

MODEL PENENTUAN UKURAN *LOT* PRODUKSI PADA SISTEM PRODUKSI YANG TIDAK SEMPURNA MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN SAMPLING TUNGGAL DENGAN KRITERIA MINIMISASI TOTAL BIAYA

Pagitha Permatasari, Hendro Prasetyo, Arie Desrianty

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: pagithapagitha@yahoo.com

ABSTRAK

Ukuran lot produksi optimal akan meminimasi total ongkos yang dikeluarkan. Model Economic Production Quantity (EPQ) mengasumsikan sistem produksi selalu menghasilkan produk baik. Kenyataannya proses produksi tidak selalu sempurna. Hasil dari penelitian ini adalah model dengan menggunakan inspeksi sampling dan mempertimbangkan sistem produksi yang tidak sempurna (deteriorasi) akibat kesalahan pada saat pemeriksaan dan kesalahan pemeriksa. Produk yang dikirim ke konsumen akan memiliki dua kemungkinan, produk cacat dan produk baik karena kesalahan pemeriksa. Penentuan model dilakukan dengan menggunakan pemrograman dinamis probabilistik untuk menghasilkan ukuran lot produksi optimal dengan kriteria minimasi ongkos.

Kata kunci: *deteriorasi, kesalahan pemeriksaan, kesalahan pemeriksa, produk cacat, lot produksi*

ABSTRACT

Optimal production lot size will minimize the total expenses incurred. Economic Production Quantity (EPQ) Model assumes that production system always produce a good product. In fact, the production process is not always perfect. The results from this research is a model that uses sampling inspections and considering the production system is not perfect (deterioration) due to errors during inspection and errors examiner. The products are delivered to customers will have two possibilities, a defective product and good product because of an error checker. Determination of the model is done by using probabilistic dynamic programming to generate an optimal production lot size with a criteria of minimizing costs.

Keywords: *deterioration, error checking, error checker, defective products, production lot*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ukuran *lot* yang optimal akan meminimasi total ongkos yang dikeluarkan dalam memenuhi permintaan konsumen. Ukuran pemesanan yang optimal dapat ditentukan dengan metode EPQ (*Economic Production Quantity*) yang mengasumsikan seluruh pesanan *item* produk jadi selalu diterima menjadi persediaan. Tetapi pada kenyataannya pada saat pelaksanaan proses produksi asumsi tersebut tidak selalu benar.

Ben-daya & Rahim (2003) menentukan ukuran *lot* produksi dengan mempertimbangkan dua kemungkinan yaitu proses produksi berjalan dengan baik dan proses produksi mengalami kegagalan sehingga tidak sempurna. Sistem produksi yang tidak sempurna akan menghasilkan produk yang cacat. Pada model Perdana (2008) pemeriksaan dilakukan dengan *sampling* dan menghasilkan kemungkinan kondisi *lot* yaitu, diterima jika kondisi sampel yang diambil baik atau ditolak jika kondisi sampel yang diambil cacat. Jika keputusan *lot* diterima maka akan terdapat probabilitas kesalahan menerima produk cacat (β), sedangkan jika keputusan *lot* ditolak maka akan diasumsikan diperiksa secara sensus.

Irawan (2013) menentukan ukuran *lot* produksi dengan kriteria minimasi ongkos dan mempertimbangkan bahwa sistem produksi yang tidak sempurna dipengaruhi oleh kesalahan pemeriksaan dan pada saat mesin/peralatan mengalami deteriorasi. Pemeriksaan dilakukan dengan cara sensus. Ketika produk pada kondisi *out of control* maka ada kemungkinan produk akan di *reject* atau *rework*. Kondisi produk *rework* yang dihasilkan dari proses *rework* langsung baik atau diterima dan langsung dikirim ke konsumen. Namun sebenarnya bisa saja produk *out of control* kembali.

Model penelitian Nishfi (2014) melakukan penelitian yaitu ketika produk diperiksa secara *sampling* dan ditolak maka akan dilakukan pemeriksaan secara sensus kemudian jika ditolak produk akan di *rework*, kondisi produk *rework* yang dihasilkan dari proses *rework* tidak langsung diterima tetapi memiliki dua kemungkinan yaitu produk cacat dan produk baik. Namun pada kenyataannya, produk yang mengalami proses *rework* akan menghasilkan produk baik, produk *reject*, dan produk yang harus benar-benar *rework*.

Pada penelitian Ramadhan (2015), inspeksi *sampling* mempertimbangkan sistem produksi yang tidak sempurna akibat operator dan mesin/peralatan. Apabila keputusan *lot* diterima, pemenuhan permintaan konsumen terpenuhi namun ada dua kemungkinan yang terjadi yaitu produk baik dan produk cacat. Jika *lot* ditolak, akan menghasilkan tiga kemungkinan yaitu produk baik, produk *rework*, dan produk *reject*. Proses *rework* yang menghasilkan produk *rework* akan diperiksa secara sensus dan menghasilkan dua kemungkinan yaitu baik dan cacat. Jika produk *rework* dianggap baik maka akan langsung dikirim ke konsumen. Namun pada kenyataannya, produk yang diperiksa dalam keadaan baik kemudian dikirim belum tentu dalam kualitas yang baik akibat dari kesalahan pemeriksa (kesalahan operator).

