

LAPORAN PENELITIAN



MENENTUKAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PIPA HDPE DENGAN METODE SIMULASI MONTECARLO DAN EOQ DI PT PRALON CIMANGGIS

TIM PENELITIAN

Ir. Florida Butarbutar, MT (Ketua)
Ahmad Puryanto (Anggota)

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin P.O Box 774/Jat.CM
Tel. (021) 84998529 Fax : (021) 94998529

JAKARTA 13077

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Menentukan Persediaan Bahan Baku Pipa Hdpe Dengan Metode Simulasi Montecarlo Dan EOQ Di PT PRALON CIMANGGIS
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ir. Florida Butarbutar, MT
 - b. NIDN : 0310056507
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor
 - d. Program Studi : Teknik Industri
 - e. Jurusan : Teknik Industri
3. Jumlah Anggota Peneliti
 - a. Nama Anggota I : Ahmad Puryanto
 - b. NIM : 1770035002
 - c. Lokasi Penelitian : PT PRALON CIMANGGIS
4. Jumlah biaya yang disetujui
 - a. Biaya dari FT Unkris : Rp.5.000.000,-
 - b. Dan institusi lain : -
5. Lama Penelitian : 3 bulan

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Harjono Padmono Putro, S.T., M.Kom

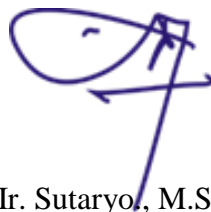
Jakarta, 18 Agustus 2020

Ketua Peneliti



Ir. Florida Butarbutar, MT

Menyetujui,
Ketua Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P2M)



Ir. Sutaryo, M.Si

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan YME yang telah memberikan rahmat kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian.

Dalam penulisan ini sering kali peneliti mendapatkan hambatan, namun berkat bimbingan, bantuan dan dorongan semangat dan motivasi dari berbagai pihak yang langsung maupun tidak langsung kepada peneliti yang pada akhirnya dapat menyelesaikan penelitian ini, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik beserta para wakilnya yang telah banyak memberikan bantuan dana penelitian sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (PPM) Fakultas Teknik yang telah memberikan dan membantu peneliti selama proses penelitian.
3. Ketua Program Studi Teknik Industri yang telah banyak membantu dalam proses pengajuan proposal penelitian.
4. Rekan-rekan dosen di Fakultas Teknik dan segenap staff serta semua pihak yang telah membantu penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif, sehingga penelitian ini dapat diterima sesuai dengan tujuannya.

Jakarta, 18 Agustus 2020

Penulis

ABSTRAK

Simulasi monte carlo adalah tipe simulasi probabilistik untuk mencari penyelesaian masalah dengan sampling dari proses *random (random sampling)*. Metode ini dapat digunakan oleh perusahaan untuk meramalkan *order* atau kebutuhan produksi di masa yang akan datang. Simulasi monte carlo dapat diterapkan untuk data-data yang bersifat *stochastic*, yaitu data yang fluktuasi perubahannya sangat tinggi. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (*historical data*) dan sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusi datanya untuk meramalkan kondisi di masa yang akan datang.

Kebutuhan bahan baku yang telah disimulasikan selanjutnya ditambah dengan *buffer stock*. *Buffer stock* ini berfungsi sebagai bahan baku cadangan jika ada lonjakan produksi yang tajam. Kebutuhan bahan baku pipa HDPE yang telah diketahui dapat dipesan dan dijadwalkan secara ekonomis dengan menggunakan EOQ. EOQ adalah metode penentuan jumlah pemesanan paling ekonomis. Dalam EOQ, perusahaan dapat menentukan jumlah setiap pemesanan dan berapa kali pemesanan harus dilakukan. Selain itu dapat juga diketahui titik optimal dilakukan pemesanan bahan baku kembali (*re-order point*)

PT Pralon kesulitan dalam menentukan jumlah kebutuhan pellet HDPE dikarenakan tipe produksi yang *make to order*. Dengan simulasi montecarlo diharapkan dapat memecahkan permasalahan yang dialami oleh PT Pralon. Simulasi monte carlo memprediksi kebutuhan pellet HDPE untuk tahun 2020 yaitu sebanyak 2473 ton dengan *buffer stock* sebanyak 148.5 ton. Melalui EOQ, pemesanan bahan bakunya dilakukan sebanyak 16 kali dengan jumlah pemesanan sebanyak 166 ton per pemesanan.

Kata Kunci: Simulasi Monte Carlo, EOQ, *Buffer Stock*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Pemecahan Masalah	5
1.7 Sistematika Penulisan	10
BAB II	45
2.1 Probabilitas	45
2.2 Jenis-Jenis Probabilitas	45
2.3 Karakteristik Probabilitas	47
2.4 Simulasi	49
2.5 Jenis dan Fungsi Simulasi	50
2.6 Pengujian Data	51
2.7 Simulasi Monte Carlo	54
2.8 Routing Sheet	60
2.9 Lot Sizing	62
2.10 Total Inventory Cost	73
2.11 Buffer stock	74
BAB III	76
3.1 Profil Perusahaan	76
3.2 Pengumpulan Data	84
3.3 Pengolahan Data	85
BAB IV	108
4.1 Analisa Hasil Simulasi Permintaan	108
4.2 Analisa Penentuan Kebutuhan Bahan Baku	109
4.3 Analisa Penentuan Buffer Stock	110
4.4 Analisa Penentuan Lot Sizing	111

4.5 Analisa Perbandingan Simulasi dan Aktual	112
BAB V.....	115
KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1 Kesimpulan	115
5.1 Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA	117

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Pralon adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur pipa PVC dan HDPE di Indonesia. Di awal berdirinya, PT Pralon melayani kebutuhan pelanggan untuk pipa *project* seperti pipa SNI PVC dan pipa SNI HDPE. Dikarenakan segmen pasar yang lebih mengarah ke *project* maka produksi untuk kedua jenis pipa ini adalah dengan sistem *Make to Order* (MTO).

Produksi akan berjalan dengan lancar dan baik salah satu faktornya adalah ketersediaan bahan baku yang cukup. Dalam upaya memastikan bahan baku serta *finish goods* yang cukup, hal yang perlu diperhatikan adalah jumlah permintaan *finish goods* serta kebutuhan bahan baku produksi yang juga harus tepat. PT Pralon memiliki kendala dalam mempersiapkan bahan baku pipa HDPE yang dibutuhkan selama produksi. Selain kendala tersebut PT Pralon juga kesulitan dalam menjaga *safety stock* bahan baku mereka. Kendala-kendala tersebut disebabkan karena PT Pralon belum memiliki metode yang tepat dan akurat dalam menghitung kebutuhan bahan baku mereka serta bagaimana menjaga ketersediaan bahan baku agar cukup selama proses produksi.

Pola produksi yang bersifat *stochastic* ini menyebabkan *quantity* produksi menjadi berubah-ubah secara drastis mengikuti perubahan *order* yang masuk. Hal ini tentu saja menyulitkan dalam menyiapkan kebutuhan bahan bakunya. Ada kondisi dimana bahan baku yang telah dipesan terlalu

banyak namun tidak jarang pula justru malah kekurangan. Selain itu hal ini diperparah lagi dengan keterbatasan *supplier* yang dimiliki oleh PT Pralon. Saat ini PT Pralon hanya memiliki satu *supplier* (*single supplier*) di Indonesia yang mampu untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pipa HDPE mereka. *Supplier* tersebut juga menjadi satu-satunya *supplier* bahan baku HDPE yang memasok bahan baku bagi seluruh perusahaan pipa di Indonesia.

Kondisi tersebut tentunya menyebabkan PT Pralon harus bersaing dengan kompetitornya untuk mendapatkan bahan baku yang mereka butuhkan. Atas dasar itulah maka penulis merasa perlu untuk memberikan sebuah metode yang akurat dalam menghitung kebutuhan bahan baku serta menjaga ketersediaannya selama proses produksi. Metode yang penulis sarankan adalah dengan metode simulasi montecarlo. Metode tersebut penulis jabarkan dalam tugas akhir yang berjudul “MENENTUKAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PIPA HDPE DENGAN METODE SIMULASI MONTECARLO DAN EOQ DI PT PRALON CIMANGGIS.” Diharapkan dengan metode tersebut PT Pralon dapat menghitung dan menyiapkan bahan baku pipa HDPE mereka secara lebih efektif dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Kesulitan dalam menentukan jumlah dan mengontrol ketersediaan bahan baku pipa HDPE yang dialami PT Pralon menunjukkan bahwa belum adanya metode yang tepat dalam penentuan jumlah bahan baku yang diperlukan. Berdasarkan masalah tersebut, maka dalam penentuan persediaan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon Cimanggis dapat diidentifikasi, sebagai berikut:

1. Belum adanya metode penghitungan kebutuhan bahan baku yang tepat dan

- akurat untuk menentukan jumlah bahan baku yang harus dipersiapkan
2. Belum adanya metode pengendalian tingkat ketersediaan bahan baku yang efektif dan efisien

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas, dibutuhkan sebuah metode perencanaan kebutuhan bahan baku pipa HDPE yang tepat demi menjaga ketersediaannya tetap optimal. Dengan demikian maka masalah tersebut dapat dirumuskan seperti berikut:

1. Bagaimana menentukan metode penghitungan kebutuhan bahan baku yang tepat dan akurat dalam menghitung jumlah bahan baku yang harus dipersiapkan?
2. Bagaimanakah menentukan metode yang efektif dan efisien dalam menjaga ketersediaan bahan baku selama proses produksi?

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Di dalam melakukan penyusunan laporan tugas akhir ini, ada beberapa tujuan serta manfaat yang dapat diambil baik dari sisi mahasiswa, perusahaan tempat mahasiswa melakukan observasi maupun dari sisi universitas sendiri.

Adapun tujuan dan manfaat yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan

1. Menentukan metode penghitungan bahan baku yang tepat dan akurat untuk menghitung jumlah bahan baku pipa HDPE yang harus dipersiapkan

2. Menentukan metode yang efektif dan efisien dalam menjaga ketersediaan bahan baku selama proses produksi

1.4.2 Manfaat

1. Bagi Mahasiswa:

- a. Sebagai salah satu syarat kelulusan program strata 1 Teknik Industri Universitas Krisnadwipayana
- b. Menambah pemahaman serta wawasan mengenai metode-metode yang digunakan dalam penentuan jumlah kebutuhan bahan baku dan tingkat persediaan
- c. Sebagai suatu perbandingan antara teori yang dipelajari dengan metode yang diterapkan di lapangan
- d. Menerapkan metode yang dipelajari di kampus ke dalam dunia industri

2. Bagi perusahaan:

- a. Tugas akhir ini dapat memberi sumbangan pemikiran kepada perusahaan dalam penentuan kebutuhan bahan baku dan tingkat persediaan
- b. Memberikan alternatif bagi perusahaan dengan memperkenalkan sebuah metode yang ada hubungannya dengan penentuan kebutuhan bahan baku dan tingkat persediaan
- c. Mengembangkan kemitraan antara perusahaan dengan Program Studi Teknik Industri Universitas Krisnadwipayana melalui tugas akhir dan penelitian ini.

3. Bagi Universitas

- a. Menjalin kerja sama dengan PT Pralon dalam upaya peningkatan kualitas pendidikan dengan menghasilkan lulusan yang berkualitas, terampil dan mampu bersaing di dunia industri
- b. Tugas akhir ini dapat menjadi perbendaharaan perpustakaan. Sebagai bahan acuan dalam perbaikan kurikulum di masa mendatang serta sebagai referensi bagi mahasiswa lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Demi mempermudah dan mengoptimalkan penyusunan laporan tugas akhir ini, maka penulis perlu untuk membatasi ruang lingkup dari topik permasalahan yang penulis ambil. Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

