
				Ongkos Penalti = 200							
				Ongkos Inspeksi = 2							
	Set Data 4.4	Set Data 4.4	Ongkos Setup = 10	Ongkos Produksi = 5	855.52	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 4	8	8	8	1.83%	Dibandingkan dengan Set Data 1
				Ongkos Penalti = 100							
				Ongkos Inspeksi = 4							
	Set Data 4.5	K=D	Set Data 4.5	Ongkos Setup = 20	870.14	Parameter ongkos <i>setup</i> berubah, semula Ongkos <i>Setup</i> = 10 terjadi kenaikan sebesar 100 % menjadi 20	8	8	8	3.57%	Dibandingkan dengan Set Data 2
				Ongkos Produksi = 5							
				Ongkos Penalti = 100							
Set Data 4.6	Set Data 4.6	Ongkos Setup = 10	Ongkos Produksi = 10	960.14	Parameter ongkos produksi berubah, semula Ongkos Produksi = 5 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 10	8	8	8	14.28%	Dibandingkan dengan Set Data 2	
			Ongkos Penalti = 100								
			Ongkos Inspeksi = 2								
Set Data 4.7	Set Data 4.7	Ongkos Setup = 10	Ongkos Produksi = 5	1489.97	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	8	77.35%	Dibandingkan dengan Set Data 2	
			Ongkos Penalti = 200								
			Ongkos Inspeksi = 2								
Set Data 4.8	Set Data 4.8	Ongkos Setup = 10	Ongkos Produksi = 5	855.52	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 4	8	8	8	1.83%	Dibandingkan dengan Set Data 2	
			Ongkos Penalti = 100								
			Ongkos Inspeksi = 4								

5.2. Analisis

Berdasarkan rekapitulasi maka diperoleh analisis bahwa perubahan parameter permintaan sama dengan kapasitas tidak mempengaruhi total ongkos, artinya perubahan parameter kapasitas dalam penelitian ini tidak sensitif. Hal ini karena pada solusi optimal, hanya terpilih ukuran *lot* produksi dengan ukuran 8 pada setiap *run*. Selain itu perubahan parameter ongkos *set up*, produksi, inspeksi, dan penalti juga mempengaruhi total biaya yang dihasilkan.

6. KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Perubahan parameter kapasitas tidak akan mempengaruhi total ongkos yang dikeluarkan selama produksi. Selain itu perubahan parameter tersebut juga tidak mempengaruhi solusi optimal yang dihasilkan. Solusi optimal dihitung dengan menggunakan model optimisasi ukuran *lot* produksi pada sistem yang terdeteriorasi dengan mempertimbangkan inspeksi *sampling* ganda. Model optimasi melakukan beberapa langkah yaitu, menentukan permintaan, probabilitas, dan pemrograman dinamis.

REFERENSI

Ben-Daya, M., Rahim. (2003). Optimal Lot-sizing, Quality Improvement and Inspection Errors for Multistage Production System, *International Journal of Production Research*, Vol. 41, pp. 65-79.

Indrapriyatna et al. (2002). Model Penjadwalan *Batch* pada Satu Mesin yang Mengalami Deteriorasi untuk Minimasi Total Ongkos Biaya Simpan dan Biaya Kualitas. *Jurnal Online, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra*.

Irawan Dicky. (2013). *Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi yang Mengalami Deteriorasi dengan Kriteria Minimisasi Total Ongkos*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, ITENAS, Bandung.

Model Optimisasi Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Terdeteriorasi dengan Pemeriksaan Sampling Ganda Untuk Meminimumkan Total Biaya

Nishfi, Fadli. (2014). *Model Optimisasi Lot Produksi pada Sistem Produksi yang Terdeteriorasi dengan Mempertimbangkan Inspeksi Sampling untuk Meminimumkan Total Biaya*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik industri, ITENAS, Bandung.

Perdana, Adelia Septy. (2008). *Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi yang Mempertimbangkan Inspeksi Sampling dengan Kriteria Minimisasi Total Ongkos*, Jurnal Online, Jurusan Teknik Industri, ITENAS, Bandung.

Ramadlan, Rommy. (2015). *Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi Terdeteriorasi dan Mempertimbangkan Inspeksi Sampling untuk Meminimumkan Total Biaya*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, ITENAS, Bandung.

Walpole, Ronald E and Myers, Raymond H. (1995). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 4th Edition, ITB, Bandung.