

# MODEL OPTIMISASI UKURAN LOT PRODUKSI PADA SISTEM PRODUKSI TIDAK SEMPURNA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PEMERIKSAAN SAMPLING BERGANDA DAN PROSES *REWORK*

Muhammad Ryan Wirakusuma, Arie Desrianty, Hendro Prassetiyo,

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: [Muhammad.ryan@yahoo.com](mailto:Muhammad.ryan@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Penelitian ini didasari oleh sistem persediaan yang dibuat oleh model Economic Production Quantity (EPQ). Selain model EPQ penelitian ini mengembangkan model-model sebelumnya yang menggunakan inspeksi sampling tunggal dan sensus yang memperhatikan sistem produksi yang tidak sempurna (deteriorasi). Pada penelitian ini menggunakan inspeksi sampling ganda. Setelah melakukan inspeksi sampling dilanjutkan dengan inspeksi ATI lalu inspeksi sensus. Hasil dari inspeksi sensus untuk produk yang cacat langsung mengalami proses rework. Penelitian ini menggunakan pemrograman dinamis probabilistik untuk menghasilkan suatu model optimisasi penentuan lot produksi pada sistem produksi tidak sempurna dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi total ongkos.*

**Kata kunci:** *deteriorasi, rework, sampling ganda, produk cacat, lot produksi*

## ABSTRACT

*This study is based on the inventory system created by the model of Economic Production Quantity (EPQ). In addition to this study developed a model of EOQ previous models that use a single sampling inspection and census pay attention to the production system is not perfect (deterioration). This study using double sampling inspection. After inspecting sampling followed by inspection ATI and inspection census. Results of inspections census for defective products directly go through to the rework process. This study uses dynamic programming to generate a probabilistic determination of the optimization model production lot on the production system is not perfect by taking into account factors that affect the total costs.*

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

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Pengantar

Pada zaman serba modern ini kebutuhan konsumen akan barang yang diinginkan sangat tinggi. Metode yang mengatur jumlah persediaan bisa dilakukan dengan metode EPQ. Metode EPQ memiliki asumsi bahwa seluruh pesanan produk dalam suatu sistem produksi selalu baik tidak ada kecacatan dalam produk. Pada kenyataannya asumsi yang ada pada metode EPQ tidak selalu benar dan perlu ditinjau kembali untuk menjaga perubahan yang ada pada asumsi.

Model Ben-Daya & Rahim (2003) melakukan suatu penelitian untuk menentukan ukuran *lot* produksi pada sistem produksi yang tidak sempurna dimana terdapat dua kemungkinan yaitu proses produksi berjalan dengan baik seluruhnya dan proses produksi mengalami kegagalan mesin sehingga tidak sempurna. Pada model Ben-Daya & Rahim (2003) ini proses pemeriksaan dilakukan dengan cara sampling. Setelah pemeriksaan secara *sampling* apabila terdapat *lot* produksi yang ditolak tidak dilakukan pemeriksaan lagi.

Model Irawan (2013) yaitu memperhatikan biaya kegagalan internal dimana di dalamnya terdapat komponen biaya kualitas. Biaya kegagalan internal ini tidak diperhitungkan dalam model-model sebelumnya. Penelitian ini mempertimbangkan bahwa sistem produksi tidak sempurna tidak hanya dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pemeriksaan sensus namun pada kondisi mesin/peralatan yang mengalami deteriorasi. Pada penelitian ini, saat melakukan proses pemeriksaan dilakukan secara sensus akan diasumsikan bahwa produk hasil *rework* selalu baik dan langsung dikirim pada konsumen.

Penelitian Nishfi (2014), yaitu membuat model optimisasi dengan melakukan inspeksi sampling dan inspeksi sensus. Saat melakukan uji sampling terdapat kemungkinan diterima dan ditolak apabila diterima maka akan langsung dikirim ke konsumen apabila ditolak maka dilanjutkan dengan melakukan inspeksi sensus. Setelah inspeksi sensus selesai dilakukan produk yang ditolak akan mengalami proses *rework*.

Model Ramadlan (2015), yaitu membuat model dengan menggunakan inspeksi sampling tunggal dan mempertimbangkan sistem produksi yang tidak sempurna akibat kesalahan pada saat pemeriksaan oleh operator. Faktor yang mempengaruhi yaitu inspeksi sampling yang mempertimbangkan ukuran sampel, produk yang ditolak akan *rework* dan terdapat tiga kemungkinan, yaitu produk baik, *rework* dan *reject*.

### 1.2. Identifikasi Masalah

Penelitian ini akan menghasilkan suatu model optimasi penentuan ukuran *lot* produksi pada sistem produksi yang terdeteriorasi dengan mempertimbangkan kesalahan inspeksi sampling berganda untuk meminimumkan total biaya. Pada model penelitian ini pemeriksaan dilakukan dengan inspeksi sampling berganda, inspeksi ATI, dan sensus. Inspeksi sensus dilakukan jika keputusan *lot* inspeksi ATI ditolak. Selain itu pada model ini juga ada proses *rework* jika hasil dari inspeksi sensus ditolak, hasil dari *rework* diasumsikan baik.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1. Metode EOQ & EPQ

Menurut Tersine (1994) metode EOQ (*Economic Order Quantity*) adalah model untuk menentukan kuantitas pesanan persediaan meminimumkan biaya langsung penyimpanan

persediaan dan biaya kebalikannya (*inverse cost*) pemesanan persediaan. Tujuan model EOQ adalah untuk menentukan jumlah ukuran *lot* setiap kali pemesanan. Pada dasarnya formulasi EOQ selalu diasumsikan bahwa seluruh pesanan *item* selalu diterima menjadi persediaan yang akan diproses kemudian. Dengan permintaan yang konstan, maka EPQ (*Economic Production Quantity*) dapat ditentukan berdasarkan model EOQ.

## **2.2. Konsep Persediaan**

Menurut Tersine (1994) tujuan pengendalian persediaan adalah jangan sampai kehabisan bahan, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan menjaga kualitas bahan. Persediaan sangat penting bagi setiap perusahaan, baik perusahaan *manufacturing* maupun *non manufacturing* baik perusahaan kecil, perusahaan menengah ataupun perusahaan besar. Didalam penyelenggaraan persediaan bahan baku terdapat faktor-faktor yang memiliki pengaruh terhadap persediaan bahan baku yang saling terkait antara satu faktor dengan faktor diantaranya, perkiraan pemakaian bahan baku, harga bahan baku, biaya-biaya dalam persediaan, kebijaksanaan pembelanjaan, pemakaian bahan baku, waktu tunggu, model pembelian, *safety stock*, dan pemesanan kembali.

