

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan dan Pengendalian Produksi**

*The American Production and Inventory Control Society* mendefinisikan perencanaan dan pengendalian produksi sebagai berikut. (Sukaria Sinulingga, 2013 : 26)

1. Perencanaan produksi adalah suatu kegiatan yang berkenaan dengan penentuan apa yang harus diproduksi, berapa banyak diproduksi, kapan diproduksi dan sumber daya apa yang dibutuhkan untuk mendapatkan produk yang telah ditetapkan.
2. Pengendalian produksi adalah fungsi yang mengarahkan atau mengatur pergerakan material (bahan, *part*/komponen/*subassembly* dan produk) melalui seluruh siklus manufaktur mulai dari permintaan bahan baku sampai pada pengiriman produk akhir kepada pelanggan.

Ada tiga sasaran pokok yang menjadi ukuran keberhasilan perencanaan dan pengendalian produksi yaitu : (Sukaria Sinulingga, 2013 : 26)

1. Tercapainya kepuasan pelanggan yang diukur dari terpenuhinya pesanan terhadap produk tepat waktu, tepat jumlah dan tepat mutu.
2. Tercapainya tingkat utilitas sumber daya produksi yang maksimum melalui minimasi waktu *setup*, transportasi, waktu menunggu dan waktu untuk pengerjaan ulang (*rework*).
3. Terhindarnya cara pengadaan yang bersifat *rush order* dan persediaan yang berlebihan.

Inti dari perencanaan dan pengendalian produksi mencakup tiga aspek yaitu perencanaan dan pengendalian informasi, aliran bahan dan aliran biaya.

### 2.1.1 Fungsi Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Fungsi perencanaan dan pengendalian produksi mencakup perencanaan produksi, perencanaan persediaan, perencanaan kapasitas, otorisasi produksi dan pengadaan, pengendalian produksi dan penyimpanan bahan. (Sukaria Sinulingga, 2013 : 26 - 28)

a. Perencanaan produksi meliputi :

1. Mempersiapkan rencana produksi mulai dari tingkat agregat untuk seluruh pabrik yang meliputi perkiraan permintaan pasar dan proyeksi penjualan.
2. Membuat jadwal penyelesaian setiap produk.
3. Merencanakan produksi dan pengadaan komponen yang dibutuhkan dari luar dan bahan baku.
4. Menjadwalkan proses operasi setiap pesanan pada stasiun kerja terkait.
5. Menyampaikan jadwal penyelesaian setiap pesanan kepada para pemesan.

b. Perencanaan persediaan meliputi :

1. Mempersiapkan rencana persediaan bahan pada tingkat agregat yang meliputi bahan baku, *work in process* dan produk akhir.
2. Merencanakan persediaan untuk masing – masing item dengan memperhatikan faktor skala ekonomis, waktu ancap – ancap pengadaan, ketidakpastian permintaan dan tingkat pelayanan kepada pelanggan.

c. Perencanaan kapasitas meliputi :

Menyusun rencana kapasitas jangka panjang, menengah dan pendek untuk mendapatkan rencana jadwal produksi termasuk rencana jadwal kebutuhan fasilitas produksi.

d. Otorisasi produksi dan pengadaan meliputi :

1. Otorisasi produksi melalui pengeluaran perintah kerja.

2. Otorisasi pengadaan bahan – bahan yang dibutuhkan dari luar pabrik.
- e. Pengendalian produksi meliputi :
  1. Memantau, mencatat dan membuat laporan secara terus menerus tentang kemajuan pengerjaan pesanan – pesanan pelanggan, tingkat persediaan dan kapasitas produksi.
  2. Membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil yang direncanakan dengan cara mengoreksi penyimpangan terhadap rencana, dan memecahkan masalah yang dihadapi.
- f. Penyimpanan bahan meliputi :
  1. Menerima bahan dari vendor, menguji kesesuaian (spesifikasi, jumlah, harga) dengan pesanan yang disampaikan.
  2. Meletakkan bahan yang diterima dalam *store room*.
  3. Memelihara catatan persediaan.
  4. Mengeluarkan bahan dari *store room* sesuai permintaan dari lantai pabrik atau pengguna lainnya.
  5. Pengiriman produk akhir kepada pelanggan.
  6. Mengendalikan aliran bahan di lantai pabrik.

### **2.1.2 Tujuan Perencanaan dan Pengendalian Produksi**

Tujuan dari perencanaan dan pengendalian produksi adalah sebagai berikut. (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 109)

1. Perencanaan sistematis dari kegiatan produksi untuk mencapai efisiensi tertinggi dalam produksi barang / jasa.
2. Untuk mengatur fasilitas produksi seperti mesin, tenaga kerja dan lain – lain untuk mencapai tujuan produksi mengenai kuantitas, kualitas, waktu dan biaya.
3. Penjadwalan secara optimal terhadap sumber daya.

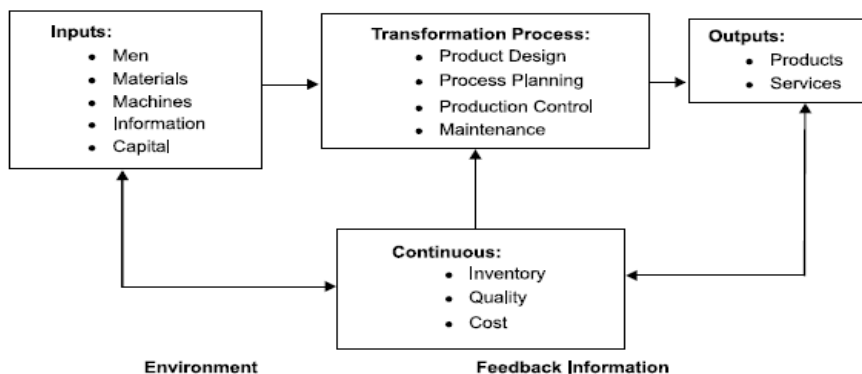
4. Berkoordinasi dengan departemen lain yang berkaitan dengan produksi untuk mencapai aliran produksi yang seimbang dan tidak terputus.
5. Untuk memenuhi komitmen pengiriman.
6. Perencanaan dan pengendalian material.
7. Untuk dapat melakukan penyesuaian akibat perubahan permintaan dan *rush orders*.

## 2.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Perencanaan Produksi

Dalam perencanaan produksi, terdapat faktor – faktor yang akan mempengaruhi efektivitas sebuah produksi. Faktor – faktor tersebut yaitu faktor strategi produksi, faktor horizon perencanaan, faktor *quality control*, faktor biaya, faktor kapasitas produksi, dan faktor permintaan (*demand*).

### 1. Faktor Strategi Produksi

Sistem produksi adalah bagian dari organisasi yang menghasilkan berbagai macam produk. Hal ini berarti bahwa sistem produksi merupakan aktivitas dimana sumber daya yang mengalir dalam sistem akan digabungkan dan dirubah dengan cara yang terkontrol untuk menambah nilai sesuai dengan kebijakan yang dikomunikasikan oleh pihak manajemen. Tampilan sederhana dari sistem produksi dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan Sistem Produksi Sederhana

Sistem produksi memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Produksi merupakan kegiatan terorganisir, sehingga setiap sistem produksi memiliki tujuan.
- 2) Sistem bertujuan untuk merubah berbagai input untuk menjadi output yang berguna.
- 3) Tidak beroperasi dalam isolasi dari sistem organisasi lain.
- 4) Akan ada umpan balik tentang kegiatan produksi yang dilakukan untuk mengontrol dan meningkatkan kinerja sistem.

Sistem produksi menurut aliran operasi dan variasi produk diklasifikasikan berdasarkan kriterianya masing – masing. Kriteria terpenting dalam mengklasifikasikan proses produksi adalah jenis aliran operasi dari unit – unit produk yang melalui tahapan konversi. Ada empat macam jenis aliran operasi yaitu *flow shop (mass production)*, *job shop*, *continuous production* dan *batch production*. (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 3 – 4)

### ***Flow Shop Production (Mass Production)***

*Flow Shop* merupakan proses konversi dimana unit – unit output secara berturut – turut melalui urutan operasi yang sama pada mesin – mesin khusus, biasanya ditempatkan sepanjang suatu lintasan produksi. Proses jenis ini biasanya digunakan untuk produk yang mempunyai desain dasar yang tetap sepanjang waktu yang lama dan ditunjukkan untuk pasar yang luas, sehingga diperlukan penyusunan bentuk proses produksi *flow shop* yang bersifat MTS (*Make To Stock*).

Bentuk umum proses *flow shop* dapat dibagi menjadi jenis produksi *flow shop* kontinu dan *flow shop* terputus. Pada *flow shop* kontinu proses bekerja untuk memproduksi jenis output yang sama, misalnya pada industri rokok. Pada *flow shop* terputus, kerja proses secara periodik diinterupsi untuk melakukan *setup* bagi pembuatan produk dengan spesifikasi yang berbeda

(meskipun dari desain yang sama). Pada setiap siklus produksi, seluruh unit mengikuti urutan yang sama. Misalnya pada industri pengalengan, pembotolan dan pabrik pakaian jadi. Proses *flow shop* biasanya disebut juga sistem produksi massal (*Mass Production*) (Rosnani Ginting, 2007 : 18 – 19).

*Flow shop* digunakan dalam situasi berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 6) :

1. Produk dan urutan proses standar.
2. Mesin dengan tujuan khusus yang memiliki kapasitas produksi dan tingkat output yang lebih tinggi.
3. Volume produk besar.
4. Waktu siklus produksi lebih pendek.
5. Persediaan dalam proses rendah.
6. Lini produksi seimbang.
7. Arus bahan, komponen dan suku cadang bersifat kontinu dan tanpa pelacakan kembali.
8. Perencanaan produksi dan kontrol mudah.
9. Penanganan material dapat otomatis sepenuhnya.

Keuntungan dari sistem produksi dengan *flow shop* adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 6) :

1. Tingkat produksi tinggi dengan mengurangi waktu siklus.
2. Pemanfaatan kapasitas lebih tinggi karena lini produksi seimbang.
3. Operator terampil kurang diperlukan.
4. Persediaan dalam proses rendah.
5. Biaya maufaktur per unit rendah.

Selain keuntungan, terdapat keterbatasan dari sistem produksi *flow shop*. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 6) :

1. *Breakdown* pada satu mesin akan membuat seluruh jalur produksi berhenti.

2. Tata letak jalur perlu perubahan besar dengan adanya perubahan dalam desain produk.
3. Investasi tinggi pada fasilitas produksi.
4. Waktu siklus ditentukan oleh operasi paling lambat.

### ***Job Shop Production***

*Job shop* merupakan bentuk proses konversi dimana unit – unit untuk pesanan yang berbeda akan mengikuti urutan yang berbeda pula dengan melalui pusat – pusat kerja yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Volume produksi setiap jenis produk sedikit, variasi produknya banyak, lama proses produksi setiap jenis produk agak panjang dan tidak ada lintasan produksi khusus. *Job shop* ini bertujuan memenuhi kebutuhan khusus konsumen, sehingga biasanya bersifat MTO (*Make To Order*). Kebutuhan *job shop* akan fleksibilitas dalam menangani banyaknya variasi dari desain produk yang membutuhkan adanya sumber daya manusia dan mesin yang terampil. Hal ini berarti pekerja – pekerja dengan keterampilan tinggi dan mesin – mesin dengan tujuan umum yang dikelompokkan berdasarkan fungsi harus dapat menyesuaikan dengan kebutuhan khusus untuk pesanan yang berbeda. Harga dari fleksibilitas ini termasuk waktu proses yang lebih lama karena seringnya dilakukan *setup* pada peralatan, kebutuhan yang lebih besar akan WIP (*Work in Process*), part dan komponen serta sulitnya tugas dalam menjadwalkan pesanan yang berbeda yang melalui bermacam – macam pusat pemrosesan, dimana sumber daya tersebut harus digunakan bersama – sama. Semua kesulitan tersebut membuat waktu pengiriman yang lebih lama, kualitas produk yang lebih variabel dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan *flow shop* (Rosnani Ginting, 2007 : 19).

Keuntungan dari sistem produksi dengan *job shop* adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 5) :

1. Dapat memproduksi berbagai macam produk dengan fasilitas dan mesin dengan tujuan umum (*general purpose*).
2. Operator akan menjadi lebih terampil dan kompeten karena setiap pekerjaan memberi mereka kesempatan untuk belajar.
3. Potensi penuh dari operator dapat dimanfaatkan.
4. Terdapat peluang untuk metode kreatif dan ide – ide inovatif.

Selain keuntungan, terdapat keterbatasan dari sistem produksi *job shop*. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 5) :

1. Biaya lebih tinggi karena sering terjadi perubahan pengaturan pada aliran proses.
2. Tingginya tingkat persediaan pada semua bagian dan menyebabkan biaya persediaan lebih tinggi.
3. Perencanaan produksi yang rumit.
4. Kebutuhan ruang yang lebih besar.

