

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan bagian yang berisi tentang kumpulan penelitian yang telah dilakukan oleh berbagai pihak. Bagian ini dijadikan sebagai perbandingan untuk mendapatkan referensi sesuai dengan kajian yang diteliti. Perbandingan tersebut digunakan untuk menjadi dasar dalam mengembangkan alternatif solusi untuk masalah yang dihadapi saat ini. Berdasarkan penelusuran masalah yang telah dijelaskan, jumlah produksi aktual tidak dapat memenuhi target produksi menjadi permasalahan yang dihadapi. Sehingga, tinjauan pustaka akan berfokus pada permasalahan tersebut dan mengidentifikasi sumber masalah dari masing-masing tinjauan pustaka yang diperoleh. Pada proses pencarian ini digunakan salah satu *search engine database*, yaitu *Google Scholar*. Dari hasil pencarian didapatkan banyak referensi yang muncul. Dari banyaknya referensi tersebut, dilakukan pemilihan pustaka yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Ringkasan pustaka tersebut dapat dilihat pada tabel ringkasan tinjauan pustaka pada Tabel 2.1.

Rif'ah dan Pambudi (2018) melakukan penelitian di perusahaan yang memproduksi sambungan pipa air minum. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah terdapat produk yang mengalami kerusakan sehingga mempengaruhi persediaan pada *inventory*. Hal yang ingin dicapai oleh peneliti adalah melakukan pengendalian dengan menganalisis produk rusak yang dihasilkan. Solusi penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah menentukan jumlah persediaan pengaman (*safety stock*) yang didasari pada jumlah produk rusak yang dihasilkan. Peneliti melakukan prediksi jumlah produk rusak dengan metode *monte carlo* dan menggunakan peta kendali P untuk membuktikan produk rusak masih dalam kendali atau tidak. Walaupun produk rusak yang dihasilkan masih dalam batas kendali, pemilik permasalahan menginginkan untuk tetap adanya solusi terhadap kekurangan persediaan akibat produk rusak tersebut. Maka peneliti memberikan solusi dengan perhitungan jumlah *safety stock*.

Norina dan Silangit (2017) melakukan penelitian di perusahaan komponen berbahan baja. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah kekurangan jumlah produksi akibat adanya produk cacat yang dihasilkan dari alat kerja. Hal

yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengatasi adanya produk cacat yang dihasilkan dari alat kerja dengan menentukan kapan waktu terbaik untuk melakukan pergantian mesin.

Puspitasari (2021) melakukan penelitian di toko oleh-oleh tahu. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah perencanaan jumlah produksi tahu tidak optimal dan mengakibatkan banyak produk tahu tidak laku terjual. Hal tersebut menyebabkan berkurangnya profit bagi pemilik usaha. Selama ini, permintaan yang datang akan meningkat pada musim liburan tiba karena toko berada di area wisata. Hal yang ingin dicapai oleh peneliti adalah menentukan jumlah produksi tahu untuk meningkatkan profit dan mengatasi produk tahu yang tidak laku terjual. Solusi penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah melakukan perbaikan perencanaan untuk menyelesaikan permasalahan jumlah produksi tahu tersebut. Penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti menggunakan simulasi melalui *spreadsheet*.

Sulistiyono dan Sulistiyowati (2017) melakukan penelitian di perusahaan yang memproduksi mesin pendingin. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah meningkatnya pembangunan gedung-gedung sebagai dasar utama dalam mempertimbangkan peningkatan terhadap penggunaan mesin pendingin. Selama ini, permintaan yang datang akan meningkat berdasarkan adanya perkembangan pembangunan gedung pada tahun sebelumnya. Hal yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengetahui jumlah produksi dalam beberapa periode di masa yang akan datang. Solusi penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah melakukan peramalan jumlah produksi berdasarkan adanya variabel kerusakan mesin, harga bahan baku, dan jumlah tenaga kerja. Penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah dengan melakukan perhitungan peramalan jumlah produksi menggunakan metode *linear regression*.

Purba dkk (2021) melakukan penelitian di perusahaan yang memproduksi teh hitam. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah perusahaan tidak memiliki kemampuan dalam jadwal interval waktu perawatan dan operasional perawatan yang harus dilakukan. Perawatan ini diperlukan karena munculnya produk cacat yang dihasilkan oleh mesin penggilingan teh. Produk cacat ini menyebabkan perusahaan mengalami *stock out*. Hal yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengetahui kegiatan perawatan terhadap mesin penggilingan yang menghasilkan produk cacat. Solusi penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti

adalah melakukan identifikasi terhadap bentuk kecacatan tertinggi pada setiap kerusakan yang dihasilkan mesin dan melakukan penentuan jadwal interval waktu perawatan mesin. Penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah dengan menggunakan metode *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) sebagai metode yang digunakan untuk identifikasi produk cacat yang dihasilkan mesin dan menghitung tingkat cacat tertinggi berdasarkan jenis cacat yang teridentifikasi. Selain itu, digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode tersebut digunakan untuk menentukan jadwal interval waktu perawatan mesin.

