

## BAB II

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.1 Kajian Induktif

Studi mengenai *inventory problem* telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu hingga sekarang dengan permasalahan-permasalahan yang terus berkembang. Tujuan pada penelitian tersebut adalah untuk meminimalkan total biaya persediaan. Dalam *inventory problem* salah satu yang menjadi permasalahan yaitu adanya persediaan yang banyak. Hal ini dikarenakan *order quantity* ke *supplier* lebih besar daripada kebutuhan unit produksi untuk memenuhi permintaan konsumen yang tidak pasti. Pauls-Worm et al. (2015) melakukan penelitian terkait permasalahan dalam menentukan perencanaan produksi dengan mengindikasikan kapan dilakukan produksi dan berapa banyak produksi. Penelitian dilakukan pada produk *perishable* dengan mempertimbangkan *order quantity* dalam kontrol persediaan. Dalam penelitian ini perusahaan menerapkan system *lost sales*, dimana jika permintaan tidak dapat terpenuhi maka permintaan akan hilang dan menimbulkan biaya. Dalam penentuan *order quantity* diformulasikan dengan menggunakan model MILP yang bertujuan untuk meminimasi biaya setup dan biaya persediaan. Terdapat beberapa yang menjadi pertimbangan seperti biaya penyimpanan, biaya produksi, level persediaan, dan *demand* yang bersifat *non-stationary*. Berdasarkan model tersebut bahwa hasil yang didapatkan mendekati solusi optimal.

Penelitian yang sama terkait penentuan *order quantity* juga telah dilakukan. Pada penelitian Fergany (2016) terkait model probabilistik persediaan multi item dan *single source* dengan campuran biaya *shortage*, yaitu biaya *backorder* dan biaya *lost sales*. Model ini diformulasikan menggunakan pendekatan *convex programming* untuk menentukan *order quantity* optimal dan *reorder point* optimal. Tujuan dalam penelitian

tersebut yaitu untuk meminimasi total biaya, yaitu biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya *shortage*. Dalam penelitian ini permintaan menggunakan variabel bebas dan *lead time* adalah konstan. Kebijakan persediaan yang diterapkan perusahaan adalah *continuous review policy*. Biaya yang menjadi pertimbangan adalah biaya pemesanan, biaya penyimpanan, biaya *shortage*, biaya *backorder*, dan biaya *lost sales*.

Studi mengenai pengembangan *new mathematical expressions* untuk menentukan *reorder point* dan *order quantity* pada kebijakan manajemen persediaan telah dilakukan. Penelitian tersebut mempertimbangkan kapasitas ruang penyimpanan pada *single item*. Dalam penelitian ini, dilakukan dengan membandingkan dua kebijakan persediaan yaitu *continuous review* dan *periodic review* dengan mempertimbangkan *back order* dan *lost demand*. Fungsi objektif dari penelitian ini adalah minimasi total biaya yang terdiri dari biaya pemesanan, biaya *shortage*, biaya penyimpanan, dan biaya *over-ordering* dengan dipengaruhi permintaan yang stokastik. Kompleksitas pengembangan *mathematical expression*, dalam pemecahan menggunakan metode iterasi. Berdasarkan model yang diusulkan dapat mencapai solusi optimal untuk kebijakan *continuous review* dan mendekati solusi optimal untuk kebijakan *periodic review* (Singha et al., 2017).

Penelitian terkait *production quantity* dalam permasalahan optimasi juga telah dilakukan. Taleizadeh et al. (2017) melakukan penelitian terkait model *economic production quantity* pada sistem persediaan dengan *shortage*. Tujuan dalam penelitian ini adalah maksimasi profit dengan mengembangkan empat model dengan situasi *shortage* yang berbeda-beda untuk menentukan nilai optimal pada variabel sistem persediaan. Berdasarkan hasil komputasi, bahwa model SEPQ-*patial backordering* mendapat solusi optimal dan dengan model yang lebih realistis. Dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang menjadi pertimbangan seperti biaya pemesanan, biaya penyimpanan, kerusakan, unit produksi, biaya *backorder*, dan biaya *lost sale*. Permintaan dalam penelitian ini bersifat deterministik pada level *single period* dan *single product*.