### ***Batch Production***

*American Production and Inventory Control Society* (APICS) mendefinisikan *batch production* “sebagai bentuk manufaktur dimana pekerjaan melewati banyak departemen fungsional atau *batch* dan masing – masing mungkin memiliki rute yang berbeda” (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 5). Sistem *batch* memproduksi banyak variasi produk dan volume, lama proses produksi untuk setiap produk agak pendek dan satu lintasan produksi dapat dipakai untuk beberapa tipe produk. Pada sistem ini, pembuatan produk dengan tipe yang berbeda akan mengakibatkan pergantian peralatan produksi, sehingga sistem tersebut harus *general purpose* dan fleksibel untuk produk



dengan volume yang rendah tetapi variasinya tinggi. Volume batch yang lebih banyak dapat diproses secara berbeda, misalnya memproduksi beberapa batch lebih untuk tujuan MTS dibandingkan MTO (Rosnani Ginting, 2007 : 20).

Keuntungan dari sistem produksi *batch* adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 5) :

1. Pemanfaatan yang lebih baik dari pabrik dan mesin.
2. Meningkatkan spesialisasi fungsional.
3. Biaya per unit lebih rendah dibandingkan dengan produksi *job order*.
4. Investasi di pabrik dan mesin lebih rendah.
5. Fleksibilitas untuk mengakomodasi dan nomor proses produk.
6. Ada kepuasan kerja untuk operator.

Selain keuntungan, terdapat keterbatasan dari sistem produksi *batch*. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 5 – 6) :

1. Penanganan material yang kompleks karena karena arus yang tidak teratur dan lebih lama.
2. Perencanaan produksi dan kontrol yang kompleks.
3. Persediaan *work in process* (WIP) yang lebih tinggi dibandingkan dengan produksi yang berkesinambungan.
4. Perlu menyiapkan biaya yang lebih tinggi karena seringnya perubahan dalam *setup*.

### ***Continuous Production***

*Continuous production* merupakan bentuk ekstrim dari *flow shop* dimana terjadi aliran material yang konstan. Contoh dari proses kontinu adalah industri penyulingan minyak, pemrosesan kimia dan industri – industri lain dimana kita tidak dapat mengidentifikasi urutan proses secara tepat dari unit –

unit output. Biasanya satu lintasan produksi pada proses kontinu hanya dialokasikan untuk satu produk saja (Rosnani Ginting, 2007 : 19).

Produksi kontinu digunakan dalam situasi berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 6 – 7) :

1. Pemakaian pabrik dan peralatan tanpa fleksibilitas.
2. Penanganan material sepenuhnya otomatis.
3. Proses mengikuti urutan operasi yang telah ditentukan.
4. Bahan komponen tidak dapat langsung diidentifikasi dengan produk akhir.
5. Perencanaan dan penjadwalan merupakan tindakan rutin.

Keuntungan dari sistem produksi kontinu adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 7) :

1. Terdapat standarisasi produk dan urutan proses.
2. Tingkat produksi tinggi dengan mengurangi waktu siklus.
3. Utilisasi kapasitas yang lebih tinggi karena keseimbangan lini produksi.
4. Tenaga kerja tidak diperlukan untuk penanganan material yang benar – benar otomatis.
5. Orang dengan keterampilan yang terbatas dapat digunakan pada lini produksi.
6. Biaya unit lebih rendah karena volume produksi yang tinggi.

Selain keuntungan, terdapat keterbatasan dari sistem produksi kontinu. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 7) :

1. Fleksibilitas untuk mengakomodasi dan nomor proses produk tidak ada.
2. Investasi yang sangat tinggi untuk menetapkan garis lintasan.
3. Diferensiasi produk terbatas.

## **2. Faktor Horizon Perencanaan**

Horizon waktu dalam rencana produksi yaitu panjangnya waktu yang digunakan dalam sebuah perencanaan. Terdapat tiga horizon waktu dalam perencanaan produksi yaitu perencanaan jangka panjang, perencanaan jangka menengah dan perencanaan jangka pendek.

### **Perencanaan Jangka Panjang (*Long Range Planning*)**

Perencanaan jangka panjang pada dasarnya mencakup empat sub sistem perencanaan yang bersifat hirarki yaitu perencanaan strategis, perencanaan bisnis, perencanaan pemasaran dan perencanaan agregat. Waktu cakupan perencanaan jangka panjang yaitu antara tiga sampai 10 tahun. Input utama dalam sub sistem perencanaan strategis adalah analisis lingkungan internal dan analisis lingkungan eksternal sedangkan input untuk perencanaan bisnis, perencanaan pemasaran dan perencanaan agregat ialah manajemen permintaan (*demand management*) dan perencanaan sumber daya (*resource plan*). Contoh perencanaan yang termasuk ke dalam perencanaan jangka panjang ini meliputi kegiatan peramalan usaha, perencanaan jumlah produk dan penjualan, perencanaan produksi, perencanaan kebutuhan bahan dan perencanaan finansial (Sukaria Sinulingga, 2013 : 28).

### **Perencanaan Jangka Menengah (*Medium Range Planning*)**

Perencanaan jangka menengah adalah proses penyusunan rencana induk produksi sebagai jabaran dari rencana agregat. Pada umumnya rentang waktu cakupan jadwal induk produksi ialah antara enam bulan sampai 18 bulan, tetapi tidak sedikit perusahaan membatasinya hanya sampai 12 bulan. Perencanaan jangka menengah menguraikan (*dissaggregation*) kelompok produk tahun pertama ke dalam produk – produk tunggal (*individual products*) untuk satu dengan *time bucket* yang lebih pendek yaitu mingguan. Perencanaan

jangka menengah meliputi kegiatan berupa perencanaan kebutuhan kapasitas (*capacity requirement planning*), perencanaan kebutuhan material (*material requirement planning*), jadwal induk produksi (*master production schedule*) dan perencanaan kebutuhan distribusi (*distribution requirement planning*) (Sukaria Sinulingga, 2013 : 28).

### **Perencanaan Jangka Pendek (*Short Range Planning*)**

Perencanaan jangka pendek yang juga sering disebut perencanaan operasional merupakan tahap akhir perencanaan produksi. Waktu cakupan perencanaan jangka pendek yaitu antara satu minggu hingga enam bulan. Hasil akhir dari perencanaan ini ialah sebuah rencana program yang siap untuk dieksekusi. Tujuan dan sasaran perencanaan jangka pendek ialah :

1. Menentukan kebutuhan bahan – bahan (*part*, komponen dan *sub assembly*) baik yang harus dibuat maupun yang harus dipesan dari luar untuk memenuhi jadwal induk produksi.
2. Menghitung kebutuhan kapasitas masing – masing stasiun kerja yang terkait per periode untuk mendukung jadwal induk produksi serta memeriksa tingkat kecukupan kapasitas yang tersedia.
3. Menetapkan jadwal penugasan kegiatan pada setiap stasiun kerja dengan memperhatikan prioritas dan ketersediaan kebutuhan bahan dan kapasitas.
4. Menyusun / mempersiapkan perintah – perintah kerja sesuai dengan jadwal pengerjaan.

Sumber utama data dan informasi dalam penyusunan rencana jangka pendek yaitu jadwal induk produksi (*Master Production Schedule*) dan jadwal perakitan akhir (*Final Assembly Schedule*). Informasi / data lain yang dibutuhkan dalam perencanaan jangka menengah antara lain :

1. Status persediaan baik pada tingkat produk akhir maupun pada tingkat produk setengah jadi (*part*, komponen, *sub assembly*). Data / informasi

yang dimaksud meliputi jumlah unit fisik yang ada dalam persediaan, jumlah unit yang sedang dalam pemesanan dan jadwal penerimaan masing – masing produk akhir.

2. Waktu anjang – anjang baik *manufactured lead times* untuk produk akhir yang dibuat di lantai pabrik maupun vendor *lead times* bagi produk akhir yang dibeli dari luar perusahaan.
3. Informasi yang dibutuhkan untuk menentukan ukuran lot atau *batch* yang ekonomis yang meliputi data biaya *setup* / biaya pemesanan dan biaya penyimpanan *item* dalam persediaan (*carrying costs*).
4. *Scrap factors* untuk mendapatkan ketelitian jumlah kebutuhan pengadaan.

Perencanaan jangka pendek berupa kegiatan penjadwalan perakitan produk akhir (*final assembly schedule*), perencanaan dan pengendalian input – output, pengendalian kegiatan produksi, perencanaan dan pengendalian *purchase* dan manajemen proyek (Sukaria Sinulingga, 2013 : 28).

### **3. Faktor *Quality Control***

*Quality Control* (QC) dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang digunakan untuk mempertahankan tingkat kualitas yang diinginkan dalam suatu produk atau jasa. Sistem ini adalah suatu sistem kontrol yang sistematis dari berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas produk. Hal ini tergantung pada bahan, alat, mesin, tenaga kerja, kondisi kerja dan lain – lain. QC adalah istilah yang luas, melibatkan pemeriksaan pada tahap tertentu, tetapi pemeriksaan tidak hanya berarti QC. Sebagai lawan dari pemeriksaan, penekanan aktivitas terhadap kontrol kualitas ditempatkan pada kualitas produksi masa depan. Kontrol kualitas bertujuan untuk mencegah cacat pada sumbernya, bergantung pada sistem umpan balik yang efektif dan prosedur tindakan perbaikan. Kontrol kualitas menggunakan pemeriksaan sebagai alat yang berharga (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 138).

Menurut Juran “*Quality Control* adalah proses pengaturan dari mana kita mengukur kualitas kinerja actual, membandingkannya dengan standar dan bertindak atas perbedaan”. Definisi lain menurut standar ANSI / ASQC (1978) QC didefinisikan sebagai “teknik operasional dan kegiatan untuk mempertahankan kualitas produk atau jasa yang akan memenuhi kebutuhan yang diberikan, selain itu juga penggunaan teknik dan kegiatan yang dilakukan” (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 138).

Tujuan dari QC adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 139) :

1. Untuk meningkatkan pendapatan perusahaan dengan membuat produksi lebih diterima oleh pelanggan, yaitu dengan menyediakan produk dengan umur panjang, kegunaan yang lebih besar, pemeliharaan dan lain – lain.
2. Untuk mengurangi biaya perusahaan melalui pengurangan kerugian akibat cacat.
3. Untuk mencapai pertukaran dari manufaktur dengan produksi skala besar.
4. Untuk menghasilkan kualitas yang optimal dengan harga yang turun.
5. Untuk menjamin kepuasan pelanggan dengan produksi atau jasa atau tingkat kualitas yang tinggi, untuk membangun keinginan pelanggan, kepercayaan dan reputasi dari produsen.
6. Untuk membuat pemeriksaan cepat dalam memastikan kontrol kualitas.
7. Untuk memeriksa perbedaan selama proses manufaktur.

Langkah – langkah dalam proses QC adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 138 – 139) :

1. Merumuskan kebijakan kualitas.
2. Mengatur standar atau spesifikasi atas dasar pilihan pelanggan, biaya dan keuntungan.
3. Pilih rencana inspeksi dan mengatur prosedur untuk memeriksa.
4. Mendeteksi penyimpangan dari sekumpulan standar spesifikasi.

5. Mengambil tindakan korektif atau perubahan yang diperlukan untuk mencapai standar.
6. Tentukan metode penyelamatan yaitu untuk memutuskan bagaimana bagian – bagian yang rusak dibuang, seluruh sisanya atau melakukan pengerjaan ulang.
7. Koordinasi masalah kualitas.
8. Mengembangkan kesadaran kualitas baik di dalam maupun di luar organisasi.
9. Mengembangkan prosedur yang baik untuk hubungan vendor dan pembeli.

Keuntungan dari dilakukannya QC adalah sebagai berikut (S. Anil Kumar, N. Suresh, 2008 : 139) :

1. Meningkatkan kualitas produk dan layanan.
2. Meningkatkan produktivitas proses manufaktur, unit bisnis komersial dan korporasi.
3. Mengurangi produksi dan biaya perusahaan.
4. Menentukan dan meningkatkan daya jual produk dan jasa.
5. Mengurangi harga jual produk dan jasa kepada konsumen.
6. Meningkatkan dan atau menjamin pada waktu pengiriman dan ketersediaan produk.
7. Membantu dalam pengelolaan suatu perusahaan.