Suci dkk (2017) melakukan penelitian di perusahaan manufaktur yang memproduksi roti. Permasalahan yang dihadapi oleh peneliti adalah adanya penurunan kualitas roti yang dihasilkan oleh faktor eksternal perusahaan. Faktor eksternal tersebut yaitu sering terjadinya mati listrik. Dengan adanya permasalahan tersebut membuat munculnya produk cacat yang dihasilkan oleh beberapa faktor yang teridentifikasi seperti faktor manusia, material, lingkungan, mesin, dan metode. Hal yang ingin dicapai oleh peneliti adalah mengatasi penurunan kualitas roti akibat produk cacat yang dihasilkan karena terjadinya mati listrik. Solusi penyelesaian permasalahan yang diberikan oleh peneliti adalah melakukan pengadaan mesin *genset* untuk mengantisipasi terjadinya mati listrik karena produk cacat tersebar dihasilkan dari mesin yang sering mengalami *breakdown* akibat sering terjadinya mati listrik. Solusi tersebut dilakukan melalui tahapan identifikasi faktor penyebab cacat dan analisis pemberian solusi. Metode yang digunakan untuk melakukan tahapan tersebut adalah metode *Seven New Quality Tools* dan *DMAIC Six Sigma*.

Tabel 2.1. Ringkasan Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Produk yang Dihasilkan	Solusi Penyelesaian Masalah	Permintaan	Akar Masalah yang ditemukan	Metode
1	Rif'ah dan Pambudi (2018)	Memenuhi kekurangan persediaan	Sambungan pipa air minum berbahan plastik	Menentukan besarnya persediaan pengaman (<i>safety stock</i>) dengan meramalkan jumlah produk cacat	Permintaan berubah secara probabilistik	Terdapa produk cacat yang dihasilkan berupa cacat atribut	<i>Safety stock</i>
2	Norina dan Silangit (2017)	Mengatasi adanya kekurangan produksi	Komponen berbahan baja	Menentukan waktu penggantian alat	Permintaan meningkat secara terus menerus tanpa bisa diprediksi	Terdapat produk cacat yang dihasilkan dari mesin CNC	<i>Model Age Replacement</i> dan <i>MTTF (Mean Time to Failure)</i>
3	Purba dkk (2021)	Mengetahui kegiatan perawatan terhadap mesin penggilingan yang menghasilkan produk cacat	Teh hitam	Melakukan identifikasi bentuk kecacatan tertinggi pada setiap kerusakan yang dihasilkan mesin	-	Terdapat produk cacat yang dihasilkan dari mesin penggilingan yang mengakibatkan <i>stock out</i>	<i>Failure Modes and Effect Analyze (FMEA)</i>
				Menentukan jadwal interval waktu perawatan mesin			<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>
4	Puspitasari (2021)	Menentukan jumlah produksi tahu untuk meningkatkan profit	Toko oleh-oleh tahu	Memperbaiki perencanaan untuk menyelesaikan permasalahan jumlah produksi yang tidak sesuai	Permintaan berubah mengikuti kedatangan pengunjung wisata	Terdapat produk cacat yang berasal dari penyimpanan produk yang terlalu lama	<i>Spreadsheet Simulasi</i>

Tabel 2.1. Lanjutan

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan Penelitian	Produk yang Dihasilkan	Solusi Penyelesaian Masalah	Permintaan	Produk Cacat yang Dihasilkan	Metode
5	Sulistiyono dan Sulistiyowati (2017)	Mengetahui jumlah produksi dalam beberapa periode di masa yang akan datang	Mesin pendingin	Melakukan peramalan jumlah produksi berdasarkan adanya variabel kerusakan mesin, harga bahan baku, dan jumlah tenaga kerja	Permintaan berubah mengikuti perkembangan pembangunan gedung-gedung	-	<i>Linear Regression</i>
6	Suci dkk (2017)	Mengatasi adanya penurunan kualitas produk cacat yang salah satu penyebab cacatnya adalah faktor eksternal dari mati listrik	Roti durian	Melakukan pengadaan mesin <i>genset</i> untuk mengantisipasi terjadinya mati listrik	-	Produk cacat yang dihasilkan berasal dari faktor manusia, material, lingkungan, mesin, dan metode.	<i>Seven New Quality Tools</i> dan <i>DMAIC Six Sigma</i>

2.2. Dasar Teori

Dasar teori yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini adalah teori yang berkesinambungan dengan permasalahan yang dihadapi. Dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penyusunan tugas akhir ini diperoleh dari Mata Kuliah yang telah dipelajari oleh penulis. Mata Kuliah tersebut terdiri atas Sistem Perencanaan dan Pengendalian Produksi (TIND32502) dan Simulasi Industri (TIND47703).

