

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polietilena

Polyethylene adalah biji plastik yang memiliki karakteristik bahan yaitu lunak sampai yang kaku dan bersifat kuat. PE merupakan polimer termoplastik yang banyak digunakan untuk pembuatan material komposit. Teknologi komposit terus berkembang hingga saat ini sebenarnya telah mampu mengatasi permasalahan yang muncul pada saat pencampuran dua bahan atau lebih dengan sifat yang berbeda. Proses pembuatan polimer komposit dilakukan dengan cara menggabungkan dua material yang memiliki karakteristik berbeda sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dari material tersebut. Polimer komposit diproduksi dengan menggabungkan dua bahan yang berbeda untuk meningkatkan sifat mekanik dari bahan tersebut. Polimer komposit dengan rekayasa material dapat dilakukan pada dimensi skala nano. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan filler berskala nano untuk membuat komposit dapat meningkatkan sifat material tersebut (Septiani dan Bukit, 2014).

Menurut Winarno (2017) PE memiliki dua macam yaitu PE densitas rendah atau *low density polyethylene* (LDPE) dan PE densitas tinggi *high density polyethylene* (HDPE). PE densitas rendah relatif lemas dan kuat, digunakan antara lain untuk pembuatan gelas plastik, plastik lembaran dan lain-lain.

2.1.1 High Density Polyethylene (HDPE)

Plastik HDPE jika lihat secara kasat mata, plastik HDPE memiliki warna yang kuat serta pekat dan biasa digunakan untuk tempat sabun, botol minum, wadah kosmetik, botol oli dan barang berbahan plastik lainnya. Plastik jenis HDPE memiliki simbol angka yaitu nomor 2 (Winarno, 2017) seperti yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 1. Lambang Plastik HDPE

(Sumber : Winarno, 2017)

Plastik jenis HDPE tergolong plastik yang mudah untuk di daur ulang, karenanya HDPE banyak yang menggunakannya untuk di daur ulang kembali. Plastik HDPE terbuat dari bahan baku *ethylene* dengan melalui proses yang disebut proses katalis atau katalisator. Terdapat beberapa keuntungan plastik HDPE di bandingkan dengan jenis plastik yang lain yaitu :

1. Bisa digunakan sebagai pembungkuss makanan
2. Plastik ini tahan terhadap kelembapan.
3. Harganya lebih murah
4. Tahan terhadap paparan bahan-bahan kimia.

Sedangkan terdapat beberapa kerugian menggunakan plastik HDPE di banding plastik lainnya yaitu:

1. Mudah terbakar.
2. Sulit untuk di bengkokkan.
3. Mudah retak.



Gambar 2. Contoh Produk Plastik HDPE

(Sumber : Anggelion, 2019)

2.1.2 *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Plastik jenis ini adalah plastik yang notabennya terbuat dari bahan yaitu minyak bumi dan memiliki sifat yang mudah untuk dibentuk saat kondisi temperature yang panas. LDPE memiliki resin yang sangar kuat dan tidak dapat bereaksi dengan zat kimia lain serta termasuk ke dalam golongan plastik yang paling tinggi standar mutunya. LDPE sering digunakan untuk pembuatan jrigen plastik, penyimpanan barang dan alat main anak. Plastik jenis LDPE memiliki simbol angka yaitu nomor 4 (Winarno, 2017) yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 3. Lambang Plastik LDPE

(Sumber : Winarno, 2017)

Pada logo LDPE tercantum logo dapat didaur ulang yaitu angka 4 di bagian tengah. Beberapa implemmtasi penggunaan plastik jenis LDPE ialah alat makan, plastik bungkus serta macam-macam botol dengan sifat yang lunak. Plastik LDPE memiliki karakteristik yang tembuh cahaya, kuat, serta fleksibel. Plastik LDPE mampu untuk didaur ulang, serta memiliki tingkat resistensi yang cukup baik dengan reaksi kimia. Plastik jenis ini apabila digunakan oleh suatu barang maka barang tersebut akan sulit untuk dihancurkan, namun baik dipergunakan jika plastik ini dibuat untuk wadah makan dan minum karena plastik HDPE sukar bereaksi dengan zat kimiawi (Winarno, 2017).



Gambar 4. Contoh Produk Plastik LDPE

(Sumber : Anggelion, 2019)

2.2 Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi merupakan sebuah upaya yang bersinggungan dengan menentukan item yang harus diproduksi, seberapa banyak produksinya dan sumber daya yang dibutuhkan untuk memproduksi produk yang telah ditetapkan pada perencanaan produksi (Matondang & Widodo, 2018). Tujuan dari perencanaan produksi adalah langkah awal untuk menentukan aktivitas produksi.

Terdapat macam-macam strategi yang digunakan untuk melakukan perencanaan produksi yakni dengan membuat rancangan persediaan, alur produksi, jumlah pekerja dan ketersediaan kapasitas. Jika perubahan dilakukan pada suatu variabel lalu terjadi perubahan alur produksi disebut sebagai strategi murni (*pure strategy*). Sebaliknya, strategi penggabungan (*mixed strategy*) adalah gabungan perubahan dua atau lebih strategi murni sehingga diperoleh perencanaan produksi yang bersifat fleksibel. Namun pada kenyataannya pola permintaan ini tidak dapat ditentukan dengan pasti (Matondang & Widodo, 2018).

1. Strategi Perencanaan Agregat Murni (*Pure Strategy*)

Dapat dikatakan perencanaan agregat murni, apabila perubahan dilakukan terhadap sebuah variabel sehingga dapat merubah alur produksi. Terdapat beberapa *Pure Strategy* yaitu :

a. Pengendalian jumlah tenaga kerja

Kepala bagian produksi perusahaan bisa mengubah jumlah tenaga kerja dengan menambah dan atau mengurangi tenaga kerja yang disesuaikan terhadap alur produksi yang direncanakan. Solusi lainnya yang dapat dilakukan yaitu menambah jumlah jam kerja atau *overtime*.

b. *Subcontract*

Subcontract dapat dilakukan untuk menaikan kapasitas perusahaan pada saat perusahaan sibuk sehingga permintaan dapat dipenuhi.

c. Pengendalian jumlah persediaan

Dalam menentukan persediaan bahan baku dapat dilakukan ketika jumlah kapasitas produksi berada dalam posisi di bawah total permintaan (*demand*). Persediaan tersebut kemudian dapat digunakan ketika permintaan berada pada posisi di atas kapasitas produksi.

d. Mempengaruhi *demand*

Sebab perubahan jumlah permintaan adalah faktor khusus pada masalah perencanaan persediaan, maka perusahaan harus segera melakukan tindak lainnya, yakni dengan cara mempengaruhi nilai permintaan tersebut.