Teng et al. (2015) melakukan penelitian terkait model optimasi pada produk dengan adanya limitasi kuantitas produksi. Adanya strategi limitasi kuantitas produk ini membuat konsumen merasa bahwa produk tersebut unik untuk dibeli. Dalam penelitian ini, mempertimbangkan permasalahan *newsvendor* pada produk dengan limitasi tersebut,

dimana mempengaruhi harga jual dan permintaan konsumen yang tidak pasti (*demand uncertainty*). Pada penelitian ini algoritma dikembangkan untuk memperoleh perencanaan kebijakan produksi optimal untuk maksimasi profit. Perusahaan ini menerapkan sistem *lost sales*, dimana tidak terpenuhinya permintaan karena kurangnya persediaan yang akan menimbulkan biaya *shortage*. Hubungan antara *supplier* dan *retailer* ini juga mempertimbangan biaya produksi dan harga jual produk.

Dalam pemecahan *inventory problem* dalam optimasi dengan tujuan untuk meminimasi total biaya produksi dapat diformulasikan dengan menggunakan *mathematical programming*. Lee et al. (2018) melakukan penelitian terkait optimasi model penjadwalan untuk meminimasi tingkat persediaan tritium pada siklus bahan bakar tritium *plant*. Dalam penyelesaian masalah diusulkan model *mixed integer nonlinear programming* (MINLP) dengan mempertimbangkan *periodic demand* dan durasi proses. Hasil menunjukkan bahwa formulasi MINLP dapat memecahkan permasalahan optimasi *nonlinear* dengan menghasilkan informasi persediaan tritium setiap unit dan menyediakan penjadwalan operasi dengan hasil optimal.

Model MINLP juga dapat digunakan untuk mendukung keputusan penyimpanan dalam rantai pasok biji-bijian makanan di India pada tiga *stage*. Dalam penelitian ini mengembangkan model MINLP dan *branch and bound* untuk meminimasi biaya transportasi, biaya persediaan, dan biaya operasional. Pertimbangan dilakukan terhadap kepuasan permintaan dan kapasitas kendaraan pada distribusi *single food*. Terdapat beberapa asumsi yang dipertimbangkan yaitu *procurement quantity* dan *demand* yang bersifat deterministik. Dalam pengembangan formula terdapat beberapa variabel yang bersifat biner, kontinu, dan *integer* (Mogale et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Rodriguez et al. (2014) terkait desain dan pengelolaan rantai pasok yang optimal selama multi periode dan multi produk dengan ketidakpastian permintaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk minimasi biaya persediaan dengan mempertimbangan, biaya *shortage* dan biaya operasional gudang. Objek penelitian menggunakan kebijakan *periodic-review*, dimana kuantitas pemesanan bergantung pada posisi persediaan pada saat dilakukannya pemesanan. Untuk

mengantisipasi meningkatnya ketidakpastian permintaan, perusahaan menerapkan level *safety stock* dan melakukan pengembangan model MINLP dalam penyelesaiannya.

Penelitian terkait pemodelan matematika *lot-sizing* dengan pemilihan *supplier*, *inventory shortage*, dan diskon kuantitas telah dilakukan, dengan horizon waktu multi periode dan multi *supplier*. Permasalahan ini diformulasikan menggunakan *mixed integer nonlinear programming* (MINLP) dan *evolutionary algorithm* (EA). Transformasi yang dilakukan dengan mengubah *multiple quantity discount* menjadi *single quantity discount*. Fungsi objektif dalam penelitian ini adalah untuk meminimasi total biaya terdiri dari biaya pemesanan, biaya penyimpanan, biaya pembelian, biaya transportasi, dan biaya *shortage* dengan menentukan kebijakan pemesanan yang optimal. Pada biaya transportasi mempertimbangan kendaraan setiap pengiriman yang berbeda pada setiap *supplier*. Pola permintaan pada objek penelitian ini bersifat deterministik dan menerapkan sistem *stock-out* (Soto et al., 2017).