2.2.1. Pengertian dan Definisi Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi memiliki konsep proses perencanaan dan pengorganisasian kegiatan produksi untuk mencapai tujuan tertentu dalam suatu perusahaan. Tujuan perencanaan produksi melibatkan penentuan jenis produk yang akan diproduksi, jumlah produksi yang diperlukan, serta alokasi sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, dan fasilitas produksi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, muncul berbagai definisi dari perencanaan menurut para ahli.

- a. Perencanaan produksi perencanaan produksi adalah proses menentukan dan mengatur berbagai kebutuhan dan langkah yang diperlukan untuk memproduksi produk sesuai dengan jumlah, waktu, dan kualitas yang diinginkan. Perencanaan produksi juga mencakup pengaturan sumber daya (bahan, tenaga kerja, mesin) agar dapat digunakan seefisien mungkin guna memenuhi permintaan pelanggan (Arnold dkk, 2008).
- b. Perencanaan produksi didefinisikan sebagai proses pengambilan keputusan mengenai apa yang akan diproduksi, kapan, dan dalam jumlah berapa, dengan tujuan memanfaatkan sumber daya yang tersedia (manusia, bahan, mesin) secara efisien guna memenuhi kebutuhan pelanggan dengan tingkat biaya dan waktu yang optimal (Reid dan Sanders, 2011)
- c. Perencanaan produksi didefinisikan sebagai usaha untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya produksi dan menghasilkan *output* yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan adanya peramalan permintaan, kapasitas fasilitas, persediaan jumlah tenaga kerja, dan *input* produksi yang saling berkaitan maka perencana dapat disusun sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai perusahaan (Fogarty dkk, 1991)

Beberapa langkah umum dalam perencanaan produksi melibatkan:

- a. Peramalan Permintaan. Menentukan perkiraan permintaan pasar untuk produk atau layanan yang akan diproduksi. Ini melibatkan analisis tren pasar, data historis, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi permintaan.
- b. Penentuan Jumlah Produksi. Berdasarkan peramalan permintaan, perusahaan menentukan jumlah produk yang harus diproduksi dalam suatu periode waktu tertentu.
- c. Penjadwalan Produksi. Menetapkan jadwal waktu kapan produk harus diproduksi. Ini melibatkan penentuan waktu mulai dan selesai untuk setiap tahap produksi.
- d. Pengelolaan Persediaan. Membuat keputusan tentang tingkat persediaan yang diperlukan untuk memenuhi permintaan tanpa membiarkan persediaan berlebih yang dapat menyebabkan biaya penyimpanan yang tinggi.
- e. Alokasi Sumber Daya. Menentukan berapa banyak tenaga kerja, bahan baku, dan fasilitas produksi yang diperlukan untuk mencapai target produksi.
- f. Pemantauan dan Pengendalian. Melibatkan pemantauan proses produksi untuk memastikan bahwa segala sesuatu berjalan sesuai dengan rencana. Jika ada perubahan atau masalah, perencanaan dapat disesuaikan.

Perencanaan produksi sangat penting untuk mencapai efisiensi operasional, mengurangi pemborosan, dan memastikan bahwa perusahaan dapat memenuhi permintaan pasar dengan efektif. Sistem perencanaan produksi yang baik dapat membantu organisasi untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan daya saingnya di pasar (Groover, 2015).

Kekurangan produk dapat terjadi ketika permintaan pasar melebihi rencana produksi suatu perusahaan. Jika suatu perusahaan tidak dapat secara konsisten memenuhi permintaan pasar, maka perusahaan tersebut dapat kehilangan pelanggan tetapnya. Dengan menerapkan model peramalan, rencana produksi yang lebih akurat bisa didapatkan dengan mempertimbangkan berbagai peristiwa khusus yang tercermin dalam permintaan yang berfluktuasi. Perencanaan produksi yang tepat membantu memenuhi permintaan pasar dan memungkinkan meminimalkan persediaan produk jadi. Dengan mempertimbangkan indikator kejadian khusus pada gambaran keseluruhan fluktuasi permintaan sebagai dasar penentuan permintaan pada periode waktu tertentu, maka peramalan yang dilakukan dapat digunakan untuk mencapai perencanaan produksi yang optimal.

Perencanaan produksi dapat membantu perusahaan dalam menjalankan proses produksi dengan memberikan gambaran alur dan alokasi produksi perusahaan. Perencanaan produksi adalah jenis manajemen operasi dan sarana dimana perusahaan dapat mengendalikan sistem produksinya menggunakan sistem perencanaan dan pengendalian yang komprehensif. Perencanaan produksi dan pengelolaan persediaan diperlukan agar suatu perusahaan dapat menggunakan sumber dayanya secara efektif, baik dari segi penggunaan maupun waktu yang digunakan untuk menyelesaikan proses produksi. Perencanaan produksi suatu perusahaan didasarkan pada perkiraan permintaan yang berkaitan dengan data historis perusahaan. Peramalan diperlukan tidak hanya untuk perencanaan produksi tetapi juga untuk proses pengambilan keputusan perusahaan seperti manajemen persediaan, pengembangan produk, proses produksi, dan perencanaan rantai pasokan. Dengan peramalan dan perencanaan yang tepat, perusahaan dapat menghasilkan produk yang unggul (Arnold dkk, 2008)