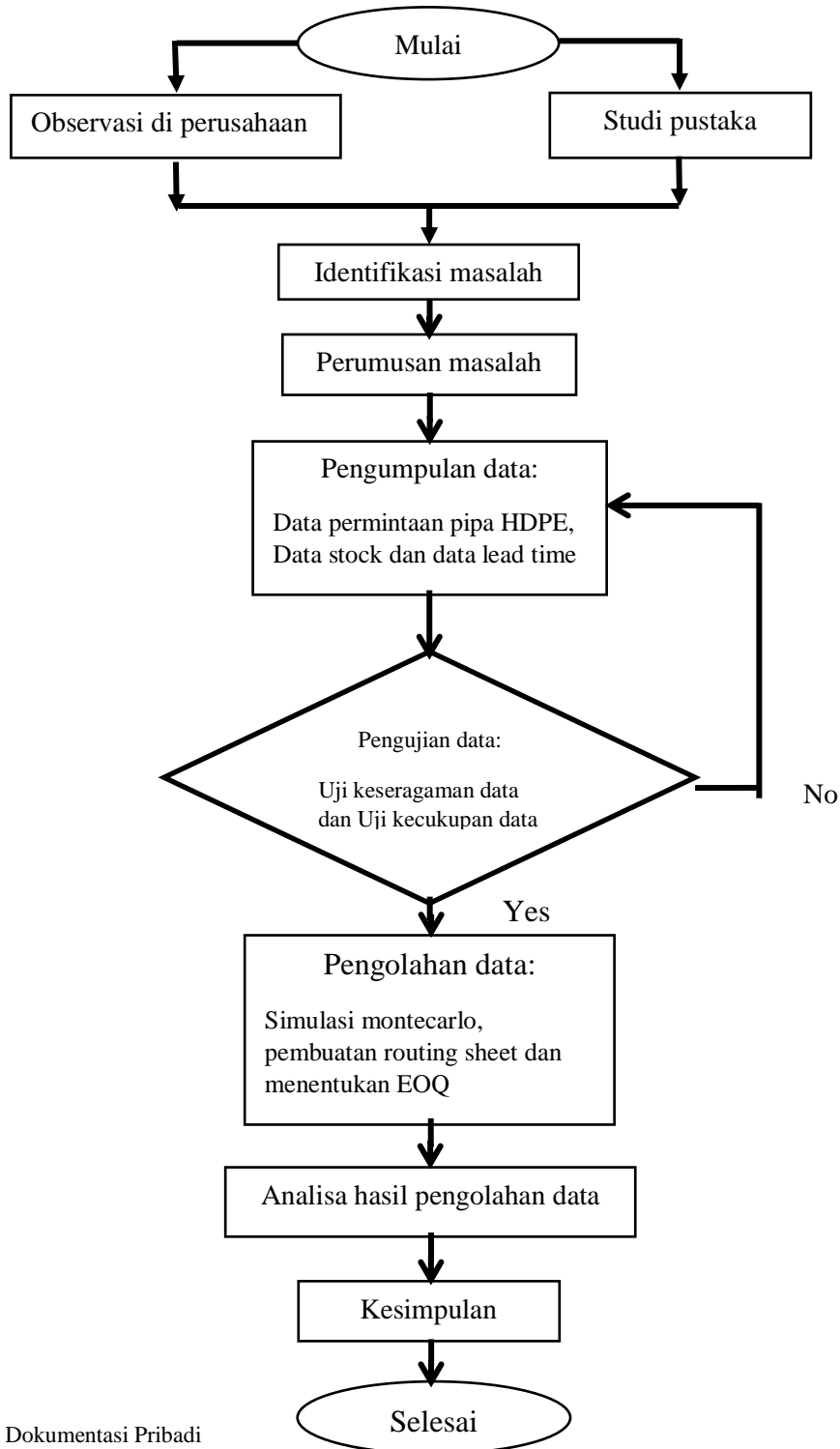
- a Penelitian dilakukan di Departemen PPIC dan *Warehouse*
- b Penelitian dilakukan terhadap bahan baku utama (*main material*) pipa HDPE, dalam hal ini kita sebut sebagai *pellet HDPE*
- c Penelitian dilakukan untuk semua ukuran pipa HDPE dengan satuan berat yang digunakan adalah ton
- d Penelitian hanya dilakukan di satu plant saja yaitu di Plant Cimanggis
- e Penelitian dilakukan dalam *flow process* penyediaan *pellet* HDPE
- f Penelitian menggunakan data permintaan pipa HDPE tahun 2010 - 2019

1.6 Metodologi Pemecahan Masalah

Demi hasil laporan tugas akhir yang terstruktur dan sistematis, maka penulis menguraikan langkah-langkah penelitian dan penyusunan tugas akhir

ini ke dalam beberapa langkah penelitian. Adapun langkah-langkah pemecahan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1.6.1 Flowchart Pemecahan Masalah



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 1.1 Flowchart pemecahan masalah

1.6.2 Filosofi Pemecahan Masalah

a. Observasi di perusahaan

Melakukan pengamatan terhadap proses produksi, distribusi dan penyediaan pipa di PT Pralon. Melakukan wawancara dengan bagian PPIC, produksi dan gudang dalam penyediaan bahan baku dan *finish goods* pipa hingga diperoleh masalah yang akan diangkat sebagai tema penulisan yaitu tentang penentuan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon

b. Studi Pustaka

Melakukan studi pustaka tentang metode probabilistik untuk menentukan metode penghitungan bahan baku pipa HDPE dari beberapa buku, jurnal dan juga dari bimbingan dosen pembimbing. Hingga diperoleh simulasi montecarlo sebagai metode yang akan digunakan dalam proses pemecahan masalah

c. Identifikasi masalah

Melakukan identifikasi masalah dari penyebab ketidakakuratan penentuan dan pengendalian jumlah bahan baku pipa HDPE di PT Pralon

d. Perumusan masalah

Dari sumber masalah yang telah diidentifikasi maka diperoleh bahwa faktor yang menyebabkan jumlah bahan baku pipa HDPE belum akurat adalah karena belum adanya metode

penghitungan jumlah kebutuhan yang sesuai serta belum adanya metode pengendalian persediaan yang optimal.

e. Pengumpulan data

Proses meminta dan mengumpulkan data selama masa observasi. Data yang dikumpulkan adalah data jumlah permintaan pipa HDPE tahun 2010 – 2019, data stock pellet HDPE dan *lead time* pemesanan pellet HDPE. Selain data *history* yang berhasil dikumpulkan, penulis juga memperoleh beberapa informasi melalui wawancara dengan beberapa departemen seperti PPIC, *Warehouse* dan *Purchasing*

f. Pengujian data

Dari data *history* jumlah permintaan yang telah didapat kemudian dilakukan uji data terhadap keduanya. Uji data yang dilakukan adalah uji keseragaman dan uji kecukupan data. Pada uji keseragaman data jika ada data ekstrem (data melewati batas kontrol) maka data tersebut tidak dapat digunakan lagi. Sementara itu pada uji kecukupan data jika data dianggap kurang maka perlu untuk mengambil sample data lagi.

g. Pengolahan data

Setelah data dinyatakan lolos uji data, selanjutnya adalah dilakukan pengolahan data dengan membuat langkah-langkah sebagai berikut:

- Melakukan simulasi terhadap data permintaan sebagai gambaran terhadap permintaan di masa yang akan datang
- Melakukan penghitungan kebutuhan bahan baku dengan membuat *routing sheet*
- Menentukan jumlah dan waktu pemesanan yang optimal dengan metode EOQ

g Analisa hasil pengolahan data

Dari data yang sudah diolah pada proses pengolahan data, langkah berikutnya adalah melakukan analisa terhadap metoda yang sudah dipilih. Analisa ini dihitung berdasarkan aktual yang sudah terjadi selama 6 bulan di tahun 2020 ini dan juga dengan menghitung biaya pemesanan dan penyimpanan untuk melihat sejauh mana optimalnya metode yang penulis ambil

h Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dari semua proses yang sudah dijalankan. Apakah metode yang diterapkan sudah optimal atau belum dan apakah metode sudah dapat memecahkan permasalahan yang penulis ambil

1.6.3 Hipotesa Awal Penelitian

Hipotesa yang penulis lakukan terhadap tugas akhir yang penulis buat adalah sebagai berikut:

H0 = “Simulasi Montecarlo dan EOQ adalah metode yang tepat dalam penghitungan serta pengendalian persediaan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon Cimanggis”

Ha = “Simulasi montecarlo dan EOQ bukanlah metode yang tepat dalam penghitungan serta pengendalian persediaan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon Cimanggis”

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Berisikan latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

Bab II : Landasan Teori

Berisikan tentang pengertian, teori singkat, dan definis-definisi yang berkaitan dengan simulasi montecarlo dan penentuan serta pengendalian bahan baku pipa HDPE. Dalam bab II juga berisikan rumus-rumus simulasi montecarlo, *routing sheet*, dan EOQ dalam memecahkan masalah penyediaan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon

Bab III : Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berisikan sejumlah data yang dikumpulkan oleh penulis selama masa observasi. Data yang berhasil dikumpulkan adalah data *history* pemesanan pipa HDPE tahun 2010-2019, data stock pellet HDPE, data *lead time* pemesanan pellet HDPE dan beberapa data lainnya.

Bab IV : Analisa Hasil Pengolahan Data

Berisikan analisa hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan di bab III. Analisa berdasarkan metode simulasi montecarlo yang digunakan Apakah sudah berhasil dalam menyelesaikan masalah penentuan dan Pengendalian bahan baku pipa HDPE di PT Pralon

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan terhadap Simulasi montecarlo dalam menentukan dan mengendalikan ketersediaan bahan baku pipa HDPE selama proses produksi. Dalam bab ini berisikan pula saran penulis terhadap penulisan proses penyusunan tugas akhir ini dan juga terhadap perusahaan dimana penelitian ini dilakukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Probabilitas

Banyak teknik dalam sains manajemen yang sering kali menunjukkan ketidakpastian atau menghasilkan solusi yang tidak pasti. Ketidakpastiaan semacam ini disebut dengan probabilitistik (*Probabilistic*). Ini berarti hasil dari suatu model probabilitistik memiliki lebih dari satu hasil atau terdapat keraguan dari hasil yang diperoleh. Solusi dari teknik ini berupa nilai rata-rata karena nilai aktual yang muncul berbeda-beda dari waktu ke waktu. Probabilitistik mencakup ketidakpastian yang mungkin memiliki lebih dari satu model solusi.

Probabilitas suatu kejadian memiliki ukuran atau rasio kemungkinan dari suatu kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang. Rasionalnya adalah antara 0 sampai dengan 1. Jika probabilitas sebuah kejadian adalah 0, maka kejadian tersebut tidak mungkin terjadi. Dan jika probabilitas sebuah kejadian adalah 1 maka kejadian tersebut pasti terjadi.

2.2 Jenis-Jenis Probabilitas

Ada dua jenis probabilitas yang dikenal yaitu, probabilitas objektif dan probabilitas subjektif (Bernard W. Taylor, 2005: 94).

a. Probabilitas Objektif

Probabilitas objektif adalah probabilitas yang rasio kemungkinannya di masa yang akan datang dapat dihitung berdasarkan angka yang muncul dalam satu kejadian. Contohnya adalah kejadian melempar koin dalam

pertandingan sepak bola. Sebelum wasit melempar, kedua tim sudah dapat menghitung dan memprediksi peluang munculnya kepala atau ekor pada koin. Kedua tim masing-masing sudah menyadari bahwa peluang mereka memenangkan lemparan adalah 50% atau probabilitasnya 0.5. Probabilitas objektif dibagi menjadi dua yaitu probabilitas klasik dan probabilitas frekuensi relatif.

Probabilitas klasik adalah suatu probabilitas objektif yang dapat dinyatakan sebelum suatu kejadian terjadi (Bernhard W. Taylor, 2005: 94). Contoh probabilitas klasik seperti pelemparan koin yang telah dijelaskan di atas. Selain itu ada juga kasus seperti kartu yang keluar dalam kejadian pengocokan kartu. Peluang munculnya kartu as (4 lembar) dalam tumpukan kartu (52 lembar) adalah $\frac{4}{52}$ atau $\frac{1}{13}$. Munculnya angka-angka kemungkinan tersebut telah dapat diprediksi sebelum kejadian (pengambilan kartu) terjadi.

Probabilitas frekuensi relatif adalah jenis probabilitas yang dapat dihitung setelah suatu kejadian diobservasi. Jenis probabilitas objektif ini menunjukkan frekuensi relatif munculnya kejadian dari serangkaian kejadian di masa lalu (*history* kejadian). Contoh, selama kurun waktu 3 tahun terakhir 1,000 mahasiswa Unkris yang lulus dan 100 diantaranya mendapatkan predikat *cumlaude*. Probabilitas frekuensi relatif mahasiswa *cumlaude* tersebut adalah $\frac{100}{1,000}$ atau 0,1. Frekuensi relatif ini diperoleh setelah melakukan observasi terhadap 1,000 mahasiswa dalam 3 tahun ke belakang.

b. Probabilitas Subjektif

Probabilitas subjektif merupakan probabilitas yang didasarkan pada kepercayaan, pengalaman dan pengetahuan pribadi untuk bisa memprediksi munculnya suatu kejadian (Bernhard W. Taylor, 2005: 95). Contohnya, suatu ramalan cuaca menyatakan bahwa kemungkinan terjadinya hujan besok adalah sebesar 75%. Angka 75% atau probabilitas 0.75 diperoleh dari pengalaman sang ahli meteorologi dalam memprediksi kondisi cuaca. Dengan kata lain probabilitas tersebut tidaklah didasarkan kepada munculnya serangkaian hujan yang terjadi di masa lalu.

Keakuratan probabilitas subjektif sangat bergantung pada orang-orang yang melakukan analisa. Satu orang dengan orang lainnya akan memperoleh angka probabilitas yang berbeda. Oleh karena itu, probabilitas objektif lebih dapat menghasilkan prediksi yang valid dan konsisten daripada probabilitas subjektif.

2.3 Karakteristik Probabilitas

Aktifitas melempar koin pada permainan sepak bola sebagaimana yang dicontohkan sebelumnya dapat kita sebut sebagai sebuah eksperimen. Eksperimen adalah aktifitas yang menghasilkan satu dari beberapa kemungkinan hasil (Bernhard W. Taylor, 2005: 96). Eksperimen melempar koin menghasilkan keluarnya hasil kepala atau ekor. Sebagai contoh lain agar dapat memahami karakteristik probabilitas disajikan dalam tabel di bawah ini. Tabel di bawah ini menggambarkan tentang nilai matematika dari 1,000 siswa SMA X.