1.2. Perumusan Masalah

Sistem yang dibahas adalah sistem produksi yang tidak sempurna (deteriorasi) dengan kriteria minimisasi total ongkos. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Ramadhan (2015). Ramadhan (2015) melakukan model optimasi penentuan *lot* produksi yang mengalami deteriorasi dengan parameter jika produk *rework* sudah dalam keadaan baik maka dikirim ke konsumen dan dianggap memenuhi permintaan. Namun nyatanya, produk yang dikirim belum tentu dalam kualitas yang baik, bisa saja produk tersebut adalah produk cacat akibat dari kesalahan pemeriksa, sehingga ketika produk tersebut dalam keadaan cacat

akan mempengaruhi *run* produksi selanjutnya. Pemecahan masalah menggunakan pemrograman dinamis probabilistik yang dipengaruhi oleh biaya-biaya seperti biaya *set-up*, biaya produksi, biaya inspeksi *sampling*, biaya simpan inspeksi *sampling*, biaya *rework*, biaya simpan *rework*, biaya inspeksi sensus, biaya simpan inspeksi sensus serta biaya penalti.

2. STUDI LITERATUR

2.1. Sampling

Sampling penerimaan merupakan proses evaluasi sebagian ukuran *lot* produksi untuk diambil keputusan yaitu menerima *lot* atau menolak *lot* tersebut (Juran, 1993). Keuntungan utama dari *sampling* penerimaan yaitu lebih ekonomis. *Sampling* penerimaan terdiri dari kelebihan dan kekurangan *sampling*, resiko produsen dan resiko konsumen, serta sistem AQL untuk penarikan sampel penerimaan.

2.2. Distribusi Binomial

Distribusi binomial merupakan distribusi diskrit yang menaksir suatu probabilitas yang menghasilkan 2 kemungkinan yang biasa disebut sukses dan gagal. Setiap usaha pada percobaan binomial bersifat bebas dengan usaha lainnya maka (Walpole, 1995):

$$P\{X = x\} = b\{x; n; p\} = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \quad , x = 0, 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

2.3. Pemrograman Dinamis

Pemrograman dinamis adalah suatu teknik matematis yang biasanya digunakan untuk membuat serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Tujuan utama model ini ialah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu.

2.4. Model EPQ (*Economic Production Quantity*)

Formulasi *EOQ* mengasumsikan seluruh pesanan *item* selalu diterima menjadi persediaan. *EPQ* (*Economic Production Quantity*) dapat ditentukan berdasarkan model *EOQ*. Asumsi *EOQ* adalah diskrit pada saat penambahan *stock*, sedangkan asumsi *EPQ* adalah *continue* dalam penambahan *stock* yang berlebihan pada saat produksi. *EPQ* merupakan salah satu cara yang sesuai untuk kondisi dimana terjadi pengurangan penggunaan dan perlengkapan secara bersamaan, serta adanya penambahan *stock* pada suatu *level* (Tersine, 1994).

2.5. Model Ben-Daya dan Rahim (2003)

Ben-daya & Rahim (2003) menentukan ukuran *lot* produksi pada persoalan *multistage* dengan proses produksi yang tidak sempurna. Model ini memperhatikan kesalahan dalam pemeriksaan *non conforming item* di beberapa *stages*, yaitu kemungkinan proses produksi berjalan dengan baik dan proses produksi mengalami kegagalan, dalam hal ini kemungkinan terjadinya proses produksi yang tidak sempurna sangat besar dibandingkan dengan proses produksi yang berjalan dengan baik karena dipengaruhi beberapa faktor didalamnya.

2.6. Model Perdana (2008)

Perdana (2008) melakukan pengembangan model dengan inspeksi secara *sampling* pada beberapa *run* produksi untuk mengurangi terjadinya penalti apabila permintaan tidak terpenuhi. kondisi *lot* diterima jika kondisi sampel yang diambil baik (Pa) atau ditolak jika kondisi *sample* 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 namun tidak dibahas pada model Perdana (2008) ini. Sampel yang diambil juga tidak termasuk ke dalam produk yang dikirim ($Q-n$).

Berikut merupakan model Perdana (2008):

$$\begin{aligned} & \text{Min } f_j(S_j, Q_j) = \text{Min} \\ & \sum_{i=1}^j [c_1 + Q_i \times c_2 + c_3 \times n + [Pa \cdot (Q_i - n) \cdot \beta \cdot c_4] + [(1 - Pa) \cdot Ia] + [(1 - Pa) \cdot (c_3 \times (Q_i - n))] + \\ & \{f_{j+1} * (S_j + 1)\}] \end{aligned} \quad (2)$$

2.7. Model Irawan (2013)

Model Irawan (2013) dalam pemenuhan permintaan dilakukan dengan beberapa kali *run* produksi. Jika sudah mencapai batas *run* produksi permintaan belum juga terpenuhi maka dikenakan biaya penalti. Proses inspeksi menggunakan sensus yang menimbulkan beberapa kemungkinan terhadap kesalahan pemeriksaan yaitu produk baik dapat diterima, produk baik di *reject*, produk jelek dapat diterima ataupun produk jelek di *reject*. Hasil produk *reject* akan di *rework* dan menghasilkan produk baik serta menimbulkan ongkos simpan. Berikut merupakan model Irawan (2013):

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

2.8. Model Nishfi (2014)

Model Nishfi (2014) bertujuan untuk mendapatkan solusi dari model penentuan *lot* produksi yang mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan *sampling*. Proses inspeksi *sampling* menghasilkan 2 kejadian yaitu diterima (*Pa*) yang akan langsung dikirim kepada konsumen dan ditolak (*1-Pa*) yang akan diinspeksi kembali secara keseluruhan (sensus). Inspeksi secara sensus akan menghasilkan 2 kemungkinan, yaitu produk baik (*1-P_{Cj}*) yang akan langsung dikirim untuk memenuhi permintaan konsumen dan produk gagal (*P_{Cj}*) yang akan di *rework* dan menghasilkan kemungkinan produk benar-benar baik dan benar-benar cacat. Berikut merupakan model Nishfi (2014):