2. Strategi Perencanaan Agregat Gabungan (*Mixed Strategy*)

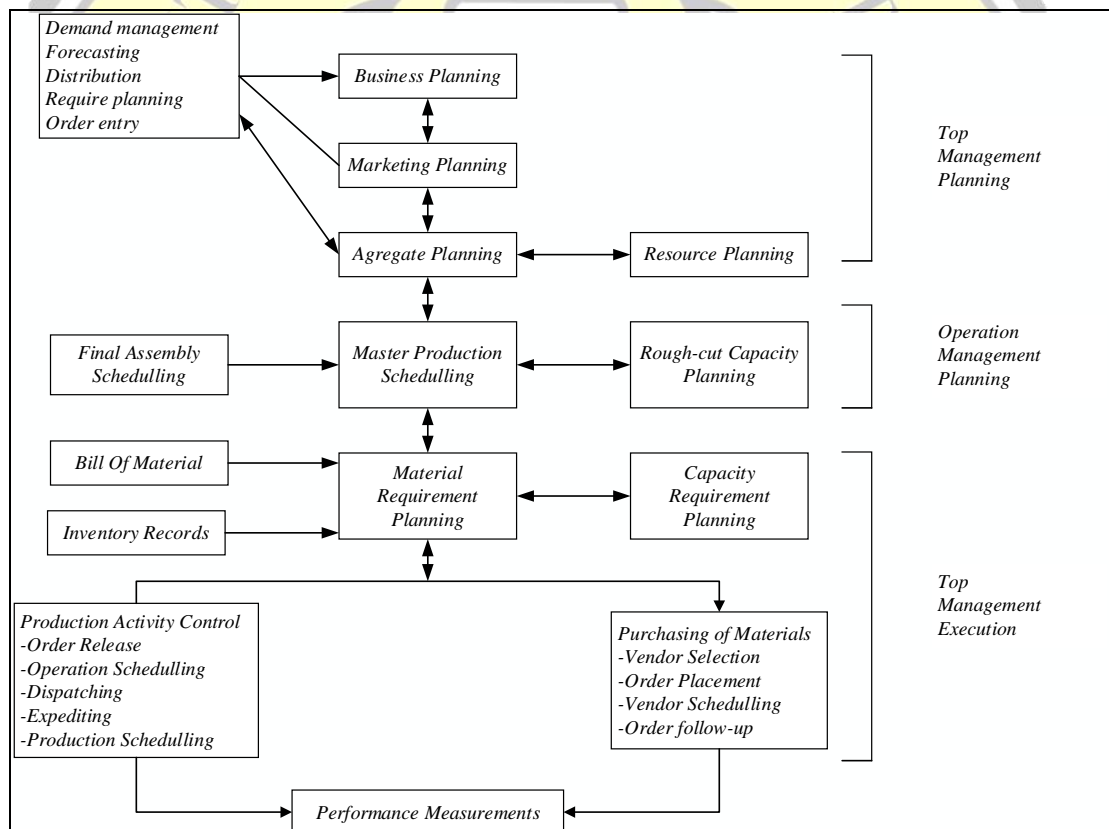
Ketika sebuah perusahaan melakukan pertimbangan kemungkinan dari penggabungan beberapa strategi yang variatif tanpa batasan rasio guna melakukan strategi yang variatif tersebut, sehingga perusahaan baru akan tersadar akan tantangan yang sedang dilaluinya. Pengendalian persediaan produksi dan pemasaran wajib dapat membuat *master schedule* yang terdiri dari beberapa kebijakan pada perubahan serta prosedur operasi (Matondang & Widodo, 2018).

Perencanaan pengendalian produksi adalah komponen perencanaan strategi perusahaan serta dibuat perencanaan pemasaran dan bisnis bisnis. Perencanaan pengendalian produksi adalah tahap menentukan tingkat produksi pabrik yang dibuat secara *agregat* atau semua kegiatan atau aktivitas mengelola proses produksi tersebut. Perencanaan produksi adalah perilaku manajemen yang bersifat abstrak (tidak dapat dilihat secara nyata). Karakteristik dari perencanaan produksi bersifat tidak rinci, hal ini dikarenakan perencanaan produksi dinyatakan dalam kelompok produk atau *agregat*. Satuan bergantung dari jenis produk seperti liter, kubik, ton, jam orang atau jam mesin. Kemudian yang tidak standar tergantung pada tipe bisnis apakah *make to order* (MTO) atau *make to stock* (MTS). Adapun tingkatan yang sering dilakukan oleh suatu perusahaan untuk membuat perencanaan produksi adalah sebagai berikut (Sutoni & Siddiq, 2017) :

1. Peramalan
2. Perencanaan produksi
3. Proses *agregasi demand*
4. Proses disagregasi
5. RCCP (*Rough Cut Capacity Planning*)
6. Penjadwalan induk produksi

Sistem perencanaan dan pengendalian produksi terdiri atas macam-macam sistem yang dibuat untuk mencapai secara utuh dua sasaran pokok perencanaan dan pengendalian produksi yaitu tercapainya kepuasan pelanggan dan tingginya tingkat utilisasi penggunaan sumber daya produksi. Terdapat tiga sasaran utama dan sekaligus sebagai titik keberhasilan perencanaan dan pengendalian produksi diantaranya (Matondang & Widodo, 2018) :

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



Gambar 5. Kerangka Dasar Perencanaan Strategi Produksi

(Sumber : Matondang & Widodo, 2018)

Perencanaan pengendalian produksi secara agregat terdiri atas 4 fase diantaranya ialah dikhususkan kebijaksanaan organisasi untuk melancarkan penggunaan kapasitas, persiapan peramalan permintaan agregat, menentukan alternatif produksi yang bersifat layak, juga menentukan strategi produksi apa yang optimal. Macam-macam biaya yang terlibat dalam perencanaan agregat adalah *back orders*, *hiring firing*, *subcontract* dan *overtime undertime* (Octavianti dkk, 2013) :

2.2.1 *Subcontract*

Subcontract adalah bentuk perjanjian sebuah pesanan atau bentuk legal lainnya yang terletak pada kontrak sebuah perusahaan, antara pihak ketiga yakni subkontraktor dengan kontraktor utama untuk mengerjakan suatu pekerjaan atau produksi ataupun jasa yang ada pada bagian tertentu dari lingkup kontrak utama dengan kinerja tertentu. Salah satu proses yang harus dilakukan oleh seorang kontraktor sebelum fase mobilisasi adalah menentukan bagian pekerjaan yang akan disubkontrakkan. Ketika kontraktor memberi keputusan untuk menentukan bagian pekerjaan yang akan disubkontrakkan, maka terdapat beberapa pertimbangan seperti keuntungan dan kerugian melakukan *Subcontract* untuk bagian pekerjaan tersebut harus dievaluasi (Henrico & Soekiman, 2013).