## **2.3. 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. Model ini mempertimbangkan adanya kesalahan dalam pemeriksaan seperti menerima produk yang gagal (*defective item*) dan menolak produk yang baik (*good item*).

## **2.4. Model Perdana (2008)**

Pada model Perdana (2008) dilakukan pengembangan inspeksi secara sampling pada beberapa *run* produksi untuk mengurangi terjadinya penalti apabila permintaan tidak terpenuhi.

## **2.5. Model Irawan (2013)**

Model Irawan (2013) bertujuan untuk mendapatkan solusi dari model penentuan ukuran *lot* produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos. Proses inspeksi pada model ini dilakukan dengan menggunakan sensus.

## **2.6. Model Nishfi (2014)**

Model Nishfi (2014) bertujuan untuk mendapatkan solusi dari model penentuan *lot* produksi yang mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan yaitu inspeksi sampling. Hasil dari pemeriksaan sampling akan diperiksa secara sensus, kemudian keputusan ditolak dari pemeriksaan sensus akan langsung *rework*.

## **2.6. Model Ramadhan (2015)**

Menurut Ramadhan (2015) faktor yang mempengaruhi adalah pemeriksaan dilakukan secara *sampling* yang mempertimbangkan ukuran sampel, produk yang ditolak akan *rework* dan terdapat tiga kemungkinan, yaitu produk baik, *rework*, dan *reject*. Produk dengan kemungkinan *rework* akan diinspeksi kembali secara sensus dan akan menghasilkan dua kemungkinan yaitu diterima atau ditolak.

## **2.8. Sampling Penerimaan**

Menurut Juran (1993), sampling penerimaan merupakan proses evaluasi sebagian ukuran *lot* produksi untuk diambil keputusan yaitu menerima *lot* atau menolak *lot* tersebut. keuntungan utama dari sampling penerimaan yaitu lebih efisien dalam segi biaya atau lebih

ekonomis. Sampling penerimaan terdiri dari kelebihan dan kekurangan sampling, tipe sampling, resiko produsen dan resiko konsumen, serta sistem AQL untuk penarikan sampel penerimaan.

### **2.9. Distribusi Binomial**

Menurut Walpole (1995), distribusi binomial merupakan distribusi diskrit yang menaksir suatu probabilitas sukses (H) tepat akan terjadi  $x$  kali dalam percobaan 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.

### **2.10. Distribusi Poisson**

Menurut Walpole (1995), distribusi poisson adalah distribusi peluang acak poisson  $X$ , yang menyatakan banyaknya sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu atau daerah tertentu. Bilangan  $X$  yang menyatakan banyaknya hasil percobaan dalam suatu percobaan poisson disebut peubah acak poisson dan sebaran peluangnya disebut sebaran poisson.

### **2.11. Pemrograman Dinamis**

Menurut Irawan (2013), pemrograman dinamis dibagi menjadi dua jenis yaitu, pemrograman dinamis deterministik dan pemrograman dinamis probabilistik. Pada bagian ini akan dikemukakan pendekatan pemrograman dinamis sebagai persoalan deterministik, dimana *state* pada *stage* berikutnya sepenuhnya ditentukan oleh *state* dan keputusan pada *stage* saat ini. Berbeda dengan pemrograman dinamis probabilistik, pada pemrograman dinamis probabilistik ini *stage* berikutnya tidak dapat seluruhnya ditentukan oleh *state* dan keputusan pada *stage* saat ini, tetapi ada suatu distribusi kemungkinan mengenai apa yang akan terjadi. Namun, distribusi kemungkinan ini masih seluruhnya ditentukan oleh *state* dan keputusan pada *stage* saat ini.

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Studi Literatur**

Studi literatur pada penelitian ini membahas mengenai model ukuran pemesanan dengan menggunakan Metode EOQ dan EOQ, teori Model Ben-daya & Rahim(2003), sistem persediaan, Perdana (2008), Irawan (2013), Nisfhi (2014), Ramadlan (2015), penerimaan sampling, distribusi binomial, distribusi poisson, dan pemrograman dinamis.

### **3.2. Identifikasi Masalah**

Masalah yang terjadi di dalam sistem produksi yaitu penentuan ukuran *lot* produksi. Penentuan ukuran *lot* produksi yang optimal mempertimbangkan faktor deteriorasi dengan mengembangkan model Ramadlan (2015). Penelitian ini menggunakan sampling berganda. Pada setiap sampling apabila produknya menghasilkan kemungkinan ditolak maka dilanjutkan dengan menggunakan inspeksi ATI, yaitu pemeriksaan rata-rata suatu produk, setelah itu apabila menghasilkan ditolak maka akan dilakukan pemeriksaan keseluruhan yaitu inspeksi sensus, apabila masih ditolak maka produk akan dilakukan proses *rework*.

### **3.3. Pengembangan Model**

Pengembangan model dilakukan melalui beberapa tahapan untuk menentukan model yang diinginkan. Model didasari model yang dikembangkan oleh Ramadlan (2015). Posisi penelitian ini terhadap penelitian-penelitian lain yang berkaitan dapat dilihat pada Tabel 1.

*Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi Tidak Sempurna dengan Mempertimbangkan Pemeriksaan Sampling Berganda dan Proses Rework*