Peramalan permintaan merupakan informasi yang digunakan sebagai dasar perencanaan produksi, perencanaan induk produksi, perencanaan kebutuhan sumber daya, dan manajemen persediaan. Peramalan permintaan dapat digunakan sebagai alat untuk membantu manajemen memantau tingkat produksi perusahaan. Perencanaan jadwal induk produksi dibentuk berdasarkan perencanaan produksi sehingga jumlah produk pada jadwal induk produksi harus sama dengan jumlah produk dalam perencanaan produksi. Informasi yang diperlukan untuk membuat rencana induk produksi dapat diperoleh melalui perencanaan produksi, perkiraan permintaan barang jadi, pesanan aktual dari pelanggan, persediaan barang jadi, dan kapasitas produksi perusahaan.

2.2.2. Permintaan

Secara umum, permintaan mengacu pada jumlah produk atau layanan yang diinginkan oleh konsumen atau pasar dalam suatu periode waktu tertentu. Permintaan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk harga, preferensi konsumen, kondisi ekonomi, dan faktor-faktor lainnya. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, muncul berbagai definisi dari permintaan menurut para ahli.

- a. Permintaan didefinisikan jumlah produk atau layanan yang diinginkan oleh konsumen pada harga dan waktu tertentu. Artinya, konsumen bebas untuk

menentukan jumlah barang yang dikonsumsi tergantung pada harga barang yang diinginkan (Benton, 2014)

- b. Permintaan didefinisikan sebagai jumlah barang yang diminta oleh konsumen di suatu pasar dengan tingkat harga tertentu, tingkat pendapatan tertentu, dan dalam suatu periode tertentu (Arnold dkk, 2008)
- c. Permintaan merupakan jumlah produk yang akan dibeli oleh konsumen pada berbagai tingkat harga selama periode waktu tertentu. Permintaan diartikan sebagai data yang diperoleh dari hasil penjualan suatu produk (Forgaty dkk, 1991)

Perencanaan yang baik terkait dengan permintaan membantu perusahaan dalam mengoptimalkan produksi, menghindari kelebihan atau kekurangan persediaan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Permintaan akan menjadi *input* untuk suatu perencanaan karena dalam merencanakan permintaan dianggap sebagai suatu jumlah yang diinginkan untuk dapat dipenuhi. Untuk menghadapi permintaan atau jumlah produk di masa yang akan datang dalam kendala maupun kondisi tertentu serta mengurangi risiko atau ketidakpastian yang dihadapi maka diperlukan peramalan pada perencanaan produksi. Metode peramalan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif memiliki banyak jenis metode, meliputi metode terstruktur dan metode tidak terstruktur. Metode peramalan kualitatif didasarkan pada opini subjektif dan tidak bersifat matematis karena ditinjau dari opini subjektif. Beberapa metode peramalan kualitatif yang umum digunakan, yaitu:

- a. *Executive Opinion*, yaitu metode yang didasari oleh hasil diskusi dari kelompok manajer. Kelemahan dari metode ini adalah pendapat yang berasal dari seseorang dapat mendominasi hasil peramalan. Kelebihan dari metode peramalan ini adalah baik untuk peramalan strategis pada produk baru.
- b. *Market Research*, yaitu metode yang menggunakan survey dan wawancara sebagai dasar dalam proses identifikasi preferensi pelanggan. Kelemahan dari metode ini adalah kesulitan dalam proses pengembangan kuesioner. Kelebihan dari metode peramalan ini adalah preferensi yang berasal dari pelanggan mampu mewakili keinginan pelanggan dengan baik.
- c. *The Delphi Method*, yaitu metode yang didasari oleh pengembangan konsensus para ahli. Kelemahan dari metode ini adalah membutuhkan waktu untuk berkembang. Kelebihan dari metode peramalan ini adalah sangat baik

untuk meramalkan permintaan jangka panjang sejalan dengan adanya perubahan teknologi dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Metode peramalan kuantitatif berbeda dengan metode peramalan kualitatif. Metode ini didasarkan pada perhitungan matematis. Metode peramalan kuantitatif terbagi menjadi 2, yaitu *time series models* dan *causal models*. *Time series models* merupakan model yang digunakan untuk meramalkan dalam jangka waktu tertentu seperti bulanan, tahunan, dan triwulanan. Sedangkan *causal models* merupakan model modifikasi yang terdiri atas beberapa variabel yang akan mempengaruhi hasil peramalan. Metode peramalan dari *time series models* meliputi *Naive*, *Simple Mean*, *Simple Moving Average*, *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing*, *Trend-Adjusted Exponential Smoothing*, *Linear Trend Line*, dan *Seasonal Index*. Metode peramalan dari *causal models* meliputi *Linear Regression* dan *Multiple Regression* (Reid & Sanders, 2011).