#### **4. Faktor Biaya**

Biaya merupakan suatu konsekuensi yang harus dipenuhi oleh sebuah perusahaan karena dilakukannya produksi. Banyak biaya yang mempengaruhi rencana produksi. Secara garis besar, biaya – biaya tersebut yaitu biaya produksi (biaya bahan, tenaga kerja langsung dan biaya lain yang dikaitkan dengan produksi seperti biaya lembur dan biaya subkontrak), biaya persediaan (biaya kekurangan dan biaya penyimpanan) dan biaya perubahan kapasitas

(perekrutan, pemberhentian dan pelatihan tenaga kerja) (Daniel Sipper, Robert L. Bulfin, JR, 1997 :167).

### **Biaya Bahan Baku**

Biaya bahan baku adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh bahan baku sampai dengan bahan siap untuk digunakan yang meliputi harga bahan, biaya angkut, penyimpanan dan lain – lain. Harga pembelian bahan baku dan biaya angkut merupakan unsur biaya yang mudah diperhitungkan sebagai harga pokok bahan baku. Sedangkan biaya pesan, biaya penerimaan, pembongkaran, pemeriksaan, asuransi, pergudangan dan biaya akuntansi merupakan unsur yang sulit diperhitungkan. Sehingga pada prakteknya, harga pokok bahan baku yang dicatat sebesar harga pembelian bahan baku menurut faktur dari pemasok. Akibatnya, biaya persiapan bahan baku diperhitungkan dalam biaya *overhead* pabrik. (Surya Nata, 2017)

### **Biaya Tenaga Kerja**

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan kepada setiap tenaga kerja dalam satuan waktu tertentu. Besarnya biaya tenaga kerja diatur dalam Undang – Undang Ketenagakerjaan. Menurut pasal 90 ayat (1) Undang – Undang No. 13 Tahun 2003 tentang ketenagakerjaan, pengusaha dilarang membayar upah lebih rendah dari upah minimum, baik upah minimum berdasarkan wilayah provinsi atau kabupaten / kota (yang sering disebut Upah Minimum Regional, UMR) maupun upah minimum berdasarkan sector pada wilayah provinsi atau kabupaten / kota (Upah Minimum Sektoral, UMS).



### **Biaya Perekrutan Tenaga Kerja (*Hiring Costs*)**

Biaya *hiring* adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan ketika perusahaan membutuhkan penambahan jumlah tenaga kerja. Dalam rangka untuk mencari dan memilih pelamar, biaya yang dikeluarkan adalah biaya iklan, biaya wawancara, investigasi referensi dan pemeriksaan fisik. Setelah pemohon telah dipilih, ada biaya untuk mempersiapkan catatan penggajian, biaya agen tenaga kerja dan pelatihan, biaya pelatihan termasuk gaji karyawan selama periode pelatihan, gaji mandor atau pelatih lainnya dan biaya kerusakan bahan. Jika karyawan yang dipekerjakan kembali setelah PHK sementara, hanya sebagian dari biaya tersebut dikeluarkan. Jika karyawan baru dipekerjakan untuk memulai *shift* tambahan, biasanya ada pergeseran tingkat upah, pengawas tambahan dan pekerja tidak langsung akan dibutuhkan. (Spencer B. Smith, 1989 : 163)

### **Biaya Pemberhentian Tenaga Kerja (*Lay Off Costs*)**

Biaya *lay off* adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan ketika melakukan PHK terhadap tenaga kerja. *Lay off* bukan hanya dilakukan dengan memberhentikan tenaga kerja dengan mengeluarkan tenaga kerja ke luar perusahaan saja, tetapi dapat dilakukan dengan pemindahan tenaga kerja ke departemen lain. Namun hal itu jarang terjadi. Undang – undang tentang asuransi pengangguran negara berbeda dari negara ke negara. Tetapi, perusahaan yang memiliki catatan buruk dalam stabilitas pekerjaan umumnya harus membayar premi kompensasi pengangguran yang lebih tinggi. Beberapa perusahaan memiliki perjanjian persatuan yang mencakup jaminan dana upah. Kontribusi perusahaan untuk dana pemberhentian ketika dana telah mencapai tingkat tertentu. Namun, jika pekerja yang diberhentikan menarik dana dan menyebabkan penurunan di bawah tingkat tertentu, perusahaan harus mulai berkontribusi lagi (Spencer B. Smith, 1989 : 164).

Menurut Undang – Undang No. 13 Tahun 2003 tentang ketenagakerjaan, biaya yang termasuk ke dalam biaya *lay off* adalah Uang Pesangon (UP), Uang Penghargaan Masa Kerja (UPMK) dan Uang Penggantian Hak (UPH). Dalam pasal 156 ayat (1) UU Ketenagakerjaan dikatakan bahwa “Dalam hal terjadi pemutusan hubungan kerja, pengusaha diwajibkan membayar uang pesangon dan atau uang penghargaan masa kerja dan atau penggantian hak yang seharusnya diterima”.

### **Biaya Penyimpanan**

Biaya penyimpanan adalah biaya – biaya yang meningkat dengan ukuran persediaan. Biasanya sebagian besar biaya ini merupakan fungsi dari nilai persediaan. Jika dalam persediaan adalah *item* yang dibeli, maka akan dihargai dengan harga pembelian. Jika *item* yang diproduksi, catatan akuntansi akan menghargai *item* sebagai jumlah tenaga kerja dan material yang dibutuhkan untuk membuat *item* ditambah *overhead* yang dialokasikan. Beberapa *overhead* ini mungkin tidak tetap. Artinya, meningkat dengan jumlah unit *item* yang diproduksi. Beberapa biaya yang termasuk biaya *overhead* seperti biaya pencahayaan dan pemanasan pabrik, akan tetap selama berbagai tingkat produksi dan tidak akan terpengaruh dengan jumlah unit *item* yang diproduksi. Komponen – komponen dalam biaya penyimpanan adalah sebagai berikut (Spencer B. Smith, 1989 : 113 – 115).

#### **1. Fasilitas Penyimpanan**

Komponen biaya ini tidak akan ada jika perubahan persediaan tidak akan benar – benar mempengaruhi jumlah ruang yang digunakan perusahaan untuk penyimpanan. Artinya, sedikit dari gudang perusahaan akan menjadi kosong atau beberapa gudang yang sebelumnya kosong akan ditempati. Namun, jika gudang seluruh perusahaan bisa ditutup atau merupakan bagian yang disewakan, jika ada kemungkinan bahwa gudang

tambahan harus dibangun atau ruang disewa atau disewakan, maka biaya fasilitas penyimpanan harus dimasukkan.

Dalam beberapa kasus, ruang yang dibutuhkan tergantung pada persediaan maksimum, sebagai mana tempat penyimpanan yang secara permanen ditugaskan untuk setiap *item*. Dimana ada fleksibilitas yang lebih besar, ruang yang dibutuhkan bervariasi sebagai persediaan rata – rata (Spencer B. Smith, 1989 : 114).

## 2. Penanganan

Untuk sebagian besar, biaya penanganan di gudang adalah fungsi dari volume aliran masuk dan keluar. Fungsi tersebut diantaranya menerima, menyimpan dan pemilihan stok. Se jauh biaya ini bukan merupakan fungsi dari ukuran persediaan, mereka seharusnya tidak dimasukkan dalam catatan biaya. Namun, jika ukuran persediaan yang begitu besar sehingga menyebabkan kemacetan di lorong dan penggunaan yang lebih besar dari lokasi saham kurang efisien seperti rak tinggi yang memerlukan tangga, maka beberapa bagian dari biaya penanganan harus dimasukkan dalam catatan biaya (Spencer B. Smith, 1989 : 114).

## 3. Pajak

Pajak atas persediaan dibebankan oleh beberapa negara. Besarnya pajak dapat dihitung dengan cara persentase pajak dikali tingkat penaksiran dikali nilai persediaan pada tanggal penaksiran. (Spencer B. Smith, 1989 : 114)

## 4. Asuransi

Premi pada polis asuransi kebakaran, kerusakan air dan risiko lainnya bervariasi dengan nilai persediaan tertutup dan berkontribusi pada biaya penyimpanan (Spencer B. Smith, 1989 : 114).

## 5. Kerusakan

Bahan pangan buruk, komponen berkarat, film tidak dapat dijual setelah tanggal kadaluarsa. Dalam semua kasus ini, ada kerusakan fisik yang akan mengurangi nilai persediaan (Spencer B. Smith, 1989 : 114 – 115).

## 6. Keusangan

Usang adalah penurunan nilai ekonomi. Ini mungkin akibat dari perubahan teknik atau pengenalan produk baru oleh pesaing. Harga dari gaya barang harus dikurangi atau dibuang setelah musim berakhir (Spencer B. Smith, 1989 : 115).

## 7. Penyusutan

Pencurian cenderung meningkat dengan persediaan yang lebih besar dan harus dimasukkan dalam catatan biaya. Tipe lain dari penyusutan terjadi sebagai akibat dari kesalahan menghitung dalam pengiriman ke pelanggan. Sebuah hitungan panjang mungkin tidak dilaporkan, tapi hitungan pendek cenderung menghasilkan keluhan pelanggan dan harus dibuat. Akibatnya, kesalahan menghitung tidak membatalkan satu sama lain dan persediaan menyusut. Jumlah penyusutan ini adalah fungsi dari volume pengiriman daripada ukuran persediaan dan seharusnya tidak dimasukkan dalam catatan biaya (Spencer B. Smith, 1989 : 115).

## 8. Bunga Modal

Bunga atas modal yang diinvestasikan dalam persediaan biasanya merupakan komponen terbesar dari biaya tercatat dan juga merupakan komponen yang paling banyak perdebatan. Untuk satu unit item dalam persediaan, bunga dihitung sebagai produk dari variabel biaya penyimpanan satuan item, lamanya waktu unit dalam persediaan dan tingkat bunga. Tingkat suku bunga harus merupakan tingkat pengembalian

hilang karena uang itu tidak tersedia untuk investasi dengan alternatif terbaik yang tersedia.

Tingkat pengembalian pada investasi lain mungkin bervariasi dari waktu ke waktu dan tergantung pada jumlah uang yang tersedia untuk berinvestasi, lamanya waktu yang tersedia dan tingkat risiko yang terlibat. Untuk alasan ini, memerlukan beberapa analisis untuk penentuan tingkat yang tepat, tetapi kesimpulan yang memuaskan biasanya dapat tercapai.

Alternatif investasi setidaknya termasuk investasi di surat berharga pemerintah sehingga selalu ada beberapa biaya modal. Jika perusahaan meminjam dari bank, penggunaan alternatif terbaik dari dana mungkin untuk mengurangi pinjaman bank dan pembayaran bunga. Atau alternatif terbaik untuk produsen mungkin di fasilitas baru atau peralatan seperti robotika.

Jika perusahaan meminjam uang selama beberapa minggu ke depan untuk membangun sebelum puncak penjualan musiman, tingkat yang tepat mungkin akan menjadi tingkat bunga yang dikenakan oleh bank. Jika investasi persediaan adalah jangka panjang di mana, misalnya, ukuran lot dan persediaan *safety stock* akan dilakukan untuk masa depan yang tidak terbatas, maka suku bunga untuk pengembalian jangka panjang dapat diperoleh dengan berinvestasi pada fasilitas harus dipertimbangkan. Jika biaya tercatat dihitung secara eksplisit termasuk biaya semua risiko utama, seperti kerusakan, keusangan, asuransi dan penyusutan. Biaya modal harus didasarkan pada alternatif yang bebas risiko atau investasi pada tingkat dengan alternatif resiko harus disesuaikan. (Spencer B. Smith, 1989 : 115).

### **Biaya Lembur (*Overtime Costs*)**

Biaya lembur adalah biaya tambahan yang dibayar oleh perusahaan kepada tenaga kerja karena melakukan perpanjangan jam kerja dari jam kerja

normal yang ditentukan. Dalam perencanaan agregat, lembur yang relevan direncanakan merupakan lembur untuk meningkatkan output. Kadang – kadang digunakan untuk menebus waktu yang hilang karena mesin yang turun. Lembur biasanya dibayar pada tingkat premium, biasanya 50 persen di atas normal. Jika lembur digunakan secara luas, absensi biasanya meningkat. (Spencer B. Smith, 1989 : 164)

### **Biaya Subkontrak**

Biaya subkontrak adalah biaya yang diperlukan untuk memesan produk kepada perusahaan lain yang juga memproduksi produk yang sama dengan perusahaan kita. Tergantung pada proses produksi yang terlibat, salah satu cara penanganan permintaan puncak mungkin melakukan subkontrak pada bagian dari pekerjaan. Biaya yang dikeluarkan akan menjadi harga yang dibayar kepada bagian vendor ditambah biaya pengiriman. Biaya tambahannya mungkin untuk biaya pengiriman perkakas untuk vendor dan biaya pengembalian perkakas. (Spencer B. Smith, 1989 : 165)

## **5. Faktor Kapasitas Produksi**

Kapasitas produksi adalah kemampuan sistem produksi untuk membuat produk. Untuk memenuhi permintaan, idealnya kapasitas dalam sistem harus melebihi permintaan, setidaknya dalam jangka panjang. Namun, kelebihan kapasitas akan mengakibatkan biaya tinggi dan terbuangnya investasi perusahaan. Perubahan jangka pendek dalam kapasitas dapat dibuat, tetapi biasanya hanya perubahan kecil. Sebagai contoh penggunaan waktu lembur. Perubahan besar yang dapat dilakukan misalnya pembangunan pabrik, penambahan atau pergeseran mesin (Daniel Sipper, Robert L. Bulfin, JR, 1997 : 166 – 167).