2.2.2 *Back Orders*

Biaya kehabisan persediaan adalah biaya tertahannya modal, asuransi, biaya sewa gedung, kerusakan bahan, dan pajak. Sedangkan biaya kehabisan persediaan dapat dihitung berdasarkan berapa banyak barang yang diminta yang tidak tersedia. Persediaan memiliki fungsi sebagai antisipasi terhadap timbulnya kenaikan pada permintaan saat waktu tertentu. Konsekuensi yang didapat dari kebijakakan perusahaan ialah munculnya biaya simpan (*back order cost* dan *inventory cost*) seperti biaya tertahan modal, kerusakan bahan, pajak, asuransi dan biaya sewa gudang. Sebaliknya yaitu jika ditiadakan persediaan maka seperti halnya mampu memberikan keuntungan tetapi juga mampu menyebabkan kerugian contohnya biaya kehabisan persediaan atau *back order cost*. Biaya kehabisan persediaan dapat dihitung dengan dasar pada jumlah nilai permintaan yang ada namun hal tersebut tidak dapat dilayani karena barang atau bahan baku yang diminta oleh konsumen sedang tidak tersedia. Jika sistem tersebut diterapkan pada

bentuk permintaan MTO dapat mengakibatkan jadwal penyerahan permintaan barang menjadi telat. Sedangkan jika terjadi terhadap sistem permintaan MTS dapat menyebabkan terjadinya konsumen berpindah ke perusahaan lain atau penjual lain sehingga dapat mengakibatkan terjadinya rasa kekecewaan pada pembeli karena tidak ada atau tidak tersedianya barang yang memang dibutuhkan. Kehabisan angka persediaan ini dapat dihitung sebagai bentuk kerugian untuk perusahaan karena dapat dikategorikan sebagai biaya atau biaya kehabisan persediaan. Biaya kehabisan persediaan tersebut nilainya sama besar dengan nilai kembali pemesanan apabila pelanggan tetap mau menunggu sampai dengan barang permintaan tersebut telah sampai diterima oleh konsumen atau pelanggan (Ramadhan, 2022).

2.2.3 *Hiring dan Firing*

Hiring Cost (biaya tambah tenaga kerja) dapat menyebabkan biaya-biaya yang erat kaitannya dengan penambahan jumlah tenaga kerja baru contohnya ialah biaya proses seleksi, *training* serta iklan. Biaya pelatihan atau *training* adalah biaya yang tergolong besar nilainya karena jika tenaga kerja yang diterima adalah tenaga kerja baru atau non-pengalaman. Biaya pemberhentian atau *firing cost* terjadi karena rendahnya nilai permintaan pelanggan pada produk yang dihasilkan sehingga besar produktifitas pun akan turun bahkan dapat terjadi karena terjadinya kendala teknis seperti produktivitas menurun atau faktor dari tenaga kerja itu sendiri. Pemberhentian tenaga kerja juga mengakibatkan perusahaan harus mengeluarkan biaya pesangon atau insentif bagi tenaga kerja ataupun karyawan yang terkena pemutusan hubungan kerja atau PHK, selain itu menurunkan produktifitas kerja karyawan serta tekanan sosial yang ditimbulkan (Ramadhan, 2022).

2.2.4 *Overtime dan Undertime*

Dipergunakannya waktu lembur memiliki tujuan yaitu guna meningkatkan hasil kapasitas produksi yang akan dihasilkan jika *output* produksi yang dihasilkan dari kapasitas kerja reguler tidak dapat mencukupi permintaan. Oleh sebab itu dengan dilakukannya peningkatan nilai *output* maka dapat digunakannya waktu lembur untuk tenaga kerja tetapi tetap ada risikonya yakni perusahaan wajib mampu mengeluarkan tambahan biaya karena *overtime* yang mana biaya tersebut rata-rata berkisar 150% dari hasil biaya kerja yang biasanya. Selain itu juga dengan adanya

waktu *overtime* dapat memperbesar angka absen karyawan karena tidak sanggup fisik bagi para karyawan karena kelelahan. Berbanding terbalik dengan diatas yakni jika perusahaan mempunyai kelebihan tenaga kerja maka tenaga kerja yang berlebih tersebut dapat diinisiasikan untuk proses lain yang lebih produktif meskipun hal tersebut tidak selamanya akan berjalan efisien dan efektif. Sedangkan jika pekerja tidak diarahkan untuk beralih ke kegiatan yang lebih produktif dapat menimbulkan biaya berlebih yakni biaya menganggur yang membuat perusahaan perlu menanggung biaya tersebut yang angkanya merupakan hasil perkalian antara tingkat upah ataupun tunjangan lainnya dengan jumlah yang tidak digunakan (Ramadhan, 2022).

2.3 Kebijakan Pengendalian Persediaan

Di dalam perusahaan, proses persediaan menjadi asset terbesar yang harus diperhitungkan dengan tepat dan benar. Pengawasan persediaan adalah salah satu fungsi manajemen yang dapat dipecahkan dengan menerapkan metode kuantitatif atau perhitungan. Teknik pengendalian persediaan adalah perilaku atau tindakan yang sangat penting dalam menghitung jumlah tingkat persediaan yang optimal, serta tahu kapan waktu untuk mengadakan pemesanan kembali. Menurut Heizer dan Render dalam Hernawati dkk (2020) semua organisasi memiliki beberapa jenis sistem perencanaan dan sistem pengendalian persediaan, karena pada hakekatnya perencanaan dan pengendalian persediaan perlu diperhatikan.

Sistem pengendalian pada persediaan bahan dapat diartikan sebagai serangkaian kebijakan pengendalian persediaan guna penentuan tingkat persediaan yang perlu dijaga, kapan pesanan tersebut perlu menambah persediaan harus dilakukan dan berapa besar pesanan harus diadakan. Sistem ini menentukan dan menjamin tersedianya persediaan yang tepat dan kuantitas waktu yang tepat (Paulina, 2015).

2.3.1 Tujuan Pengendalian Persediaan

Menurut Ngebo dkk (2020) tujuan dilakukannya pengendalian persediaan ialah sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan serta permintaan konsumen dengan cepat.
2. Untuk mempertahankan serta meningkatkan penjualan dan laba perusahaan

3. Untuk menjaga kontinuitas produksi agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan yang mengakibatkan terhentinya proses produksi, hal ini dikarenakan:
 - a. Kemungkinan barang menjadi langka sehingga sulit dicari dan diperoleh.
 - b. Kemungkinan *supplier* dapat terlambat dalam mengirimkan barang yang sudah dipesan.

2.3.2 Prinsip – Prinsip Pengendalian Persediaan

Menurut Putra (2018), Teknik dan sistem pengendalian persediaan harus didasarkan oleh prinsip-prinsip yang sesuai yakni sebagai berikut:

1. Persediaan dapat berkurang melalui kerusakan dan penjualan.
2. Persediaan diciptakan melalui tambahan biaya pekerja dan pembelian bahan untuk mengolah bahan baku yang awalnya mentah menjadi barang jadi.
3. Perkiraan yang tepat pada jadwal penjualan dan produksi adalah hal yang cukup esensial bagi pembelian, penanganan, dan investasi bahan baku yang efisien.

2.4 Manajemen Persediaan

Manajemen persediaan adalah total persediaan yang bersifat baik atau optimal dengan total biaya yang bersifat minimal. Perlu adanya manajemen pengendalian persediaan karena munculnya bentuk ketidakpastian waktu pada pemesanan. Sedangkan tujuan dari manajemen pengendalian persediaan ialah guna mengantisipasi kekurangan persediaan (*stock out*), memberikan layanan terbaik bagi konsumen, memperlancar proses produksi dan dalam menghadapi fluktuasi harga (Haslindah dkk, 2020).