2.2.3. Produk Cacat

Suatu produk bisa dikatakan cacat karena setelah melewati proses produksi ternyata hasilnya tidak sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditetapkan. Tetapi dengan sedikit tambahan biaya di mana apabila biaya tersebut tidak lebih tinggi dari biaya jual produk tersebut setelah melewati tahap perbaikan maka produk tersebut masih memiliki nilai ekonomis. Pada penelitian lain disebutkan bahwa produk cacat adalah suatu produk yang tidak memenuhi ukuran mutu yang telah disepakati. Produk cacat dalam manufaktur dapat diakibatkan oleh berbagai faktor seperti *man*, *machine*, *method*, *material*, *measurement*, dan *environment* (Mitra, 2016).

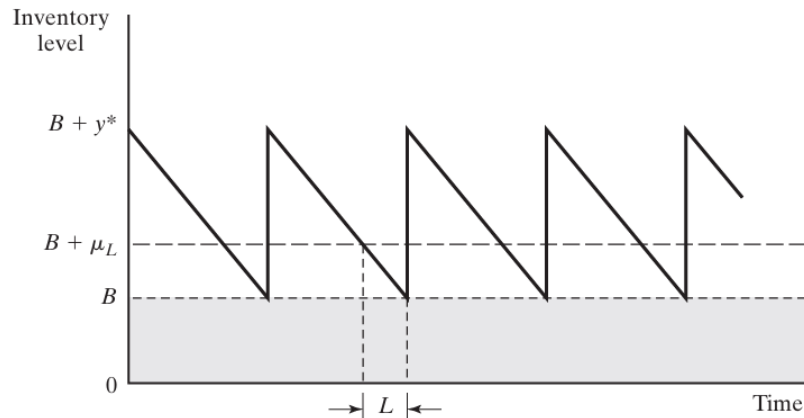
Cacat dikaitkan dengan karakteristik kualitas yang tidak memenuhi standar tertentu. Selain itu, tingkat keparahan cacat pada suatu produk atau layanan dapat menyebabkan hal tersebut tidak dapat diterima. Institut Standar Nasional Amerika (ANSI/ISO/ASQ) menjelaskan tentang definisi cacat dalam ANSI/ISO/ASQ Standard A8402 (ASQ 1994). Produk cacat diklasifikasikan berdasarkan jenis cacatnya yaitu cacat minor, cacat mayor, dan cacat kritis. Cacat minor memiliki definisi cacat pada produk tidak mempengaruhi fungsi produk tetapi mempengaruhi nilai estetika dan nilai persepsi pelanggan. Cacat mayor memiliki definisi cacat pada produk akan mempengaruhi fungsi produk secara signifikan sehingga mengakibatkan produk tidak dapat digunakan dengan semestinya. Cacat kritis memiliki definisi cacat yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan

kerugian besar dari sisi keselamatan pengguna dan reputasi perusahaan. Terdapat 4 kemungkinan penyebab produk cacat, yaitu proses produksi yang tidak terkendali, bahan baku yang tidak sesuai, desain produk yang kurang baik, dan kondisi lingkungan yang tidak terprediksi. Produk cacat dapat diantisipasi dengan melakukan pengukuran dan pengendalian produk cacat menggunakan sistem manajemen pengendalian kualitas. Dalam melakukan pengukuran dan pengendalian tersebut dapat melakukan pengukuran persentase unit cacat dalam suatu produksi (*defect rate*), mengidentifikasi cacat, dan memantau pengendalian proses dengan *Statistical Process Control* (SPC) (Mitra, 2016)

2.2.4. Safety Stock

Safety stock, disebut juga stok penyangga (*buffer stock*) adalah persediaan tambahan yang digunakan sebagai bantalan atas ketidakpastian pasokan dan permintaan. *Safety stock* dapat disimpan dalam bentuk barang jadi untuk menutupi permintaan yang tidak terduga dan juga dalam bentuk bahan mentah untuk mencegah masalah pasokan dalam mencegah penghentian produksi (Reid & Sanders, 2011). Tingkat produk cacat yang tinggi mungkin memerlukan peningkatan *safety stock* untuk memastikan ketersediaan produk yang cukup untuk memenuhi permintaan. Perusahaan perlu memperhitungkan tingkat produk cacat dalam perencanaan *safety stock*. Tingginya produk cacat yang dihasilkan mengartikan bahwa terdapat ketidakefektifan dan ketidakefisienan dari produksi yang dilakukan dan berdampak pada benefit perusahaan. Dengan demikian, pengaruh produk cacat terhadap *safety stock* pada sistem *make to order* adalah pentingnya menentukan jumlah persediaan pengaman untuk mengatasi ketidakpastian produksi akibat produk cacat.