**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	
Kriteria	Kondisi	Statis & Deterministik	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 pada sistem 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 terdeteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos dengan memperhatikan kesalahan pemeriksaan	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos	Proses tidak selalu terkendali, sehingga sistem produksi tidak sempurna akibat mengalami deteriorasi dan kesalahan inspeksi sampling, inspeksi ATI dan inspeksi sensus. Dengan menggunakan sampling ganda untuk kriteria meminimasi ongkos
	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 Produksi, Ongkos penalti, Ongkos Pengendalian Kualitas, Komponen biaya kualitas (biaya kegagalan internal dan eksternal)	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos Produksi, Ongkos Pemeriksaan sampling, Ongkos pemeriksaan ATI, dan Ongkos pemeriksaan sensus, Ongkos rework
	Proses Inspeksi	Sampling	Sampling	Sampling	Sensus	Sampling, Sensus	Sampling	Sampling ganda, ATI, dan Sensus
	Ukuran Sampel	Tidak Dipertimbangkan	Tidak Dipertimbangkan	Dipertimbangkan	Tidak ada	Dipertimbangkan (sampling)	Dipertimbangkan (sampling)	Dipertimbangkan (sampling)
	Fungsi Tujuan	Minimasi Total Ongkos	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)	Minimasi Ekspektasi Total Cost (ETC)
	Variabel Keputusan	Produksi dan <i>Reorder Point</i>	Ukuran Lot Produksi	Qj : Ukuran Lot Produksi pada setiap run produksi ke-j	Qj : Ukuran Lot Produksi pada setiap run produksi ke-j	Qj : Ukuran Lot Produksi pada setiap run produksi ke-j	Qj : Ukuran Lot Produksi pada setiap run produksi ke-j	Qj : Ukuran Lot Produksi pada setiap run produksi ke-j
	Metode Solusi	Analistik	<i>Trasnision 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 <i>demand</i> yang belum terpenuhi	Jumlah <i>demand</i> yang belum terpenuhi	Jumlah <i>demand</i> yang belum terpenuhi	Jumlah <i>demand</i> yang belum terpenuhi	Jumlah <i>demand</i> yang belum terpenuhi	

### 3.4. Pengujian Model dan Analisis

Pengujian model dilakukan dengan menggunakan data hipotetik. Pengujian model bertujuan untuk mengetahui sejauh mana solusi optimal yang diperoleh dari model tersebut, sehingga jika solusi optimal belum memenuhi fungsi tujuan dapat dilakukan perbaikan dan pengembangan kembali terhadap model penelitian. Selain itu dilakukan pengujian sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan-perubahan parameter ongkos pada penelitian ini.

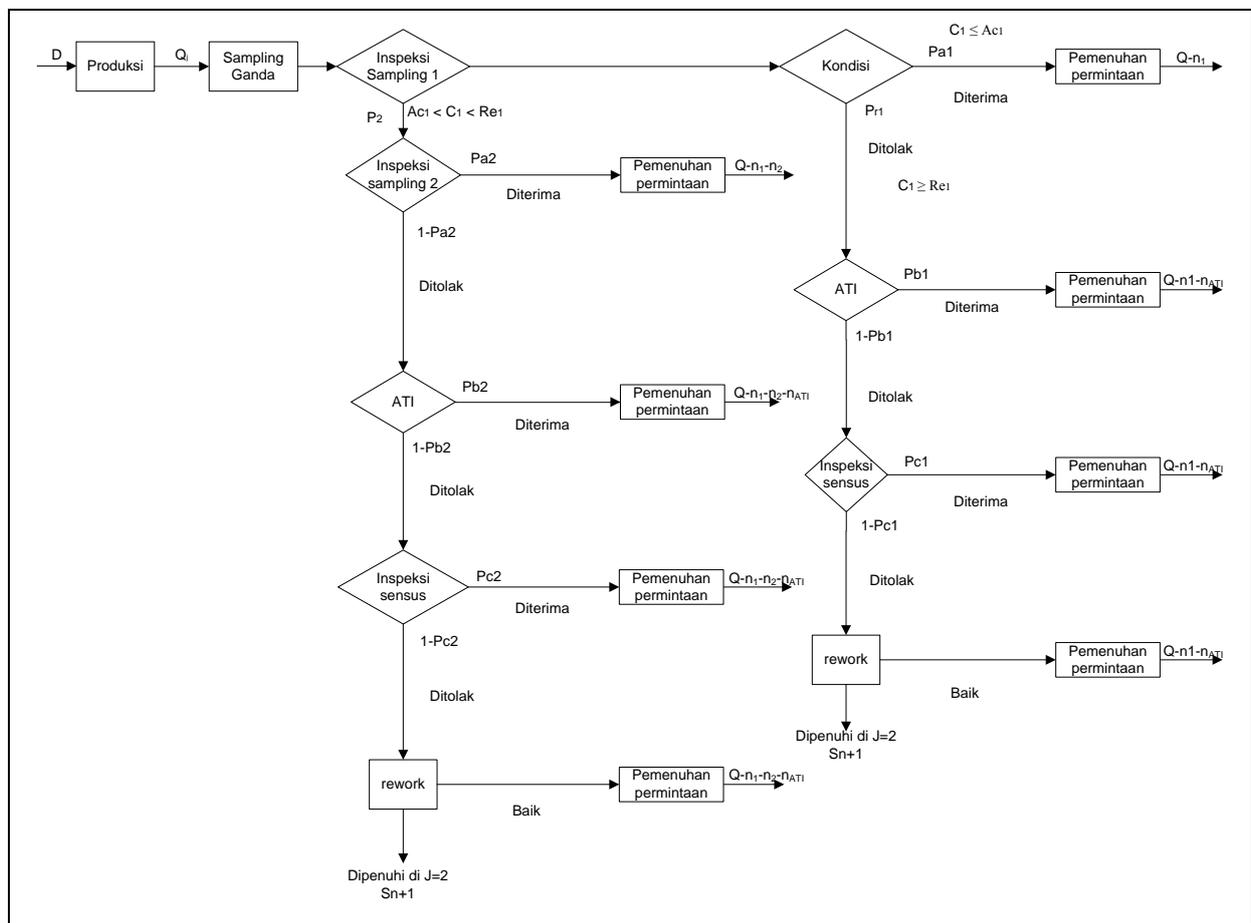
### 3.5. Kesimpulan

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 inspeksi sampling, inspeksi ATI, dan inspeksi sensus dalam pemeriksaanya. Produksi dilakukan dalam beberapa *run*. Apabila belum terpenuhi pada *run* sebelumnya maka akan dipenuhi pada *run* selanjutnya. Kondisi setelah proses *rework* diasumsikan baik. Ukuran *lot* produksi dilambangkan dengan ( $Q$ ) dan akan diproduksi sesuai dengan permintaan konsumen sebesar ( $D$ ) dengan memiliki kapasitas ( $K$ ). Sampel ( $n$ ) diambil dari ukuran *lot* produksi dengan tanpa pengembalian dan selanjutnya akan dilakukan proses inspeksi. Proses inspeksi sampling akan menghasilkan tiga kemungkinan yaitu diterima untuk sampling satu ( $Pa$ ), sampling kedua yaitu ( $P$ ), dan ditolak sampling satu ( $Pr$ ). Untuk proses pemeriksaan sampling satu dan dua apabila produk ditolak maka dilanjutkan dengan inspeksi ATI yang memiliki dua kemungkinan yaitu diterima ( $Pb$ ) dan ditolak ( $1-Pb$ ). Setelah inspeksi ATI dilakukan apabila produk masih ditolak maka produk akan mengalami inspeksi sensus yang menghasilkan dua kemungkinan yaitu diterima ( $Pc$ ) dan ditolak ( $1-Pc$ ). Apabila setelah inspeksi sensus dilakukan masih ada produk yang ditolak maka produk akan mengalami proses *rework*. Sistem penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penelitian