Cacchiani & D'Ambrosio (2016) melakukan studi terkait *convex multi-objective mixed integer nonlinear programming problem* (CMO-MINLPs) dengan mengembangkan heuristik algoritma *branch and bound*. Objektif dari penelitian ini adalah untuk minimasi fungsi objektif tunggal dan kendala pada setiap fungsi objektif lainnya dengan variabel *nonlinear*, *integer*, dan *continuous variable*. Algoritma ini diimplementasikan untuk menentukan penjadwalan optimal pada suatu permasalahan. Dalam studi ini, penelitian menampilkan dua karakteristik aplikatif di dunia nyata yaitu adanya *non-linearitas* dan adanya variabel kontinu dan *integer* yang digunakan untuk memodelkan. Algoritma ini diusulkan untuk memperbaiki set Pareto dan menghindari kembalinya titik dominasi.

Tabel 2.1 *State of The Art*

	Lee et al. (2018)	Mogale et al. (2018)	Rodriguez et al. (2014)	Karin et al. (2015)	Soto et al. (2017)	Taleizadeh et al. (2017)	Fergany (2016)	Teng et al. (2014)	Cacchiani & D'Ambrosio (2016)	Singha et al. (2017)	Penelitian
<i>MINLP</i>	v	v	v		v				v		v
<i>Branch and Bound</i>		v							v		v
<i>Backorder</i>							v			v	v
<i>Deterministic model</i>	v	v			v	v					
<i>Probabilistic model</i>							v	v		v	v
<i>Periodic review policy</i>			v							v	
<i>Continous review policy</i>							v			v	v
<i>Purchasing cost</i>					v						v
<i>Ordering cost</i>					v	v	v			v	v
<i>Holding cost</i>		v		v	v	v	v			v	v
<i>Vehicle capacity</i>		v									v
<i>Lost sales</i>			v	v	v	v	v	v		v	
<i>Multi product</i>			v				v				v
<i>Demand uncertainty</i>			v	v				v		v	v
<i>Safety stock level</i>			v								
<i>Multi supplier</i>					v						v
<i>Lot sizing</i>					v						



Berdasarkan hasil kajian induktif pada penelitian terdahulu, meminimasi *total cost* dapat ditempuh dengan cara menentukan jumlah produksi yang optimal dan tingkat persediaan, serta model yang akan terjadi berbentuk *nonlinear*. Permasalahan *nonlinear* dapat diselesaikan menggunakan *Mixed Integer Nonlinear Programming* (MINLP). Permintaan yang tidak pasti akan menimbulkan ketidakpastian dalam jumlah produksi, hal ini akan berpengaruh pada tingkat persediaan. Tingkat persediaan dapat ditentukan dengan menentukan jumlah produksi yang optimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa salah satu metode yang digunakan dalam pemecahan masalah optimasi ukuran produksi dengan tepat dan menyelesaikan model *nonlinear* adalah MINLP dan *Branch and Bound*. Hasil optimasi yang dilakukan dapat sebagai pertimbangan bagi unit usaha untuk melakukan pembelian material kepada *supplier* guna menurunkan tingkat persediaan. Dalam melakukan *order quantity* unit usaha perlu mempertimbangkan kapasitas pengiriman atau transportasi pada multi *supplier* dan kapasitas produksi. Pada Tabel 2.1 menunjukkan posisi penelitian yang dilakukan terhadap penelitian terdahulu.

## **2.2 Kajian Deduktif**

### **2.2.1 Perencanaan Produksi**

Perencanaan produksi adalah bagian dari perencanaan hirarki, alokasi kapasitas/sumber daya, kerangka kerja dan pengendalian, dengan mempertimbangkan kapasitas sumber daya, periode waktu, persediaan dan permintaan selama horizon perencanaan yang cukup panjang pada tingkat yang tinggi (Cai et al., 2011). Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam perencanaan produksi adalah sifat proses produksi, jenis dan mutu dari barang yang diproduksi, dan barang diproduksi merupakan barang baru atau lama (Cahyo, 1996). Menurut Ariyani (2009) tingkatan waktu perencanaan produksi dibagi menjadi dua:

1. Perencanaan Produksi Jangka Pendek (Perencanaan Operasional) merupakan perencanaan kegiatan produksi yang akan dilakukan dalam jangka waktu kurang dari atau sama dengan satu tahun. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengatur tenaga kerja, persediaan, dan fasilitas produksi.