Dalam menentukan besaran *safety stock* terdapat beberapa kemungkinan yang dapat dihadapi oleh perusahaan. Besaran *safety stock* dipengaruhi oleh faktor-faktor meliputi tingkat ketersediaan produk, ketidakpastian permintaan, ketidakpastian pasokan, dan kebijakan pengisian ulang barang.



Gambar 2.1. Grafik *Inventory Level*

(Sumber: Taha, 2017)

Besarnya *buffer/safety stock* (B) ditentukan sedemikian rupa sehingga probabilitas terjadinya kekurangan selama *lead time* (L) paling banyak adalah α . Misalnya x_L adalah permintaan selama *lead time* (L), maka rumus yang dapat menggambarkan kondisi tersebut dapat dilihat pada Persamaan 2.1 (Taha, 2017)

$$P\{x_L \geq B + \mu_L\} \leq \alpha \quad (2.1)$$

Keterangan:

B = Buffer stock/*Safety Stock*

μ_L = Rata-rata permintaan selama *lead time*

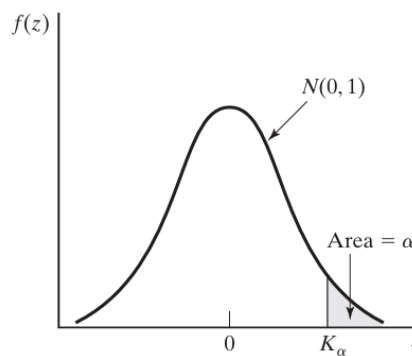
x_L = Permintaan selama *lead time*

α = Probabilitas *out of stock* yang diizinkan selama *lead time*

Dengan menggunakan asumsi bahwa permintaan selama *lead time* adalah terdistribusi normal dengan rata rata (D) dan standar deviasi (σ) yang dinotasikan sebagai $N(D, \sigma)$. Jika $z = \frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L}$, maka Persamaan 2.1 menjadi:

$$P\{z \geq \frac{B}{\sigma_L}\} \leq \alpha \quad (2.2)$$

Penggambaran Persamaan 2.2 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2. Grafik Probabilitas *Out of Stock*

(Sumber: Taha, 2017)

Jika nilai batas $z = K_\alpha$ maka,

$$B \geq \sigma_L K_\alpha \quad (2.3)$$

Keterangan:

B = Buffer stock/*Safety Stock*

K_α = Nilai distribusi standar normal dari α

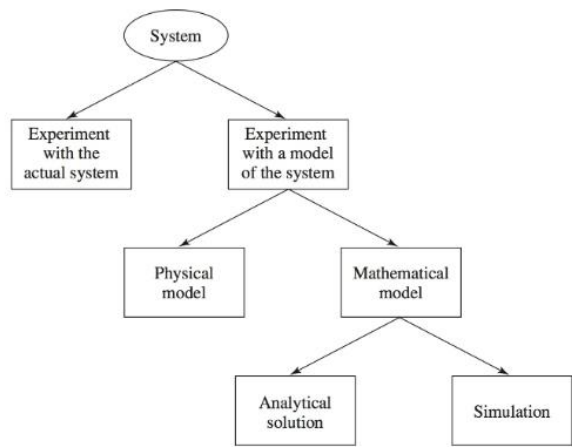
σ_L = Standar deviasi permintaan selama *lead time* dalam unit

α = Probabilitas *out of stock* yang diizinkan selama *lead time*

2.2.5. Sistem, Model, dan Simulasi

Simulasi merupakan proses peniruan terhadap cara kerja suatu sistem atau proses. Dalam kegiatan simulasi, terdapat dua elemen utama yang terlibat, yaitu sistem dan modelnya. Sistem dapat diartikan sebagai suatu fasilitas atau proses yang berlangsung secara nyata ataupun yang masih dalam tahap perencanaan. Sementara itu, model adalah representasi dari elemen-elemen yang terdapat dalam sistem tersebut. Umumnya, model terdiri dari serangkaian asumsi yang menggambarkan cara kerja sistem. Asumsi ini bisa berupa hubungan matematis, logika, maupun simbol yang mengaitkan berbagai entitas (yaitu objek yang diamati). Terdapat dua jenis, yaitu model fisik dan model matematis atau logis. Model logika atau matematis biasanya dijalankan menggunakan perangkat lunak komputer. Simulasi menjadi pilihan ketika sistem yang dikaji terlalu kompleks sehingga tidak memungkinkan untuk diselesaikan melalui pendekatan matematika yang eksak. Simulasi diperlukan meskipun tidak ada jaminan bahwa hasil yang didapatkan merupakan sebuah solusi yang optimal. Terdapat cara untuk

mempelajari suatu sistem, Gambar 2.3 merupakan skema dalam memahami suatu sistem (Law, 2015).