## 6. Faktor Permintaan (*Demand*)

*Demand* adalah jumlah barang atau jasa tertentu yang diminta oleh konsumen pada tingkat harga tertentu dan pada situasi tertentu. Ketika *demand* konstan, tingkat produksi konstan dapat dipenuhi dengan kapasitas konstan. Tenaga kerja akan konstan dan tingkat produksi kurang dari kapasitas orang dan mesin yang memberikan manfaat tanpa adanya fasilitas yang *overload*. Karena laju produksi konstan, penggunaan bahan baku juga konstan dan menyebabkan persediaan rendah.

Namun *demand* konstan jarang terjadi, sehingga penentuan tingkat produksi akan lebih rumit. Ketika permintaan bervariasi, tingkat produksi yang diinginkan tidak jelas. Kita harus menentukan rencana produksi, berapa banyak dan kapan membuat produk. Tujuannya adalah untuk menyeimbangkan tingkat produksi dengan *demand*, sehingga produk yang dibuat sesuai dengan yang diinginkan. (Daniel Sipper, Robert L. Bulfin, JR, 1997 : 164 – 165)

Jika *timing* pengiriman untuk pesanan pelanggan yang secara signifikan mempengaruhi rencana produksi, maka informasi mengenai permintaan ini harus dikomunikasikan kepada bagian rencana produksi. Untuk peran sinkronisasi dan komunikasi antara kegiatan pasar dan rencana produksi, aktivitas kuncinya adalah manajemen permintaan sehingga menjamin kelengkapan informasi permintaan. Semua sumber permintaan untuk sumber daya manufaktur harus diidentifikasi dan dimasukkan dalam proses produksi dan perencanaan sumber daya. (Thomas E. Vollman, William L. Berry, D. Clay Whybark, 1997 : 314)

### 2.3 Metode Perencanaan Produksi

Terdapat beberapa metode yang tersedia untuk memecahkan masalah perencanaan produksi. Metode – metode tersebut yaitu metode heuristik,

metode optimasi dan metode simulasi (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991 : 58 – 67) :

### **1. Metode Heuristik**

Metode heuristik adalah sebuah metode untuk memecahkan masalah dengan seperangkat aturan untuk sampai pada solusi yang baik namun tidak menjamin solusi optimal. Keuntungan menggunakan metode ini adalah lebih sederhana dan mengurangi perhitungan. Langkah – langkah yang diterapkan untuk masalah perencanaan agregat adalah sebagai berikut. (Spencer B. Smith, 1989 : 165)

Langkah 1 : Mengembangkan rencana agregat untuk produksi, tenaga kerja, lembur, subkontrak dan persediaan yang memenuhi permintaan dan tidak melebihi keterbatasan kapasitas.

Langkah 2 : Tentukan biaya perencanaan.

Langkah 3 : Terima rencana atau kembali ke langkah 1.

### **Metode *Trial and Error***

*Trial and error* adalah metode yang paling umum digunakan. Pendekatan ini mengarah ke solusi yang layak dan memuaskan, tetapi belum tentu optimal. Hampir semua organisasi telah mengembangkan seperangkat aturan perencanaan agregat berdasarkan pengalaman mereka. Aturan – aturan praktis ini bervariasi dari perusahaan ke perusahaan tetapi sering mencakup informasi dan pedoman seperti berikut. (Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991 : 58)

1. Mengidentifikasi terjadinya *bottleneck* di pusat kerja dan kapasitas produksi.
2. Mengetahui titik dimana produk yang diproduksi pada saat lembur berkurang.



3. Hindari mengurangi tenaga kerja di bawah 75 persen dari normal atau akan ada kerugian permanen dari tenaga kerja terampil dan efisiensi tenaga kerja.
4. Hindari mengubah tingkat tenaga kerja lebih dari empat kali dalam setahun atau kemampuan administrasi organisasi akan kelebihan beban. Departemen hubungan industrial akan memiliki cukup waktu untuk menangani keluhan, negosiasi kontrak kerja dan mempromosikan produktivitas tenaga kerja melalui pengurangan biaya dan rencana bagi hasil.

Pola dasar metode *trial and error* terdiri dari langkah – langkah berikut.

(Fogarty, Blackstone dan Hoffman, 1991 : 58 – 59)

1. Siapkan rencana produksi awal atas dasar perkiraan permintaan dan pedoman yang ditetapkan.
2. Tentukan apakah rencana itu berada dalam keterbatasan kapasitas. Jika tidak, lakukan revisi.
3. Rencana biaya.
4. Setelah terdapat rencana untuk menurunkan biaya, lakukan langkah – langkah 2 dan 3 di atas dan bandingkan kedua rencana biaya.
5. Lanjutkan proses ini sampai rencana yang dikembangkan memuaskan.
6. Lakukan analisis sensitivitas untuk mengevaluasi efek dari perubahan parameter seperti tingkat biaya penyimpanan, biaya perekrutan dan *demand*.
7. Melacak rencana (bandingkan hasil actual dengan hasil yang direncanakan).

### **Model Koefisien Manajemen**

Berdasarkan pengalaman konsultasinya, Bowman (1963) mengemukakan “Keputusan manajerial mungkin membuat mereka lebih

konsisten dari waktu ke waktu daripada ditingkatkan dengan pendekatan yang memberikan ‘solusi optimal’ untuk model eksplisit, terutama untuk masalah yang berwujud (kehabisan biaya, hukuman atas keterlambatan) harus dinyatakan dengan perkiraan atau dengan asumsi”.

Bowman membenarkan filosofi ini dengan mengamati bahwa manajer berpengalaman umumnya cukup menyadari kriteria dan faktor biaya yang mempengaruhi keputusan yang harus mereka buat. Lebih banyak keputusan mereka adalah membuat respon yang benar terhadap lingkungan keputusan yang mereka hadapi. Namun, perilaku mereka mungkin lebih tidak menentu dari yang seharusnya. Pengaruh palsu seperti panggilan telepon darurat dari atasan, pemasok dan pelanggan dapat menghasilkan penyimpangan dari normal (rata-rata) perilaku ketika tidak dibenarkan. Oleh karena itu, Bowman berpendapat, mengapa tidak mengadopsi sebuah pendekatan untuk pemodelan yang mencoba untuk menjaga manajer mendekati perilaku keputusan yang seharusnya dengan meredam sebagian besar reaksi yang tidak menentu. Nama dari metodologi / filosofi Bowman adalah Manajemen Koefisien Model. Kunreuther (1969) dan Gordon (1966), mengutarakan aplikasi dari pendekatan ini. (Edward A. Silver, David F. Pyke, Rein Peterson, 1998 : 579 – 580)

Pendekatan koefisien manajemen menggunakan metode standar regresi berganda sesuai aturan keputusan untuk data historis pada perilaku keputusan manajerial yang sebenarnya. Dengan memasang garis regresi, analisis mencoba untuk menangkap hubungan historis rata-rata antara isyarat di lingkungan dan tanggapan manajemen. Perilaku tak menentu (residual) adalah "dihilangkan" dengan meminimalkan kuadrat. Dengan pendekatan koefisien manajemen ini diharapkan manajer akan melakukan tindakan tepat terhadap faktor yang terlibat dalam perencanaan agregat, yaitu tenaga kerja dan tingkat produksi. (Edward A. Silver, David F. Pyke, Rein Peterson, 1998 : 580)

### ***Projected Capacity Utilization Ratios (Manpower Decision Framework)***

Colley, Landel dan Fair (1977) mewawancarai sejumlah manajer yang bertanggung jawab untuk keputusan perencanaan agregat dan mengamati para manajer ini merasa bahwa pemanfaatan kapasitas baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang sangat penting dalam membuat keputusan. Dengan demikian, dua faktor rasio diusulkan secara khusus. (Edward A. Silver, David F. Pyke, Rein Peterson, 1998 : 581)

$$\text{Rasio Periode Berjalan (CPR)} = \frac{\text{Permintaan produksi periode saat ini}}{\text{Kapasitas produksi periode saat ini}}$$

$$\text{Rasio Periode Perencanaan (PPR)} = \frac{\begin{array}{c} \text{Rata-rata backlog order bulanan} \\ \text{dan perintah antisipasi tambahan} \\ \text{dalam periode perencanaan} \end{array}}{\text{Kapasitas produksi bulanan}}$$

dimana periode perencanaan adalah interval waktu untuk horizon perencanaan. Terdapat beberapa nilai yang mungkin muncul dari perhitungan kedua rasio di atas. Nilai – nilai tersebut akan menentukan keputusan yang akan diambil berdasarkan kondisi saat ini. Keadaan – keadaan tersebut yaitu :

- 1)  $\text{CPR} > 1$  dan  $\text{PPR} \equiv 1$  maka keputusan menggunakan lembur mungkin akan sesuai.
- 2)  $\text{CPR} > 1$  dan  $\text{PPR} > 1$  maka mungkin dengan meningkatkan jumlah tenaga kerja.

## **2. Metode Optimasi**

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal. Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan suatu hal yang sudah ada ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Optimasi perencanaan produksi dilakukan dengan memformulasikan variabel – variabel produksi dalam kombinasi rumusan matematis. Beberapa metode optimasi

yang biasa digunakan yaitu *Linear Programming*, *Goal Programming*, *Linear Decision Rules* dan *Transportation Models*.

### ***Linear Programming (LP)***

Programa linier yang diterjemahkan dari *Linear Programming* (LP) adalah suatu cara untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber – sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing dengan cara terbaik yang mungkin dilakukan. Persoalan pengalokasian ini akan muncul manakala seseorang harus memilih tingkat aktivitas – aktivitas tertentu yang bersaing dalam hal penggunaan sumber daya langka yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktivitas – aktivitas tersebut. Beberapa contoh situasi dari uraian di atas antara lain ialah persoalan pengalokasian fasilitas produksi, persoalan pengalokasian sumber daya nasional untuk kebutuhan domestik, penjadwalan produksi, solusi permainan dan pemilihan pola pengiriman (*shipping*). Satu hal yang menjadi ciri situasi di atas adalah keharusan untuk mengalokasikan sumber terhadap aktivitas. (Tjutju Tarlih D., Ahmad Dimyati, 2010 : 17)

Programa linier ini menggunakan model matematis untuk menjelaskan persoalan yang dihadapinya. Sifat “linier” disini memberi arti bahwa seluruh fungsi matematis dalam model ini merupakan fungsi yang linier, sedangkan kata “programa” merupakan sinonim untuk perencanaan. Dengan demikian, programa linier merupakan perencanaan aktivitas – aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimum, yaitu suatu hasil yang mencapai tujuan terbaik di antara seluruh alternatif fisibel. Dalam membangun model matematis, digunakan beberapa karakteristik sebagai berikut : (Tjutju Tarlih D., Ahmad Dimyati, 2010 : 18 - 20)

#### **1. Variabel Keputusan**

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan – keputusan yang akan dibuat.

## 2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi dari variabel keputusan yang akan dimaksimumkan (untuk pendapatan atau keuntungan) atau diminimumkan (untuk ongkos).

## 3. Pembatas

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi sehingga kita tidak bisa menentukan harga – harga variabel keputusan secara sembarang.

## 4. Pembatas Tanda

Pembatas tanda adalah pembatas yang menjelaskan apakah variabel keputusannya diasumsikan hanya berharga non negatif atau variabel keputusan tersebut boleh berharga positif, boleh juga negatif (tidak terbatas dalam tanda).

Selain itu, terdapat asumsi – asumsi yang digunakan dalam program linier. Asumsi tersebut diantaranya yaitu : (Tjutju Tarliah D., Ahmad Dimiyati, 2010 : 26 - 27)

### 1. Asumsi kesebandingan (*Proportionality*)

- a. Kontribusi setiap variabel keputusan terhadap fungsi tujuan adalah sebanding dengan nilai variabel keputusan.
- b. Kontribusi suatu variabel keputusan terhadap ruas kiri dari setiap pembatas juga sebanding dengan nilai variabel keputusan itu.

### 2. Asumsi Penambahan (*Additivity*)

- a. Kontribusi setiap variabel keputusan terhadap fungsi tujuan bersifat tidak bergantung pada nilai dari variabel keputusan yang lain.
- b. Kontribusi suatu variabel keputusan terhadap ruas kiri dari setiap pembatas bersifat tidak bergantung pada nilai dari variabel keputusan yang lain.