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

2.9. Model Ramadhan (2015)

Model Ramadhan (2015) mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan *sampling*. Proses inspeksi *sampling* menghasilkan 2 kejadian yaitu diterima (*Pa*) yang akan langsung dikirim kepada konsumen namun masih ada kemungkinan produk tersebut cacat karena kesalahan inspeksi *sampling* dan ditolak (*1-Pa*) yang akan di *rework* yang menghasilkan 3 kemungkinan yaitu produk baik, produk cacat, dan produk yang benar-benar di *rework*. Produk yang benar-benar di *rework* akan diinspeksi secara sensus dan akan menghasilkan 2 kemungkinan, yaitu produk baik (*1-P_{Cj}*) yang akan langsung dikirim untuk memenuhi permintaan konsumen dan produk gagal (*P_{Cj}*). Model penelitian Ramadhan (2015):

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian membahas mengenai *sampling*, distribusi binomial, pemrograman dinamis, *Economic Production Quantity* (EPQ), serta penjelasan dari beberapa penelitian mengenai model optimisasi *lot* produksi seperti Ben-Daya & Rahim (2003), Perdana (2008), Irawan (2013), Nishfi (2014) serta Ramadhan (2015).

3.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang terjadi adalah penurunan performansi mesin karena peralatan/mesin yang dipakai untuk proses produksi digunakan secara terus-menerus. Sistem produksi yang tidak sempurna pun diakibatkan oleh faktor operator yang melakukan kesalahan pemeriksaan. Penelitian ini membuat model optimisasi dengan menggunakan inspeksi *sampling* tunggal. Inspeksi *sampling* akan menghasilkan *lot* diterima dan ditolak. Inspeksi sensus dilakukan untuk produk yang benar-benar di *rework* sehingga menghasilkan kemungkinan diterima dan ditolak. Kemungkinan diterima akan langsung dikirim kepada konsumen. Semua produk yang dikirim belum tentu baik akibat kesalahan pemeriksa (operator) sehingga akan mempengaruhi *run* produksi selanjutnya. Model ini akan menghasilkan model optimasi ukuran *lot* dengan kriteria minimasi total ongkos dan kesalahan pemeriksaan oleh operator dapat diminimasi juga.

3.3. Pengembangan Model

Model dilakukan beberapa tahapan untuk menentukan model yang diinginkan. Model didasari model yang dikembangkan oleh Ramadhan (2015). Perbandingan model penelitian terhadap penelitian lain 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
Kriteria	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 pada sistem produksi yang tidak sempurna dengan kriteria minimasi ongkos	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan dengan kriteria minimasi ongkos	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan dengan proses <i>rework</i> menghasilkan dua kemungkinan yaitu produk cacat dan produk baik	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos dengan mempertimbangkan kesalahan pemeriksaan dengan proses <i>rework</i> menghasilkan dua kemungkinan yaitu produk cacat dan produk baik	Proses tidak terkendali dengan penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang mengalami deteriorasi dengan kriteria minimasi ongkos dengan proses <i>rework</i> menghasilkan tiga kemungkinan yaitu produk baik, produk cacat dan produk yang benar-benar di <i>rework</i>

Tabel 1. Posisi Model Penelitian Terhadap Penelitian-Penelitian Lain yang Berkaitan (lanjutan)

	Keterangan	Model						
		EPQ	Ben-Daya (2003)	Perdana (2008)	Irawan (2013)	Nishfi (2014)	Ramadhan (2015)	Penelitian
Kriteria	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 external)	Ongkos <i>Set up</i> , Ongkos Produksi, Ongkos Pemeriksaan <i>Sampling</i> , Ongkos Pemeriksaan Sensus, Ongkos <i>Rework</i>
	Proses Inspeksi	Sampling	Sampling	Sampling	Sensus	Sampling, Sensus	Sampling	Sampling tunggal, sensus
	Ukuran Sampel	Tidak Dipertimbangkan	Tidak Dipertimbangkan	Dipertimbangkan	Tidak ada	Dipertimbangkan (sampling)	Dipertimbangkan (sampling)	Dipertimbangkan (sampling)
	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 <i>Lot</i> Produksi	Q_j : Ukuran <i>Lot</i> Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran <i>Lot</i> Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran <i>Lot</i> Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran <i>Lot</i> Produksi pada setiap <i>run</i> produksi ke- j	Q_j : Ukuran <i>Lot</i> 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 dengan menggunakan data hipotetik yang sesuai dengan masalah dalam penelitian dan menggunakan empat set data. Masing-masing set data memiliki data permintaan dan kapasitas yang berbeda-beda. Pada pengujian model ini, set data ke-empat digunakan untuk mengetahui analisis sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan yang terjadi pada parameter tersebut. Analisis dilakukan berdasarkan kepada kondisi yang berbeda di setiap pengujian modelnya.

3.5. Kesimpulan

Kesimpulan adalah hasil dari pengembangan model dalam penelitian serta analisis yang dilakukan. Kesimpulan tersebut akan menghasilkan saran bagi penelitian berikutnya.