Gambar 2.3. Skema Memahami Suatu Sistem

(Sumber: Law, 2015)

Memahami suatu sistem dapat melalui beberapa cara (Law, 2015). Beberapa cara tersebut yaitu:

a. Eksperimen dengan sistem nyata dan eksperimen sistem dengan model
Melakukan eksperimen langsung atau dengan sistem nyata biasanya menjadi opsi terakhir, yang hanya dilakukan apabila seluruh sumber daya dan kebutuhan telah tersedia dan memungkinkan untuk digunakan. Pertimbangan ini penting karena eksperimen semacam ini memiliki tingkat risiko kegagalan yang tinggi dan membutuhkan biaya yang besar. Oleh sebab itu, penggunaan model sebagai representasi sistem lebih dianjurkan. Eksperimen dengan model ini dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu model fisik dan model matematis.

b. Model fisik dan model matematik

Model fisik sering kali digambarkan dalam bentuk ruang kendali maupun simulator yang bertujuan untuk melatih operator. Untuk model matematik, model hanya berupa kumpulan asumsi maupun perkiraan baik yang tersaji secara struktural maupun kuantitatif yang berisikan tentang cara suatu sistem akan bekerja. Dari model matematik, nantinya dapat diterapkan pada solusi analitik dan simulasi.

c. Solusi analitik dan simulasi

Solusi analitik digunakan saat model matematik yang dibuat tergolong sederhana seperti teori antrian, *linear programming*, *integer programming*, dan *non-linear*

programming. Namun, apabila model matematik yang dimiliki dari sistem merupakan model yang tergolong rumit maka dapat digunakan simulasi sebagai penyelesaian.

Terdapat dua jenis model yang umum digunakan untuk melakukan analisis terhadap suatu sistem, yaitu model deterministik dan probabilitik. Model deterministik adalah tipe model yang seluruh variabel serta parameternya terukur secara pasti dan memiliki tingkat kepastian tinggi. Sebaliknya, model probabilitik melibatkan unsur ketidakpastian dalam variabel-variabelnya. Menurut Law (2015), model simulasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama, yaitu:

- a. Model statis dan dinamis. Model statis menggambarkan sistem hanya pada satu titik waktu tertentu, sementara model dinamis merepresentasikan sistem yang mengalami perubahan seiring berjalannya waktu.
- b. Model deterministik dan stokastik. Model simulasi disebut deterministik apabila tidak mengandung unsur acak atau probabilitas. Dalam jenis ini, *output* ditentukan sepenuhnya oleh *input* dan struktur hubungan dalam model. Model deterministik umumnya melibatkan sistem persamaan kompleks yang sulit diselesaikan secara analitik. Sebaliknya, model stokastik mencakup unsur acak dan sering digunakan dalam simulasi sistem seperti antrian dan pengelolaan persediaan. Hasil dari model stokastik bersifat acak atau tidak pasti.
- c. Model kontinu dan diskrit. Model diskrit menggambarkan sistem yang mengalami perubahan hanya pada waktu-waktu tertentu yang bisa dihitung, sedangkan dalam model kontinu, variabel-variabel sistem dapat berubah secara terus-menerus sepanjang waktu.

Alat bantu yang digunakan dalam menggambar suatu sistem bermacam-macam, salah satunya adalah *influence diagram*. *Influence diagram* didefinisikan sebagai diagram lingkaran yang menunjukkan sebab dan akibat (Daellenbach dan McNickle, 2005). Pada *influence diagram* terdapat simbol yang masing-masing memiliki makna. Awan digunakan sebagai representasi dari data masukan yang berada di luar kendali. Simbol persegi panjang menunjukkan masukan yang dapat dikendalikan atau dikenal sebagai variabel keputusan. Bentuk oval melambangkan keluaran, ukuran kinerja, atau fungsi tujuan. Sementara itu, lingkaran merepresentasikan komponen atribut dan mengindikasikan adanya proses perhitungan. Terakhir, simbol panah digunakan untuk memperlihatkan hubungan antar elemen.

Menurut Kelton (2000), simulasi merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menganalisis sistem serta permasalahan yang berkaitan dengan proses pengambilan keputusan. Secara sederhana, simulasi dapat diartikan sebagai teknik yang merepresentasikan hubungan sebab-akibat dalam suatu sistem ke dalam bentuk model komputer yang bertujuan meniru perilaku sistem sebagaimana yang terjadi pada sistem nyata. Dalam melakukan simulasi, terdapat tahapan atau prosedur tertentu yang perlu diikuti.

a. Mendeskripsikan sistem

Tahapan awal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai sistem yang akan dikaji. Pada proses ini, penting untuk mengenali permasalahan yang terjadi, objek yang menjadi fokus analisis, variabel-variabel yang relevan, berbagai batasan yang ada, dan tujuan yang diharapkan tercapai.

b. Memodelkan sistem dan mengumpulkan data

Pada tahapan ini, seluruh data dan informasi yang dibutuhkan untuk membangun model sistem dikumpulkan dan digambarkan melalui *tools* tertentu. Data dikumpulkan berdasarkan hasil memodelkan sistem.