### 3. Asumsi Pembagian (*Divisibility*)

Dalam persoalan program linier, variabel keputusan boleh diasumsikan berupa bilangan pecahan.

### 4. Asumsi Kepastian (*Certainty*)

Setiap parameter yaitu koefisien fungsi tujuan, ruas kanan dan koefisien teknis, diasumsikan dapat diketahui secara pasti.

Satu contoh model *Linier Programming* yang dapat digunakan untuk kasus perencanaan produksi adalah sebagai berikut.

$$\text{Min } \sum_{t=1}^T (C_t^P P_t + C_t^W W_t + C_t^H H_t + C_t^L L_t + C_t^I I_t) \dots \dots \dots (2.1)$$

*Subject to*

$$P_t \leq n_t W_t \dots \dots \dots (2.2)$$

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \dots \dots \dots (2.3)$$

$$I_t = I_{t-1} + P_t - D_t \dots \dots \dots (2.4)$$

$$P_t, W_t, H_t, L_t, I_t \geq 0 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana,

$T$  = Panjang horizon dalam periode

$t$  = Indeks periode,  $t = 1, 2, \dots, T$

$D_t$  = Jumlah peramalan unit yang diminta pada periode  $t$

$n_t$  = Jumlah produk yang dapat diproduksi oleh satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^P$  = Biaya produksi satu unit produk pada periode  $t$

$C_t^W$  = Biaya satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^H$  = Biaya *hiring* satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^L$  = Biaya *lay off* satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^I$  = Biaya simpan satu unit produk di gudang untuk periode  $t$

Beberapa variabel yang menjadi keputusan dalam perencanaan produksi pada penelitian ini yaitu :

$P_t$  = Jumlah unit yang diproduksi pada periode  $t$

$W_t$  = Jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada periode  $t$

$H_t$  = Jumlah tenaga kerja *hiring* pada periode  $t$

$L_t$  = Jumlah tenaga kerja *lay off* pada periode  $t$

$I_t$  = Jumlah unit produk yang disimpan sebagai *inventory* pada akhir periode  $t$

Sementara itu, salah satu model optimasi yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah produksi optimal untuk beberapa jenis produk adalah sebagai berikut (Daniel Sipper, Robert L. Bulfin, JR., 1997 : 193).

$$\text{Min } \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (C_{it}^P P_{it} + C_t^W W_t + C_t^H H_t + C_t^L L_t + C_{it}^I I_{it}) \dots \dots \dots (2.6)$$

*Subject to*

$$\sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{n_{it}} \right) P_{it} \leq W_t \dots \dots \dots (2.7)$$

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \dots \dots \dots (2.8)$$

$$I_{it} = I_{it-1} + P_{it} - D_{it} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$P_{it}, W_t, H_t, L_t, I_{it} \geq 0 \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana,

$T$  = Panjang horizon dalam periode

$N$  = Jumlah produk

$t$  = Indeks periode,  $t = 1, 2, \dots, T$

$i$  = Indeks produk,  $i = 1, 2, \dots, N$

$D_{it}$  = Jumlah peramalan unit yang diminta untuk produk  $i$  pada periode  $t$

$n_{it}$  = Jumlah produk  $i$  yang dapat diproduksi oleh satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_{it}^P$  = Biaya produksi satu unit produk  $i$  pada periode  $t$

$C_t^W$  = Biaya satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^H$  = Biaya *hiring* satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_t^L$  = Biaya *lay off* satu orang tenaga kerja pada periode  $t$

$C_{it}^I$  = Biaya simpan satu unit produk  $i$  di gudang untuk periode  $t$

Beberapa variabel yang menjadi keputusan dalam perencanaan produksi pada penelitian ini yaitu :

$P_{it}$  = Jumlah unit produk  $i$  yang diproduksi pada periode  $t$

$W_t$  = Jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada periode  $t$

$H_t$  = Jumlah tenaga kerja *hiring* pada periode  $t$

$L_t$  = Jumlah tenaga kerja *lay off* pada periode  $t$

$I_{it}$  = Jumlah unit produk  $i$  yang disimpan sebagai *inventory* pada akhir periode  $t$

### Goal Programming

Biasanya ada beberapa tujuan ketika mengembangkan rencana kapasitas keseluruhan atau jadwal induk produksi untuk jarak menengah. Satu set tujuan tersebut dapat mencakup hal - hal berikut: (Fogarty, Blackstone, Hoffmann, 1991 : 66)

1. Jadwal harus berada dalam kapasitas produktif
2. Produksi harus cukup untuk memenuhi kebutuhan permintaan
3. Biaya produksi dan persediaan harus diminimalkan
4. Investasi persediaan tidak boleh melebihi batas yang ditentukan
5. Biaya lembur harus dalam batas yang ditentukan

Karena sebagian besar metode pemrograman matematika mengharuskan semua tujuan dinyatakan dalam dimensi tunggal, baik yang diformulasikan dalam bentuk dolar atau diubah menjadi kendala. Pendekatan ini memiliki dua kelemahan, yang pertama yaitu kendala yang sebenarnya mungkin tidak kaku seperti yang ditunjukkan dalam formulasi LP dan yang kedua tidak semua tujuan memiliki prioritas yang sama.

*Goal programming* memungkinkan tujuan yang berbeda untuk diekspresikan dalam bentuk alami mereka dan memberikan solusi yang mencapai tujuan dalam urutan prioritas. Karena beberapa tujuan yang



bertentangan satu sama lain, hal itu tidak mungkin untuk mencapai semua itu. Sebagai contoh, tujuan dari pekerjaan yang stabil mungkin tidak konsisten dengan biaya produksi diminimalkan. *Goal programming* memungkinkan manajer untuk menganalisis penyimpangan dari tujuan tertentu, yang diperlukan untuk mencapai tujuan lain, dan untuk memutuskan berapa banyak organisasi akan menyimpang dari satu tujuan untuk mencapai yang lain. (Fogarty, Blackstone, Hoffmann, 1991 : 66)

### ***Linear Decision Rules (LDR)***

Holt, Modigliani, Muth dan Simon menaikkan tingkat kepentingan dalam masalah perencanaan agregat dengan deskripsi mereka, *Linear Decision Rule* (Holt, Modigliani, Muth dan Simon 1955;. Holt et al 1960). *Linear Decision Rule* (LDR) merupakan biaya yang terkait dengan perubahan tingkat produksi, persediaan dan lembur sebagai fungsi kuadrat dari produksi dan tingkat tenaga kerja. Aturan keputusan linier untuk menentukan tingkat tenaga kerja yang optimal dan tingkat produksi yang diperoleh membedakan fungsi biaya kuadrat agregat.

Meskipun pendekatan ini adalah langkah yang berharga dalam pengembangan lanjutan dari model perencanaan agregat namun belum memiliki penerimaan industri luas karena keterbatasan tertentu. Pertama, untuk membedakan hal itu mewajibkan fungsi biaya menjadi kuadrat dan asumsi dalam hal ini sering tidak valid. Kedua, tidak memasang kendala pada variabel keputusan, yang dalam prakteknya sering terkendala. (Fogarty, Blackstone, Hoffmann, 1991 : 66)

### **Metode Transportasi**

Metode transportasi adalah kasus khusus sederhana dari metode simpleks. Nama metode ini berasal dari aplikasi untuk masalah yang

melibatkan pengangkutan produk dari beberapa sumber ke beberapa tujuan. Dua tujuan umum yang ingin didapatkan dari masalah transportasi yaitu meminimalkan biaya pengiriman  $n$  unit untuk tujuan  $m$  atau memaksimalkan keuntungan dari pengiriman  $n$  unit untuk tujuan  $m$ . Secara umum, ada tiga langkah dalam memecahkan masalah transportasi. Langkah – langkah tersebut yaitu sebagai berikut. (Richard B. Chase, Nicholas J. Aquilano, 1989 : 328 – 330)

1. Definisikan Masalah dan Buatlah Matriks Transportasi
2. Membuat Alokasi Awal

Alokasi awal diperlukan untuk menetapkan nomor ke sel untuk memenuhi pasokan dan kendala permintaan. Ada beberapa metode untuk membuat alokasi awal yaitu (Tjutju Tarlih D., Ahmad Dimiyati, 2010 : 133 – 134)

- a. Metode pojok kiri atas – pojok kanan bawah (*Northwest Corner*)
- b. Metode ongkos terkecil (*Least Cost*)
- c. Metode pendekatan Vogel (*Vogel Approximation Method*, VAM)

3. Mengembangkan Solusi Optimal

Untuk mengembangkan solusi optimal dalam masalah transportasi berarti mengevaluasi setiap sel yang tidak terpakai untuk menentukan apakah pergeseran akan menguntungkan dari sudut pandang total biaya. Jika ya, pergeseran dibuat, dan proses ini diulang. Ketika semua sel telah dievaluasi dan pergeseran yang dibuat sesuai, maka masalah selesai. Salah satu pendekatan untuk membuat evaluasi ini adalah metode *stepping stone*.

### **3. Metode Simulasi**

Simulasi memungkinkan perencana untuk merumuskan model dengan berbagai jenis hubungan biaya (linear, kuadrat, eksponensial, dan lain – lain) dan biaya yang berubah pada titik-titik tertentu dalam waktu atau jumlah produksi tertentu. Dengan demikian, metode simulasi dapat mendekati

kenyataan lebih dekat daripada model analitis lainnya dalam kebanyakan situasi. Bagaimanapun, model analisis seperti *linear programming* untuk menjamin solusi optimal meskipun terlalu menyederhanakan realitas, saat menjalankan model simulasi tidak menjamin solusi optimal. (Fogarty, Blackstone, Hoffmann, 1991 : 67)

## **2.4 Design of Experiment (DOE)**

*Design Of Experiment* (DOE) adalah sebuah pendekatan sistematis untuk menginvestigasi suatu sistem atau proses. Secara umum, DOE merupakan desain yang berisi informasi – informasi yang terkumpul berdasarkan pengalaman dan menghadirkan sebuah variasi, baik informasi tersebut berada di bawah kendali pelaku eksperimen maupun tidak.

DOE memiliki peranan penting sebagai suatu jalan formal untuk memaksimalkan informasi yang didapat ketika sumber daya dibutuhkan. Lebih dari sekedar metode experimental “*one change at a time*”. DOE juga memudahkan kita untuk melakukan *judgement* pada variabel input dan output yang signifikan. Pengujian “*one change at a time*” selalu menghasilkan resiko yang mengharuskan pelaku eksperimen untuk menemukan satu variabel input untuk memiliki efek signifikan pada output sementara mereka terhambat karena tidak dapat mengganti variabel demi menjaga kestabilan variabel lainnya.

DOE merencanakan keseluruhan ketergantungan yang memungkinkan sejak tahap awal dan menentukan data apa yang benar-benar dibutuhkan untuk menilai apakah variabel input mengganti respon dengan sendirinya, saat dikombinasikan, atau tidak sama sekali. Dalam konteks sumber daya, ukuran dan jumlah dari eksperimen diatur oleh desain sebelum pengujian dimulai.