Manajemen pengendalian persediaan sangat penting untuk diperhatikan pada sebuah perusahaan, karena manajemen pengendalian persediaan berkaitan dengan bagaimana perusahaan tersebut mampu mengendalikan total material saat melakukan kegiatan penerimaan, penyimpanan, pemeliharaan serta penyaluran material dari hasil pengadaan persediaan dan penyimpanan manajemen persediaan. Salah satu manajemen persediaan ialah pengeluaran material. Pengeluaran material ialah pergerakan material yang dilakukan setelah ada permintaan dari material planner dengan menggunakan *work order* berupa *packet process*. Pengeluaran

material terlihat sederhana namun dalam proses pengeluarnya ditemukan *stock* material dalam keadaan kosong dan *part number* yang diminta tidak ada atau *part number* yang diminta tidak sama dengan *part number* yang ada di gudang (Meyliawati & Suprianto, 2016).

Manajemen pengendalian persediaan hal yang sangat penting dalam perusahaan. Perencanaan terhadap pengendalian manajemen persediaan adalah sebuah kegiatan sangat penting yang perlu diperhatikan khususnya dari bagian manajemen perusahaan. Karena adanya pemborosan terjadi dalam persediaan. Namun apabila tidak terpenuhi maka dapat menghambat proses produksi jasa atau barang. Mengendalikan persediaan yang tepat bukanlah hal yang dapat dikatakan mudah. Apabila jumlah persediaan terlalu besar dapat mengakibatkan timbulnya dana yang dikeluarkan terlalu besar, meningkatnya biaya penyimpanan seperti biaya operasional pabrik, biaya pegawai, biaya bangunan dan risiko rusaknya barang yang lebih besar. Namun bila persediaan terlalu sedikit dapat mengakibatkan risiko kekurangan persediaan karena biasanya barang persediaan tidak dapat datang secara dadak yang menyatakan berhentinya proses produksi, tertundanya keuntungan, bahkan hilangnya pelanggan (Meyliawati & Suprianto, 2016).

Maka dari itu manajemen persediaan adalah hal yang sangat penting. Manajemen persediaan harus mampu terintegrasi dengan pemasaran dan dengan *top management*. Istilah *just in time* dalam manajemen perusahaan bukan berarti meniadakan persediaan atau *inventory* namun persediaan tersebut dibuat seminimal mungkin sehingga tidak ada pemborosan yang ada perusahaan (Meyliawati & Suprianto, 2016). Berikut adalah hal yang harus diperhatikan dalam manajemen persediaan adalah :

1. Berapa kuantitas jumlah barang yang akan disimpan. Jumlah atau banyaknya barang yang dipesan harus disesuaikan karena jika terlalu banyak akan terjadi pemborosan dan sebaliknya jika terlalu sedikit akan menimbulkan terhenti proses produksi.
2. Memperhatikan *safety stock* atau persediaan pengaman yaitu persediaan untukantisipasi (*buffer*) jika terjadi sesuatu hal yang menghambat dan

terjadinya waktu pembelian sehingga *stock* barang persediaan masih ada untuk beberapa waktu ke depan.

3. Waktu kedatangan barang yang akan dipesan kembali. Jika waktu barang yang dipesan lama pada periode tertentu maka persediaan barang tersebut harus disesuaikan sampai barang tersebut ada setiap saat sampai barang yang dipesan selanjutnya ada.

2.5 *Safety stock*

Persediaan pengaman atau *safety stock* adalah persediaan yang dicadangkan sebagai pengaman dari kelangsungan proses produksi suatu perusahaan untuk menghindari terjadinya kekurangan bahan baku (Fahmi & Nanda, 2018). Salah satu hal yang penting dalam manajemen perusahaan adalah mempertahankan tingkat layanan atau *service level* dalam menghadapi permintaan yang kenyataannya tidak pasti. Walaupun *safety stock* dapat menghilangkan biaya kehilangan persediaan namun *safety stock* akan berpengaruh dengan bertambahnya biaya simpan (Pramita, 2019).

Oleh sebab itu *safety stock* harus dipertimbangkan secara tepat oleh perusahaan. Untuk menentukan biaya *safety stock* dapat menggunakan analisis statistik yakni dengan mempertimbangkan besarnya penyimpangan yang telah terjadi antara perkiraan pemakaian bahan baku dengan pemakaian sebenarnya sehingga diketahui nilai standar deviasinya (Pramita, 2019). Terdapat beberapa faktor yang menentukan besarnya nilai *safety stock* sebagai berikut (Triyanto, 2018)

:

1. Penggunaan rata-rata bahan baku

Salah satu dasar utama guna menghitung perkiraan penggunaan bahan baku selama periode produksi tertentu, khususnya selama periode pemesanan ialah dengan menghitung berapa angka rata-rata penggunaan bahan baku pada periode produksi sebelumnya. Hal tersebut harus selalu diperhatikan karena dalam peramalan permintaan mempunyai resiko yang tidak dapat dihindarkan.

2. Persediaan Antisipasi

Persediaan antisipasi dikatakan sebagai stabilitas persediaan adalah persediaan yang dilakukan guna menghadapi bentuk fluktuasi permintaan yang sudah dapat diperhitungkan sebelumnya.

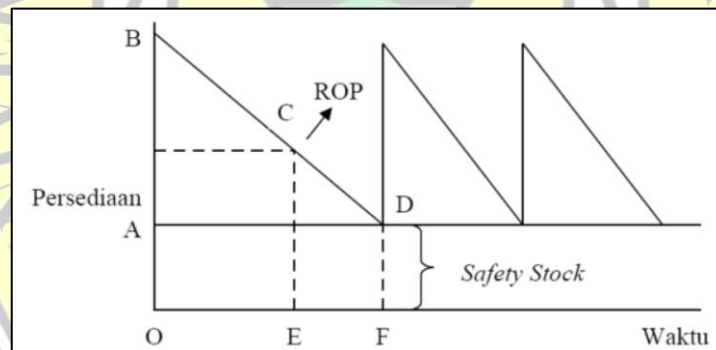
3. Faktor waktu atau *lead time* (*Procurement Time*)

Lead time merupakan tenggat waktu atau lamanya waktu antara mulai dilakukannya proses pesan bahan-bahan sampai kedatangan bahan-bahan yang dipesan tersebut dan telah diterima oleh perusahaan pada bagian gudang persediaan.

4. Persediaan dalam pengiriman

Persediaan dalam pengiriman atau *work in process stock* merupakan persediaan yang masih ada dalam pengiriman, sebagai berikut :

- a. Eksternal *Transit Stock* ialah persediaan yang masih berada dalam transportasi.
- b. Internal *Transit Stock* ialah persediaan yang statusnya masih menunggu untuk diproses atau menunggu sebelum dialihkan.