### 4.2. Asumsi – Asumsi

Pada penelitian ini dibutuhkan asumsi-asumsi untuk dapat menyederhanakan masalah yang diteliti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

*Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi Tidak Sempurna dengan Mempertimbangkan Pemeriksaan Sampling Berganda dan Proses Rework*

**Tabel 2. Asumsi-asumsi**

No	Asumsi	No	Asumsi
1	Laju permintaan konsumen bersifat deterministik	8	Probabilitas terjadinya produk gagal akan terus meningkat di setiap <i>run</i> produksi
2	<i>Set up</i> dilakukan setiap <i>lot</i> akan produksi	9	Laju kenaikan probabilitas terjadinya produk gagal di setiap <i>run</i> produksi tetap
3	Setiap produk yang dihasilkan di setiap <i>run</i> produksi ( <i>Q<sub>j</sub></i> ), akan diambil sampel sejumlah <i>n1</i> untuk dilakukan pemeriksaan secara sampling 1 dan sejumlah <i>n1 + n2</i> untuk dilakukan pemeriksaan secara sampling 2	10	Setiap produk yang diterima akan langsung dikirim untuk memenuhi permintaan
4	Setiap produk yang ditolak dari hasil pemeriksaan sampling, maka akan langsung mengalami proses inspeksi ATI	11	Pada setiap <i>run</i> produksi ukuran <i>lot</i> produksi minimumnya adalah 8 unit, karena sampel yang diambil sebanyak 7 unit
5	Setiap produk yang ditolak dari hasil pemeriksaan ATI, maka akan langsung mengalami proses inspeksi sensus	12	Setiap produk cacat akan dipenuhi pada <i>run</i> produksi selanjutnya
6	Setiap produk yang ditolak dari hasil pemeriksaan sensus, maka akan langsung mengalami proses <i>rework</i>	13	Hasil dari proses <i>rework</i> diasumsikan baik
7	Jumlah sampel sebanyak <i>n + ATI</i> tidak diperiksa kembali pada pemeriksaan sensus, sehingga pada saat produk yang diperiksa secara sensus adalah jumlah produksi dikurangi jumlah sampel ( <i>Q<sub>j</sub> - n - ATI</i> )		

**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
<i>j</i>	<i>Run</i> produksi, ( <i>j = 1, 2, 3, ..., j</i> )	<i>B<sub>1</sub></i>	Biaya produksi (Rp)
<i>Q<sub>j</sub></i>	Ukuran lot produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (unit)	<i>B<sub>2</sub></i>	Biaya inspeksi sampling 1 (Rp)
<i>n</i>	Ukuran sampel (unit)	<i>B<sub>3</sub></i>	Biaya inspeksi sampling 2 (Rp)
<i>n<sub>ATI</sub></i>	Ukuran sampel ATI (unit)	<i>B<sub>4</sub></i>	Biaya simpan inspeksi sampling 1 (Rp)
<i>W<sub>1</sub></i>	Waktu inspeksi sampling 1 (waktu/unit)	<i>B<sub>5</sub></i>	Biaya simpan inspeksi sampling 2 (Rp)
<i>W<sub>2</sub></i>	Waktu inspeksi sampling 2 (waktu/unit)	<i>B<sub>6</sub></i>	Biaya inspeksi ATI 1 (Rp)
<i>W<sub>3</sub></i>	Waktu inspeksi ATI 1 (waktu/unit)	<i>B<sub>7</sub></i>	Biaya inspeksi ATI 2 (Rp)
<i>W<sub>4</sub></i>	Waktu inspeksi ATI 2 (waktu/unit)	<i>B<sub>8</sub></i>	Biaya simpan inspeksi ATI 1 (Rp)
<i>W<sub>5</sub></i>	Waktu inspeksi sensus 1 (waktu/unit)	<i>B<sub>9</sub></i>	Biaya simpan inspeksi ATI 2 (Rp)
<i>W<sub>6</sub></i>	Waktu inspeksi sensus 2 (waktu/unit)	<i>B<sub>10</sub></i>	Biaya inspeksi sensus 1 (Rp)
<i>W<sub>7</sub></i>	Waktu <i>rework</i> 1 (waktu/unit)	<i>B<sub>11</sub></i>	Biaya inspeksi sensus 2 (Rp)
<i>W<sub>8</sub></i>	Waktu <i>rework</i> 2 (waktu/unit)	<i>B<sub>12</sub></i>	Biaya simpan inspeksi sensus 1 (Rp)
<i>1 - Pa<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sampling 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>B<sub>13</sub></i>	Biaya simpan inspeksi sensus 2 (Rp)
<i>Pa<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi sampling 1 dan 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>B<sub>14</sub></i>	Biaya <i>rework</i> 1 (Rp)
<i>Pr<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sampling 1 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>B<sub>15</sub></i>	Biaya <i>rework</i> 2 (Rp)
<i>P<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk untuk inspeksi sampling 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>B<sub>16</sub></i>	Biaya simpan <i>rework</i> 1 (Rp)
<i>1 - Pb<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi ATI 1 dan 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>B<sub>17</sub></i>	Biaya simpan <i>rework</i> 2 (Rp)
<i>Pb<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi ATI 1 dan 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>x</i>	Jumlah produk cacat
<i>1 - Pc<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sensus 1 dan 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>P</i>	Probabilitas produk gagal (%)
<i>Pc<sub>j</sub></i>	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi sensus 1 dan 2 pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)	<i>q</i>	Probabilitas produk baik (%)
<i>i</i>	Laju kenaikan probabilitas produk gagal (%)	<i>C<sub>10</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi ATI 2 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>1</sub></i>	Ongkos set-up (Rp)	<i>C<sub>11</sub></i>	Ongkos inspeksi sensus 1 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>2</sub></i>	Ongkos produksi (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>12</sub></i>	Ongkos inspeksi sensus 2 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>3</sub></i>	Ongkos inspeksi sampling 1 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>13</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi sensus 1 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>4</sub></i>	Ongkos inspeksi sampling 2 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>14</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi sensus 2 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>5</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi sampling 1 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>15</sub></i>	Ongkos <i>rework</i> 1 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>6</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi sampling 2 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>16</sub></i>	Ongkos <i>rework</i> 2 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>7</sub></i>	Ongkos inspeksi ATI 1 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>17</sub></i>	Ongkos simpan <i>rework</i> 1 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>8</sub></i>	Ongkos inspeksi ATI 2 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>18</sub></i>	Ongkos simpan <i>rework</i> 2 (Rp/unit/waktu)
<i>C<sub>9</sub></i>	Ongkos simpan inspeksi ATI 1 (Rp/unit/waktu)	<i>C<sub>19</sub></i>	Ongkos penalti (Rp)