### 2.4.1 Prinsip Dasar

Terdapat tiga prinsip dasar dalam desain eksperimental. Prinsip – prinsip tersebut yaitu :

#### 1. Randomisasi (*Randomization*)

Randomisasi adalah landasan yang mendasari penggunaan metode statistik dalam desain eksperimental. Dengan randomisasi, kedua alokasi bahan percobaan dan urutan dimana percobaan individu berjalan dari percobaan yang akan dilakukan secara acak ditentukan. Metode statistik mengharuskan pengamatan (atau kesalahan) variabel acak didistribusikan secara independen. (Douglas C. Montgomery, 2009 : 12)

Fungsi dari randomisasi adalah menjamin validnya atas dugaan tak bias dari galat percobaan (eksperimental error) dan nilai tengah perlakuan serta perbedaan di antara mereka. Randomisasi merupakan salah satu dari beberapa ciri perancangan percobaan modern yang muncul atas gagasan R. A. Fisher. Random berbeda dengan sembarang, dimana sembarang akan merusak atau melemahkan teknik percobaan sedangkan random mengandung pengertian memberikan kesempatan yang sama kepada masing – masing satuan percobaan untuk dikenakan perlakuan. Dengan kata lain random memberikan peluang yang sama kepada setiap satuan percobaan untuk memperoleh suatu perlakuan. (Vincent Gaspersz, 1991 : 22 – 23)

Malalui randomisasi maka uji – uji statistika menjadi valid dimana salah satu asumsi dalam analisis data bahwa eksperimental error bersifat bebas dapat dipenuhi. Kadang – kadang konsep randomisasi diperkenalkan sebagai suatu cara untuk “menghilangkan” bias. Dengan demikian konsep randomisasi memainkan peranan penting dalam perancangan percobaan. (Vincent Gaspersz, 1991 : 23)

## 2. Replikasi (*Replication*)

Bila suatu perlakuan muncul lebih dari satu kali dalam suatu percobaan, maka perlakuan itu dikatakan mempunyai ulangan. Dengan demikian pengertian pengulangan dalam konteks ini adalah pengulangan dari perlakuan dasar. Fungsi dari pengulangan adalah memberikan suatu dugaan dari eksperimental error dalam percobaan, meningkatkan ketelitian suatu percobaan melalui pengurangan simpangan baku dari nilai tengah perlakuan, memperluas cakupan penarikan kesimpulan dari suatu percobaan dan mengendalikan variansi error. (Vincent Gaspersz, 1991 : 23)

Pengulangan juga memungkinkan kita untuk mengelompokkan satuan – satuan percobaan menurut respons yang diharapkan. Tujuannya adalah memaksimalkan keragaman antar kelompok dan meminimumkan keragaman dalam kelompok. Dengan cara ini akan membuat satuan – satuan percobaan dalam kelompok relatif lebih homogeny sehingga usaha mempelajari perbedaan di antara perlakuan – perlakuan dapat lebih teliti. (Vincent Gaspersz, 1991 : 24)

## 3. *Blocking*

*Blocking* adalah teknik desain yang digunakan untuk meningkatkan presisi dengan perbandingan antara minat terhadap faktor yang dibuat. *Blocking* sering digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan variabilitas yang ditularkan dari faktor *nuisance*, yaitu faktor – faktor yang mungkin mempengaruhi respon eksperimental tetapi dimana kita tidak langsung tertarik. (Douglas C. Montgomery, 2009 : 13)

### 2.4.2 Menentukan Jumlah Replikasi Dalam Percobaan

Jumlah ulangan dari suatu percobaan ditentukan oleh tingkat ketelitian yang diinginkan, tingkat keragaman dari bahan percobaan dan sumber –

sumber yang tersedia, termasuk personal dan peralatan. Dengan menggunakan rumus sederhana, jumlah ulangan untuk setiap perlakuan yang dilambangkan dengan  $r$  ditentukan sebagai berikut :

$$r = \frac{2t_{\alpha/2}^2 s^2}{d^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana  $s^2$  adalah ragam eksperimental error percobaan yang diduga,  $t_{\alpha}$  adalah nilai  $t$  yang diperoleh dari tabel  $t$  – student pada taraf nyata  $\alpha$  untuk derajat kebebasan ( $db$ ) yang sesuai dengan  $s^2$  dan  $d$  adalah besarnya penyimpangan antara nilai dugaan terhadap nilai yang sesungguhnya dari populasi (parameter). (Vincent Gaspersz, 1991 : 25 – 26)

Dengan mengetahui jumlah ulangan  $r$ , maka banyaknya satuan percobaan yang harus disediakan yaitu  $n$  dapat ditentukan dengan mengandakan nilai  $r$  dengan banyaknya perlakuan yang akan dicoba. Jadi misalnya, kita akan mencoba  $t$  buah perlakuan dengan ulangan masing – masing  $r$ , maka kita harus menyediakan minimum ukuran contoh satuan – satuan percobaan sebanyak  $n = tr$  (dengan asumsi masing – masing perlakuan dikenakan ulangan yang sama sebanyak  $r$ ). (Vincent Gaspersz, 1991 : 26)

### 2.4.3 Langkah – Langkah Untuk Merancang Percobaan

Untuk menggunakan pendekatan statistik dalam merancang dan menganalisis percobaan, penting bagi semua orang yang terlibat dalam percobaan untuk memiliki gagasan yang jelas tentang apa yang akan dipelajari, bagaimana data akan dikumpulkan dan setidaknya pemahaman kualitatif bagaimana data ini harus dianalisis. Secara garis besar, prosedur yang direkomendasikan adalah sebagai berikut. (Douglas C. Montgomery, 2009 : 14)

1. Tentukan *statement of the problem*
2. Tentukan variabel respon

3. Tentukan faktor, level faktor dan *range*
4. Tentukan desain eksperimen
5. Lakukan eksperimen
6. Analisis data statistik
7. Kesimpulan dan rekomendasi

#### 2.4.4 Jenis – Jenis Desain Eksperimen

Untuk dapat melakukan eksperimen, perlu ditentukan jenis desain yang akan digunakan. Ada beberapa jenis desain eksperimen yang dapat digunakan, yaitu sebagai berikut.

1. *Single Factor Experiment*
  - a. *Completely Randomized Design* (CRD)

*Completely Randomized Design* adalah design acak sempurna. Artinya tidak ada batasan yang akan ditempatkan pada pengacakan sehingga desainnya akan benar-benar acak. Banyak teknik analisis untuk eksperimen satu faktor acak sepenuhnya dapat diterapkan dengan sedikit perubahan pada eksperimen yang lebih kompleks. Dalam *Completely Randomized Design* hanya satu faktor yang bervariasi. Simbol  $\tau_j$  akan digunakan untuk menunjukkan pengaruh tingkat ke  $j$  dari faktor tersebut.  $\tau_j$  menyatakan bahwa faktor umum dapat dianggap sebagai efek *treatment*.

Jika urutan eksperimen yang diterapkan pada beberapa level faktor benar – benar acak, bahan yang dapat digunakan sebagai *treatments* dianggap kurang homogen, rancangannya disebut desain acak lengkap. Jumlah pengamatan untuk setiap level perlakuan atau faktor akan ditentukan dari pertimbangan biaya dan kekuatan pengujian.

Secara matematis, model *Completely Randomized Design* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.12 (Charles R. Hicks, 1993 : 49)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana  $Y_{ij}$  merupakan pengamatan ke  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n_j$ ) pada treatment ke  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ).  $\mu$  adalah efek dari seluruh percobaan,  $\tau_j$  adalah efek dari *treatment* ke  $j$  dan  $\varepsilon_{ij}$  adalah kesalahan acak yang ada dalam pengamatan ke  $i$  pada *treatment* ke  $j$ .

b. *Randomized Block Design* (RBD)

*Randomized Block Design* adalah desain *blocking* paling sederhana yang digunakan untuk mengendalikan dan mengurangi kesalahan eksperimen. Unit eksperimen dikelompokkan menjadi blok unit yang homogen. Setiap perlakuan dimasukkan secara acak dalam jumlah yang sama (biasanya satu) unit eksperimen di setiap blok. (Robert O. Kuehl, 2000: 264).

Secara matematis, model *Randomized Block Design* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.13 (Charles R. Hicks, 1993 : 95)

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana  $\beta_i$  adalah efek dari blok. *Blocking* dalam percobaan merupakan prosedur yang berguna untuk mengurangi kesalahan dalam eksperimen.

c. *Latin Square Design* (LSD)

*Latin Square Design* merupakan desain di mana setiap treatment muncul satu kali di setiap baris dan sekali di setiap kolom. *Latin Square Design* masih merupakan desain yang terpusat pada satu faktor, tetapi pada saat randomisasi dibatasi oleh dua batasan. (Charles R. Hicks, 1993: 103)



*Latin Square Design* digunakan untuk menghilangkan variabilitas dari dua faktor *nuisance*. Artinya, secara sistematis memungkinkan pemblokiran dalam dua arah. Dengan demikian, baris dan kolom sebenarnya mewakili dua batasan dalam randomisasi. Secara umum sebuah kuadrat latin untuk faktor  $p$ , atau  $p \times p$  *Latin Square* adalah kuadrat yang berisi baris  $p$  dan kolom  $p$ . Setiap sel  $p_2$  yang dihasilkan mengandung satu dari huruf  $p$  yang sesuai dengan *treatment* dan setiap huruf terjadi satu kali dan satu di setiap baris dan kolom. (Douglas C. Montgomery, 2009: 139)

Secara matematis, model *Latin Square Design* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.14.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana  $Y_{ijk}$  merupakan pengamatandi baris ke  $i$  dan kolom ke  $k$  untuk *treatment* ke  $j$ .  $\mu$  adalah mean keseluruhan,  $\beta_i$  adalah efek baris ke  $i$ ,  $\tau_j$  efek treatment ke  $j$ ,  $\gamma_k$  adalah efek kolom ke  $k$  dan  $\varepsilon_{ijk}$  adalah random error.

d. *Graeco Latin Square Design* (GLSD)

*Graeco Latin Square Design* merupakan sebuah desain dimana *Greek Letter* dan *Latin Letter* hanya muncul satu kali pada setiap baris dan kolom. Selain itu, dua *Latin Square* dikatakan ortogonal.

Secara sistematis, *Graeco Latin Square Design* dapat digunakan untuk mengendalikan variabilities dari tiga sumber asing yaitu blok ke tiga arah. Desain memungkinkan penyelidikan terhadap empat faktor (baris, kolom, *Latin Letter* dan *Greek Letter*) masing-masing pada tingkat  $p$ . (Douglas C. Montgomery, 2009: 146)

Secara matematis, model GLSD dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.15 (Charles R. Hicks, 1993 : 106).

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + \omega_m + \varepsilon_{ijkm} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana  $\omega_m$  merupakan efek dari batasan terbaru.

## 2. *Factorial Design*

Banyak eksperimen melibatkan studi tentang pengaruh dua faktor atau lebih. Secara umum, *Factorial Design* paling efisien untuk jenis percobaan ini. Dengan *Factorial Design*, semua kombinasi tingkat faktor memungkinkan untuk diselidiki. Efek dari suatu faktor didefinisikan sebagai perubahan respon yang dihasilkan oleh perubahan tingkat faktor. Hal ini sering disebut efek utama karena mengacu pada faktor utama yang menarik dalam percobaan. (Douglas C. Montgomery, 2009: 162)

Secara matematis, *Factorial Design* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.16 (Douglas C. Montgomery, 2009 : 167).

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana  $\mu$  adalah efek dari rata – rata keseluruhan,  $\tau_i$  adalah efek ke  $i$  dari baris level faktor ke A,  $\beta_j$  adalah efek ke  $j$  dari kolom level faktor B,  $(\tau\beta)_{ij}$  adalah efek dari interaksi antara  $\tau_i$  dan  $\beta_j$  dan  $\varepsilon_{ijk}$  adalah komponen *random error*.

## 3. *Robust Design*

*Robust Design* adalah sebuah pendekatan terhadap aktivitas realisasi produk yang berfokus pada pemilihan tingkat faktor terkendali (atau parameter) dalam suatu proses atau produk. Tujuan dari pendekatan ini yaitu untuk mencapai dua tujuan, yakni memastikan bahwa rata – rata respon berada pada tingkat yang diinginkan dan memastikan bahwa variabilitasnya kecil. *Robust Design* dikembangkan oleh seorang Insinyur Jepang, Genichi Taguchi pada tahun 1980. *Robust Design* adalah desain

dimana rancangan yang dihasilkan tidak sensitif terhadap perubahan faktor *noise*. (Douglas C. Montgomery, 2009 : 486)

*Robust Design* biasanya fokus pada satu atau lebih dari hal – hal berikut ini : (Douglas C. Montgomery, 2009 : 487)

- a. Merancang sistem yang tidak sensitif terhadap faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja begitu sistem dikerahkan di lapangan.
- b. Merancang produk sehingga tidak peka terhadap variabilitas yang ditransmisikan oleh komponen sistem.
- c. Merancang proses sehingga produk yang diproduksi sedekat mungkin dengan spesifikasi target yang diinginkan, walaupun beberapa variabel proses (seperti suhu) atau sifat bahan baku tidak mungkin dikendalikan secara tepat.
- d. Menentukan kondisi operasi untuk sebuah proses sehingga karakteristik proses kritis sedekat mungkin dengan nilai target yang diinginkan dan variabilitas sekitar target ini diminimalkan.

#### 4. *Nested Design*

*Nested Design* atau *hierarchical design* adalah desain multifaktor dimana dalam satu tingkat faktor serupa tetapi tidak identik untuk berbagai tingkat faktor lain (Douglas C. Montgomery, 2009 : 542). Artinya, ada faktor yang tersarang dalam faktor lainnya. Dalam rancangan percobaan bersarang, faktor yang tersarang pada suatu faktor utama tidak mungkin berpindah ke faktor utama yang lain atau terjadi persilangan lainnya. Sebab faktor tersarang akan tetap berada pada faktor utama tempat ia bersarang. Sehingga tidak mungkin untuk dilihat interaksinya. Inilah yang membedakan *Nested Design* dengan desain lainnya.