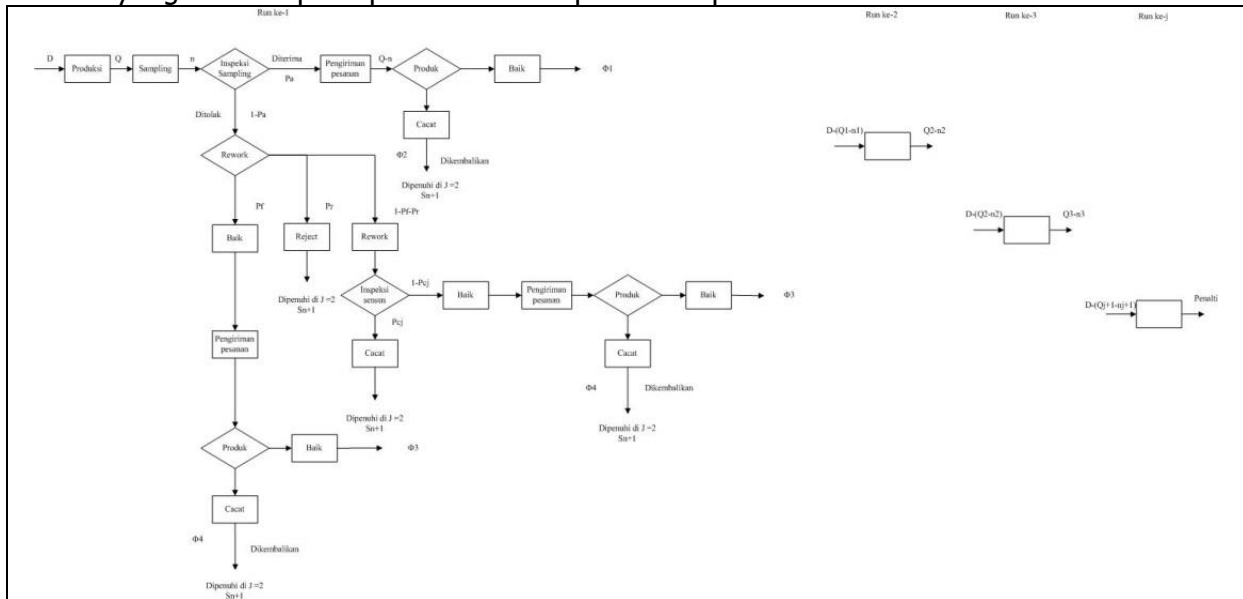
4. PENGEMBANGAN MODEL

4.1. Karakteristik Sistem

Penelitian ini membahas penentuan ukuran lot produksi pada sistem produksi yang tidak sempurna karena mengalami deteriorasi, kesalahan pemeriksaan, dan kesalahan pemeriksa. Produksi dilakukan dalam 3 *run*. Jika pada *run* produksi pertama permintaan tidak dapat terpenuhi maka dapat dipenuhi di *run* selanjutnya. Namun ketika pada *run* produksi terakhir tidak terpenuhi maka akan dikenakan biaya penalti. Penelitian ini menggunakan teknik *sampling* dan menggunakan teknik sensus yang dilakukan ketika produk sudah di *rework*. Ukuran *lot* produksi (Q) akan diproduksi sesuai dengan permintaan konsumen sebesar (D) dengan memiliki kapasitas (K) tertentu. Sampel (n) diambil dari ukuran *lot* produksi tanpa pengembalian dan selanjutnya akan dilakukan proses inspeksi. Proses inspeksi *sampling* akan menghasilkan dua kemungkinan yaitu diterima (Pa) dan ditolak ($1-Pa$). Kejadian diterima (Pa) akan memenuhi kebutuhan konsumen namun akan menghasilkan dua kemungkinan ketika ditangan konsumen yaitu produk baik dan produk yang cacat, produk cacat berpengaruh terhadap *run* produksi selanjutnya. Produk yang dikirim adalah jumlah produksi dikurangi jumlah sampel yang diperiksa ($Q-n$). Kondisi ditolak ($1-Pa$) akan langsung melalui proses *rework* yang menghasilkan 3 kemungkinan yaitu produk baik, produk *reject*, dan produk yang benar-benar di *rework*. Produk baik akan langsung dikirim, namun belum tentu produk yang dikirim tersebut benar-benar baik karena adanya kesalahan pemeriksa.

Model Penentuan Ukuran Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Tidak Sempurna Menggunakan Pemeriksaan Sampling Tunggal dengan Kriteria Minimisasi Total Biaya

Sistem yang dibahas pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penelitian

4.2. Asumsi – Asumsi

Asumsi-asumsi untuk menyederhanakan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Asumsi-asumsi

No	Asumsi	No	Asumsi
1	Set up dilakukan setiap sebelum produksi.	7	Probabilitas terjadinya produk gagal dalam proses produksi akan terus meningkat di setiap run produksi
2	Laju permintaan konsumen bersifat deterministik	8	Apabila total produksi tidak memenuhi permintaan konsumen, maka perusahaan dikenai penalti.
3	Produk yang dihasilkan melalui proses inspeksi.	9	Ongkos set up lebih besar dari ongkos produksi.
4	Produk baik langsung dikirim kepada konsumen.	10	Produk yang tidak dapat diterima dapat di rework.
5	Jika terjadi kegagalan produk pada mesin yang berproduksi dan kesalahan inspeksi, produk diasumsikan reject.	11	Produk yang di rework memiliki tiga kemungkinan yaitu keadaan baik, reject dan benar-benar rework.
6	Laju kenaikan probabilitas terjadinya produk gagal pada setiap run produksi tetap.		