#### 4.4. Pemodelan Probabilitas Kegagalan *Items*

Pemodelan probabilitas kegagalan pada setiap *run* produksi dimodelkan dengan  $Pg_j$ . Dimana  $Pg_j$  merupakan probabilitas kegagalan suatu produk yang 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:

$$Pg_j = (1+a)^j \times Pg_0 \quad (1)$$

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

$$b(x;n;p) = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot q^{n-x} \quad (2)$$

#### 4.5. Biaya-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 penalti yang timbul apabila permintaan tidak terpenuhi.

#### 4.6. Biaya Kegagalan Internal

Biaya kegagalan internal yang dibutuhkan dalam model penelitian ini, yaitu biaya inspeksi sampling berganda, inspeksi ATI, dan sensus merupakan biaya yang dikeluarkan selama produksi. Selain itu biaya simpan inspeksi sampling berganda, inspeksi ATI, dan sensus merupakan biaya yang timbul karena penyimpanan produk selama produk diinspeksi. Untuk biaya *rework* merupakan biaya yang timbul karena terdapat produk cacat hasil dari inspeksi sensus, dan biaya simpan *rework* merupakan biaya yang timbul karena penyimpanan produk selama produk mengalami proses *rework*.

#### 4.7. Formulasi Pemrograman Dinamis Probabilistik

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

##### Tahap

Penelitian ini dalam mengambil keputusan ukuran *lot* produksi dilakukan pada setiap *run* produksi ke- $j$ , dengan  $j = 1, 2, 3, \dots, j$ . Maka pengambilan keputusan di setiap *run* produksi ke- $j$  dinyatakan sebagai tahap pengambilan keputusan.

##### Variabel keputusan

Pada penelitian ini yang menjadi variabel keputusan yaitu ukuran *lot* produksi pada setiap *run* produksi ke- $j$  ( $Q_j$ ) pada sistem produksi yang mengalami *deteriorasi* dengan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan pada saat sampling, ATI, dan sensus dengan kriteria minimasi total biaya.

##### Status

Struktur dari pemrograman dinamis probabilistik yang menunjukkan hubungan antara status ditahap ke- $j$ , keputusan  $Q_j$ , probabilitas ke- $j$ , dan status ditahap ke- $(j+1)$ .

##### Fungsi Tujuan

$$f_j(S_j, Q_j) =$$

$$\begin{aligned} \text{Min } \sum_{j=1}^J & [(C_1 + (Q_j \times C_2)) + [n \times W_1 \times C_3] + [n \times P_j \times W_2 \times C_4] + [(Q_j - n_1) \times W_1 \times C_5] + \\ & [(Q_j - n_1 - n_2) \times P_j \times W_2 \times C_6] + [n_{ATI} \times P_{rj} \times W_3 \times C_7] + [n_{ATI} \times P_j \times (1 - P_{aj}) \times W_4 \times C_8] + [(Q_j - \\ & n_1 - n_{ATI}) \times P_{rj} \times W_3 \times C_9] + [(Q_j - n_1 - n_2 - n_{ATI}) \times P_j \times (1 - P_{aj}) \times W_4 \times C_{10}] + [P_{rj} \times (1 - P_{bj}) \times Q_j \times \\ & W_5 \times C_{11}] + [P_j \times (1 - P_{aj}) \times (1 - P_{bj}) \times Q_j \times W_6 \times C_{12}] + [P_{rj} \times (1 - P_{bj}) \times (Q_j - n_1 - n_{ATI}) \times W_5 \times C_{13}] \\ & + [P_j \times (1 - P_{aj}) \times (1 - P_{bj}) \times (Q_j - n_1 - n_2 - n_{ATI}) \times W_6 \times C_{14}] + [P_{rj} \times (1 - P_{bj}) \times (1 - P_{cj}) \times Q_j \times W_7 \times \end{aligned}$$

*Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi Tidak Sempurna dengan Mempertimbangkan Pemeriksaan Sampling Berganda dan Proses Rework*

$$C_{15}] + [P_j \times (1-P_{aj}) \times (1-P_{bj}) \times (1-P_{cj}) \times Q_j \times W_8 \times C_{16}] + [P_{rj} \times (1-P_{bj}) \times (1-P_{cj}) \times Q_j \times W_7 \times C_{17}] + [P_j \times (1-P_{aj}) \times (1-P_{bj}) \times (1-P_{cj}) \times Q_j \times W_8 \times C_{18}] + [f_{j+1} * (S_{j+1})] \tag{3}$$

Persamaan rekursif:

$$f_{j+1} * (S_{j+1}) = [(f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot Pa_{j0}) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (P_{rj}) \cdot (P_{bj0}) + \dots + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (P_j) \cdot (1-P_{aj}) \cdot (1-P_{bj}) \cdot (1-P_{cj})] \tag{4}$$

### 5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

#### 5.1. Pengujian Model

Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat set data. Set data 1 permintaan lebih kecil dari pada kapasitas, set data 2 permintaan sama dengan kapasitas, set data 3 permintaan lebih besar dari pada kapasitas, dan set data empat perubahan parameter pada set data 1 dan 2. Berikut ini adalah perhitungan untuk set data 1:

##### Nilai Parameter

Nilai parameter untuk set data 1 terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Nilai Parameter Set Data 1**

Notasi	D	K	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>ATI</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	W <sub>6</sub>	W <sub>7</sub>	W <sub>8</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	i
Nilai	9	10	2	2	3,4	1	1	2	2	1	1	2	2	10	5	2	20%