## 5. *Split Plot Design*

*Split Plot Design* adalah eksperimen multifaktor dimana randomisasi tidak dapat dilakukan sempurna akibat adanya kesulitan untuk merubah level faktor (Douglas C. Montgomery, 2009 : 557). *Split Plot Design* digunakan untuk percobaan yang dimaksudkan untuk menyelidiki pengaruh – pengaruh utama dan interaksi dengan derajat ketelitian yang berbeda. Faktor dengan derajat ketelitian yang lebih rendah disebut sebagai faktor utama (*main plot factor*). Sedangkan faktor dengan ketelitian yang lebih tinggi disebut sebagai faktor anak petak (*sub plot factor*)

## 2.5 Riset – Riset Metode Optimasi Dalam Perencanaan Produksi

Ada banyak penelitian yang menggunakan metode optimasi dalam perencanaan produksi untuk meminimasi total biaya produksi. Ada lima penelitian yang membuktikan bahwa penggunaan metode optimasi tidak memberi manfaat yang signifikan dalam meminimasi total biaya produksi. Berikut ini akan diuraikan kelima penelitian tersebut.

### 1. Donatus Feriyanto Simamora. 2017. Optimasi Perencanaan Produksi Perakitan *Wiring Harness* dengan Menggunakan Model *Mixed Integer Linear Programming* Pada CV. XYZ Cikarang.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimasi biaya produksi perakitan *wiring harness* CV. XYZ. Hal ini dikarenakan CV. XYZ mengalami kendala dalam menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan. Terkadang jumlah tenaga kerja terlalu banyak, sehingga menimbulkan pemborosan sumber daya. Terkadang juga kekurangan jumlah tenaga kerja yang mengakibatkan adanya biaya lembur. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan produksi untuk menyeimbangkan permintaan dengan mengoptimalkan ketersediaan sumber daya perusahaan. Penelitian dilakukan dengan bantuan *software* LINDO.

Untuk mendapatkan perencanaan produksi yang optimal, penelitian dilakukan dengan metode optimasi. Model yang digunakan adalah *Mixed Integer Linear Programming*. Terdapat 12 jenis produk utama CV. XYZ yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini. Sembilan jenis produk merupakan produk perakitan (*assembly*) dan 3 produk merupakan produk *cutting*. Perencanaan produksi dilakukan dalam 12 periode perencanaan. Oleh karena itu, masing – masing pada variabel akan ditambahkan indeks  $i$  untuk jenis produk dan atau  $t$  untuk periode. Ada tujuh variabel keputusan dalam model yang digunakan. Ketujuh variabel tersebut yaitu jumlah produksi dalam waktu reguler ( $X_{it}$ ), jumlah produksi dalam waktu lembur ( $Y_{it}$ ), jumlah persediaan produk ( $I_{it}$ ), jumlah jam kerja reguler ( $W_{it}$ ), jumlah jam kerja lembur ( $U_{it}$ ), jumlah tenaga kerja yang direkrut ( $H_t$ ), jumlah tenaga kerja yang dikeluarkan ( $F_t$ ) dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan ( $Man_t$ ). Selain itu, terdapat 13 parameter yang digunakan dalam model. Parameter tersebut yaitu jumlah permintaan produk ( $D_{it}$ ), biaya operasional bulanan dan biaya aset di luar biaya tenaga kerja ( $m_i$ ), biaya penyimpanan produk ( $l_i$ ), biaya per jam tenaga kerja waktu normal ( $w_i$ ), biaya per jam tenaga kerja waktu lembur ( $u_i$ ), kemampuan kemasan box untuk menyimpan produk ( $b_i$ ), maksimum kemasan box yang dimiliki perusahaan ( $M_{box}$ ), biaya penambahan tenaga kerja ( $h$ ), biaya pengurangan tenaga kerja ( $f$ ), waktu unit proses produk ( $p_i$ ), ketersediaan jam kerja reguler ( $AvR_t$ ), ketersediaan jam kerja lembur ( $AvO_t$ ) dan maksimum jumlah karyawan ( $Max$ ). Model *Mixed Integer Linear Programming* yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.17 sampai 2.27.

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T m_i \cdot (X_{it} + Y_{it}) + \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T l_i \cdot I_{it} + \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T w_i \cdot W_{it} + \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T u_i \cdot U_{it} - \sum_{t=1}^T (h \cdot h_t + f \cdot f_t) \dots \dots \dots (2.17) \end{aligned}$$

*Subject to*

$$I_{it} = I_{i(t-1)} + X_{it} + Y_{it} - D_{it} \dots \dots \dots (2.18)$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{I_{it}}{b_i} \leq Mbox \dots \dots \dots (2.19)$$

$$p_i X_{it} = W_{it} \dots \dots \dots (2.20)$$

$$p_i Y_{it} = U_{it} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$\sum_{i=1}^m W_{it} \leq AvR_t \times Man_t \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\sum_{i=1}^m U_{it} \leq AvO_t \times Man_t \dots \dots \dots (2.23)$$

$$Man_t = Man_{t-1} + H_t - F_t \dots \dots \dots (2.24)$$

$$Man_t \leq Max \dots \dots \dots (2.25)$$

$$Man_t \text{ integer non negatives} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$X_{it}, Y_{it}, I_{it}, W_{it}, U_{it}, H_t, F_t \text{ non negatives} \dots \dots \dots (2.27)$$

Berdasarkan hasil penelitian, dengan digunakannya metode optimasi dalam perencanaan produksi di CV. XYZ biaya produksi dapat turun sebesar 0,4%. Dengan digunakannya metode optimasi biaya produksi awal sebesar Rp 2.043.458.430 turun menjadi Rp 2.036.236.800 atau turun sebesar Rp 7.221.630 selama 12 bulan dalam periode perencanaan. Jumlah produksi pada jam kerja normal yang optimal adalah 3.599.366 unit produk dan jam kerja lembur dapat dihindari. Kebutuhan jam kerja normal yang optimal adalah 90.079 jam orang dan tidak ada jam kerja lembur. Jumlah persediaan yang optimal adalah 212.183 unit selama 12 bulan perencanaan. Selain itu, jumlah tenaga kerja yang optimal yaitu 50 orang karyawan. Dengan kata lain, perusahaan perlu menambah jumlah tenaga kerja sebanyak tujuh orang. Berdasarkan persentase penurunan biaya produksi, dapat diketahui bahwa penggunaan metode optimasi tidak signifikan berbeda dengan metode heuristik. Artinya, penggunaan metode optimasi tidak efektif dalam meminimumkan biaya produksi.

## 2. Akhsani Nur Amalia. 2015. Optimasi Perencanaan Produksi Studi Kasus di Home Industri Hackers.

Penelitian ini dilakukan untuk meminimasi total biaya produksi di Home Industri Hackers. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat seberapa besar manfaat penggunaan metode optimasi untuk perencanaan produksi di Home Industri Hackers. Besarnya manfaat penggunaan metode optimasi dapat dilihat dari penghematan yang dapat dilakukan dengan metode optimasi terhadap metode heuristik. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* LINDO.

Untuk dapat meminimasi total biaya produksi, perencanaan produksi dilakukan dengan metode optimasi. Model yang digunakan dalam optimasi perencanaan produksi adalah model *Linear Programming*. Perencanaan produksi yang dibuat untuk tiga jenis produk dalam 12 bulan perencanaan. Indeks  $i$  menunjukkan jenis produk dan indeks  $t$  menunjukkan periode perencanaan. Oleh karena itu, indeks  $i$  dan atau  $t$  akan digunakan pada variabel keputusan dan parameter yang digunakan dalam model. Terdapat lima variabel keputusan dalam model *Linear Programming* yang digunakan. Variabel tersebut yaitu jumlah unit produk yang diproduksi ( $P_{it}$ ), jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan ( $W_t$ ), jumlah tenaga kerja *hiring* ( $H_t$ ), jumlah tenaga kerja *lay off* ( $L_t$ ) dan jumlah unit produk yang disimpan sebagai *inventory* pada akhir periode ( $I_{it}$ ). Selain itu, terdapat parameter – parameter yang digunakan dalam model *Linear Programming* yang digunakan. Parameter tersebut yaitu jumlah permintaan produk ( $D_{it}$ ), jumlah unit yang dapat diproduksi oleh satu orang tenaga kerja ( $n_{it}$ ), biaya produksi satu unit produk ( $C_{it}^P$ ), biaya satu orang tenaga kerja ( $C_t^W$ ), biaya *hiring* satu orang tenaga kerja ( $C_t^H$ ), biaya *lay off* satu orang tenaga kerja ( $C_t^L$ ) dan biaya simpan satu unit produk ( $C_{it}^I$ ). Model matematis dari model *Linear Programming* yang digunakan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\text{Min } \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (C_{it}^P P_{it} + C_t^W W_t + C_t^H H_t + C_t^L L_t + C_{it}^I I_{it}) \dots \dots \dots (2.28)$$

*Subject to*

$$\sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{n_{it}} \right) P_{it} \leq W_t \dots \dots \dots (2.29)$$

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \dots \dots \dots (2.30)$$

$$I_{it} = I_{it-1} + P_{it} - D_{it} \dots \dots \dots (2.31)$$

$$P_{it}, W_t, H_t, L_t, I_{it} \geq 0 \dots \dots \dots (2.32)$$

Berdasarkan hasil penelitian, penghematan yang dapat dilakukan dengan penggunaan metode optimasi dalam perencanaan produksi di Home Industri Hackers hanya sebesar 0,05%. Total biaya produksi dengan strategi konstan sebesar Rp 2.596.382.170 sedangkan biaya produksi dengan metode optimasi sebesar Rp 2.595.046.000. Artinya, penghematan yang dapat dilakukan dengan metode optimasi sebesar Rp 1.336.170. Manfaat yang tidak signifikan juga berlaku saat biaya simpan dinaikkan. Berdasarkan persentase penurunan biaya produksi, dapat diketahui bahwa penggunaan metode optimasi tidak signifikan berbeda dengan metode heuristik. Artinya, penggunaan metode optimasi tidak efektif dalam meminimumkan biaya produksi.

### **3. Muchlison Anis, Siti Nandiroh dan Agustin Dyah Utami. 2007. Optimasi Perencanaan Produksi dengan Metode *Goal Programming*.**

Penelitian dilakukan di PT. NM yang memproduksi berbagai jenis jamu. PT. NM dituntut untuk dapat memenuhi permintaan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memaksimalkan pendapatan penjualan, meminimalkan biaya produksi, memaksimalkan jam kerja reguler, meminimalkan jam lembur, memaksimalkan utilitas mesin dan meminimalkan biaya kualitas. Oleh karena itu, perlu dilakukan



perencanaan produksi untuk dapat memberikan solusi optimal terhadap tujuan – tujuan tersebut.

Untuk mendapatkan solusi yang optimal, penelitian dilakukan dengan metode optimasi yaitu dengan model *Goal Programming*. Penelitian dilakukan untuk empat jenis produk jamu. Indeks  $i$  menyatakan jenis jamu. Peencanaan produksi dilakukan dalam 12 periode perencanaan. Variabel keputusan dari model *Goal Programming* yang digunakan yaitu total penyimpangan negatif terhadap jumlah permintaan ( $d_i^-$ ), jumlah produk yang dapat dijual atau jumlah produk yang diproduksi ( $X_i$ ), total penyimpangan negatif dari penggunaan jam kerja regular ( $d_j^-$ ), total penyimpangan positif dari penggunaan jam kerja regular ( $d_j^+$ ). Parameter yang digunakan dalam model ini yaitu tingkat permintaan produk ( $P_i$ ), harga jual per unit produk ( $S_i$ ), biaya produksi per unit produk ( $C_i$ ), waktu proses per unit produk di mesin  $j$  ( $O_{ij}$ ), total penyimpangan positif terhadap jumlah permintaan ( $d_i^+$ ), kapasitas jam kerja regular mesin  $j$  ( $JR_j$ ), kapasitas maksimum jam kerja lembur mesin  $j$  ( $JL_j$ ) dan biaya kualitas per unit produk ( $Q_i$ ).

Terdapat enam tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, ada enam formulasi fungsi tujuan dalam penelitian ini. Formulasi *Goal Programming* dapat dilihat pada persamaan 2.33 sampai 2.42.