4.3. Daftar Notasi

Notasi yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Notasi Penelitian

Notasi	Keterangan	Notasi	Keterangan
J	Run produksi, ($j= 1, 2, 3, \dots, j$)	B_1	Biaya produksi (Rp)
Q_j	Ukuran lot produksi pada setiap run produksi ke- j (unit)	B_2	Biaya sampling (Rp)
N	Ukuran sampel (unit)	B_{21}	Biaya inspeksi sampling (Rp)
r_j	Jumlah produk yang di rework (Q_j-n)(unit)	B_{22}	Biaya simpan inspeksi sampling (Rp)
W_1	Waktu inspeksi sampling (waktu/unit)	B_3	Biaya rework
W_{21}	Waktu rework rework (waktu/unit)	B_{31}	Biaya rework produk rework (Rp)
W_{22}	Waktu rework reject (waktu/unit)	B_{32}	Biaya rework produk reject (Rp)
W_{23}	Waktu rework baik (waktu/unit)	B_{33}	Biaya rework produk baik (Rp)
W_3	Waktu inspeksi sensus (waktu/unit)	B_4	Biaya simpan rework
$1-Pa_j$	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sampling pada setiap run produksi ke- j (%)	B_{41}	Biaya simpan rework produk rework (Rp)
Pa_j	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi sampling pada setiap run produksi ke- j (%)	B_{42}	Biaya simpan rework produk reject (Rp)
$1-Pb_j$	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sensus pada setiap run produksi ke- j (%)	B_{43}	Biaya simpan rework produk baik (Rp)

Tabel 3. Notasi Penelitian (lanjutan)

Notasi	Keterangan
$1-Pb_j$	Probabilitas jumlah produk cacat untuk inspeksi sensus pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)
Pb_j	Probabilitas jumlah produk baik untuk inspeksi sensus pada setiap <i>run</i> produksi ke- <i>j</i> (%)
Pg_j	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- <i>j</i> (%)
Pg_0	Probabilitas kegagalan produk yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke-0 (%)
Pf_j	Probabilitas produk <i>rework</i> yang ternyata baik yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- <i>j</i> (%)
Pr_j	Probabilitas produk <i>rework</i> yang <i>reject</i> yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- <i>j</i> (%)
$1 - Pf_j - Pr_j$	Probabilitas produk <i>rework</i> benar-benar di <i>rework</i> yang mungkin terjadi setiap <i>run</i> ke- <i>j</i> (%)
I	Laju kenaikan probabilitas produk gagal (%)
X	Jumlah produk cacat
P	Probabilitas produk gagal (%)
Q	Probabilitas produk baik (%)
B_{43}	Biaya simpan <i>rework</i> produk baik (Rp)
B_5	Biaya sensus (Rp)
B_{51}	Biaya inspeksi sensus (Rp)

Notasi	Keterangan
B_{52}	Biaya simpan inspeksi sensus (Rp)
C_1	Ongkos <i>set-up</i> (Rp)
C_2	Ongkos produksi (Rp/unit/waktu)
C_3	Ongkos inspeksi <i>sampling</i> (Rp/unit/waktu)
C_4	Ongkos simpan inspeksi <i>sampling</i> (Rp/unit/waktu)
C_5	Ongkos <i>rework</i> (Rp/unit/waktu)
C_6	Ongkos simpan <i>rework</i> (Rp/unit/waktu)
C_7	Ongkos inspeksi sensus (Rp/unit/waktu)
C_8	Ongkos simpan inspeksi sensus (Rp/unit/waktu)
θ_1	Probabilitas menerima produk baik
θ_2	Probabilitas menerima produk cacat
θ_3	Probabilitas menolak produk baik
θ_4	Probabilitas menolak produk cacat

4.4. Pemodelan Probabilitas Kegagalan *Items*

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:

$$Pg_j = (1+a)^j \times Pg_0 \quad (6)$$

Probabilitas jumlah produk gagal diperoleh menggunakan rumus distribusi binomial (1).

4.5. Ongkos yang Dibutuhkan Selama Proses Produksi

Ongkos yang dibutuhkan selama proses produksi yaitu biaya produksi yang merupakan penjumlahan ongkos *set up* dan ongkos produksi.

4.6. Biaya Kegagalan Internal

Biaya kegagalan *internal* yang dibutuhkan yaitu biaya inspeksi *sampling* dan sensus, biaya simpan inspeksi *sampling* dan sensus, biaya *rework* produk baik, biaya *rework* produk *reject*, biaya *rework* produk *rework* merupakan biaya yang timbul karena adanya proses *rework*, biaya simpan *rework* produk baik, produk *reject* dan produk *rework* serta biaya penalti.

4.7. Formulasi Pemrograman Dinamis Probabilistik

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

Tahap

Tahap pengambilan keputusan adalah *run* produksi (j), dimana $j = 1, 2, 3, \dots, j$.

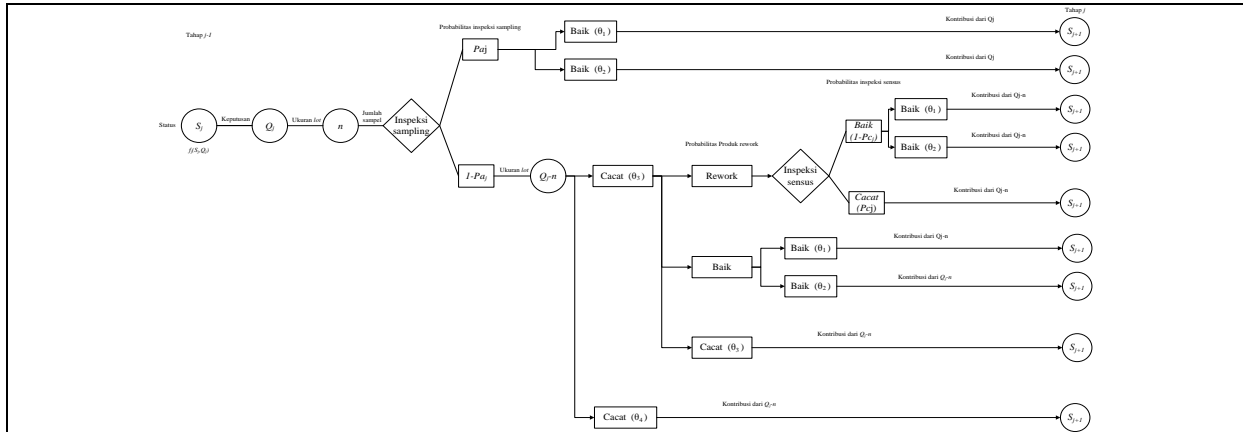
Variabel keputusan

Variabel keputusan penelitian ini adalah ukuran *lot* produksi pada setiap *run* produksi ke- j (Q_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.