Gambar 6. Hubungan antara *Safety stock*, *Lead time* dan *Reorder Point*

(Sumber : Turang & Astari, 2018)

2.6 Model Probabilistik

Ada dua pendekatan untuk manajemen persediaan yang optimal: manajemen persediaan secara deterministik serta manajemen persediaan probabilistik. Model deterministik adalah bentuk model yang mengasumsikan bahwa semua nilai parameter persediaan sudah diketahui dengan pasti. Model deterministik yang banyak digunakan ialah *economic order quantity* (EOQ) dan pemrograman dinamis. EOQ dimaksudkan untuk mengidentifikasi ukuran pesanan yang paling

ekonomis yang dapat meminimalkan biaya persediaan. Metode manajemen persediaan probabilistik adalah model persediaan dimana karakteristik permintaan dan pesanan tidak diketahui secara pasti sebelumnya, tetapi dimungkinkan untuk memprediksi dan mendekati nilai yang diharapkan, variansi, dan pola distribusi berdasarkan distribusi probabilitas. Ada tiga metode manajemen persediaan probabilistik yaitu, metode P stokastik sederhana yang melibatkan aturan bahwa setiap pesanan teratur selama periode waktu tertentu dan kuantitas pesanan bervariasi. Metode Q memiliki ukuran (kuantitas) pesanan tetap per pesanan, dan waktu pemesanan bervariasi (Pulungan & Fatma, 2018).

Model probabilistik digunakan ketika permintaan, *lead time* atau keduanya tidak diketahui dengan pasti angka atau nilainya. Perbedaan utama antara model deterministik dan stokastik adalah adanya persediaan pengaman atau *safety stock* yang meningkat untuk mengatasi ketidakpastian permintaan dan pengiriman. Metode stokastik dapat dibagi menjadi model-P dan model-Q. Persediaan model-Q ditandai dengan ukuran pesanan tetap untuk setiap pesanan. Fitur dari metode P adalah bahwa periode pemesanan selalu disimpan dalam sistem persediaan, tetapi ada dua indikator ketika persediaan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan: produk yang dipesan kembali dan produk yang tidak terjual. Kriteria yang biasa dipergunakan saat menentukan sebuah metode manajemen persediaan yang paling baik ialah meminimumkan total biaya persediaan selama periode perencanaan (Pulungan & Fatma, 2018). Terdapat beberapa biaya yang perlu dipertimbangkan dalam persediaan diantaranya ialah:

1. Biaya beli (O_b), yaitu harga pembelian/produksi per unit. O_b adalah jumlah barang yang dibeli (D) dikalikan dengan harga per satuan barang (p).
2. Biaya pesan (O_p), biaya yang dikeluarkan per order. Biaya pemesanan merupakan perkalian frekuensi pemesanan (f) dan biaya setiap pemesanan produk (A).
3. Biaya Simpan (O_s), yaitu biaya yang dikeluarkan untuk menyimpan produk dalam jangka waktu tertentu. Biaya persediaan adalah jumlah rata-rata item dalam persediaan (m) dikalikan dengan biaya persediaan per unit per periode (h).

4. Biaya kekurangan (Ok), atau akibat dari pesanan yang tidak terpenuhi, dapat berupa pesanan yang tertunda atau penjualan yang hilang.

Tahap perhitungan terdapat beberapa asumsi yang digunakan untuk menyederhanakan masalah antara lain :

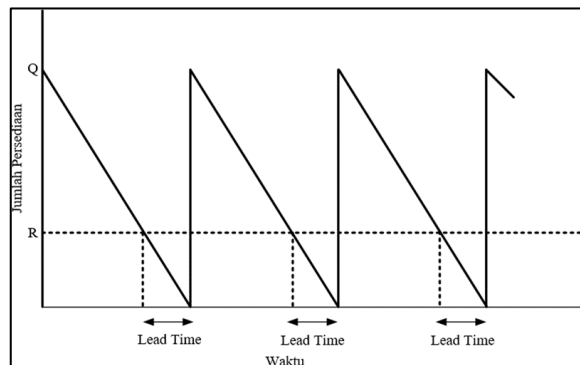
1. Waktu antar pesanan bersifat konstan atau tetap untuk setiap kali melakukan pemesanan dan barang datang serentak.
2. Harga barang konstan terhadap kuantitas atau waktu
3. Karakteristik permintaan probabilistik dengan berdistribusi normal .
4. Biaya pesan (A) sifatnya tetap atau konstan untuk setiap pemesanan dan biaya simpan (h) nilainya sebanding dengan harga barang dan waktu penyimpanan.
5. Biaya kekurangan persediaan nilainya sebanding dengan jumlah barang yang tidak dapat dilayani.

2.7 Model Q

Masalah pada pengendalian persediaan yang diselesaikan dengan model probabilistik Q erat kaitannya dengan menentukan tingkat persediaan pengaman dan operasi (Bahagia dalam Ferdiansyah, 2018). Secara khusus, masalah utama ini diterjemahkan pada 3 pertanyaan yang mendasar diantaranya ialah:

1. Kapan waktu pemesanan dilakukan (r) ?
2. Berapa total barang yang dipesan untuk setiap kali melakukan pemesanan (q_0) ?
3. Berapa besarnya persediaan pengaman (ss) ?

Metode persediaan model Q adalah metode persediaan di mana unit Q dipesan ketika persediaan mencapai titik pemesanan kembali (r). Variabel keputusan untuk metode ini adalah nilai Q dan r optimal yang dapat menghasilkan total biaya penyimpanan yang paling rendah. Titik pemesanan ulang adalah nilai persediaan di gudang sehingga permintaan dapat dipenuhi selama waktu tunggu (Chidqi dkk, 2015). Berikut ini Gambar yang menjelaskan sistem persediaan Model Q:



Gambar 7. Sistem Persediaan Model-Q

(Sumber : Chidqi dkk, 2015)

Tingkat pelayanan dalam sistem persediaan model Q mengacu pada kemungkinan bahwa semua pesanan akan diisi hanya dengan bahan yang tersedia selama waktu tunggu siklus pemesanan ulang. Untuk mencegah kekurangan bahan baku akibat perubahan permintaan, perusahaan perlu membangun safety stock. Dalam menentukan nilai safety stock ini harus ditentukan dengan hati-hati dan diseimbangkan antara biaya pemrosesan. Menghitung biaya kekurangan persediaan bukanlah hal yang sepele, sehingga perusahaan pertama-tama harus menentukan tingkat layanan yang harus dipenuhi dan kemudian menentukan jumlah stok pengaman yang dibutuhkan untuk memenuhi tingkat layanan tersebut. Tingkat layanan dari suatu sistem persediaan ditunjukkan oleh kemampuan sistem untuk memenuhi permintaan dari persediaan tersebut. Service level dapat dihitung berdasarkan satuan, rupiah, transaksi dan pemesanan (Chidqi dkk, 2015).

Model Q dikatakan sebagai sistem 2 kotak sebab model Q berproses dengan menggunakan prinsip dua kotak. Kotak pertama yaitu banyak operasi yang dibatasi sampai dengan (r) , jika barang yang ada pada kotak pertama (first bin) telah habis, maka barang yang ada pada kotak kedua (second bin) bisa untuk digunakan. Batas nilai maksimum kotak kedua ialah tingkat (r) dan batas minimumnya ialah nilai 0 (Bahagia dalam Ferdyansyah, 2018).