Tabel 2.1 Probabilitas nilai matematika siswa SMA X

Nilai Siswa	Jumlah Siswa	Frekuensi Relatif	Probabilitas
A	100	100/1000	0,10
B	200	200/1000	0,20
C	350	350/1000	0,35
D	150	150/1000	0,15
E	200	200/1000	0,20
Total	1000		1,00

Sumber: Bernard W. Taylor: 2005: 96

Dari tabel di atas dapat diuraikan beberapa karakteristik dari probabilitas, yaitu:

- a. Probabilitas suatu kejadian akan selalu bernilai lebih besar sama dengan 0 atau lebih kecil sama dengan 1 ($0 \leq p \leq 1$)
- b. Total semua probabilitas adalah 1
- c. *Mutually Exclusive*, maksudnya adalah jika hanya satu kejadian yang dapat terjadi pada waktu tertentu. Sesuai tabel di atas seorang siswa hanya dapat memiliki salah satu dari kelima nilai yang ada. Tidaklah mungkin satu orang siswa dapat memiliki nilai lebih dari satu
- d. *Collectively Exhaustive*, maksudnya adalah nilai yang muncul adalah kelima nilai yang sudah ditetapkan. Tidaklah mungkin ada nilai lain selain kelima nilai tersebut

2.4 Simulasi

Simulasi adalah proses merancang sebuah model dari suatu sistem dan kemudian menjalankannya untuk dapat mendeskripsikan, menjelaskan dan memprediksi karakteristik dari sistem tersebut baik secara matematika maupun secara logika (Muhammad Arif, 2017: 70-71). Simulasi merupakan sebuah metode penyelesaian berbagai persoalan yang sudah lama diperkenalkan. Tapi baru dirasakan manfaatnya seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Banyak persoalan-persoalan di dunia industri yang dapat diselesaikan melalui simulasi. Simulasi memiliki beberapa keuntungan dibanding dengan metode analitik yang sudah kita kenal. Adapun keuntungan dan kerugian dari simulasi ada dalam tabel berikut:

Tabel 2.2 Keuntungan dan kerugian sistem simulasi

	Model Analitik	Model Simulasi
Keuntungan	- Keringkasan	- Mudah untuk sistem yang kompleks
	- Kemudahan melakukan evaluasi	- Sebagai sarana pelatihan
Kerugian	- Asumsi tidak realistis	- Sulit mencari solusi yang optimal
	- Formula terlalu kompleks	- Biaya pembuatan yang mahal

Sumber: Muhammad Arif: 2017:74

Aplikasi model simulasi memiliki beberapa manfaat dalam kehidupan sehari-hari terutama di bidang industri. Adapun manfaat dan kegunaan aplikasi model simulasi adalah sebagai berikut:

1. Desain sistem manufaktur
2. Menentukan pengaturan dalam dalam sistem *inventory* atau persediaan

3. Desain sistem transportasi
4. Desain sistem komunikasi
5. Evaluasi sistem pelayanan perbankan
6. Evaluasi sistem ekonomi dan finansial

2.5 Jenis dan Fungsi Simulasi

Simulasi yang dibuat harus disesuaikan dengan karakteristik dari sistem asli yang disimulasi. Banyaknya karakteristik sistem di sekitar kita memunculkan beragam model simulasi. Menurut Harvei Desmon Hutahean (2018: 42) membagi jenis-jenis simulasi seperti berikut ini:

1. Simulasi Deterministik

Model simulasi yang mengasumsikan tidak adanya variabilitas dalam parameter modelnya sehingga nilai masukan akan sama dengan nilai yang keluar.

2. Simulasi Diskrit

Simulasi yang statusnya (*state*) berubah sesuai waktu-waktu diskrit

3. Simulasi Kontinu

Simulasi yang *state*-nya berubah secara kontinu

4. Simulasi *stochastic*

Simulasi dalam serangkaian kejadian probabilistik sehingga hasilnya berupa perkiraan karakteristik model sesungguhnya.

Beragam model simulasi yang dapat kita gunakan seperti di atas memiliki beberapa tujuan. Tujuan model simulasi dibedakan ke dalam beberapa aspek, antara lain:

1. Kognitif

Dengan simulasi tersebut kita menjadi tahu, lebih mengerti, dan lebih paham tentang sesuatu yang dihasilkan dari simulasi tersebut.

2. Evaluatif

Melalui simulasi kita dapat menilai ciri-ciri yang menunjukkan perbedaan antara satu keadaan tertentu dengan keadaan yang lain.

3. Pragmatif

Kita dapat menunjukkan secara lebih cepat, lebih tepat, dan lebih praktis terhadap acuan yang dibahas.

4. Komunikatif

Melalui simulasi kita dapat saling berkomunikasi dengan pihak lain dalam waktu yang lama.

2.6 Pengujian Data

Pengujian data sangat diperlukan sebelum mengolah data menjadi sebuah informasi. Tujuannya adalah untuk mengetahui dan memastikan bahwa sampling data telah valid sehingga dapat digunakan pada proses pengolahan data. Data-data tersebut dapat diambil dari data masa lampau (*historical data*), dari kondisi data saat ini dan juga bisa dari proses wawancara. Ada dua jenis pengujian data kualitatif yang biasa digunakan. Kedua pengujian data tersebut adalah Uji Keseragaman Data dan Uji Kecukupan Data.

- 1) Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data digunakan untuk memastikan bahwa data yang terkumpul berasal dari sistem yang sama. Maka dari itu diperlukan uji keseragaman data guna memisahkan data yang memiliki karakteristik yang

berbeda. Suatu data dinyatakan telah seragam bila data tersebut tidak melampaui batas kontrolnya dalam peta control. Atau secara statistika dapat dikatakan bahwa data sample (N) akan menyebar sepanjang nilai simpangannya (σ) di sekitar nilai rata-rata (\bar{x}) (Budi Aribowo, 2007: 87). Ada dua batas kontrol yaitu Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

Adapun rumus yang digunakan dalam uji keseragaman data adalah sebagai berikut:

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \quad \text{..... (Purnomo, Hari: 2003: 47)}$$

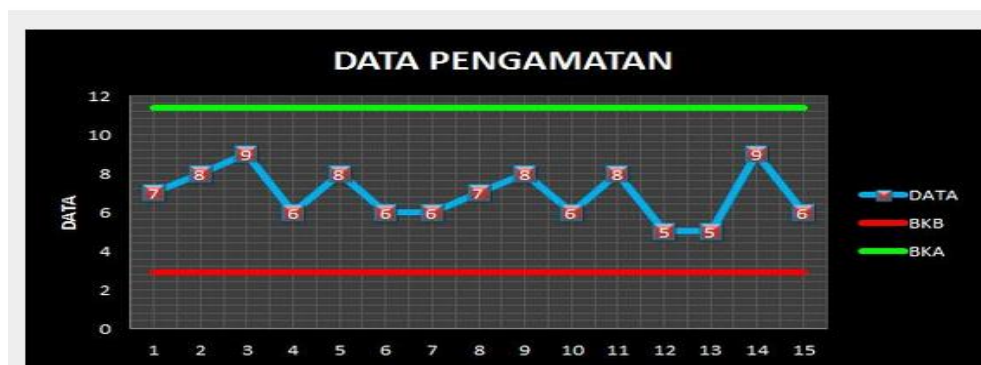
$$BKB = \bar{x} - k\sigma \quad \text{..... (Purnomo, Hari: 2003: 47)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad \text{..... (Purnomo, Hari: 2003: 47)}$$

Dimana:

x = nilai data k = Tingkat Keyakinan σ = Standar Deviasi

\bar{x} = Rata-Rata N = Jumlah data



Sumber: Burhani, Alvin. 2015. diakses dari <https://alvinburhani.wordpress.com/2015/12/01/pengujian-data/>

Gambar 2.1 Contoh control chart uji keseragaman data.

2) Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data adalah metode yang digunakan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan dinyatakan cukup. Idealnya suatu pengukuran harus dilakukan dalam jumlah banyak bahkan tak terhingga agar datanya layak untuk digunakan. Namun pengukuran yang demikian sulit dilakukan dikarenakan keterbatasan yang ada baik dari sisi biaya, tenaga, waktu dan sebagainya. Sebaliknya, pengumpulan data dalam jumlah yang sekedarnya juga kurang baik karena tidak dapat mewakili keadaan yang sebenarnya. Untuk itu, pengujian kecukupan data dilakukan dengan berpedoman pada tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan dari pengamat. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan adalah cerminan derajat kepastian yang diinginkan oleh pengukur atau pengamat jika menggunakan data *sampling* pada penarikan datanya. Tingkat ketelitian menunjukkan batas maksimum penyimpangan hasil pengukuran dari nilai yang sebenarnya. Sedangkan tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur atau pengamat akan ketelitian datanya. Pengaruh tingkat ketelitian dan keyakinan adalah semakin tinggi tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan, maka pengukuran juga semakin banyak. Uji kecukupan data dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \dots\dots\dots (\text{Sutalaksana, dkk: 2006: 152})$$

Dimana:

k = Tingkat Keyakinan

s = Tingkat Ketelitian

N = Jumlah Data Pengamatan

N' = Jumlah Data Teoritis

x = Data Pengamatan

Nilai tingkat keyakinan diperoleh dari tabel z uji kenormalan. Jika $N' \leq N$ maka data dianggap cukup, tetapi jika $N' > N$ data tidak cukup (kurang) sehingga perlu dilakukan penambahan data lagi.

2.7 Simulasi Monte Carlo

Simulasi monte carlo merupakan simulasi probabilistik untuk menyelesaikan permasalahan menggunakan sampling yang diperoleh secara acak (*random sampling*). Dasar simulasi ini adalah melakukan eksperimen pada elemen-elemen probabilistik melalui sampling acak. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (*historical data*) dan sudah dapat diperkirakan distribusinya. Metode monte carlo mensimulasikan suatu data secara berulang-ulang kali dengan cara memilih sebuah bilangan acak (*random number*) untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya (Adnan Fajar, 2008: 223)

Simulasi monte carlo bertujuan untuk menemukan nilai yang mendekati nilai sesungguhnya, atau nilai yang akan terjadi berdasarkan distribusi dari data sampling. Langkah-langkah dalam menerapkan simulasi monte carlo melalui beberapa tahapan, diantaranya:

1) Menetapkan Distribusi Probabilitas atau Kemungkinan

Gagasan dasar simulasi monte carlo adalah menentukan nilai dari tiap variabel yang merupakan bagian dari model yang dipelajari. Banyak variabel di sekitar kita yang mempunyai berbagai kemungkinan untuk kita simulasikan. Salah satu cara untuk membuat distribusi kemungkinan dari suatu variabel adalah memperhitungkan *history* data di masa lalu. Frekuensi relatif untuk tiap kemungkinan hasil dari masing-masing variabel ditentukan dengan membagi frekuensi observasi dengan jumlah total observasi. Sebagai contoh, di bawah ini *history* permintaan sepatu di sebuah toko selama satu bulan terakhir.

Tabel 2.3 Frekuensi Permintaan Sepatu / Hari

Permintaan / Hari	Frekuensi Permintaan
3 pasang	4
4 pasang	9
5 pasang	14
8 pasang	31
9 pasang	26
10 pasang	16
Jumlah	100

Sumber: Thomas J. Kakiay: 2004: 114

Dari tabel di atas kita dapat membuat distribusi probabilitasnya dengan cara membagi tiap permintaan dengan total permintaan, seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Distribusi Probabilitas Permintaan Sepatu

Permintaan / Hari	Frekuensi Permintaan	Distribusi Probabilitas
3 pasang	4	0,04
4 pasang	9	0,09
5 pasang	14	0,14
8 pasang	31	0,31
9 pasang	26	0,26
10 pasang	16	0,16
Jumlah	100	1,00

Sumber: Thomas J. Kakiay: 2004: 115

2) Menetapkan Fungsi Distribusi Kumulatif Probabilitas (CDF)

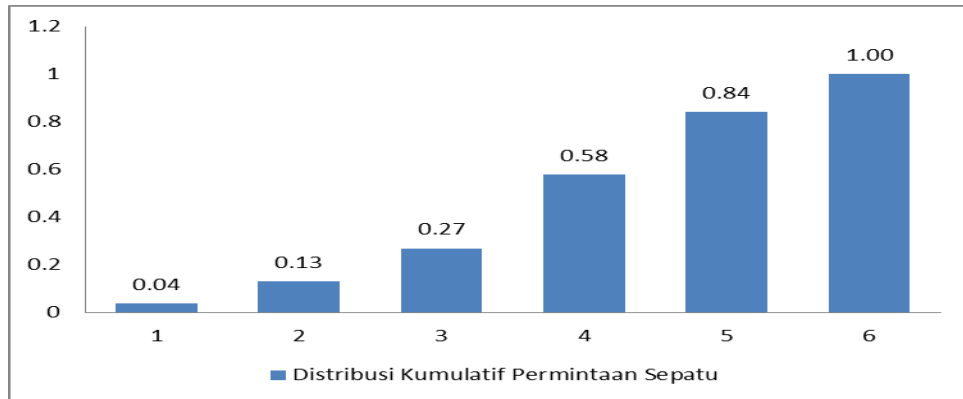
Konversi distribusi kemungkinan permintaan, seperti pada tabel 2.4 menjadi distribusi kumulatif dengan cara menjumlahkan tiap angka kemungkinan dengan jumlah sebelumnya seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Distribusi Kumulatif Kemungkinan

Variabel Permintaan	Probabilitas	Distribusi Kumulatif
3	0.04	0.04
4	0.09	0.13
5	0.14	0.27
8	0.31	0.58
9	0.26	0.84
10	0.16	1.00

Sumber: Thomas J. Kakiay: 2004: 115

Hasil probabilitas kumulatifnya dapat terlihat pada gambar di bawah ini



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 2.2 Grafik Probabilitas Kumulatif

3) Menetapkan interval *Random Number* (RN)

Setelah menentukan probabilitas kumulatif untuk tiap variabel yang termasuk dalam simulasi, selanjutnya kita harus menentukan batas angka yang mewakili tiap kemungkinan hasil. Hal tersebut ditunjukkan pada interval angka random (*random number*). Hasil kemungkinan kumulatif akan menentukan interval *random number*.