2. Perencanaan Produksi Jangka Panjang adalah penentuan tingkat kegiatan produksi lebih dari satu tahun hingga mencapai lima tahun. Tujuan perencanaan ini yaitu untuk mengatur penambahan kapasitas mesin atau peralatan.

### 2.2.2 Persediaan

Dalam istilah umum, persediaan adalah stok fisik barang yang disimpan untuk memenuhi permintaan yang diantisipasi. Namun dalam perspektif manajemen material, persediaan adalah sumber daya yang bermanfaat tetapi tidak memiliki nilai ekonomi dalam kegunaannya (Vrat, 2014). Hal ini akan menjadi sulit ketika persediaan memiliki peran penting dalam perencanaan produksi. Terlihat bahwa persediaan dibutuhkan ketika permintaan datang namun ketika tidak ada permintaan akan menimbulkan biaya. Jenis-jenis persediaan diklasifikasikan berdasarkan nilai tambah selama proses manufaktur adalah *raw material*, *work in process (WIP)*, dan *finished goods* (Sipper & Bulfin, 1997). Permasalahan utama dalam persediaan adalah kapan waktu melakukan pemesanan (*when to order*) dan berapa banyak pemesanan (*how much to order*) (Taha, 1987). Keputusan optimal dalam penentuan persediaan tentunya dapat meningkatkan profit bagi perusahaan.

### 2.2.3 Karakteristik Pengendalian Persediaan

Karakteristik yang mempengaruhi pada pengendalian persediaan menurut Murthy (2007):

1. Permintaan untuk *raw material* atau komponen produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dapat dilihat dari pola konsumsi pada periode-periode sebelumnya. Permintaan bersifat deterministik ketika telah ditetapkan permintaan ' $q$ ' unit per unit waktu. Terkadang permintaan dapat bersifat probabilistik dengan menyatakan jumlah material yang diharapkan pada periode tersebut. Selain itu permintaan bersifat statis ketika permintaan konstan setiap periode waktu.
2. *Lead time* atau waktu pengadaan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempatkan pesanan dan menerima material ke dalam stok. *Lead time* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain alat transportasi, rute transportasi, dll sehingga mengakibatkan variasi waktu pada setiap periodenya. Oleh karena itu perlu mengacu



pada catatan periode sebelumnya dan memperkirakan jumlah persediaan untuk periode prospek.

3. Jenis produk dengan item persediaan yang bersifat diskrit atau kontinu.
4. Horizon waktu atau periode perencanaan persediaan yang merupakan jangka waktu dimana kebijakan optimal akan diformulasikan atau biaya persediaan harus dioptimalkan.
5. *Safety stock* atau *buffer stock* guna untuk menghindari kehabisan stok agar permintaan terpenuhi. Tingkat stok tergantung pada pola permintaan dan *lead time* sehingga harus dihitung secara tepat. Jika penyimpanan berlebih maka akan menimbulkan biaya berlebih, dan jika mempertahankan stok yang sedikit akan terjadi kemungkinan berada dalam keadaan stok.

#### **2.2.4 Model Persediaan**

Dalam kondisi ketidakpastian dalam permintaan yang akan berdampak pada kuantitas persediaan akan memunculkan model-model persediaan. Klasifikasi masalah model persediaan berdasarkan karakteristik permintaan telah diklasifikasikan, berikut ini merupakan klasifikasi menurut Siswanto (2006):

##### **1. Model Deterministik**

Model persediaan deterministik ditandai dengan adanya permintaan dan waktu kedatangan sebelumnya yang sudah diketahui dengan pasti. Perkembangan model deterministik dimulai oleh pengembangan model EOQ (*Economic Order Quantity*), dimana memperhitungkan dua macam biaya yaitu biaya penyimpanan dan biaya pemesanan.