Notasi	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>19</sub>	P <sub>c1</sub>	P <sub>0</sub>
Nilai	2	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	3	3	1	1	1	1	3	3	100	1	15%

##### Menentukan Permintaan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap set data untuk menentukan *lot* produksi yang harus dipenuhi disetiap *run* untuk permintaan tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Jumlah Permintaan dan Produksi Set Data 1**

j	Sj	Qj	n	Set data													
				Sampling 1 = n1							Sampling 2 = n2						
				Sn+1 (Tr)	ATI	Sn+1 (Tr)	Sensus		Rework	Sn+1	Sn+1 (Tr)	ATI	Sn+1 (Tr)	Sensus		Rework	Sn+1
							Sn+1 (Tr)	Sn+1 (Tr)						Sn+1 (Tr)	Sn+1 (Tr)		
1	9	8	2	3	3	6	6,7,8	6,7,8	3,6,7,8	5	3	8	8	8	5,8		
		9		2	3	5	5,6,7,8	5,6,7,8	2,5,6,7,8	4	3	7	7,8	7,8	4,7,8		
		10		1	4	5	5,6,7,8	5,6,7,8	1,5,6,7,8	3	4	7	7,8	7,8	3,7,8		
		8		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		9		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		10		0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0		
		8		0	3	0	0,1	0,1	0,1	0	3	1	1	1	1		
		9		0	3	0	0,1	0,1	0,1	0	3	0	0,1	0,1	0,1		
		10		0	4	0	0,1	0,1	0,1	0	4	0	0,1	0,1	0,1		
		8		0	3	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	3	2	2	2	0,2		
		9		0	3	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	3	1	1,2	1,2	0,1,2		
		10		0	4	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	4	1	1,2	1,2	0,1,2		
		8		0	3	1	1,2,3	1,2,3	0,1,2,3	0	3	3	3	3	0,3		
		9		0	3	0	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3	0	3	2	2,3	2,3	0,2,3		
		10		0	4	0	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3	0	4	2	2,3	2,3	0,2,3		
		8		0	3	2	2,3,4	2,3,4	0,2,3,4	1	3	4	4	4	1,4		
		9		0	3	1	1,2,3,4	1,2,3,4	0,1,2,3,4	0	3	3	3,4	3,4	0,3,4		
		10		0	4	1	1,2,3,4	1,2,3,4	0,1,2,3,4	0	4	3	3,4	3,4	0,3,4		
		8		0	3	3	3,4,5	3,4,5	0,3,4,5	2	3	5	5	5	2,5		
		9		0	3	2	2,3,4,5	2,3,4,5	0,2,3,4,5	1	3	4	4,5	4,5	1,4,5		
		10		0	4	2	2,3,4,5	2,3,4,5	0,2,3,4,5	0	4	4	4,5	4,5	0,4,5		
		8		1	3	4	4,5,6	4,5,6	1,4,5,6	3	3	6	6	6	3,6		
		9		0	3	3	3,4,5,6	3,4,5,6	0,3,4,5,6	2	3	5	5,6	5,6	2,5,6		
		10		0	4	3	3,4,5,6	3,4,5,6	0,3,4,5,6	1	4	5	5,6	5,6	1,5,6		
		8		2	3	5	5,6,7	5,6,7	2,5,6,7	4	3	7	7	7	4,7		
		9		1	3	4	4,5,6,7	4,5,6,7	1,4,5,6,7	3	3	6	6,7	6,7	3,6,7		
		10		0	4	4	4,5,6,7	4,5,6,7	0,4,5,6,7	2	4	6	6,7	6,7	2,6,7		
		8		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		9		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		10		0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0		
		8		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		9		0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
		10		0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0		
		8		0	3	0	0,1	0,1	0,1	0	3	1	1	1	1		
		9		0	3	0	0,1	0,1	0,1	0	3	0	0,1	0,1	0,1		
		10		0	4	0	0,1	0,1	0,1	0	4	0	0,1	0,1	0,1		
		8		0	3	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	3	2	2	2	0,2		
		9		0	3	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	3	1	1,2	1,2	0,1,2		
		10		0	4	0	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0	4	1	1,2	1,2	0,1,2		
		8		0	3	1	1,2,3	1,2,3	0,1,2,3	0	3	3	3	3	0,3		
		9		0	3	0	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3	0	3	2	2,3	2,3	0,2,3		
		10		0	4	0	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3	0	4	2	2,3	2,3	0,2,3		
		8		0	3	2	2,3,4	2,3,4	0,2,3,4	1	3	4	4	4	1,4		
		9		0	3	1	1,2,3,4	1,2,3,4	0,1,2,3,4	0	3	3	3,4	3,4	0,3,4		
		10		0	4	1	1,2,3,4	1,2,3,4	0,1,2,3,4	0	4	3	3,4	3,4	0,3,4		
		8		0	3	3	3,4,5	3,4,5	0,3,4,5	2	3	5	5	5	2,5		
		9		0	3	2	2,3,4,5	2,3,4,5	0,2,3,4,5	1	3	4	4,5	4,5	1,4,5		
		10		0	4	2	2,3,4,5	2,3,4,5	0,2,3,4,5	0	4	4	4,5	4,5	0,4,5		
		8		1	3	4	4,5,6	4,5,6	1,4,5,6	3	3	6	6	6	3,6		
		9		0	3	3	3,4,5,6	3,4,5,6	0,3,4,5,6	2	3	5	5,6	5,6	2,5,6		
		10		0	4	3	3,4,5,6	3,4,5,6	0,3,4,5,6	1	4	5	5,6	5,6	1,5,6		

### Menentukan Probabilitas

Pada penelitian ini dilakukan penentuan nilai probabilitas kegagalan disetiap *run* yang dinotasikan dengan  $Pg_j$  yang terus meningkat setiap *run* produksi. Nilai probabilitas kegagalan dan inspeksi sampling dilihat dapat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Nilai Probabilitas Kegagalan dan Inspeksi Sampling *Run* Produksi Set Data 1**

		Run ke-1	Run ke-2	Run ke-3
Pg <sub>j</sub>		0.18	0.22	0.26

j	Produksi (Q)	Sampe 1 1 (n)	Inspeksi Sampling			Inspeksi ATI					
			Probabilitas Penerimaan (Pa1)	Probabilitas Penolakan (Pr1)	Probabilitas Pengambilan sampel 2 (P2)	Sampel 2 (n)	Probabilitas Penerimaan (Pa2)	Probabilitas Penolakan (1-Pa2)	ATI sampel	Probabilitas Penerimaan (Pb)	Probabilitas Penolakan (1-Pb)
1	8	2	0,70	0,05	0,23	2	0,18	0,82	3	0,87	0,13
	9										
	10										
2	8	2	0,65	0,07	0,28	2	0,18	0,82	3	0,83	0,17
	9										
	10										
3	8	2	0,60	0,10	0,31	2	0,18	0,82	4	0,78	0,220
	9										
	10										

Perhitungan nilai probabilitas hasil inspeksi sensus setiap *run* produksi setiap *run* produksi dapat dilihat pada Tabel 7.