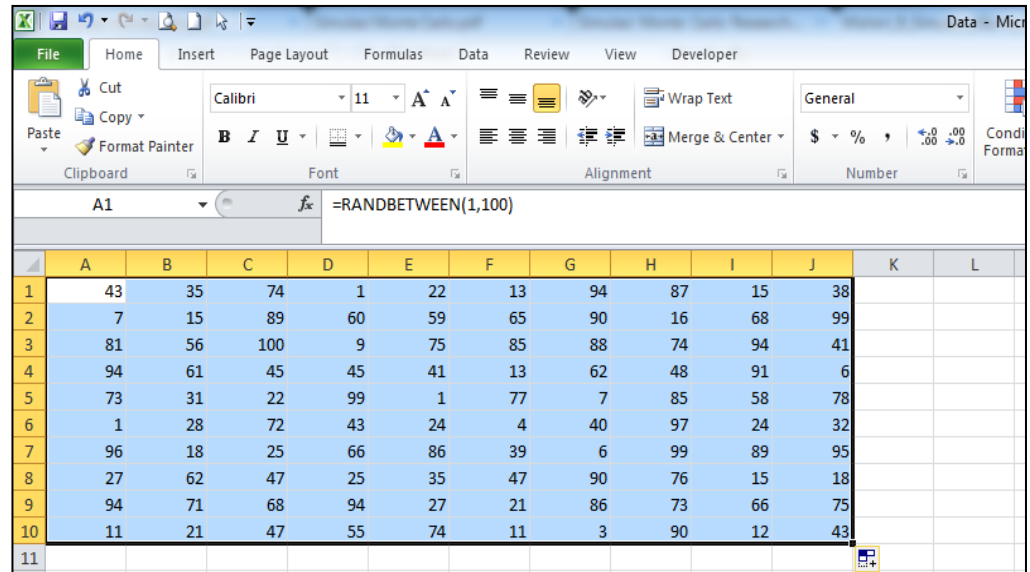
Tabel 2.6 Interval *Random Number*

Variabel Permintaan	Probabilitas	Distribusi Kumulatif	Range
3	0.04	0.04	01 - 04
4	0.09	0.13	05 - 13
5	0.14	0.27	14 - 27
8	0.31	0.58	28 - 58
9	0.26	0.84	59 - 84
10	0.16	1.00	85 - 100

Sumber: Thomas J. Kakiay: 2004: 115

4) Membangkitkan Bilangan Acak (*random number*)

Untuk membangkitkan *random number* kita bisa menggunakan microsoft excel dengan rumus =randbetween(). Misal untuk *random number* dari 1-100, kita tuliskan rumus =randbetween (1,100) dan di-copy sejumlah angka yang dibutuhkan.



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.3 Cara Membangkitkan *Random Number* di Microsoft Excel

5) Menjalankan Simulasi Dari Setiap Percobaan

Kita bisa membuat simulasi dari sebuah percobaan dengan mengambil *random number* dari angka di atas, misal kita akan membuat simulasi untuk 1 bulan ke depan atau selama 30 hari, kita ambil kolom A1-C10. Cara menjalankan simulasinya adalah dengan menentukan interval probabilitas dengan *random number*. Contohnya bila angka *random number* 56, angka tersebut terletak di interval 28 – 58 yang berarti permintaannya adalah 8 pasang.

Tabel 2.7 Simulasi Permintaan Sepatu 1 Bulan Ke Depan

Hari	Random Number	Simulasi	Simulasi ²
1	5	4	16
2	64	9	81
3	7	4	16
4	10	4	16
5	74	9	81
6	94	10	100
7	54	8	64
8	29	8	64
9	29	8	64
10	57	8	64
11	96	10	100
12	41	8	64
13	15	5	25
14	9	4	16
15	92	10	100
16	92	10	100
17	7	4	16
18	84	9	81
19	84	9	81
20	31	8	64
21	11	4	16

22	96	10	100
23	35	8	64
24	75	9	81
25	70	9	81
26	41	8	64
27	16	5	25
28	100	10	100
29	11	4	16
30	22	5	25
Total		221	1785

Sumber: Dokumentasi pribadi

Total permintaan sepatu untuk 1 bulan ke depan adalah 221 pasang, rata-rata permintaan per harinya adalah $221/30 = 7.4$ pasang/hari.

2.8 Routing Sheet

Routing sheet adalah *tools* yang digunakan untuk menghitung jumlah mesin, peralatan, part atau pun material yang dipersiapkan untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Data yang dibutuhkan dalam pembuatan routing sheet antara lain:

- a) OPC
- b) Kapasitas mesin (*cycle time*)
- c) Persentase *scrap*
- d) Efisiensi mesin
- e) Kapasitas produksi terpasang

1) *Good Pieces Requirement*

Good pieces requirement adalah jumlah *demand* yang diminta selama satu tahun. Dapat juga diperoleh dari kapasitas mesin terpasang (unit/jam).

2) *Good Started Requirement*

Good started requirement adalah jumlah material yang dibutuhkan untuk produksi menyesuaikan dengan *good pieces requirement* atau *demand* yang ada. *Good Started Requirement* diperoleh dari *good pieces requirement* ditambah dengan persentase *scrap*-nya. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{GSR} = \text{GPR} * (100\% + \% \text{ scrap})$$

3) Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin adalah kemampuan mesin dalam menghasilkan produk per jamnya. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Mesin} = 60 \text{ menit} / \text{cycle time (menit)}$$

4) Jumlah Mesin Teoritis

Jumlah mesin teoritis adalah jumlah mesin yang didapat dari hasil perhitungan *good started requirement*, kapasitas mesin dan efisiensi mesin. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Mesin Teoritis} = \text{Good Started Requirement} / \text{Kapasitas mesin} /$$

$$\text{Efisiensi mesin}$$

5) Jumlah Mesin Aktual

Jumlah mesin actual adalah jumlah mesin yang sebenarnya dibutuhkan dengan membulatkan ke atas jumlah mesin teoritis.

Tabel 2.8 Contoh *Routing Sheet*

No	Equipment	Cycle Time jam/unit	Scrap Losses (%)	Good Pieces Req	Pieces To Be Strated	Eff Produk	Machine Req (Theory)	Machine Req (Actual)
1	Alat Bending	0.0042	0	78.0	78.0	87	1.44	2.00
2	Mesin Drill	0.0064	0	78.0	78.0	87	1.73	2.00
3	Gergaji Listrik	0.0078	2	78.0	79.4	88	1.47	2.00
4	Meteran	0.0014	0	79.4	79.4	84	0.52	1.00

Sumber: Dokumentasi pribadi

2.9 Lot Sizing

Lot sizing adalah suatu metode yang digunakan dalam penentuan ukuran jumlah atau kuantitas pemesanan. Umumnya permasalahan penentuan *lot size* produksi berasumsi bahwa permintaan selalu bersifat kontiniu terhadap waktu padahal kondisi pasar berubah dengan sangat cepat. Hal tersebut menyebabkan permintaan tidak akan sama pada setiap periode. Sehingga model persediaan yang terintegrasi dengan permintaan sama di semua periode menjadi tidak tepat. Penentuan *lot size* dengan kondisi kondisi permintaan yang fluktuatif bertujuan untuk meminimalisasi ongkos atau biaya. Ada beberapa tipe penentuan *lot size*, yaitu antara lain:

1) *Lot For Lot*

Lot for Lot adalah metode *lot sizing* yang paling sederhana dan paling mudah dipahami. Metode ini didasarkan bahwa pemesanan dilakukan dengan pertimbangan untuk meminimalisasi ongkos simpan. Pada metode ini, pemenuhan kebutuhan bersih dilakukan di setiap periode

dengan jumlah pemesanannya selalu sama dengan jumlah kebutuhan yang harus dipenuhi pada periode tersebut (Fachrurrozi dan Indra Almahdy, 2015: 283).

Tabel 2.9 Schedule pemesanan bahan baku dengan LfL

Periode (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Kebutuhan bersih (Rt)	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Kuantitas Pemesanan X _t	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Persediaan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

2) *Economic Order Quantity* (EOQ)

EOQ adalah metode *lot sizing* bahan baku dengan menentukan jumlah pemesanan (*lot sizing*) yang paling ekonomis untuk setiap kali pemesanan dengan frekuensi yang telah ditentukan serta kapan dilakukan pemesanan kembali. Metode ini dapat digunakan baik untuk barang-barang yang dibeli maupun yang diproduksi sendiri. Tujuannya adalah untuk meminimalkan *Total Inventory Cost* dan *Purchasing Cost* (ongkos pesan). Metode ini juga dapat menekan biaya-biaya persediaan sehingga efisiensi persediaan dapat berjalan dengan baik dan dapat tercapai unit pemesanan yang paling optimal dengan menekan biaya seminimal mungkin. EOQ dapat diterapkan apabila kondisi-kondisi di bawah ini terpenuhi :

- Permintaan cenderung konstan, seragam dan diketahui (Deterministik)

- Harga per unit produk adalah konstan.
- Biaya penyimpanan unit per tahun (H) adalah konstan.
- Biaya pemesanan (S) adalah konstan.
- Waktu antara pesanan dilakukan dan barang diterima (*lead time*, L) adalah konstan.
- Tidak terjadi *back order* atau kekurangan barang

Adapun rumus EOQ adalah sebagai berikut:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad \text{..... (Sulaiman, Fahmi: 2015: 9)}$$

Dimana:

D = Jumlah permintaan

S = Biaya Pemesanan

H = Biaya penyimpanan

Setelah quantity ditetapkan, selanjutnya adalah menentukan frekuensi jumlah pemesanan. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{D}{Q} \quad \text{..... (Sulaiman, Fahmi: 2015: 9)}$$

Dimana:

D = Jumlah permintaan

Q = Jumlah pemesanan

Langkah terakhir adalah menentukan titik *re-order point*. Sebelum mencari *re-order point* carilah dulu tingkat pemakaian bahan baku hariannya dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{D}{t} \dots\dots\dots (\text{Sulaiman, Fahmi: 2015: 10})$$

Dimana:

D = Jumlah permintaan

t = Jumlah hari produksi

Setelah diperoleh pemakaian bahan baku harian baru tentukanlah *re-order point* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{ROP} = d * L \dots\dots\dots (\text{Sulaiman, Fahmi: 2015: 11})$$

Dimana:

d = Tingkat pemakaian bahan baku harian

L = *lead time* pemesanan

3) *Period Order Quantity* (POQ)

POQ adalah teknik penentuan jumlah pemesanan ekonomis pada suatu periode dengan jumlah permintaan bersifat diskrit atau beragam. Teknik ini dilandasi oleh metode EOQ, dengan dasar perhitungan jika jumlah pesanan ekonomis diperoleh maka akan diperoleh pula besarnya jumlah pesanan yang harus dilakukan untuk interval periode pemesanan berikutnya. Teknik ini dapat diterapkan ketika persediaan secara terus menerus mengalir sepanjang periode waktu setelah pemesanan dilakukan.

Adapun rumus POQ adalah sebagai berikut:

$$POQ = \frac{EOQ}{R} \quad \dots\dots\dots (Wicaksono, Ardy: 2018: 3)$$

Dimana:

EOQ = Kuantitas pemesanan ekonomis

R = Rata-rata pemakaian dalam satu periode

4) *Fixed Order Quantity* (FOQ)

FOQ adalah metode pemesanan dengan kuantitas pemesanan yang selalu tetap untuk suatu persediaan item tertentu dengan jumlah pemesanan dapat ditentukan secara sembarang atau berdasarkan pada faktor-faktor intuitif. Dalam menggunakan teknik ini, jumlah pesanan dapat diperbesar untuk menyamai jumlah kebutuhan bersih pada suatu periode tertentu, yang berarti ukuran kuantitas pemesanannya (*lot sizing*) adalah sama untuk seluruh periode selanjutnya. Metode ini dapat digunakan untuk item-item yang biaya pemesanannya (*ordering cost*) sangat besar. Tabel dibawah ini merupakan contoh pemesanan bahan baku dengan ukuran lot sebesar 100.

Tabel 2.10 Schedule pemesanan bahan baku dengan FOQ

Periode (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Kebutuhan bersih (Rt)	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Kuantitas Pemesanan Xt	100				100		100			300
Persediaan	80	40	10	0	60	60	105	85	45	485

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

5) *Fixed Period Requirement* (FPR)

FPR adalah metode pemesanan bahan baku dengan menggunakan konsep interval pemesanan yang konstan, sedangkan ukuran kuantitas pemesanan (*lot size*) bervariasi. Bila dalam FOQ besarnya *lot size* adalah tetap sementara selang waktu antar pemesanan tidak tetap, sedangkan dalam FPR ini selang waktu antar pemesanan dibuat tetap dengan *lot size*-nya sesuai pada kebutuhan bersih.

Tabel 2.11 Schedule pemesanan bahan baku dengan FPR

Periode (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Kebutuhan bersih (Rt)	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Kuantitas Pemesanan X _t	90			50			115			255
Persediaan	70	30	0	40	0	0	60	40	0	240

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

6) *Least Unit Cost* (LUC)

LUC adalah teknik pemesanan bahan baku dengan kuantitas pemesanan dan interval pemesanannya bervariasi. Pada LUC, kuantitas pemesanan ditentukan dengan cara coba-coba, yaitu dengan cara mempertanyakan apakah sebaiknya *lot size* di suatu periode sama dengan ukuran bersihnya atau bagaimana kalau ditambah dengan periode-periode setelahnya. Keputusannya ditentukan berdasarkan ongkos per unit (ongkos pengadaan per unit ditambah ongkos simpan) terkecil dari setiap *lot size* yang akan dipilih.