c. Memilih perangkat lunak dan mengembangkan model matematis

Pada tahapan ini, proses pembuatan dan pengembangan model dilakukan. Proses ini mencakup formulasi dan penyusunan logika sistem berdasarkan deskripsi yang telah diperoleh sebelumnya.

d. Memverifikasi dan memvalidasi model

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model matematis yang telah dibangun sesuai dengan konsep serta asumsi yang telah ditetapkan dan telah diterjemahkan secara tepat pada formula yang digunakan dalam perancangan sistem pada perangkat lunak. Sementara itu, validasi bertujuan untuk menguji sejauh mana model mampu mencerminkan kondisi sistem nyata dan apakah model tersebut dapat digunakan sebagai alat analisis yang andal. Salah satu metode yang umum digunakan untuk proses validasi adalah uji statistik parametrik, yaitu uji *t-test*, yang berfungsi membandingkan nilai rata-rata dari dua kelompok data. Pengujian ini dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel, yang menyediakan tiga jenis uji *t-test*: uji *t* berpasangan (*paired two-sample for means*), uji *t* dua sampel dengan varians sama (*two-sample assuming equal variances*), serta uji *t* dua sampel dengan varians berbeda (*two-sample assuming unequal variances*).

Menurut Bluman (2012), sebelum melaksanakan uji *t-test*, perlu dirumuskan terlebih dahulu hipotesis penelitian. Hipotesis yang digunakan terdiri dari Hipotesis nol (H_0) dan Hipotesis alternatif (H_1). (H_0) menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan antara dua parameter yang dibandingkan, sedangkan (H_1) menyatakan adanya perbedaan di antara keduanya. Keputusan untuk menerima atau menolak (H_0) ditentukan berdasarkan nilai probabilitas (*p-value*) dari hasil pengujian. Jika *p-value* lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan (α), maka H_0 ditolak. Sebaliknya, jika *p-value* lebih besar dari α , maka H_0 diterima.

e. Melakukan analisis dan eksplorasi model

Pada tahap ini, sistem dianalisis dengan menggunakan model yang telah divalidasi sebelumnya. Jika sistem memiliki karakteristik yang fleksibel, maka eksplorasi terhadap model dapat dilakukan melalui perubahan pada data input atau kondisi tertentu untuk mengevaluasi dampaknya terhadap sistem.

f. Melakukan eksperimen optimasi model

Pada tahap ini, dilakukan peninjauan terhadap hasil simulasi, perilaku sistem yang dimodelkan, dan interpretasi dari analisis yang dihasilkan. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperoleh representasi sistem yang paling optimal melalui pemodelan yang nantinya dapat digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan sistem nyata. Untuk menentukan jumlah eksperimen yang diperlukan, diperlukan penghitungan jumlah replikasi yang perlu dijalankan. Pelaksanaan simulasi satu kali saja tidak menjamin hasil yang akurat dalam menggambarkan sistem sesungguhnya. Replikasi perlu dilakukan secara berulang guna memperoleh hasil yang mampu mencerminkan keadaan sistem secara lebih representatif atau telah mencapai kondisi *steady state*. Penentuan jumlah replikasi didasarkan pada nilai tingkat signifikansi (α) sebesar 0,1 dan nilai koefisien γ . Nilai α menunjukkan tingkat kepercayaan. Tingkat kepercayaan ini memiliki nilai 0,1 mengindikasikan bahwa terdapat kemungkinan 10% dari nilai rata-rata (μ) berada di luar batas $\pm\sigma$. Sementara itu, koefisien γ menunjukkan tingkat deviasi dari nilai rata-rata tersebut. Dengan mengetahui nilai γ , maka perhitungan *relative error* (γ') dapat dilakukan sebagaimana dijelaskan oleh Kelton (2000) dalam Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5.

$$y = \left| \frac{\bar{x} - \mu}{\mu} \right| \quad (2.4)$$

$$y' = \left| \frac{\gamma}{1+\gamma} \right| \quad (2.5)$$

$$= \left| \frac{0,1}{1 + 0,1} \right|$$

$$= 0,09$$

Selanjutnya jumlah replikasi didapat dengan tercapainya kondisi, dimana nilai $t_{i-1, 1-\frac{\alpha}{2}}$ diperoleh dari distribusi t.

$$Nr^*(y) = \min \left\{ i \geq n ; \frac{t_{i-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma^2(i)}{i}}}{|\bar{x}(n)|} \leq y' \right\} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$Nr^*(y)$ = Jumlah replikasi

y = Tingkat *error*

i = Jumlah sampel

α = *Confidence interval*

S = standar deviasi

$\bar{x}(n)$ = *mean* sampel ke-n

g. Mengimplementasikan hasil simulasi

Hasil simulasi disampaikan kepada pihak manajemen sebagai bahan pertimbangan dalam proses perbaikan sistem aktual. Implementasi hasil ini di dunia nyata harus terus dimonitor, dan jika diperlukan, data dari simulasi tersebut dapat digunakan kembali dalam proses evaluasi lanjutan guna menciptakan sistem yang terus dioptimalkan.