Dalam realisasinya, terdapat satu dari banyaknya kelemahan yang terbesar dalam model persediaan EOQ ialah adanya asumsi bahwa permintaan berkarakteristik konstan. Dalam metode Q asumsi permintannya dapat berubah menjadi acak atau tidak beraturan dan kemungkinan terjadi habisnya angka

persediaan, maka model akan dikatakan realistis. Dalam model Q kategori persediaan dimonitori secara mengalir setiap melakukan pembayaran. Bila kategori persediaan terus turun sampai dengan titik r yang sebelumnya telah ditentukan, maka dapat dilakukan pemesanan senilai Q unit yang nilainya akan terus selalu tetap.

Formulasi model Q dapat didasarkan dengan sejumlah asumsi serta beberapa mekanisme tertentu. Model Q mempunyai ciri khas tersendiri yang memberikan ciri yang berbeda terhadap model-model lainnya. Berikut merupakan penjelasan terkait macam-macam karakteristik, ciri khas, bentuk mekanisme serta komponen model Q sebelum dilakukan pengkajian formulasi model dan output solusinya (Bahagia dalam Ferdyansyah, 2018):

1. Karakteristik Model Q

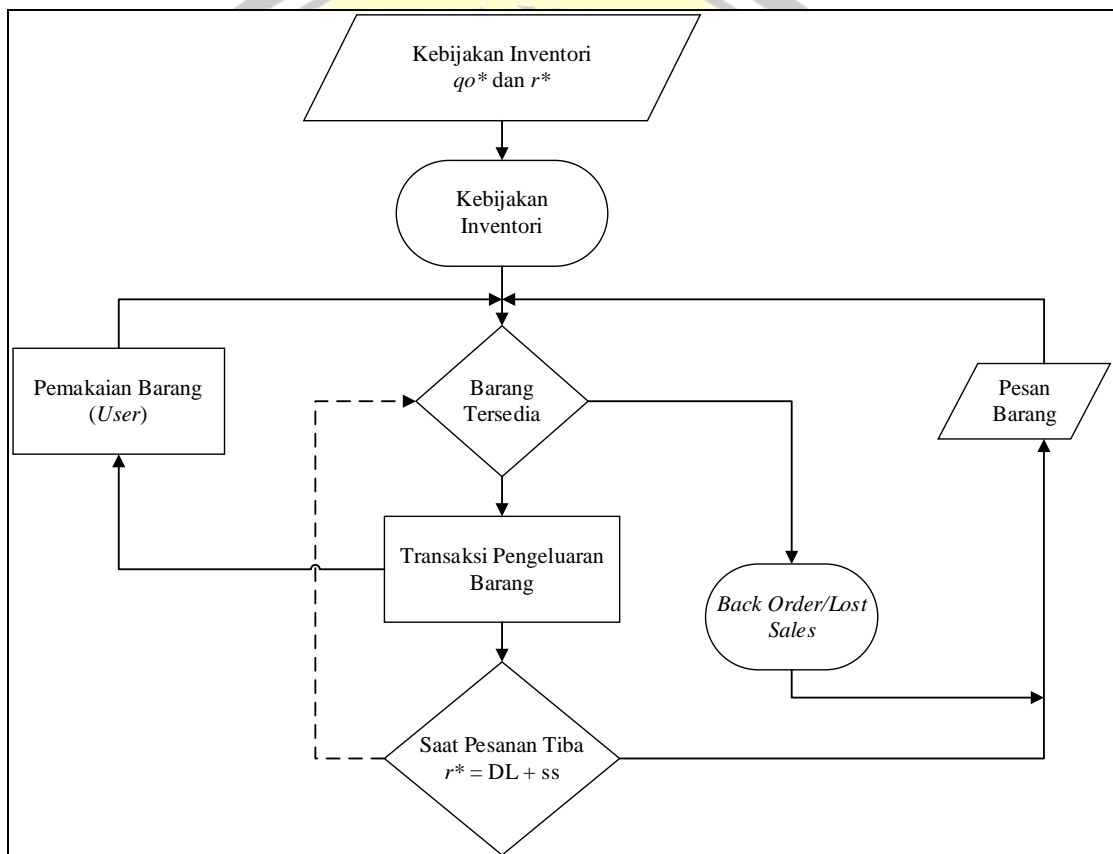
Karakteristik model Q ditandai oleh dua hal yang menjadi dasarnya yaitu sebagai berikut:

- a. Karena sifat permintaan yang probabilistik bersifat tidak konstan atau tidak tetap, dan ukuran lot pesanan (q_0) akan selalu konstan atau tetap, maka selang waktu antar pesanan dapat berubah-ubah (variabel). Selain itu, ada juga situasi di mana barang tidak dapat disimpan atau kehabisan stok untuk jangka waktu tertentu. Pada model Q, kekurangan stok hanya mungkin terjadi pada saat waktu ancangnya (L), sehingga cadangan pengaman yang diperlukan hanya digunakan untuk meredam fluktuasi permintaan selama waktu ancap.
- b. Pemesanan dilakukan jika jumlah persediaan yang dimiliki telah mencapai tingkat titik pemesanan kembali (reorder point).
- c. Besarnya ukuran lot pemesanan (q_0) bersifat tetap setiap kali pemesanan dilakukan.

2. Mekanisme Pengendalian Model Q

Seperti dalam model Wilson atau model persediaan probabilistik sederhana, pengendali harus memantau persediaan dengan cermat guna mengetahui kapan harus melakukan pemesanan kembali (r) juga perlu konsisten untuk

melakukan pemesanan dengan q_0 tetap atau konstan untuk setiap pembelian disebut juga dengan sistem persediaan otomatis (*Automated Inventory System*). Ini berarti bahwa ketika posisi barang mencapai (r), pesanan dihasilkan secara otomatis, dan untuk setiap pesanan, ukuran pesanan selalu dijaga pada q_0 . Titik pemesanan kembali dilakukan saat barang (*inventory*) di gudang. Optimalisasi di sini tidak hanya diukur dengan menggunakan biaya total persediaan standar yang diharapkan dalam cakrawala perencanaan, tetapi juga tingkat layanan dalam hal ketersediaan harus dipertimbangkan untuk mencoba menjaga biaya setinggi mungkin.