##### **2. Model Probabilistik**

Model persediaan probabilistik ditandai dengan adanya permintaan dan *lead time* yang tidak diketahui secara pasti sehingga perlu didekati dengan distribusi probabilitas. Ketika adanya ketidakpastian akan terjadi kemungkinan, dimana

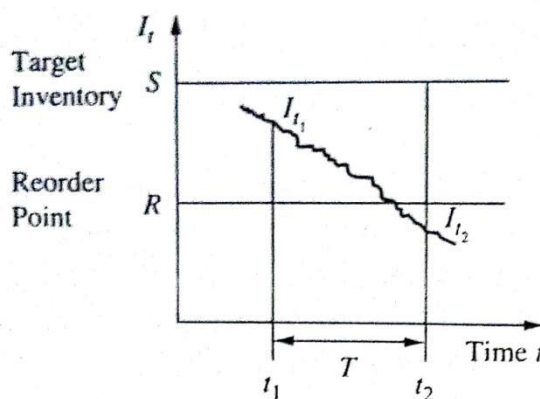
persediaan habis ketika pesanan belum datang, persediaan habis tepat pada saat pesanan datang, dan persediaan belum habis ketika pesanan datang.

### 2.2.5 Inventory Policies

Perencanaan tingkat optimal pada persediaan menjadi dasar dalam menentukan kebijakan persediaan atau *inventory policies*, dimana dapat membantu perusahaan dalam mencapai target produksi serta dapat melayani permintaan. Berikut ini merupakan klasifikasi *inventory policies* menurut Sipper & Bulfin (1997).

#### 1. Periodic review policy

*Periodic review policy* atau *fixed order interval quantity* memiliki kebijakan untuk melakukan pengawasan level persediaan secara periodik. Ketika level persediaan  $I$  berada dibawah level  $R$  (*reorder point*) maka akan melakukan pemesanan dengan kuantitas  $Q$  sejumlah yang dibutuhkan untuk mencapai persediaan pada level  $S$  sehingga kuantitas  $Q$  setiap periodenya bervariasi. Gambar 2.1 menunjukkan grafik *periodic review policy*.



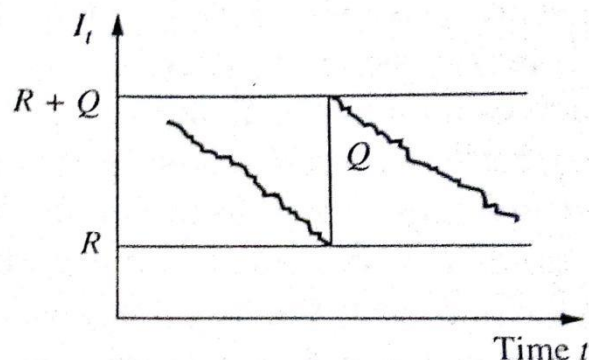
Gambar 2.1 Periodic Review Policy

Sumber : Sipper & Bulfin (1997)

#### 2. Continuous review policy

*Continuous review policy* atau *fixed order quantity* memiliki kebijakan untuk mengawasi level persediaan secara kontinu. Ketika level persediaan sudah mencapai *reorder point* ( $R$ ) maka sudah waktunya untuk melakukan pemesanan dengan

kuantitas yang tetap ( $Q$ ) sehingga waktu pemesanan setiap periodenya bervariasi. Grafik *continuous review policy* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Continuous Review Policy*

Sumber : Sipper & Bulfin (1997)

### 2.2.6 Biaya Persediaan

Parameter biaya yang digunakan dalam masalah persediaan adalah untuk meminimumkan total biaya persediaan sehingga akan berdampak pada meningkatnya profit perusahaan. Berikut ini merupakan parameter biaya menurut Sipper & Bulfin (1997).

1. Biaya Pembelian atau biaya material adalah biaya tiap item yang dibayarkan kepada supplier. Jika  $c$  adalah unit biaya dan  $Q$  adalah jumlah unit yang dibeli, maka total pembelian adalah perkalian  $cQ$  sebagai fungsi linear.
2. Biaya Pemesanan merupakan biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan pemesanan kepada supplier. Besar jumlah unit pembelian yang variasi menimbulkan biaya pemesanan tetap sama, hal ini tidak bergantung dengan ukuran pembelian.
3. Biaya  *Holding*  merupakan biaya yang dikeluarkan untuk biaya peluang, biaya penyimpanan, pajak dan asuransi, dan biaya atas pencurian, kerusakan, pembusukan, keusangan.