Model Penentuan Ukuran Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Tidak Sempurna Menggunakan Pemeriksaan Sampling Tunggal dengan Kriteria Minimisasi Total Biaya



Gambar 2. Struktur Pemrograman Dinamis Probabilistik

Fungsi Tujuan :

$$f_j(S_j, Q_j) = \min B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + f_{j+1} * (S_{j+1})$$

Persamaan rekursif:

$$f_j(S_j, Q_j) = \mathbf{Min} \sum_{j=1}^J [((C_1 + (Q_j \times C_2)) + ((n \times W_1 \times C_3) + (Q_j \times W_1 \times C_4)) + (1 - Pa_j) \times (1 - Pf_j - Pr_j) \times (Q_j - n) \times W_{21} \times C_5) + ((1 - Pa_j) \times Pr_j \times (Q_j - n) \times W_{22} \times C_5) + ((1 - Pa_j) \times Pf_j \times (Q_j - n) \times W_{23} \times C_5) + (((1 - Pa_j) \times (1 - Pf_j - Pr_j) \times (Q_j - n) \times W_{21} \times C_6) + ((1 - Pa_j) \times Pr_j \times (Q_j - n) \times W_{22} \times C_6) + ((1 - Pa_j) \times Pf_j \times (Q_j - n) \times W_{23} \times C_6)) + ((1 - Pa_j) \times (1 - Pf_j - Pr_j) \times (Q_j - n) \times W_3 \times C_7) + ((1 - Pa_j) \times (1 - Pf_j - Pr_j) \times (Q_j - n) \times W_3 \times C_8) + [f_{j+1} * (S_{j+1})]] \quad (7)$$

Dimana:

$$f_{j+1} * (S_{j+1}) = [(f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot Pa_{j0} \cdot \theta_1) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{j0}) \cdot Pf \cdot Pc_{j0} \cdot \theta_3) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{j0}) \cdot (1 - Pf - Pr) \cdot Pc_{j0} \cdot (1 - Pc_{j0}) \cdot \theta_3) + \dots + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot Pa_{jk} \cdot \theta_2) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{jk}) \cdot Pf \cdot Pc_{j0} \cdot \theta_4) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{jk}) \cdot Pr \cdot Pc_{jk}) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{jk}) \cdot (1 - Pf - Pr) \cdot Pc_{jk} \cdot Pc_{jk}) + (f_{j+1} * (S_{j+1}) \cdot (1 - Pa_{jk}) \cdot (1 - Pf - Pr) \cdot Pc_{jk} \cdot (1 - Pc_{jk}) \cdot \theta_4)] \quad (8)$$

5. PENGUJIAN MODEL

5.1. PENGUJIAN MODEL

Pengujian dilakukan untuk 4 set data yaitu $D > K$, $D = K$, $D < K$ dan perubahan parameter ongkos. Pengujian model untuk set data 1 (permintaan lebih besar dari pada kapasitas yaitu $D=7$ dan $K=5$) adalah sebagai berikut:

Nilai Parameter

Nilai parameter set data 1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Parameter Set Data 1

Notasi	D	K	N	W1	W2	W3	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	a	Pg0	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4
Nilai	7	5	2	1	1	2	10	5	2	0,5	3	1	1	3	100	20%	15%	0,6	0,4	0,7	0,3

Penentuan Permintaan

Pengujian terhadap set data untuk menentukan *lot* produksi yang harus dipenuhi disetiap *run* untuk permintaan tertentu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Permintaan dan Produksi

j	Sj	Qj	N	Sn+1					Rekap Sn+1
				Sampling					
				Terima	Tolak			Sensus Terima	
					Rework Baik	Rework Reject	Rework		
1	7	3	2	6,7	6,7	7	6,7	6,7	6,7
		4		5,6,7	5,6,7	6,7	5,6,7	5,6,7	5,6,7
		5		4,5,6,7	4,5,6,7	5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7
2	4	3	2	3,4	3,4	4	3,4	3,4	3,4
		4		2,3,4	2,3,4	3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4
		5		1,2,3,4	1,2,3,4	2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
	5	3	2	4,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5
		4		3,4,5	3,4,5	4,5	3,4,5	3,4,5	3,4,5
		5		2,3,4,5	2,3,4,5	3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5
	6	3	2	5,6	5,6	6	5,6	5,6	5,6
		4		4,5,6	4,5,6	5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6
		5		3,4,5,6	3,4,5,6	4,5,6	3,4,5,6	3,4,5,6	3,4,5,6
	7	3	2	6,7	6,7	7	6,7	6,7	6,7
		4		5,6,7	5,6,7	6,7	5,6,7	5,6,7	5,6,7
		5		4,5,6,7	4,5,6,7	5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7
3	1	3	2	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1
		2		1,2	1,2	2	1,2	1,2	1,2
		4		0,1,2	0,1,2	1,2	0,1,2	0,1,2	0,1,2
	2	3	2	2,3	2,3	3	2,3	2,3	2,3
		4		1,2,3	1,2,3	2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
		5		0,1,2,3	0,1,2,3	1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3
	3	3	2	3,4	3,4	4	3,4	3,4	3,2
		4		2,3,4	2,3,4	3,4	2,3,4	2,3,4	2,3,4
		5		1,2,3,4	1,2,3,4	2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4
	4	3	2	4,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5
		4		3,4,5	3,4,5	4,5	3,4,5	3,4,5	3,4,5
		5		2,3,4,5	2,3,4,5	3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5	2,3,4,5
	5	3	2	5,6	5,6	6	5,6	5,6	5,6
		4		4,5,6	4,5,6	5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6
		5		3,4,5,6	3,4,5,6	4,5,6	3,4,5,6	3,4,5,6	3,4,5,6
	6	3	2	6,7	6,7	7	6,7	6,7	6,7
		4		5,6,7	5,6,7	6,7	5,6,7	5,6,7	5,6,7
		5		4,5,6,7	4,5,6,7	5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7	4,5,6,7