Gambar 8. Mekanisme Pengendalian Model Q

(Sumber: Wenda & Fitria, 2014)

3. Komponen Model

Komponen model dalam persediaan yang dimaksud di sini meliputi kriteria kinerja, variabel keputusan, dan parameter seperti diuraikan berikut ini.

a. Kriteria Kinerja

Dalam mencari nilai terbaik q_0 , kriteria kinerja yang menjadi fungsi tujuan dari model Q adalah meminimumkan total *inventory cost* (OT) dalam horizon perencanaan dengan mengoptimalkan service level. Karena fenomena ini bersifat probabilistik, semua biaya yang dibahas di bawah ini bukanlah biaya aktual, tetapi perkiraan biaya yang akan dikeluarkan dalam periode satu tahun. Ekspektasi biaya total inventori yang dijabarkan dijelaskan dengan beberapa elemen ongko, yaitu biaya pembelian (O_b), biaya pemesanan (O_p), biaya penyimpanan (O_s) dan biaya kekurangan (O_k), yang dapat dijabarkan seperti rumus di bawah ini:

$$OT = O_b + O_p + O_s + O_k \quad (2.1)$$

b. Variabel Keputusan

Terdapat 2 variabel keputusan yang ada dalam penentuan kebijakan inventori probabilistik model Q, yaitu:

1. Besarnya ukuran lot pemesanan dalam setiap kali melakukan pemesanan (q_0)
2. Titik pemesanan kembali (r).

c. Parameter

Sesuai terhadap karakteristik variabel keputusan yang sudah ditentukan maka parameter yang digunakan dalam model Q adalah:

1. Biaya setiap kali melakukan pemesanan (A)
2. Biaya kekurangan inventori (C_u)
3. Biaya penyimpanan per unit per periode (h)
4. Harga barang per unit (p)

2.7.1 Formulasi Model Q

Berdasarkan nilai biaya inventori total (OT) syang dinyatakan dalam Rumus (2.1) (Ferdiansyah, 2018). berikut merupakan komponen variabel-variabel keputusan yang akan dikendalikan yaitu q_0 dan r :

1. Biaya Pembelian (O_b)

Biaya pembelian barang (O_b) adalah hasil hitung kali antara ekspektasi jumlah barang yang harus dibeli (D) dengan biaya barang per unitnya (p), secara rumus matematik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$O_b = D.p \quad (2.2)$$

Keterangan :

p = Harga barang per unit

D = Total barang yang dibeli (Kebutuhan)

2. Biaya Pengadaan (O_p)

Biaya pengadaan pertahun (O_p) bergantung terhadap besarnya nilai dan angka ekspektasi pemesanan (f) serta biaya untuk setiap kali melakukan pemesanan (A). Besarnya ekspektasi pemesanan pertahun tergantung pada ekspektasi kebutuhan pertahun (D) dan besarnya ukuran lot pemesanan (q_0). Dengan demikian besarnya biaya pengadaan pertahun (O_p) dapat diperoleh nilainya dengan melakukan teknik substitusi persamaan $f = \frac{D}{q_0}$ ke dalam persamaan $O_p = A.f$, sehingga didapat nilai seperti berikut:

$$O_p = \frac{AD}{q_0} \quad (2.3)$$

Keterangan :

q_0 = Ukuran *lot* pesanan

D = Total barang yang dibeli

A = Biaya setiap kali melakukan pesanan

3. Biaya Simpan (O_s)

Berdasarkan *back order* dengan secara matematis kemungkinan terdapat inventori yang bernilai negatif. Dengan inventori yang bernilai negatif tersebut dapat diartikan sebagai permintaan yang akan dipenuhi dengan cara *back order* dan diformulasikan sebagai rumus berikut:

$$O_s = h \left(\frac{1}{2} q_0 + r - D_L \right) \quad (2.4)$$

Keterangan :

q_0 = Ukuran *lot* pesanan

r = Titik pesanan ulang

h = Biaya simpan per unit

D_L = Ekspektasi kebutuhan selama *lead time*

4. Biaya Kekurangan Inventori (O_k)

Model Q untuk kurangnya inventori hanya bergantung selama waktu ancanganya saja dan kekurangan terjadi jika jumlah permintaan selama waktu ancanganya (x) lebih besar daripada inventori saat pesanan dilakukan (r). Harga N_T dapat dicari dengan menghitung ekspektasi jumlah kekurangan inventori setiap siklusnya (N) dan ekspektasi frekuensi siklus selama satu tahun (f) maka biaya kekurangan inventori (O_k) yang dihitung berdasarkan kuantitas dapat dilihat pada formula rumus sebagai berikut:

$$O_k = \frac{C_u D}{q_0} N \quad (2.5)$$

Keterangan :

C_u = Biaya kekurangan inventori perunit

q_0 = Ukuran *Lot* pesanan

N = Ekspektasi kekurangan barang

D = Total barang yang dibeli (Kebutuhan)

2.7.2 Formulasi Model Q Dengan *Back Order*

Formulasi model yang dibuat dipakai jika kekurangan inventori dilakukan ide atau dipecahkan permasalahannya dengan cara *back order*. Dengan begitu konsumen tetap menunggu barang yang dipesan sampai barang tersebut tersedia di gudang. Pada perhitungan matematis menggunakan perhitungan menggunakan model solusi dari sumber oleh Hadley-Within yang mencari nilai r dan q_0 yang dicari dengan cara iteratif. Model Q yang dijelaskan oleh Hadley-Within dimana nilai r dan q_0 diperoleh dengan cara sebagai berikut :

1. Menghitung nilai q_0^{1*} pertama dengan formula berikut:

$$q_0^1 = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

q_0 = Ukuran *lot* pesanan

A = Biaya setiap kali pesan

D = Permintaan rata-rata Bahan baku per periode

h = Biaya simpan per unit

1. Berdasarkan hasil q_0^{1*} yang didapat maka selanjutnya mencari besarnya kemungkinan kekurangan inventori α dan digunakan persamaan seperti berikut:

$$\alpha = \frac{hq_0^1}{CuD} \quad (2.7)$$

Keterangan :

Cu = Biaya kekurangan per unit barang

D = Permintaan rata-rata per periode

h = biaya simpan per unit

q_0 = Ukuran Lot Pemesanan

Tahap selanjutnya menghitung nilai r_1^* atau *reorder point* awal dengan menggunakan persamaan rumus berikut:

$$r_1 = D_L + ss \quad (2.8)$$

Keterangan :

Ss = Safety stock

D_L = Permintaan rata-rata selama lead time

Sedangkan untuk formula matematis untuk menentukan besarnya *safety stock* dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut (Waters dalam Ferdiansyah, 2018) :

$$ss = Z_\alpha \times S_L \quad (2.9)$$

Keterangan :

Z_α = diperoleh dari tabel distribusi normal

$$S_L = S\sqrt{L} \quad (10)$$

S = Standar deviasi permintaan

L = Lead time rata-rata

Dengan diketahui nilai r_1 yang diperoleh akan dapat dihitung nilai selanjutnya yaitu nilai q_0^2 dengan persamaan berikut:

$$q_0^2 = \sqrt{\frac{2D [A+CuN]}{h}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

q_0 = Ukuran *lot* pemesanan

- A = Biaya setiap kali melakukan pemesanan
 D = Permintaan rata-rata bahan baku perperiode
 h = Biaya simpan perunit
 Cu = Biaya kekurangan perunit barang

Selanjutnya untuk nilai N dapat dijabarkan menggunakan rumus seperti berikut:

$$N = S_L [f(Z_\alpha) - Z_\alpha \Psi(Z_\alpha)] \quad (2.12)$$

Keterangan :

S_L = Nilai standar deviasi permintaan selama *lead time*

Dari persamaan diatas Nilai $\Psi(Z_\alpha)$ dan $f(Z_\alpha)$ dapat dicari dari tabel ordinat dan ekspektasi parsial.