4. Biaya *Shortage* merupakan biaya yang timbul ketika permintaan tidak terpenuhi atau kehabisan persediaan, dimana jika terjadi *shortage* memungkinkan permintaan dipenuhi di periode selanjutnya (*backlog*) dan juga memungkinkan permintaan tidak dapat terpenuhi (*lost*).

### 2.2.7 *Mathematical Programming*

Kompleksitas dalam permasalahan persediaan dapat diselesaikan dengan *mathematical programming*. Masalah *mathematical programming* adalah kelas khusus dalam keputusan permasalahan dimana fokus dalam menggunakan sumber daya yang terbatas secara efisien untuk memenuhi tujuan (Sinha, 2006). *Mathematical programming* merupakan cabang riset operasi yang digunakan dalam membantu merencanakan alokasi sumber daya yang terbatas dalam permasalahan optimasi. Halnya seperti permasalahan *linear, quadratic, convex, integer*, stokastik, dan lain lain guna mendapatkan hasil yang terbaik (maksimasi atau minimasi).

### 2.2.8 *Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP)*

*Nonlinear Programming (NLP)* dapat dilihat sebagai bagian dari optimasi matematis. *Nonlinear Programming* berhubungan dengan masalah optimasi, dimana fungsi objektif atau beberapa kendala bersifat *nonlinier* (Bohme & Frank, 2017). Sedangkan *Mixed integer programming* merupakan kombinasi solusi *integer* maupun tidak *integer* untuk mendapatkan hasil yang optimal (Puryani & Ristono, 2011). *Mixed integer linear programming* adalah pemrograman linier yang menggunakan beberapa variabel menjadi *integer*.

*Mixed Integer Nonlinear Programming* merupakan permasalahan optimasi yang sulit dipecahkan dimana terdapat beberapa variabel dengan nilai *integer* serta fungsi objektif dan area *feasible* dengan fungsi *non*-linier. MINLP adalah salah satu paradigma pemodelan paling umum dalam pengoptimalan yang mencakup gabungan kombinasi *mixed-integer linear programming (MILP)* dan *nonlinear programming (NLP)* (Bonami et al., 2012).

MINLP mencakup permasalahan dengan fungsi objektif minimasi adalah *convex* dan semua fungsi kendala adalah *convex* dan *upper bound* sehingga set *feasible*-nya adalah *convex* (Bonami et al., 2012). *Convex* MINLP masih dalam permasalahan NP-hard selama masih MILP sebagai kasus khusus. Menurut Bonami et al. (2012), permasalahan *convex* MINLP sangat sulit untuk dipisahkan dan terdapat beberapa algoritma dalam penyelesaiannya yaitu *NLP-Based Branch and Bound*, *Outer Approximation*, *Generalized Bender Decomposition*, dan *Extended Cutting Plane*.

Tidak ada algoritma standar tunggal yang selalu digunakan dalam memecahkan permasalahan pemrograman *convex*. Banyak algoritma yang telah dikembangkan, antara lain *Gradient Algorithms*, *Sequential Unconstrained Algorithms*, dan *Sequential-Approximation Algorithms*. Algoritma gradien adalah prosedur pencarian gradien yang dimodifikasi dengan cara tertentu agar jalur pencarian tidak melebihi batasan dan mendapatkan solusi optimal, salah satu metode yang populer adalah metode *Generalized Reduced Gradient* (GRG) (Hillier & Lieberman, 2001).

### **2.2.9 NLP-Based Branch and Bound**

Metode *branch* dan *bound* merupakan kode komputer yang standar untuk pemrograman *integer*. Dalam permasalahan yang besar dapat membutuhkan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu analisis akan dihentikan jika hasil pada *sub-problem* lebih jelek dibandingkan dengan batas atas yang sudah diidentifikasi serta percabangan yang selanjutnya menghasilkan solusi yang tidak layak (Puryani & Ristono, 2011). Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan MINLP dengan menggunakan *solver* Excel 16.0.