Contoh:

Diketahui : Ongkos pengadaan Rp. 100

Ongkos simpan Rp. 1,-/unit periode

Tabel 2.12 Perhitungan ongkos per unit pada LUC

Periode	Kumulatif Demand	Ongkos Setup	Lama Digudang	Ongkos Simpan	Ongkos Total	Ongkos Perunit	Ket
1	20	100	0	0	100	5	
1-2	60	100	1	40	140	2,3	
1-3	90	100	2	100	200	2,2	Terpilih
1-4	10	100	3	130	230	2,3	
4	10	100	0	0	100	10	
4-5	50	100	1	40	140	2,8	
4-6	50	100	2	40	140	2,8	Terpilih
4-7	105	100	3	205	305	2,9	
7	55	100	0	0	100	1,8	
7-8	75	100	1	20	120	1,6	Terpilih
7-9	115	100	2	100	200	1,7	
9	40	100	0	0	100	2,5	Terpilih

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

Keterangan :

- Periode penyimpanan adalah periode yang dicakup oleh bakal *lot size*.
- Bakal *lot size* adalah kuantitas pemesanan (*lot size*) yang akan dipilih dimana jumlahnya merupakan kumulatif dari kebutuhan bersih di periode yang dicakup.
- Ongkos simpan adalah kebutuhan bersih dikali ongkos simpan/unit dikali lama di gudang.
- Ongkos total adalah ongkos *set up* ditambah ongkos simpan.
- Ongkos per unit adalah ongkos total dibagi kumulatif *demand*-nya.

Dari hasil perhitungan *cost* di atas didapatkan *schedule* pemesanan bahan baku sebagai berikut:

Tabel 2.13 Schedule pemesanan bahan baku dengan LUC

Periode (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Kebutuhan bersih (Rt)	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Kuantitas Pemesanan X _t	90			50			75		40	255
Persediaan	70	30	0	40	0	0	20	0	0	160

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

7) *Least Total Cost (LTC)*

LTC adalah teknik pemesanan bahan baku yang didasarkan pada jumlah ongkos pengadaan dan ongkos simpan (ongkos total) setiap *lot size* pemesanan yang ada pada suatu perencanaan dapat diminimalisir jikalau besaran ongkos-ongkos tersebut sama atau hampir sama. Sarana untuk memperoleh tujuan tersebut adalah dengan menggunakan Economic Part Periode (EPP). Pemilihan *lot size* ditentukan dengan cara membandingkan ongkos *part period* yang ditimbulkan oleh setiap *lot size* dengan EPP, yang paling dekat atau sama dengan EPP maka akan dipilih sebagai *lot size* yang akan dilaksanakan. *Part period* adalah satu unit yang disimpan dalam persediaan dalam satu periode. EPP dapat didefinisikan sebagai kuantitas suatu item persediaan yang bila disimpan di dalam persediaan selama satu periode, maka akan

menghasilkan ongkos pengadaan yang sama dengan ongkos simpan.

EPP dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$EPP = \frac{S}{H} \dots\dots\dots (\text{Poerwanto, Hendra: 2014})$$

Dimana:

S = Biaya Pemesanan

H = Biaya penyimpanan

Dari contoh sebelumnya di LUC kita hitung dengan LTC, maka didapat tabel perhitungan cost seperti berikut:

Tabel 2.14 Perhitungan ongkos simpan pada LTC

Periode	Demand	Lama Digudang	Ongkos Simpan Digudang	Kumulatif Ongkos Simpan	Total Unit
1	20	0	0	0	
2	40	1	40	40	
3	30	2	60	100	90
4	10	0	0	0	
5	40	1	40	40	
6	0	2	0	40	50
7	55	3	165	205	
7	55	0	0	0	
8	20	1	20	20	
9	40	2	80	100	115

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

Perhitungan di atas memperlihatkan bahwa kelompok yang pertama bakal *lot size* sebesar 90 unit. Jumlah ini terpilih sebagai ukuran lot pertama sebab menimbulkan ongkos yang sama dengan EPP yaitu sebesar 100 *part period*. Dengan alasan yang sama pula maka diperoleh *lot* yang kedua sebesar 50 unit dan 115 unit untuk ukuran *lot* yang ketiga. Dari perhitungan *cost* di atas maka *schedule* pemesanan bahan bakunya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.15 *Schedule* pemesanan bahan baku dengan LTC

Periode (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Kebutuhan bersih (Rt)	20	40	30	10	40	0	55	20	40	255
Kuantitas Pemesanan X _t	90			50			115			255
Persediaan	70	30	0	40	0	0	60	40	0	240

Sumber: Poerwanto, Hendra. 2014.

8) *Part Period Balancing* (PPB)

Part Period Balancing adalah metode penentuan jumlah pemesanan berdasarkan keseimbangan antara ongkos pesan dan ongkos simpan. Metode ini menseleksi jumlah periode untuk mencukupi pesanan tambahan berdasarkan akumulasi ongkos simpan dan ongkos pesan. Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah *lot* dalam memenuhi kebutuhan selama satu periode. Penentuan jumlah pesanan dilakukan dengan mengakumulasikan permintaan dari periode-periode yang berdampingan ke dalam suatu *lot* tunggal sampai *carrying cost* kumulatifnya melampaui atau sama dengan *set up cost*. Teknik PPB ini menggunakan dasar logika yang sama dengan LTC. Pertama mengonversikan ongkos pesan menjadi *Equivalent Part Period* (EPP).

9) *Silver Meal Algorithm*

Metode *Silver-Meal* didasarkan pada periode biaya. Penentuan rata-rata biaya per periode adalah jumlah periode dalam penambahan pesanan yang meningkat. Penambahan pesanan dilakukan ketika rata-rata biaya periode pertama meningkat. Teknik *Silver Meal* menggunakan pendekatan yang agak sama dengan PPB. Kriteria dari

teknik *Silver Meal* adalah *lot size* yang dipilih harus dapat meminimalisasi ongkos total per periode. Permintaan dengan periode-periode yang berurutan diakumulasikan ke dalam suatu bakal ukuran *lot* sampai jumlah *carrying cost* dan *setup cost* dari *lot* tersebut dibagi dengan jumlah periode yang meningkat.

10) *Algorithm Wagner Whittin*

Algorithm Wagner Whittin menggunakan prosedur optimasi yang didasari model program dinamis. Tujuannya adalah untuk mendapatkan pemesanan optimum untuk seluruh jadwal kebutuhan bersih dengan cara meminimalisasi total ongkos pengadaan dan ongkos simpan. Teknik ini pada dasarnya menguji semua cara pemesanan yang mungkin dilakukan dalam memenuhi kebutuhan bersih setiap periode yang ada pada horizon perencanaan sehingga senantiasa memberikan jawaban yang optimal. *Wagner-Whittin Algorithm* memperoleh jumlah maksimum solusi terhadap data minimum ukuran pesanan dinamis di atas suatu perencanaan yang terbatas. Hal itu menunjukkan bahwa semua periode permintaan dapat dicukupi. *Algorithm Wagner-Whittin* adalah suatu pendekatan programming dinamis yang dapat digunakan untuk menentukan biaya yang minimum.

2.10 Total Inventory Cost

Total Inventory Cost (TIC) merupakan total biaya persediaan yang dikeluarkan untuk melakukan pemesanan paling ekonomis (*Economic Order Quantity*). Biaya persediaan didasarkan pada parameter ekonomis yang relevan dengan jenis-jenis biaya sebagai berikut:

- 1) Biaya pembelian (*purchase cost*) adalah harga per unit item apabila item tersebut dibeli dari pihak luar, atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan.
 - 2) Biaya pemesanan (*Order cost/set up cost*) adalah biaya yang berasal dari pembelian pesanan dari *supplier* atau biaya persiapan (*set up cost*) apabila item diproduksi di dalam perusahaan.
 - 3) Biaya simpan (*carrying cost/ holding cost*) adalah biaya investasi yang keluar dalam persediaan dan pemeliharaan *stock* maupun investasi terhadap sarana fisik untuk menyimpan persediaan.
 - 4) Biaya kekurangan persediaan (*stock out cost*) adalah konsekuensi ekonomis atas kekurangan dari luar maupun dari dalam perusahaan.
- Adapun total biaya persediaan yaitu total biaya pemesanan dan biaya biaya penyimpanan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TIC = \left(\frac{D}{Q} S \right) + \left(\frac{Q}{2} H \right) \quad \text{..... (Sulaiman, Fahmi: 2015: 9)}$$

Dimana:

D = Jumlah permintaan

Q = Jumlah pemesanan

S = Biaya Pemesanan

H = Biaya Penyimpanan

2.11 *Buffer stock*

Buffer stock diartikan sebagai stock penyangga atau stock cadangan.

Buffer stock adalah stok yang disediakan untuk menjaga operasional produksi agar tetap berjalan sampai ada barang kembali yang masuk sebagai stok. Dengan kata lain, *buffer stock* dilakukan agar tidak terjadi stock out atau kekurangan bahan baku. Perlu diingat bahwa pasokan dan permintaan seringkali mengalami ketidakpastian sehingga ‘berjaga-jaga’ adalah solusi terbaik. Terdapat tiga komponen dalam mempertimbangkan perlunya *buffer stock*, yaitu:

1) Variasi Permintaan (σ)

Di pasar, permintaan sangat variatif. Jarang ditemui kasus permintaan yang selalu stabil tiap bulannya. Hal inilah yang harus diantisipasi oleh pelaku bisnis. Bayangkan jika permintaan semakin tinggi dari waktu ke waktu, maka resiko *stock out* atau kekurangan stok semakin besar. Hal ini artinya faktor permintaan berbanding lurus dengan *buffer stock* yang harus disiapkan.

2) *Lead time* (L)

Lead time adalah waktu antara pemesanan hingga barang dikirim ke konsumen. Waktu ini juga sifatnya variatif karena banyak faktor. Semakin besar *lead time*-nya maka semakin besar pula *buffer stock*

yang dibutuhkan. *Lead time* sendiri terdiri dari beberapa macam tergantung dari perusahaan masing-masing, seperti *lead time* produksi, *lead time* transportasi, atau *lead time* inspeksi.

3) *Service level* (z)

Service level adalah kemampuan perusahaan mentolerir permintaan konsumen. Sebagai contoh jika ada 100 permintaan, maka berapa banyak yang ditolerir untuk tidak bisa terpenuhi? Misalkan, ada 10 yang dirasa tidak bisa dipenuhi, maka itu artinya *service level* perusahaan adalah 90 persen. Idealnya memang 100 persen, namun kita tak bisa menutup mata karena artinya *buffer stock*-nya juga harus lebih besar. Oleh karena itu, setiap perusahaan harus sudah menentukan *service level*-nya masing-masing.

Dari ketiga komponen di atas maka untuk menentukan besarnya *buffer stock* dengan rumus sebagai berikut:

$$BS = \sigma * Z \quad \text{..... (Sulaiman, Fahmi: 2015: 10)}$$

Dimana:

σ = Standar deviasi

z = tingkat kepercayaan pada tabel normalitas

BAB III

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

3.1.1 Sejarah Perusahaan

Pralon adalah merk pipa uPVC berkualitas tinggi yang di produksi oleh PT Pralon. Pralon telah dikenal sejak tahun 1963 sebagai pelopor dalam industri pipa uPVC di Indonesia. Pralon diambil dari kata “Pra” yang berarti Prakarsa Plastic dimana merupakan perusahaan pembuat Pralon pertama kali dan “Lon” dari kata eslon Jepang. Sudah banyak pengembangan yang terjadi baik dari sisi kualitas maupun layanan teknis setelah terjadinya *Joint Venture* antara PT Pralon dengan Perusahaan Jepang, MARUBENI CORPORATION, ARON KASEI Co. Ltd dan Mr. The Ning King. Karena itu, Pralon dapat memenuhi perkembangan dan permintaan pasar di Indonesia dengan menggunakan teknologi mutakhir dan standar produksi yang tinggi.



Sumber: www.pralon.co.id

Gambar 3.1 PT Pralon Cimanggis di tahun 1974

PT Pralon berhasil menciptakan produk-produk dengan kualitas terbaik, diantaranya:

1) Pipa *Unplasticized Polyvinyl Chloride* (uPVC)

Pipa dengan bahan dasar *polyvinyl Chloride* dapat digunakan untuk saluran air bersih maupun pembuangan air limbah. Ada beberapa kelas untuk pipa jenis ini yaitu, pipa PVC SNI, Pipa PVC JIS, dan Pipa PVC AWD



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.2 Rak Pipa PVC

2) Pipa *High Density Polyethylene* (HDPE)

Pipa dengan bahan dasar *high density polyethylene*. Bersifat lentur dan fleksibel. Cocok untuk saluran pipa air bersih dan limbah.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.3 Pipa HDPE

3) Pipa *Medium Density Polyethylene* (MDPE)

Pipa MDPE (*Medium Density Polyethylene*) diperuntukan sebaga pipa gas. Pipa ini dapat digunakan untuk industri, perumahan dan prasarana umum lainnya.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.4 Pipa MDPE

4) Pipa *Sub Duct* TELKOM

Pipa berbahan dasar *thermoplastic high density polyethylene* atau biasa disebut dengan pipa *subduct* digunakan untuk pelindung kabel *fiber optic* bawah tanah.