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

j	Jumlah yang diperiksa (Q-n)	inspeksi sensus		
		Jumlah produk cacat (x)	Probabilitas ditemukannya Produk Cacat (Pc <sub>j</sub> )	Probabilitas ditemukannya Produk Baik (1-Pc <sub>j</sub> )
1	1	0	0,82	0,18
		1	0,18	0,82
	2	0	0,67	0,33
		1	0,30	0,70
		2	0,03	0,97
	3	0	0,55	0,45
		1	0,36	0,64
		2	0,08	0,92
		3	0,01	0,99
	4	0	0,45	0,55
		1	0,40	0,60
		2	0,13	0,87
3		0,02	0,98	
4		0,00	1,00	
2	1	0	0,74	0,26
		1	0,26	0,74
	2	0	0,55	0,45
		1	0,38	0,62
		2	0,07	0,93
	3	0	0,41	0,59
		1	0,43	0,57
		2	0,15	0,85
		3	0,02	0,98
	4	0	0,38	0,62
		1	0,42	0,58
		2	0,17	0,83
3		0,03	0,97	
4		0,00	1,00	
3	1	0	0,74	0,26
		1	0,26	0,74
	2	0	0,55	0,45
		1	0,38	0,62
		2	0,07	0,93
	3	0	0,41	0,59
		1	0,43	0,57
		2	0,15	0,85
		3	0,02	0,98
	4	0	0,30	0,70
		1	0,42	0,58
		2	0,22	0,78
3		0,05	0,95	
4		0,00	1,00	

### Menentukan Ukuran Lot Produksi

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan model optimasi *lot* produksi setiap *run* dengan pemrograman dinamis probabilistik yang dapat dilihat pada Tabel 8.

*Model Optimisasi Ukuran Lot Produksi pada Sistem Produksi Tidak Sempurna dengan Mempertimbangkan Pemeriksaan Sampling Berganda dan Proses Rework*

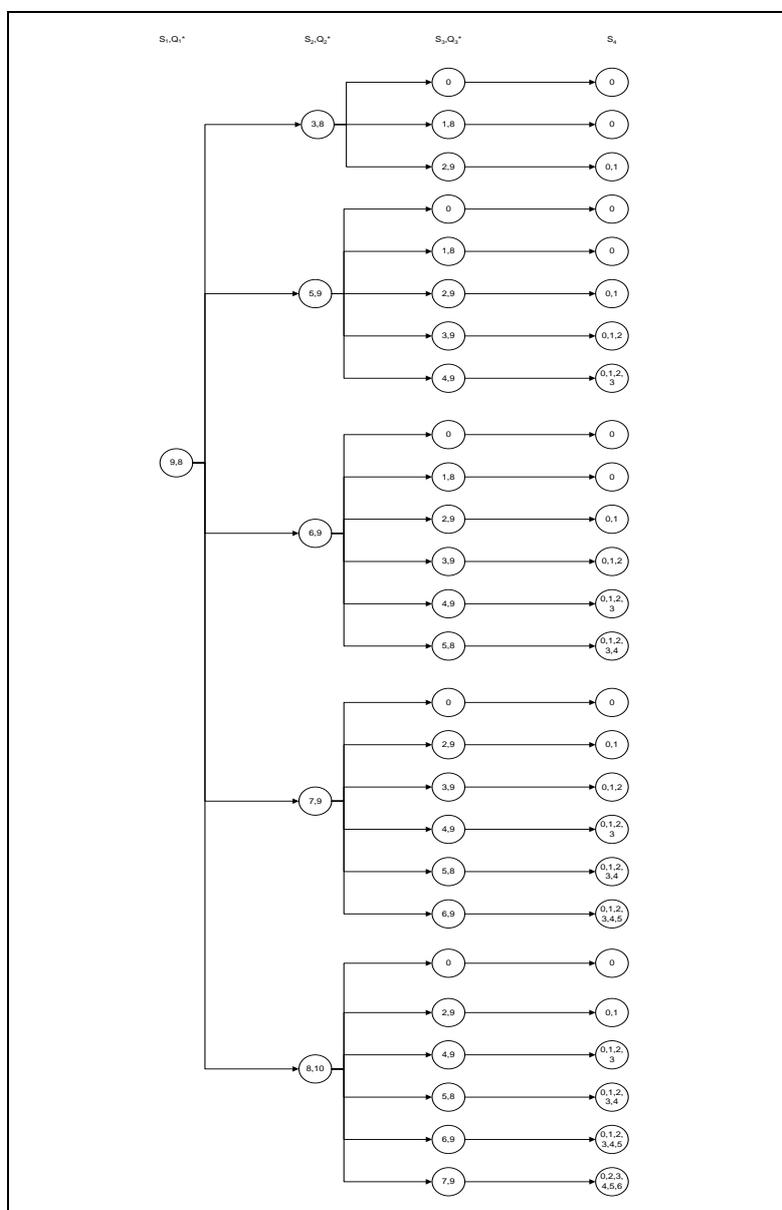
**Tabel 8. Hasil Perhitungan Set Data 1**

Run 4		Run 3						Run 2					
S4	f4*	Q3	8	9	10	f3*	Q3*	Q2	8	9	10	f2*	Q2*
0	0	1	0	0	0	0	0	1	67,45	72,99	78,79	67,45	8
1	100	2	70,35	76,28	82,47	70,35	8	2	84,42	76,55	82,35	76,55	9
2	200	3	127,05	118,88	125,08	118,88	9	3	88,53	94,21	100,01	88,53	8
3	300	4	166,10	155,95	162,14	155,95	9	4	102,07	100,09	105,88	100,09	9
4	400	5	210,78	222,30	228,50	210,78	8	5	115,98	115,50	121,30	115,50	9
5	500	6	255,46	254,99	255,51	254,99	9	6	132,80	132,18	134,39	132,18	9
6	600	7	359,69	307,33	307,85	307,33	9	7	194,18	151,24	156,34	151,24	9
7	700							8	221,90	215,27	173,60	173,60	10
8	800												
9	900												

Run 1					
Q1	3	4	5	f1*	Q1*
S1					
9	182,69	221,81	220,45	182,69	8

Berdasarkan hasil perhitungan set data 1, maka diperoleh solusi optimal untuk model optimasi ukuran *lot* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Solusi Optimal Untuk Set Data 1**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 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 9.