Perhitungan Nilai Probabilitas Kegagalan dan Inspeksi Sampling

Nilai probabilitas kegagalan dan inspeksi *sampling* dapat dilihat pada Tabel 6.

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

Run ke-1				Run ke-2				Run ke-3			
Pgj	0.18	0.22	0.26	Untuk Inspeksi Sampling							
j	Produksi (Q)	Sampel (n)	Probabilitas Penerimaan (Pa)	Probabilitas Penolakan (1-Pa)							
1	3	2	0.67	0.33							
	4										
	5										
2	3	2	0.61	0.39							
	4										
	5										
3	3	2	0.55	0.45							
	4										
	5										

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

Tabel 7. Nilai Probabilitas Inspeksi Sensus dan *Rework* Setiap *Run* Produksi

j	Jumlah yang diperiksa (Q-n)	Jumlah Produk Cacat	Probabilitas Ditemukannya Produk Cacat (Pc)	Probabilitas Ditemukannya Produk Baik (1-Pc)
1	0	0	1.00	0.00
		0	0.82	0.18
	1	1	0.18	0.82
		0	0.67	0.33
	2	1	0.30	0.70
		2	0.03	0.97
		0	0.55	0.45
	3	1	0.36	0.64
		2	0.08	0.92
		3	0.01	0.99

Model Penentuan Ukuran Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Tidak Sempurna Menggunakan Pemeriksaan Sampling Tunggal dengan Kriteria Minimisasi Total Biaya

Tabel 7. Nilai Probabilitas Inspeksi Sensus dan Rework Setiap Run Produksi (lanjutan)

J	Jumlah yang diperiksa (Q-n)	Jumlah Produk Cacat	Probabilitas Ditemukannya Produk Cacat (Pc)	Probabilitas Ditemukannya Produk Baik (1-Pc)
2	0	0	1.00	0.00
		1	0.78	0.22
	1	0	0.22	0.78
		1	0.61	0.39
	2	0	0.34	0.66
		1	0.05	0.95
2		0.48	0.52	
3	0	0	0.40	0.60
		1	0.11	0.89
		2	0.01	0.99
	1	0	1.00	0.00
		1	0.74	0.26
		2	0.26	0.74
3	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

Perhitungan Pemrograman Dinamis Probabilistik

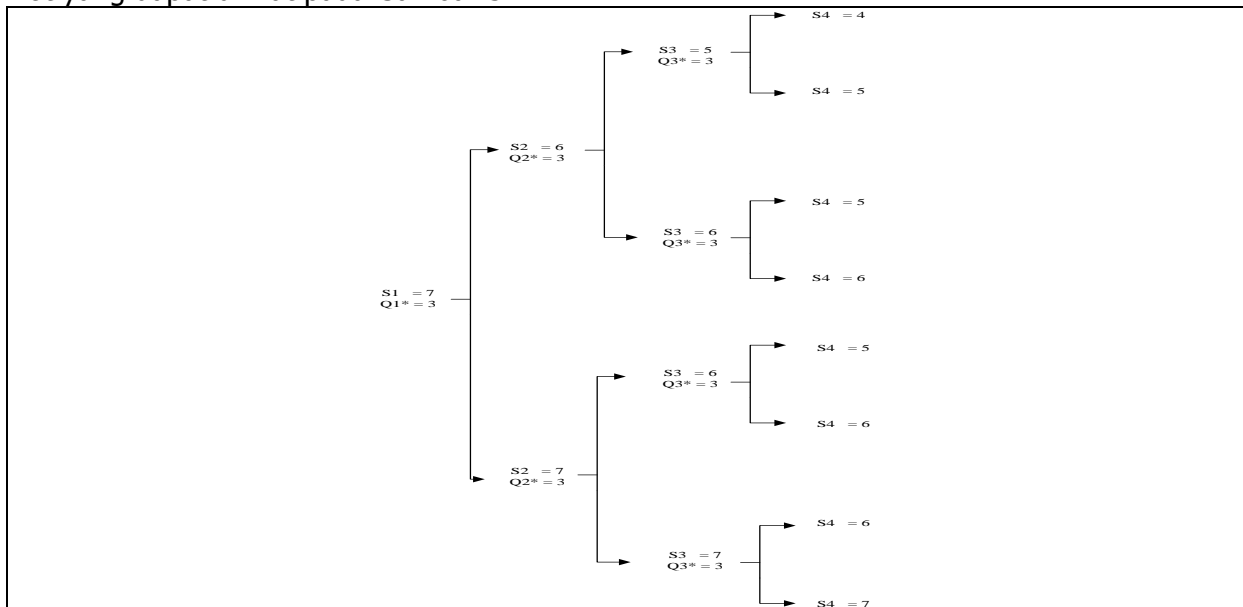
Perhitungan model optimasi lot produksi setiap run dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Set Data 1