Sumber: Instagram Pralon_Official

Gambar 3.5 Pipa *Subduct*

5) Pipa *High Impact Conduit* (HIC)

Pipa ini terbuat dari *polyvinyl chloride* dan diperuntukan untuk pipa pelindung kabel listrik dan kabel elektronik sehingga jaringan kabel aman dan rapi



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3.6 Pipa HIC

6) *Injection Fittings*

Fittings atau biasa disebut sambungan pipa memiliki standar JIS dan SNI.

Diproduksi dengan sistem *injection moulding*



Sumber: Instagram Pralon_Official

Gambar 3.7 Injection Fittings

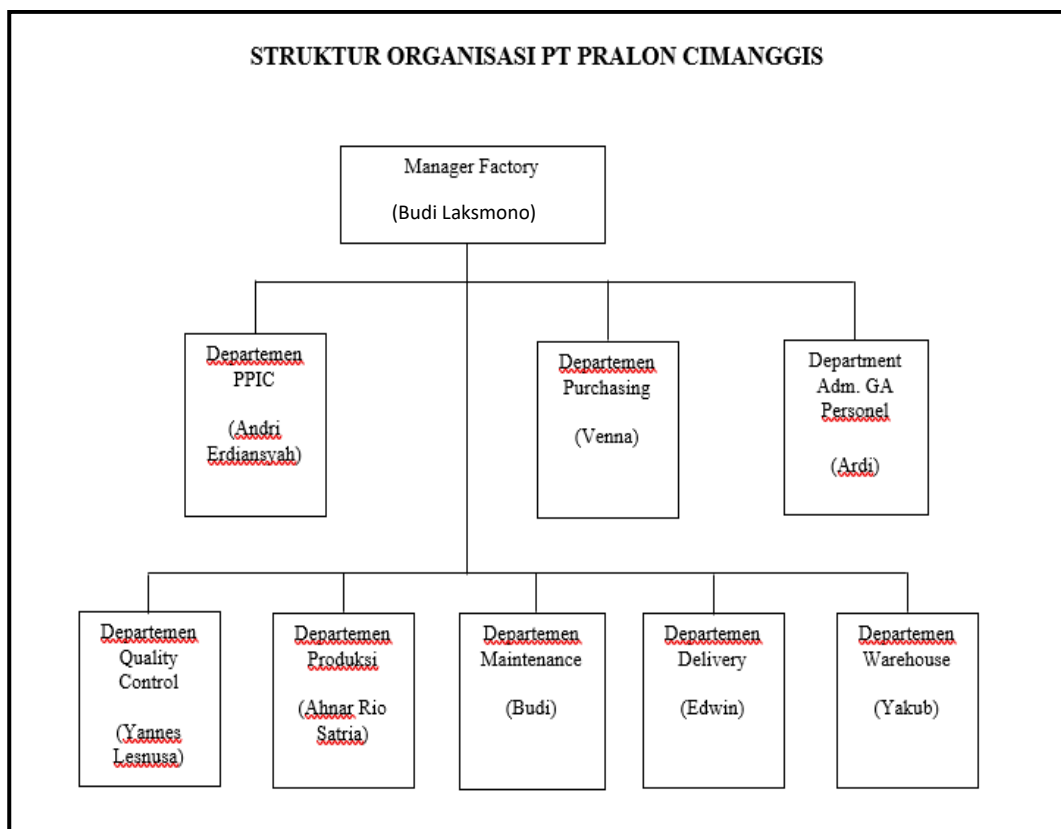
3.1.2 Lokasi Pabrik

PT Pralon memiliki dua plant produksi yaitu di Cimanggis dan Karawang. Plant Cimanggis berfokus untuk produksi pipa-pipa *project* seperti pipa SNI PVC dan SNI HDPE. Sedangkan plant Karawang fokus untuk produksi pipa-pipa retail seperti pipa kelas JIS dan AWD. Di laporan ini penulis mengambil lokasi observasi di PT Pralon Cimanggis. PT Pralon Cimanggis berlokasi di Jalan Raya Bogor Km. 32.5, Curug, Cimanggis, Depok, Jawa Barat.

1. Memproduksi produk berkualitas yang mudah didapat dan peduli terhadap lingkungan dengan harga yang sesuai (*Value for Money*) sehingga memberikan kepuasan pelanggan.
2. Senantiasa berinovasi dalam proses dan teknologi agar dapat memenuhi Kebutuhan pasar (*Market Oriented*)
3. Menjadi tempat yang membanggakan bagi karyawan yang kompeten untuk berkarya dan mengembangkan diri secara optimal.
4. Memberikan pertumbuhan berkesinambungan kepada *stakeholder*.

3.1.3 Struktur Organisasi dan Jam Kerja

PT PRALON memiliki kesungguhan dalam melaksanakan visi dan misi mereka berdasarkan kepada kerajinan, kejujuran dan keterbukaan, serta tetap berpegang dan mengacu pada ISO 9001 : 2008 yang telah dilaksanakan oleh manajemen dari level paling atas sampai ke level paling bawah. PT Pralon Cimanggis dipimpin oleh seorang *factory manager* dengan dengan 5 departemen di bawahnya dan 3 *supporting* departemen.



Sumber: PT Pralon

Gambar 3.9 Struktur Organisasi PT Pralon Cimanggis

PT Pralon Cimanggis memiliki karyawan kurang lebih sebanyak 250 karyawan dengan 3 *shift* produksi dan produksi selama 7 hari. Adapun pembagian jam kerjanya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jam Kerja Karyawan PT Pralon

Shift	Hari Kerja	Jam Kerja
Shift 1	Senin - Minggu	08.00 - 16.00
Shift 2	Senin - Minggu	16.00 - 24.00
Shift 3	Senin - Minggu	00.00 - 08.00
Non Shift	Senin - Jumat	08.00 - 16.30
	Sabtu	08.00 - 13.30

Sumber: PT Pralon

3.2 Pengumpulan Data

Dalam proses penentuan kebutuhan bahan baku pipa HDPE, penulis memerlukan beberapa data yang harus penulis kumpulkan sebelum diolah. Data-data tersebut antara lain adalah:

- Data *order* pipa HDPE tahun 2010 – 2019

Pipa HDPE di PT Pralon pola produksinya didasarkan pada order masuk.

Jadi setiap order masuk rencana produksi baru dibuat dan bahan baku dipesan. Data yang penulis kumpulkan adalah data *history order* pipa HDPE yang masuk dari rentang periode 2010 – 2019. Data *order* ini penulis dapatkan dari departemen PPIC. Berikut ini adalah data order pipa HDPE dari tahun 2010 - 2019:

Tabel 3.2 Order Pipa HDPE Tahun 2010 – 2019 (Ton)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	265	146	212	281	346	88	306	74	107	60
Februari	64	344	118	59	152	65	137	118	65	82
Maret	307	67	132	193	137	93	290	176	390	285
April	177	199	86	217	224	148	299	171	109	95
Mei	192	291	172	90	97	72	141	76	119	73
Juni	346	283	209	113	330	158	91	86	22	484
Juli	247	174	71	149	210	51	150	148	120	375
Agustus	148	259	54	265	157	176	329	348	96	374
September	111	292	195	293	152	271	234	171	288	151
Oktober	57	113	167	79	97	263	157	305	121	548
November	349	329	119	310	166	171	235	353	91	216
Desember	330	144	226	232	210	141	185	92	17	216

Sumber: PT Pralon

- Data target *scrap* pipa HDPE

Manajemen PT Pralon menargetkan *scrap* yang diperbolehkan adalah 10% dari proses produksi. Kebijakan ini berlaku baik untuk pipa PVC maupun pipa HDPE. Data *scrap* ini akan digunakan pada saat pembuatan *routing sheet*.

- Data *history* pembelian pellet HDPE

Data *history* pembelian pellet HDPE penulis dapatkan dari departemen *warehouse* dan *purchasing*. Data ini akan digunakan dalam penentuan simulasi *lot sizing*.

3.3 Pengolahan Data

3.3.1 Uji Data

Data *history order* permintaan pipa HDPE di atas selanjutnya dilakukan uji keseragaman dan kecukupan data. Uji keseragaman data dilakukan untuk memastikan bahwa data tersebut telah berada dalam batas kontrol dan tidak ada data *out of control*. Sedangkan uji kecukupan data dilakukan untuk memastikan *sample* data yang digunakan telah cukup untuk diolah. Dalam pengolahan data ini penulis menggunakan Ms. Excel untuk mengolahnya.

1) Uji Keseragaman Data

Langkah-langkah dalam melakukan uji keseragaman data adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan nilai rata-rata (\bar{x})

Nilai rata-rata dapat ditentukan dengan rumus:

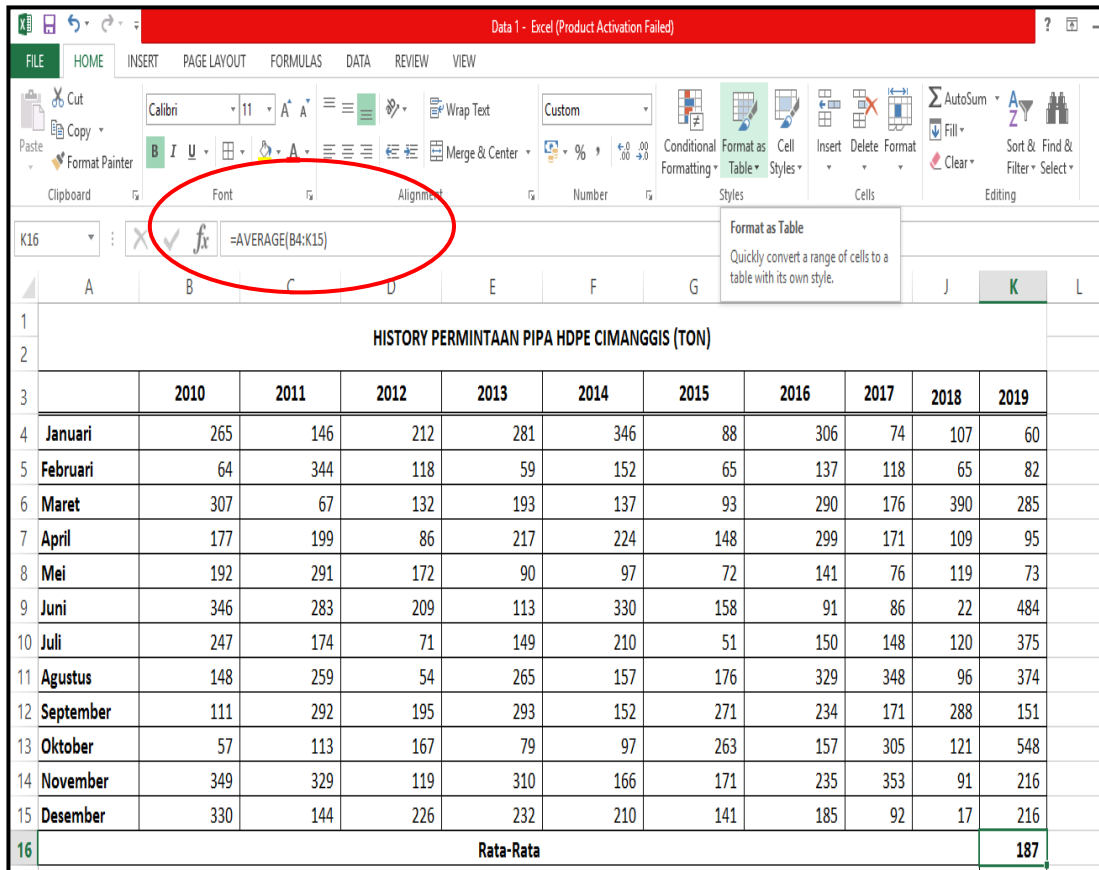
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

dimana: $\sum x$ = Total jumlah data

N = Banyaknya data

Jika menggunakan Ms. Excel langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Ketik =average di salah satu cell (K16)
2. Kemudian blok dari bulan Januari 2010 sampai Desember 2019 (B4:K15)
3. Tekan enter, dan nilai rata-rata yang diperoleh adalah 187 ton/bulan.



The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The title bar reads "Data 1 - Excel (Product Activation Failed)". The ribbon includes FILE, HOME, INSERT, PAGE LAYOUT, FORMULAS, DATA, REVIEW, and VIEW. The FORMULAS ribbon is active, showing the formula bar with the formula `=AVERAGE(B4:K15)` entered in cell K16. The spreadsheet contains a table titled "HISTORY PERMINTAAN PIPA HDPE CIMANGGIS (TON)".