**Tabel 9. Rekapitulasi Total Ongkos**

Parameter		Total Biaya (Satuan Biaya)	Keterangan	Q*			Kenaikan Ongkos Total	Keterangan		
				1	2	3				
Set Data 1	K > D	182,69	Permintaan = 9 unit dan kapasitas produksi = 10 unit	8	8	0				
Set Data 2	K = D	192,95	Permintaan = 9 unit dan kapasitas produksi = 9 unit	8	8	0				
Set Data 3	K < D	262,04	Permintaan = 12 unit dan kapasitas produksi = 10 unit	8	9	0				
Set Data 4	K > D	Set Data 4.1	Ongkos Setup = 20 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	206,37	Parameter ongkos <i>setup</i> berubah, semula Ongkos <i>Setup</i> = 10 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 20	8	8	0	12,96%	Dibandingkan dengan Set Data 1
		Set Data 4.2	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 10 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	281,04	Parameter ongkos produksi berubah, semula Ongkos Produksi = 5 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 10	8	8	0	53,83%	Dibandingkan dengan Set Data 1
		Set Data 4.3	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 200 Ongkos <i>Rework</i> = 1	201,33	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	0	10,20%	Dibandingkan dengan Set Data 1
		Set Data 4.4	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos <i>Rework</i> = 3 Ongkos Inspeksi = 4	198,48	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 400% menjadi 4 dan Ongkos <i>rework</i> = 1 terjadi kenaikan 300% menjadi 3	8	8	0	8,64%	Dibandingkan dengan Set Data 1
		Set Data 4.5	Ongkos Setup = 20 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	218,22	Parameter ongkos <i>setup</i> berubah, semula Ongkos <i>Setup</i> = 10 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 20	8	8	0	13,10%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.6	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 10 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	296,45	Parameter ongkos produksi berubah, semula Ongkos Produksi = 5 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 10	8	8	0	53,65%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.7	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 200 Ongkos <i>Rework</i> = 1	212,39	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	0	10,08%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.8	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos <i>Rework</i> = 3 Ongkos Inspeksi = 4	209,92	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 400% menjadi 4 dan Ongkos <i>rework</i> = 1 terjadi kenaikan 300% menjadi 3	8	8	0	8,80%	Dibandingkan dengan Set Data 2
	K = D	Set Data 4.5	Ongkos Setup = 20 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	218,22	Parameter ongkos <i>setup</i> berubah, semula Ongkos <i>Setup</i> = 10 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 20	8	8	0	13,10%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.6	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 10 Ongkos Penalti = 100 Ongkos Inspeksi = 2	296,45	Parameter ongkos produksi berubah, semula Ongkos Produksi = 5 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 10	8	8	0	53,65%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.7	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 200 Ongkos <i>Rework</i> = 1	212,39	Parameter ongkos penalti berubah, semula Ongkos Penalti = 100 terjadi kenaikan sebesar 100% menjadi 200	8	8	0	10,08%	Dibandingkan dengan Set Data 2
		Set Data 4.8	Ongkos Setup = 10 Ongkos Produksi = 5 Ongkos Penalti = 100 Ongkos <i>Rework</i> = 3 Ongkos Inspeksi = 4	209,92	Parameter ongkos Inspeksi berubah, semula Ongkos Inspeksi = 1 terjadi kenaikan sebesar 400% menjadi 4 dan Ongkos <i>rework</i> = 1 terjadi kenaikan 300% menjadi 3	8	8	0	8,80%	Dibandingkan dengan Set Data 2

## 5.2. Analisis

Berdasarkan rekapitulasi maka diperoleh analisis bahwa perubahan parameter permintaan lebih kecil dari pada kapasitas menghasilkan ongkos lebih murah dari perubahan parameter permintaan sama dengan kapasitas. Hal ini karena probabilitas kemungkinan produk yang terpenuhi lebih besar karena adanya permintaan lebih kecil dari kapasitas. Selain itu perubahan parameter ongkos *set up*, produksi, *rework*, inspeksi sampling berganda dan penalti juga mempengaruhi total biaya yang dihasilkan.

## 6. KESIMPULAN

Perubahan parameter permintaan dan kapasitas akan mempengaruhi total ongkos yang dikeluarkan selama produksi. Perubahan parameter tersebut tidak mempengaruhi solusi optimal yang dihasilkan. Solusi optimal dihitung menggunakan model optimisasi ukuran *lot* produksi pada sistem tidak sempurna (deteriorasi) dengan mempertimbangkan inspeksi sampling berganda. Model optimisasi melakukan beberapa langkah yaitu, menentukan permintaan, probabilitas, dan ukuran lot produksi.

## REFERENSI

- Ben-Daya, M., & Rahim. (2003). Optimal Lot-sizing, Quality Improvement and Inspection Errors for Multistage Production System, *International Journal of Production Research*, 41, p:65-79.
- 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.
- Juran, J.M., and Gryna, Frank M. (1993). *Quality Planning and Analysis, Third Edition*, Mc Graw-Hill, Inc., United State of America.
- Nishfi, Fadly. (2014). *Model Optimisasi Lot Produksi pada Sistem Produksi yang Terdeteriorasi dengan Mempertimbangkan Inspeksi Sampling untuk Meminimumkan Total Biaya*, Jurnal Online, 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 Huddalah. (2015). *Model Ukuran Optimisasi Lot Produksi pada Sistem Produksi yang Mengalami Deteriorasi dan Mempertimbangkan Inspeksi Sampling dengan Kriteria Minimisasi Total Ongkos*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, ITENAS, Bandung.
- Tersine, R. J. (1993). *Principles of Inventory and Materials Management*, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey.
- Walpole, Ronald E and Myers, Raymond H. (1995). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 4<sup>th</sup> Edition, hal 130-149, ITB, Bandung.