1. Tujuan memenuhi jumlah permintaan

Perusahaan ingin memenuhi permintaan konsumen. Oleh karena itu, fungsi tujuannya adalah meminimalkan angka penyimpangan negatif ( $d_i^-$ ). Fungsi tujuan dapat dilihat pada persamaan 2.27

$$\text{Min } Z = \sum d_i^- \dots\dots\dots (2.33)$$

2. Tujuan memaksimalkan pendapatan penjualan

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^m S_i X_i \dots\dots\dots (2.34)$$

3. Tujuan meminimalkan biaya produksi

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m C_i X_i \dots\dots\dots (2.35)$$

4. Tujuan mamaksimalkan utilitas

Perusahaan ingin memaksimalkan utilitas mesin yang berarti memaksimalkan penggunaan kapasitas jam kerja regular. Oleh karena itu, fungsi tujuannya adalah meminimalkan angka penyimpangan negatif ( $d_j^-$ )

$$\text{Min } Z = \sum d_j^- \dots\dots\dots (2.36)$$

5. Tujuan meminimalkan jam lembur

$$\text{Min } Z = \sum d_j^+ \dots\dots\dots (2.37)$$

6. Tujuan meminimalkan biaya kualitas

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m Q_i X_i \dots\dots\dots (2.38)$$

*Subject to*

$$X_i + d_i^- - d_i^+ = P_i \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\sum_{i=1}^m O_{ij} X_i + d_j^- - d_j^+ = JR_j \dots\dots\dots (2.40)$$

$$d_j^+ \leq JL_j \dots\dots\dots (2.41)$$

$$d_i^-, d_j^-, d_j^+, X_i \geq 0 \dots\dots\dots (2.42)$$

Berdasarkan hasil penelitian, jumlah produksi optimal produk  $X_1$  sebanyak 400.210.000 kapsul, produk  $X_2$  sebanyak 208.390.000 kapsul, produk  $X_3$  sebanyak 218.350.000 kapsul dan produk  $X_4$  sebanyak 208.190.000 kapsul. Tujuan memenuhi jumlah permintaan terpenuhi karena total penyimpangan adalah nol. Tujuan memaksimalkan pendapatan penjualan terpenuhi dengan memperoleh pendapatan sebesar Rp 620.495.000.000. Tujuan meminimalkan biaya produksi terpenuhi yaitu Rp 92.131.200.000. Tujuan memaksimalkan utilitas mesin tidak terpenuhi karena penyimpangan negative dari penggunaan jam kerja regular sebesar 878.233,4 menit. Tujuan meminimalkan jam kerja lembur

tidak terpenuhi karena penyimpangan positif dari penggunaan jam kerja lembur sebesar 15.911,53 menit. Tujuan meminimalkan biaya kualitas terpenuhi yaitu sebesar Rp 42.593.904. Besarnya keuntungan yang dapat diperoleh jika perusahaan memproduksi produk sesuai permintaan yaitu sebesar Rp 460.368.641.000. Sedangkan besarnya keuntungan yang didapat dengan metode optimasi yaitu sebesar Rp 528.211.207.000. Artinya dengan penggunaan metode optimasi keuntungan dapat meningkat sebesar Rp 67.842.566.000 atau sebesar 0,15%. Berdasarkan persentase peningkatan keuntungan, dapat diketahui bahwa penggunaan metode optimasi tidak signifikan berbeda dengan metode heuristik. Artinya, penggunaan metode optimasi tidak efektif dalam memaksimalkan keuntungan.

**4. Nurul Hidayat. 2013. Optimasi Perencanaan Produksi dengan Menggunakan Metode Goal Programming (Studi Kasus Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Jipang Ketan Batur Banjarnegara).**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memaksimalkan pendapatan dan meminimalkan biaya produksi. Terdapat tiga jenis produk jipang yang diteliti yaitu jipang putih, jipang merah dan jipang coklat. *i* adalah indeks jenis produk. Penelitian dilakukan dengan bantuan *software* LINDO dan WinQSB.

Untuk mendapatkan solusi optimal dengan dua fungsi tujuan, perencanaan produksi dilakukan dengan metode optimasi. Model yang digunakan adalah model *Goal Programming*. Terdapat tiga variabel keputusan yaitu jumlah produk jipang putih ( $X_1$ ), jumlah produk jipang merah ( $X_2$ ) dan jumlah produk jipang coklat ( $X_3$ ). Parameter yang digunakan dalam model Goal Programming dalam penelitian ini yaitu harga jual ( $S_i$ ), biaya produksi satu unit produk ( $C_i$ ), waktu proses

pencucian beras ( $WPb_i$ ), waktu proses perendaman ( $WPr_i$ ), waktu proses pengukusan ( $WPN_i$ ), waktu proses pencucian ( $WPC_i$ ), waktu proses penjemuran ( $WPj_i$ ), waktu proses pengayakan ( $WPy_i$ ), waktu proses perebusan gula ( $WPG_i$ ), waktu proses penggorengan awal ( $WPa_i$ ), waktu proses penggorengan kedua ( $WPK_i$ ), waktu proses pencetakan, pemotongan dan penyusunan ( $WPP_i$ ), waktu proses pembungkusan ( $WPS_i$ ), jumlah beras ketan yang digunakan ( $Bk_i$ ), jumlah gula pasir yang digunakan ( $Gp_i$ ), jumlah gula jawa yang digunakan ( $Gj_i$ ), jumlah minyak goreng yang digunakan ( $Mg_i$ ) dan jumlah pewarna yang digunakan ( $Pw_i$ ). Selain itu, terdapat parameter yang digunakan untuk menyatakan besarnya kapasitas yaitu kapasitas waktu proses pencucian beras ( $KWPb$ ), kapasitas waktu proses perendaman ( $KWPr$ ), kapasitas waktu proses pengukusan ( $KWPN$ ), kapasitas waktu proses pencucian ( $KWPC$ ), kapasitas waktu proses penjemuran ( $KWPJ$ ), kapasitas waktu proses pengayakan ( $KWPy$ ), kapasitas waktu proses perebusan gula ( $KWPG$ ), kapasitas waktu proses penggorengan awal ( $KWPa$ ), kapasitas waktu proses penggorengan kedua ( $KWPK$ ), kapasitas waktu proses pencetakan, pemotongan dan penyusunan ( $KWPP$ ), kapasitas waktu proses pembungkusan ( $KWPS$ ), beras ketan yang tersedia ( $KBk$ ), gula pasir yang tersedia ( $KGp$ ), gula jawa yang tersedia ( $KGj$ ), minyak goreng yang tersedia ( $KMg$ ) dan pewarna yang tersedia ( $KPw$ ).

Terdapat dua tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, ada dua formulasi fungsi tujuan dalam penelitian ini. Formulasi *Goal Programming* dapat dilihat pada persamaan 2.43 sampai 2.61.

1. Tujuan memaksimalkan pendapatan penjualan

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^m S_i X_i \dots\dots\dots (2.43)$$

2. Tujuan meminimalkan biaya produksi

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m C_i X_i \dots\dots\dots (2.44)$$

*Subject to*

$$\sum_{i=1}^m WPb_i X_i \leq KWPb \dots\dots\dots (2.45)$$

$$\sum_{i=1}^m WPr_i X_i \leq KWPPr \dots\dots\dots (2.46)$$

$$\sum_{i=1}^m WPN_i X_i \leq KWPn \dots\dots\dots (2.47)$$

$$\sum_{i=1}^m WPC_i X_i \leq KWPC \dots\dots\dots (2.48)$$

$$\sum_{i=1}^m WPj_i X_i \leq KWPj \dots\dots\dots (2.49)$$

$$\sum_{i=1}^m WPy_i X_i \leq KWPy \dots\dots\dots (2.50)$$

$$\sum_{i=1}^m WPg_i X_i \leq KWPG \dots\dots\dots (2.51)$$

$$\sum_{i=1}^m WPa_i X_i \leq KWPa \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\sum_{i=1}^m WPk_i X_i \leq KWPK \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\sum_{i=1}^m WPP_i X_i \leq KWPP \dots\dots\dots (2.54)$$

$$\sum_{i=1}^m WPS_i X_i \leq KWPS \dots\dots\dots (2.55)$$

$$\sum_{i=1}^m Bk_i X_i \leq KBk \dots\dots\dots (2.56)$$

$$\sum_{i=1}^m Gp_i X_i \leq KGp \dots\dots\dots (2.57)$$

$$\sum_{i=1}^m Gj_i X_i \leq KGj \dots\dots\dots (2.58)$$

$$\sum_{i=1}^m Mg_i X_i \leq KMG \dots\dots\dots (2.59)$$

$$\sum_{i=1}^m Pw_i X_i \leq KPw \dots\dots\dots (2.60)$$

$$X_i \geq 0 \dots\dots\dots (2.61)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, solusi optimal untuk produksi jipang putih sebanyak 467 bungkus, jipang merah sebanyak 0 bungkus dan jipang coklat sebanyak 333 bungkus. Pendapatan yang sebelumnya sebesar Rp 1.442.600 dapat ditingkatkan dengan digunakannya metode optimasi menjadi Rp 2.432.520. Dengan kata lain, dengan metode optimasi pendapatan meningkat sebesar Rp 989.920 atau sebesar 0,7%. Selain itu, biaya produksi yang sebelumnya Rp 7.876.400 dapat diminimasi dengan metode optimasi menjadi Rp 6.566.480. Dengan kata lain, biaya produksi turun sebesar Rp 1.309.920 atau sebesar 0,17%. Berdasarkan persentase peningkatan pendapatan dan penurunan biaya produksi, dapat diketahui

bahwa penggunaan metode optimasi tidak signifikan berbeda dengan metode heuristik. Artinya, penggunaan metode optimasi tidak efektif dalam memaksimalkan pendapatan dan meminimumkan biaya produksi.

**5. Novitasari, Sobri Abusini, Endang Wahyu H. 2012. Pendekatan Metode Goal Programming dalam Optimasi Perencanaan Produksi (Studi Kasus UD. Imaduddin)**

Penelitian ini dilakukan untuk meminimumkan biaya produksi, memaksimalkan pendapatan dan memenuhi permintaan. Agar dapat bersaing, UD. Imaduddin dituntut untuk dapat membuat perencanaan produksi yang optimal sehingga dapat memenuhi permintaan. Perencanaan produksi dilakukan untuk lima jenis produk dalam satu tahun perencanaan. Penelitian dilakukan dengan bantuan *software* POM-QM.

Untuk bisa mendapatkan solusi optimal dengan beberapa tujuan, perencanaan produksi dapat dilakukan dengan metode optimasi yaitu dengan model *Goal Programming*. Variabel keputusan dari model *Goal Programming* yang digunakan yaitu total penyimpangan negatif terhadap jumlah permintaan ( $d_i^-$ ) dan jumlah produk ( $X_i$ ). Parameter yang digunakan dalam model ini yaitu tingkat permintaan produk ( $P_i$ ), harga jual per unit produk ( $S_i$ ), biaya produksi per unit produk ( $C_i$ ), target pendapatan ( $Tp$ ), target biaya produksi ( $Tb$ ) dan total penyimpangan positif terhadap jumlah permintaan ( $d_i^+$ ).

Terdapat tiga tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, ada tiga formulasi fungsi tujuan dalam penelitian ini. Formulasi *Goal Programming* dapat dilihat pada persamaan 2.62 sampai 2.68.

1. Tujuan memenuhi jumlah permintaan

$$\text{Min } Z = \sum d_i^- \dots\dots\dots (2.62)$$

2. Tujuan memaksimalkan pendapatan

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^m S_i X_i \dots\dots\dots (2.63)$$

3. Tujuan meminimalkan biaya produksi

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m C_i X_i \dots\dots\dots (2.64)$$

*Subject to*

$$\sum_{i=1}^m C_i X_i - d_1^+ = Tb \dots\dots\dots (2.65)$$

$$\sum_{i=1}^m S_i X_i + d_1^- = Tp \dots\dots\dots (2.66)$$

$$X_i + d_i^- - d_i^+ = P_i \dots\dots\dots (2.67)$$

$$X_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \dots\dots\dots (2.68)$$

Berdasarkan perhitungan, jumlah produksi optimal untuk  $X_1$  sebanyak 13.130 unit,  $X_2$  sebanyak 2.584 unit,  $X_3$  sebanyak 2.584 unit,  $X_4$  sebanyak 4.288 unit dan  $X_5$  sebanyak 1.476 unit. Biaya produksi yang semula sebesar Rp 1.178.000.000 dapat diminimasi dengan metode optimasi menjadi sebesar Rp 1.173.854.000. Artinya biaya produksi berkurang sebesar Rp 4.146.000 atau sebesar 0,004%. Pendapatan yang semula sebesar Rp 1.419.000.000, dengan metode optimasi menjadi sebesar Rp 1.418.978.000. Artinya tujuan untuk meningkatkan pendapatan tidak dapat dilakukan. Keuntungan yang semula sebesar Rp 241.000.000 dapat ditingkatkan dengan metode optimasi menjadi sebesar Rp 245.124.000. Artinya dengan metode optimasi keuntungan dapat dinaikan sebesar Rp 4.124.000 atau sebesar 0,017%. Berdasarkan persentase penurunan biaya produksi dan peningkatan keuntungan, dapat diketahui bahwa penggunaan metode optimasi tidak signifikan berbeda dengan metode heuristik. Artinya, penggunaan metode optimasi tidak efektif dalam meminimumkan biaya produksi dan memaksimalkan keuntungan.