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
1	HISTORY PERMINTAAN PIPA HDPE CIMANGGIS (TON)										
2											
3		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
4	Januari	265	146	212	281	346	88	306	74	107	60
5	Februari	64	344	118	59	152	65	137	118	65	82
6	Maret	307	67	132	193	137	93	290	176	390	285
7	April	177	199	86	217	224	148	299	171	109	95
8	Mei	192	291	172	90	97	72	141	76	119	73
9	Juni	346	283	209	113	330	158	91	86	22	484
10	Juli	247	174	71	149	210	51	150	148	120	375
11	Agustus	148	259	54	265	157	176	329	348	96	374
12	September	111	292	195	293	152	271	234	171	288	151
13	Oktober	57	113	167	79	97	263	157	305	121	548
14	November	349	329	119	310	166	171	235	353	91	216
15	Desember	330	144	226	232	210	141	185	92	17	216
16		Rata-Rata									187

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3.10 Cara mencari nilai rata-rata di Excel

2) Menentukan standar deviasi (σ)

Standar deviasi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N-1}}$$

dimana; $\sum(x - \bar{x})^2$ = Jumlah selisih antara data dengan nilai rata-rata yang dikuadratkan
 N = Banyaknya data

Jika menggunakan Ms. Excel langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Ketik =STDEV di salah satu cell (K17)
2. Kemudian blok dari bulan Januari 2010 sampai Desember 2019 (B4:K15)
3. Tekan enter, dan nilai rata-rata yang diperoleh adalah

103

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	265	146	212	281	346	88	306	74	107	60
Februari	64	344	118	59	152	65	137	118	65	82
Maret	307	67	132	193	137	93	290	176	390	285
April	177	199	86	217	224	148	299	171	109	95
Mei	192	291	172	90	97	72	141	76	119	73
Juni	346	283	209	113	330	158	91	86	22	484
Juli	247	174	71	149	210	51	150	148	120	375
Agustus	148	259	54	265	157	176	329	348	96	374
September	111	292	195	293	152	271	234	171	288	151
Oktober	57	113	167	79	97	263	157	305	121	548
November	349	329	119	310	166	171	235	353	91	216
Desember	330	144	226	232	210	141	185	92	17	216
Rata-Rata										187
Standar Deviasi										103

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.11 Cara mencari standar deviasi di Excel

3) Menentukan batas kontrol

Langkah selanjutnya adalah menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Menentukan batas kontrol dapat menggunakan rumus:

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma$$

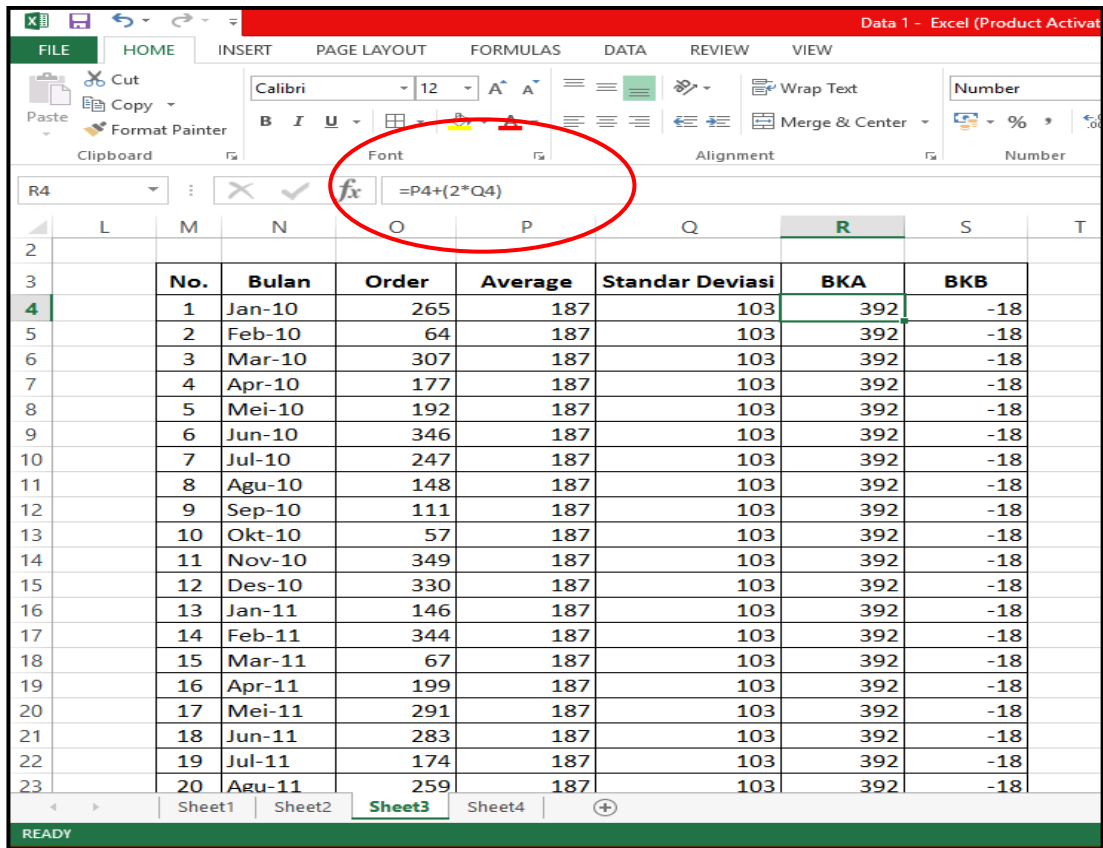
dimana; \bar{x} = Nilai rata-rata

k = Tingkat keyakinan

σ = Standar Deviasi

Jika menggunakan Ms. Excel langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Buatlah tabel dengan kolom bulan, order, average, standar deviasi, BKA dan BKB
2. Di average masukan nilai rata-rata
3. Di kolom BKA masukkan nilai kontrol atas dengan formula **=P4+(2*Q4)**, Kemudian *copy* dari cell R4 sampai R123. Di kolom BKB juga demikian tapi formulanya diganti menjadi **=P4-(2*Q4)**

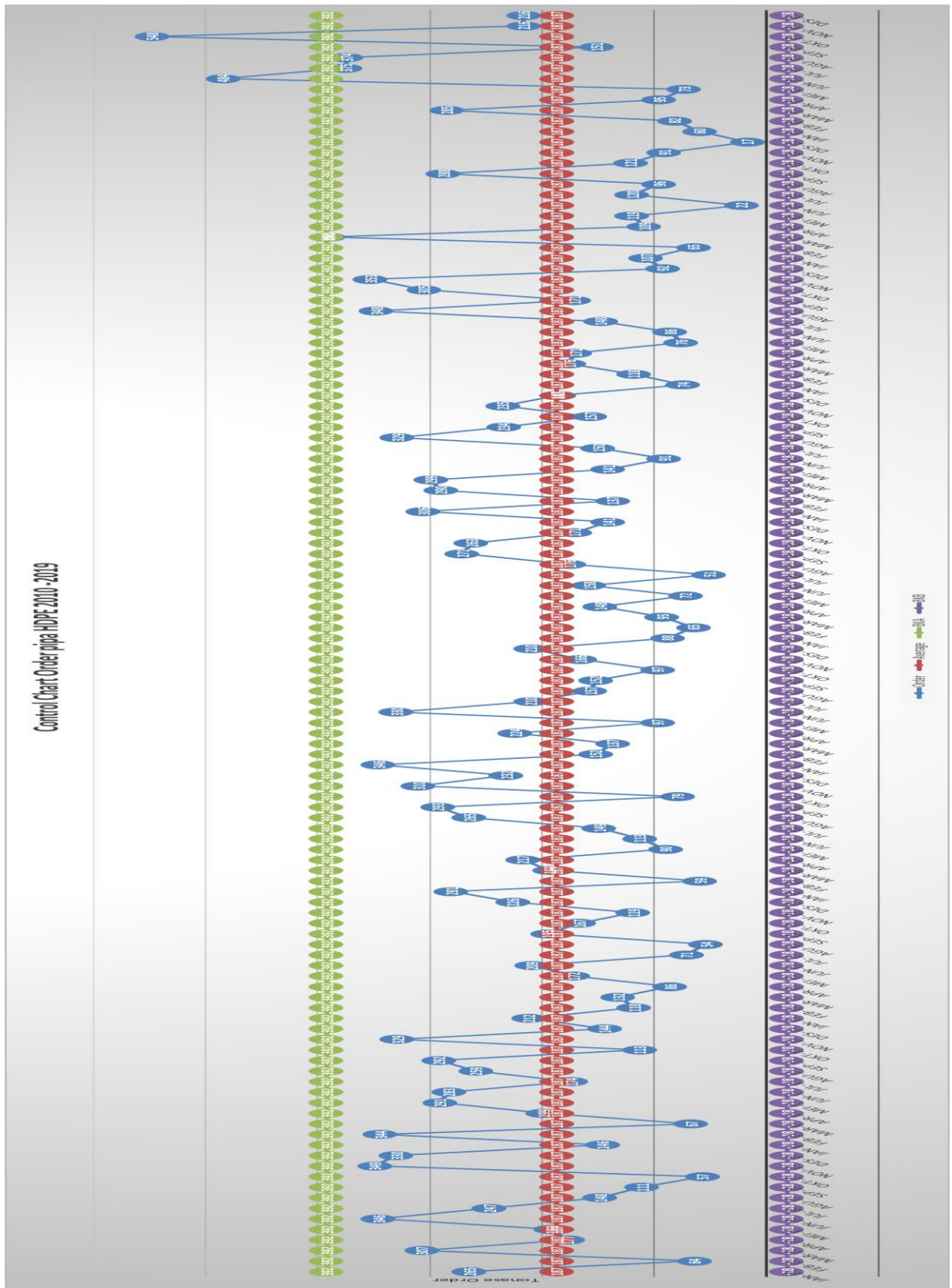


Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.12 Cara menentukan UCL dan LCL

4) Pembuatan *control chart*

Berikutnya adalah pembuatan peta kontrol atau *control chart* dari nilai batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) yang diperoleh. Bila menggunakan excel blok kolom order, average, BKA dan BKB. Kemudian insert line chart



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.13 Control Chart Order Pipa HDPE

2. Uji Kecukupan Data

Langkah-langkah dalam melakukan uji kecukupan data adalah sebagai berikut:

1) Menentukan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian

Seperti halnya dalam uji keseragaman data sebelumnya, maka dalam uji kecukupan data ini penulis menggunakan tingkat keyakinan sebesar $95\% \approx 2$ dan tingkat ketelitian 10%. Mencari nilai dari tingkat keyakinan dapat menggunakan tabel z uji normalitas. Contoh, jika kita menggunakan tingkat keyakinan $95\% = 0.95$ (cell warna kuning). Nilai tersebut ada di baris 1.6 (lingkaran biru) dan kolom antara 0 – 0.09 (lingkaran hitam). Sehingga tingkat keyakinan 0.95 akan bernilai antara 1.6 – 1.69 (baris + kolom), diasumsikan 2.

Tabel 3.3 Cara Mencari Nilai Tingkat Keyakinan di Tabel Z

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817

Sumber: Dokumentasi pribadi

2) Menentukan nilai teoritis (N')

Rumus yang digunakan dalam menentukan N' adalah sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

dimana; x = Data yang diambil

k = Tingkat keyakinan

s = Tingkat ketelitian

N = Banyaknya data

Untuk mendapatkan nilai N' maka caranya adalah sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{2/0.1 \sqrt{118 * 4,910,478 - 45,7874,130}}{21,398} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{20 \sqrt{579,436,385 - 457,874,130}}{21,398} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{20 \sqrt{121,562,256}}{21,398} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{20 * 11,026}{21,398} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{220,511}{21,398} \right)^2$$

$$N' = (10)^2$$

$$N' = 100$$

3.3.2 Peramalan Permintaan

Setelah semua data diuji maka selanjutnya adalah membuat simulasi jumlah permintaan dengan metode Monte Carlo. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1) Menentukan Distribusi Probabilitas

Langkah pertama adalah membuat frekuensi dan distribusi probabilitas dari data yang telah diperoleh. Nilai probabilitas diperoleh dari frekuensi dibagi total data yang ada (1/118). Sesuai data *historical order* pipa HDPE tahun 2010 – 2019 yang telah penulis kumpulkan maka frekuensi dan distribusi probabilitasnya ada pada gambar berikut:

No.	Order	Frekuensi	Probabilitas	CFD	Interval
1	265	2	0,02	0,02	00 - 03
2	64	1	0,01	0,03	04 - 06
3	307	1	0,01	0,03	07 - 09
4	177	1	0,01	0,04	10 - 12
5	192	1	0,01	0,05	13 - 15
6	346	2	0,02	0,07	16 - 18
7	247	1	0,01	0,08	19 - 21
8	148	2	0,02	0,09	22 - 24
9	111	1	0,01	0,10	25 - 26
10	57	1	0,01	0,11	27 - 29
11	349	1	0,01	0,12	30 - 32
12	330	2	0,02	0,14	33 - 35
13	146	1	0,01	0,14	36 - 38
14	344	1	0,01	0,15	39 - 41
15	67	1	0,01	0,16	42 - 44
16	199	1	0,01	0,17	45 - 47
17	291	1	0,01	0,18	48 - 50
18	283	1	0,01	0,19	51 - 53
19	174	1	0,01	0,19	54 - 56
20	259	1	0,01	0,20	57 - 59
21	292	1	0,01	0,21	60 - 62
22	113	2	0,02	0,23	63 - 65

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.14 Probabilitas Order Pipa HDPE 2010 – 2019

2) Menentukan Distribusi Kumulatif (CFD)

Dari masing-masing distribusi probabilitas di atas kemudian dijumlahkan sehingga didapat nilai kumulatifnya seperti yang ada pada tabel berikut:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

No.	Order	Frekuensi	Probabilitas	CFD
1	265	2	0,02	0,02
2	64	1	0,01	0,03
3	307	1	0,01	0,03
4	177	1	0,01	0,04
5	192	1	0,01	0,05
6	346	2	0,02	0,07
7	247	1	0,01	0,08
8	148	2	0,02	0,09
9	111	1	0,01	0,10
10	57	1	0,01	0,11
11	349	1	0,01	0,12
12	330	2	0,02	0,14
13	146	1	0,01	0,14
14	344	1	0,01	0,15
15	67	1	0,01	0,16
16	199	1	0,01	0,17
17	291	1	0,01	0,18
18	283	1	0,01	0,19
19	174	1	0,01	0,19
20	259	1	0,01	0,20
21	292	1	0,01	0,21
22	113	2	0,02	0,23

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.15 Probabilitas Kumulatif Order Pipa HDPE 2010 – 2019

3) Menentukan Interval *Random Number*

Langkah selanjutnya adalah membuat internal untuk *random number*.