Run 4		Set Data 1 Run 3						Set Data 1 Run 2					
S4	f4*	Q3	3	4	5	f3*	Q3*	Q2	3	4	5	f2*	Q2*
0	0	S3						S2					
1	100	1	77.09	-	-	77.09	3	4	268.44	295.11	288.24	268.44	3
2	200	2	155.98	142.28	-	142.28	4	5	341.67	389.91	389.74	341.67	3
3	300	3	234.87	245.51	223.54	223.54	5	6	409.30	484.44	498.08	409.30	3
4	400	4	313.76	348.74	347.05	313.76	3	7	476.92	573.79	606.46	476.92	3
5	500	5	392.65	451.96	470.55	392.65	3						
6	600	6	471.53	555.19	594.06	471.53	3						
7	700	7	550.42	658.42	717.57	550.42	3						

Set Data 1 Run 1					
Q1	3	4	5	f1*	Q1*
S1					
7	408.57	511.609	555.564	408.57	3

Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh solusi optimal untuk model optimasi ukuran lot yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Solusi Optimal

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 4 set data maka menghasilkan rekapitulasi total ongkos yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Total Ongkos

Parameter		Q1*	Q2*	Q3*	Biaya	Keterangan		
Set Data 1	D>K	3	3	3	408.57	Permintaan = 7 unit dan Kapasitas produksi = 5 unit		
Set Data 2	D=K	3	3	3	367.00	Permintaan = 7 unit dan Kapasitas produksi = 7 unit		
Set Data 3	D<K	3	3	3	148.60	Permintaan = 4 unit dan Kapasitas = 5 unit		
Set Data 4	D>K	Ongkos <i>set-up</i> = 20	3	3	3	459.68	Parameter ongkos <i>set-up</i> berubah, semula ongkos <i>set-up</i> = 10 terjadi kenaikan menjadi 20	
		Ongkos produksi/unit = 5	3	3	3			
		Ongkos penalti = 100	3	3	3			
		Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3			
		Ongkos Inspeksi <i>sampling</i> = 2	3	3	3			
	Set Data 4.2	Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3	446.90	Parameter ongkos produksi berubah, semula ongkos produksi = 5 terjadi kenaikan menjadi 10	
		Ongkos produksi/unit = 10	3	3	3			
		Ongkos penalti = 100	3	3	3			
		Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3			
	Set Data 4.3	Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3	704.00	Parameter ongkos penalti berubah, semula ongkos penalti = 100 terjadi kenaikan menjadi 200	
		Ongkos produksi/unit = 5	3	3	3			
		Ongkos penalti = 200	3	3	3			
	Set Data 4.4	Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3	422.92	Parameter ongkos <i>rework</i> dan inspeksi <i>sampling</i> berubah, semula ongkos <i>rework</i> = 1 terjadi kenaikan menjadi 2 dan ongkos inspeksi <i>sampling</i> = 2 terjadi kenaikan menjadi 4	
		Ongkos Inspeksi <i>sampling</i> = 2	3	3	3			
		Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3			
		Ongkos produksi/unit = 5	3	3	3			
	D=K	Set Data 4.5	Ongkos penalti = 100	3	3	3	385.16	Parameter ongkos <i>set-up</i> berubah, semula ongkos <i>set-up</i> = 10 terjadi kenaikan menjadi 20
			Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3		
			Ongkos Inspeksi <i>sampling</i> = 2	3	3	3		
			Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3		
Set Data 4.6		Ongkos produksi/unit = 10	3	3	3	394.25	Parameter ongkos produksi berubah, semula ongkos produksi = 5 terjadi kenaikan menjadi 10	
	Ongkos penalti = 100	3	3	3				
	Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3				
Set Data 4.7	Ongkos Inspeksi <i>sampling</i> = 2	3	3	3	592.74	Parameter ongkos penalti berubah, semula ongkos penalti = 100 terjadi kenaikan menjadi 200		
	Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3				
	Ongkos produksi/unit = 5	3	3	3				
	Ongkos penalti = 200	3	3	3				
Set Data 4.8	Ongkos <i>rework</i> = 1	3	3	3	376.83	Parameter ongkos <i>rework</i> dan inspeksi <i>sampling</i> berubah, semula ongkos <i>rework</i> = 1 terjadi kenaikan menjadi 2 dan ongkos inspeksi <i>sampling</i> = 2 terjadi kenaikan menjadi 4		
	Ongkos Inspeksi <i>sampling</i> = 2	3	3	3				
	Ongkos <i>set-up</i> = 10	3	3	3				
	Ongkos produksi/unit = 5	3	3	3				

5.2. Analisis

Parameter permintaan lebih kecil dari kapasitas menghasilkan ongkos lebih murah. Hal ini karena probabilitas kemungkinan produk yang terpenuhi lebih besar karena kapasitas lebih besar dari permintaan. Selain itu perubahan parameter ongkos *set up*, produksi, penalti, *rework* dan inspeksi *sampling* juga mempengaruhi total biaya yang dihasilkan.

6. KESIMPULAN

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

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.

Model Penentuan Ukuran Lot Produksi Pada Sistem Produksi yang Tidak Sempurna Menggunakan Pemeriksaan Sampling Tunggal dengan Kriteria Minimisasi Total Biaya

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*, 4th Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey.

Walpole, Ronald E and Myers, Raymond H. (1995). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 4th Edition, hal 130-149, ITB, Bandung.