2. Menghitung kembali berapa besar nilai α dengan persamaan (2.7) dengan nilai q_0^2 yang didapatkan dari persamaan (2.11) dan nilai r_2 dengan cara yang sama seperti persamaan (2.8) sebelumnya.
3. Bandingkan nilai r_1 dan r_2 , jika harga r_2 relatif sama dengan r_1 iterasi selesai dan akan diperoleh $r = r_2$ dan $q_0 = q_{02}$. Jika memang tidak sama akan ada toleransi nilai yaitu selisih 0,00001.

2.7.3 Model Probabilistik Q dengan *lost sales*

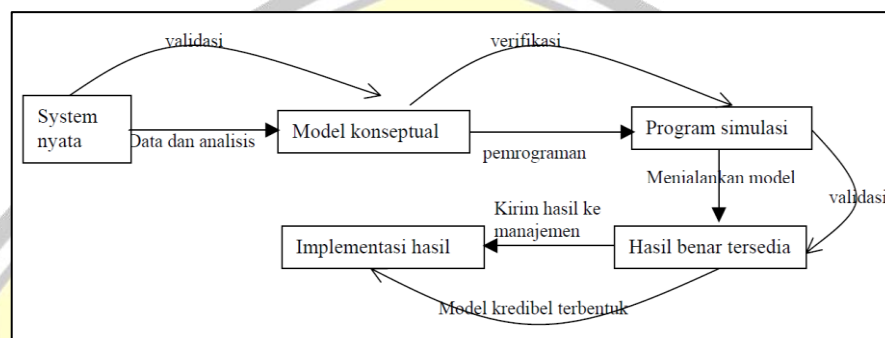
Model probabilistik Q dengan *lost sales* ini berlaku apabila kekurangan persediaan diberlakukan sebagai *lost sales*, artinya pelanggan tidak akan menunggu barang tersedia untuk memenuhi kebutuhannya dan pelanggan akan mencari barang kebutuhannya di tempat lain. Secara matematis, persamaan yang digunakan hampir sama dengan formulasi yang digunakan pada model probabilistik Q *back order*. Namun, perbedaannya terletak pada kemungkinan terjadinya kekurangan (α) sehingga formulasinya sebagai berikut (Putra, 2019) :

$$\alpha = \frac{h \cdot q_0}{h \cdot q_0 + C_u \cdot D} \quad (2.13)$$

2.8 Verifikasi dan Validasi Model

Model simulasi yang dibuat harus bersifat kredibel. Representasi model sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan hasilnya dengan teknik verifikasi dan validasi model. Verifikasi merupakan proses pemeriksaan apakah logika

operasional model yang dibuat sesuai dengan logika diagram alur yang ditentukan dalam penelitian (Iffer, 2020). Verifikasi juga merupakan sebuah pemeriksaan apakah program simulasi dapat jalan dengan tujuan apa yang diinginkan, dengan mengecek hasil program pada komputer. Verifikasi adalah teknik penerjemahan model yang dibuat ke dalam bahasa pemrograman (Iffer, 2020). Sedangkan untuk validasi, validasi merupakan penentuan apakah model konseptual simulasi yang dibuat adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton dalam Iffer, 2020).



Gambar 9. Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model Kredibel
(Sumber : Iffer, 2020)

2.8.1 Aturan Verifikasi Dan Validasi Dalam Simulasi

Pengembangan model pada simulasi adalah proses yang dilakukan dengan membuat beberapa ubahan-ubahan kecil pada setiap tahap simulasi. Teknik dasar melakukan iterasi antara setiap model yang berbeda ialah kegagalan atau keberhasilan saat melakukan verifikasi dan validasi model yang telah dibuat. Saat validasi model dilakukan, perlu melakukan mengembangkan representasi kredibel sistem nyata, dan saat verifikasi dilakukan perlu memeriksa kembali apakah logika model diimplementasikan dengan benar atau tidak. Karena verifikasi dan validasi adalah dua hal yang berbeda, teknik yang digunakan untuk yang satu tidak selalu bermanfaat untuk yang lain (Iffer, 2020).

Tabel 2. Hal -Hal Dalam Verifikasi dan Validasi

Model	Verifikasi	Validasi
Konseptual		Apakah model mengandung semua kejadian, elemen dan relasi yang sesuai?
		Apakah model yang dibuat dapat menjawab masalah permodelan?

Tabel 2. Hal -Hal Dalam Verifikasi dan Validasi (Lanjutan)

Model	Verifikasi	Validasi
Logika	Apakah kejadian direpresentasikan dengan benar?	Apakah mode memuat semua kejadian yang ada pada model konseptual secara sistematis dan terurut?
	Apakah relasi dan rumus matematikanya sudah benar?	
Komputer atau Simulasi	Apakah ukuran statistik model dirumuskan dengan benar?	Apakah model memuat semua relasi yang ada pada model konseptual?
	Apakah kode komputer memuat semua aspek logika model?	Apakah model komputer sebagai representasi valid dari sistem nyata?
	Apakah rumus dan statistik dihitung dengan benar?	Apakah model komputer dapat menduplikasi kinerja sistem nyata?
	Apakah model terdapat kesalahan dalam pengkodean?	Apakah <i>output</i> yang dihasilkan model komputer mempunyai kredibilitas dengan ahli sistem dan pembuat keputusan?

(Sumber: Iffer, 2020).

Praktisi simulasi harus dapat menentukan aspek mana dari sistem kompleks yang perlu dimasukkan dalam model simulasi petunjuk umum untuk menentukan tingkat seberapa detail yang diperlukan untuk model simulasi (Iffer, 2020):

1. Hati-hati saat mendefinisikan
2. Memanfaatkan analisis sensitivitas untuk membantu menentukan level kedetailan
3. Model tidak valid secara menyeluruh

2.8.2 Validasi Model Konseptual

Verifikasi model konseptual merupakan proses pembentukan abstraksi terkait sistem nyata tentang pertanyaan model simulasi yang diharapkan dapat dijawab. Validasi model simulasi dapat dianggap sebagai proses yang mengikat dimana analis simulasi, pengambil keputusan, dan administrator sistem menyepakati aspek mana dari sistem nyata yang akan dimasukkan ke dalam model dan informasi (*output*) apa yang diharapkan dihasilkan dari model. Tidak ada metode standar untuk verifikasi model konseptual, kami hanya melihat beberapa metode verifikasi yang bermanfaat (Iffer, 2020).

2.8.3 Representasi Kejadian Sistem

Pendekatan ini menggunakan grafik kejadian yang mirip dengan yang digunakan dalam mengembangkan model simulasi. Teknik pembuatan grafiknya sama, untuk mendefinisikan dengan jelas hubungan kondisional antar kejadian.

Representasi grafis dapat berfungsi sebagai jembatan untuk model logis (model *flowchart*) dan sebagai alat komunikasi antara analis simulasi, pembuat keputusan, dan manajer. Mirip dengan diagram peristiwa adalah model diagram alir yang mewakili aliran entitas melalui suatu sistem. Secara konseptual, sistem dimodelkan sebagai interaksi kejadian (Iffer, 2020) :

1. Melakukan koneksi ke sistem
2. Terhubung dan sesi mulai
3. Menyudahi sesi
4. Yang ditolak mencoba koneksi ke sistem.