Nilai CFD dijadikan sebagai batas atas dari nilai interval ini.. Adapun

interval *random number*-nya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Interval *Random Number*

No.	Order	Frekuensi	Probabilitas	CFD	Interval
1	265	2	0,02	0,02	00 - 02
2	64	1	0,01	0,03	02 - 03
3	307	1	0,01	0,03	03 - 03
4	177	1	0,01	0,04	03 - 04
5	192	1	0,01	0,05	04 - 05
6	346	2	0,02	0,07	05 - 07
7	247	1	0,01	0,08	07 - 08
8	148	2	0,02	0,09	08 - 09
9	111	1	0,01	0,10	09 - 10
10	57	1	0,01	0,11	10 - 11
11	349	1	0,01	0,12	11 - 12
12	330	2	0,02	0,14	12 - 14
13	146	1	0,01	0,14	14 - 14
14	344	1	0,01	0,15	14 - 15
15	67	1	0,01	0,16	15 - 16
16	199	1	0,01	0,17	16 - 17
17	291	1	0,01	0,18	17 - 18
18	283	1	0,01	0,19	18 - 19
19	174	1	0,01	0,19	19 - 19
20	259	1	0,01	0,20	19 - 20
21	292	1	0,01	0,21	20 - 21
22	113	2	0,02	0,23	21 - 23
23	329	2	0,02	0,25	23 - 25
24	144	1	0,01	0,25	25 - 25
25	212	1	0,01	0,26	25 - 26
26	118	1	0,01	0,27	26 - 27
27	132	1	0,01	0,28	27 - 28
28	86	1	0,01	0,29	28 - 29
29	172	1	0,01	0,30	29 - 30
30	209	1	0,01	0,31	30 - 31
31	71	1	0,01	0,31	31 - 31
32	54	1	0,01	0,32	31 - 32
33	195	1	0,01	0,33	32 - 33
34	167	1	0,01	0,34	33 - 34
35	119	1	0,01	0,35	34 - 35
36	226	1	0,01	0,36	35 - 36
37	281	1	0,01	0,36	36 - 36
38	59	1	0,01	0,37	36 - 37

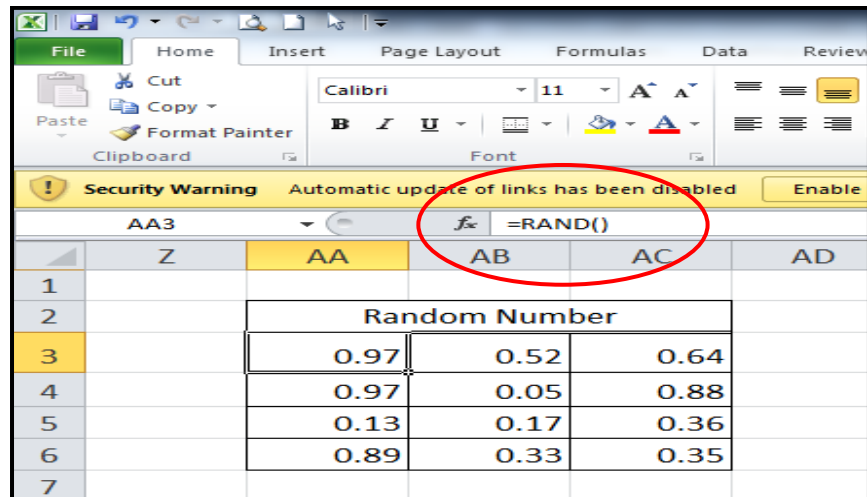
39	193	1	0,01	0,38	37 - 38
40	217	1	0,01	0,39	38 - 39
41	90	1	0,01	0,40	39 - 40
42	149	1	0,01	0,41	40 - 41
43	293	1	0,01	0,42	41 - 42
44	79	1	0,01	0,42	42 - 42
45	310	1	0,01	0,43	42 - 43
46	232	1	0,01	0,44	43 - 44
47	152	2	0,02	0,46	44 - 46
48	137	2	0,02	0,47	46 - 47
49	224	1	0,01	0,48	47 - 48
50	97	2	0,02	0,50	48 - 50
51	210	2	0,02	0,52	50 - 52
52	157	2	0,02	0,53	52 - 53
53	166	1	0,01	0,54	53 - 54
54	88	1	0,01	0,55	54 - 55
55	65	1	0,01	0,56	55 - 56
56	93	1	0,01	0,57	56 - 57
57	72	1	0,01	0,58	57 - 58
58	158	1	0,01	0,58	58 - 58
59	51	1	0,01	0,59	58 - 59
60	176	1	0,01	0,60	59 - 60
61	271	1	0,01	0,61	60 - 61
62	263	1	0,01	0,62	61 - 62
63	171	1	0,01	0,63	62 - 63
64	141	2	0,02	0,64	63 - 64
65	306	1	0,01	0,65	64 - 65
66	290	1	0,01	0,66	65 - 66
67	299	1	0,01	0,67	66 - 67
68	91	1	0,01	0,68	67 - 68
69	150	1	0,01	0,69	68 - 69
70	234	1	0,01	0,69	69 - 69
71	235	1	0,01	0,70	69 - 70
72	185	1	0,01	0,71	70 - 71
73	74	1	0,01	0,72	71 - 72
74	118	1	0,01	0,73	72 - 73
75	176	1	0,01	0,74	73 - 74
76	171	1	0,01	0,75	74 - 75
77	76	1	0,01	0,75	75 - 75
78	86	1	0,01	0,76	75 - 76
79	148	1	0,01	0,77	76 - 77

80	348	1	0,01	0,78	77 - 78
81	171	1	0,01	0,79	78 - 79
82	305	1	0,01	0,80	79 - 80
83	353	1	0,01	0,81	80 - 81
84	92	1	0,01	0,81	81 - 81
85	107	1	0,01	0,82	81 - 82
86	65	1	0,01	0,83	82 - 83
87	390	1	0,01	0,84	83 - 84
88	109	1	0,01	0,85	84 - 85
89	119	1	0,01	0,86	85 - 86
90	22	1	0,01	0,86	86 - 86
91	120	1	0,01	0,87	86 - 87
92	96	1	0,01	0,88	87 - 88
93	288	1	0,01	0,89	88 - 89
94	121	1	0,01	0,90	89 - 90
95	91	1	0,01	0,91	90 - 91
96	17	1	0,01	0,92	91 - 92
97	60	1	0,01	0,92	92 - 92
98	82	1	0,01	0,93	92 - 93
99	285	1	0,01	0,94	93 - 94
100	95	1	0,01	0,95	94 - 95
101	73	1	0,01	0,96	95 - 96
102	375	1	0,01	0,97	96 - 97
103	374	1	0,01	0,97	97 - 97
104	151	1	0,01	0,98	97 - 98
105	216	1	0,01	0,99	98 - 99
106	216	1	0,01	1,00	99 - 100

Sumber: Dokumentasi pribadi

4) Membangkitkan *Random Number*

Langkah berikutnya adalah membangkitkan *random number*. Untuk membangkitkan *random number* di Ms. Excel kita dapat menggunakan rumus =Rand(). Penulis akan membangkitkan 12 *random number* seperti pada gambar berikut ini:



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.16 Membangkitkan *random number*

5) Membuat simulasi permintaan

Setelah didapat *random number*, selanjutnya adalah membuat simulasi permintaan pipa HDPE untuk 12 bulan ke depan. Adapun hasil proyeksi *order* untuk 12 bulan ke depan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Hasil Simulasi Permintaan Pipa HDPE 2020

Bulan	Random Number	Hasil Simulasi
Januari 2020	97,2	151
Februari 2020	97,0	375
Maret 2020	12,5	330
April 2020	89,1	121
Mei 2020	52,3	157
Juni 2020	4,6	192
Juli 2020	17,4	291
Agustus 2020	33,2	167
September 2020	63,8	141
Oktober 2020	87,5	96
November 2020	35,8	226
Desember 2020	34,6	119
Total		2.366
Rata-Rata		197

Sumber: Dokumentasi pribadi

Jika menggunakan Ms. Excel kita dapat menggunakan rumus =Vlookup agar lebih cepat. Adapun caranya adalah sebagai berikut:

1. Buatlah dua tabel. Yang pertama untuk hasil simulasi seperti tabel di atas, dan kedua untuk interval dan data *history order*.

	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR
1									
2		Bulan	Random Number	Hasil Simulasi		Interval	Interval Bawah	Interval Atas	Order
3		Januari 2020	97,2			00 - 02	0	2	265
4		Februari 2020	97,0			02 - 03	2	3	64
5		Maret 2020	12,5			03 - 03	3	3	307
6		April 2020	89,1			03 - 04	3	4	177
7		Mei 2020	52,3			04 - 05	4	5	192
8		Juni 2020	4,6			05 - 07	5	7	346
9		Juli 2020	17,4			07 - 08	7	8	247
10		Agustus 2020	33,2			08 - 09	8	9	148
11		September 2020	63,8			09 - 10	9	10	111
12		Oktober 2020	87,5			10 - 11	10	11	57
13		November 2020	35,8			11 - 12	11	12	349
14		Desember 2020	34,6			12 - 14	12	14	330
15		Total				14 - 14	14	14	146
16		Rata-Rata				14 - 15	14	15	344
17						15 - 16	15	16	67
18						16 - 17	16	17	199
19						17 - 18	17	18	291
20						18 - 19	18	19	283
21						19 - 19	19	19	174
22						19 - 20	19	20	259

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.17 Tabel simulasi permintaan

- Di kolom hasil simulasi masukan rumus vlookup untuk dapat menentukan jumlah ordernya berdasarkan kolom interval bawah dan order. Rumus vlookup yang penulis buat adalah **=Vlookup(AL:AL;AP:AR;3;1)**

	Bulan	Random Number	Hasil Simulasi	Interval	Interval Bawah	Interval Atas	Order
3	Januari 2020	97,2	151	00 - 02	0	2	265
4	Februari 2020	97,0	375	02 - 03	2	3	64
5	Maret 2020	12,5	330	03 - 03	3	3	307
6	April 2020	89,1	121	03 - 04	3	4	177
7	Mei 2020	52,3	157	04 - 05	4	5	192
8	Juni 2020	4,6	192	05 - 07	5	7	346
9	Juli 2020	17,4	291	07 - 08	7	8	247
10	Agustus 2020	33,2	167	08 - 09	8	9	148
11	September 2020	63,8	141	09 - 10	9	10	111
12	Oktober 2020	87,5	96	10 - 11	10	11	57
13	November 2020	35,8	226	11 - 12	11	12	349
14	Desember 2020	34,6	119	12 - 14	12	14	330
15	Total			14 - 14	14	14	146
16	Rata-Rata			14 - 15	14	15	344
17				15 - 16	15	16	67
18				16 - 17	16	17	199
19				17 - 18	17	18	291
20				18 - 19	18	19	283
21				19 - 19	19	19	174
22				19 - 20	19	20	259

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.18 Rumus untuk menghitung simulasi permintaan dengan Ms. Excel

- Hitunglah jumlah permintaan untuk tahun 2020 di cell Total (AM15) dengan menggunakan rumus =Sum dan nilai rata-rata di cell (AM16) dengan rumus =Average

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The formula bar for cell AM15 contains the formula `=SUM(AM3:AM14)`, which is circled in red. Below the formula bar is a table with the following data:

	AJ	AK	AL	AM
1				
2		Bulan	Random Number	Hasil Simulasi
3		Januari 2020	97,2	151
4		Februari 2020	97,0	375
5		Maret 2020	12,5	330
6		April 2020	89,1	121
7		Mei 2020	52,3	157
8		Juni 2020	4,6	192
9		Juli 2020	17,4	291
10		Agustus 2020	33,2	167
11		September 2020	63,8	141
12		Oktober 2020	87,5	96
13		November 2020	35,8	226
14		Desember 2020	34,6	119
15		Total		2.366
16		Rata-Rata		197
17				
18				
19				
20				

Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.19 Rumus untuk menghitung jumlah dan rata-rata permintaan dengan Ms. Excel

4. Jadi dari simulasi di atas diperoleh proyeksi jumlah permintaan untuk tahun 2020 adalah sebesar 2,366 Ton dengan rata-rata setiap bulannya adalah 197 Ton.

3.3.3 Routing Sheet

Setelah menentukan proyeksi jumlah permintaan pipa HDPE di masa mendatang untuk 12 bulan di tahun 2020, selanjutnya adalah menentukan jumlah kebutuhan bahan baku dengan *routing sheet*. Kebutuhan bahan baku diperoleh dari simulasi jumlah permintaan ditambah dengan scrap. Scrap yang ditargetkan oleh PT Pralon adalah sebesar 10%.

Tabel 3.6 *Routing Sheet* Pipa HDPE Tahun 2020

No.	Bulan	Good Pieces Requirement (Ton)	Scrap	Good Started Requirement (Ton)
1	Jan-20	151	10%	166
2	Feb-20	375	10%	413
3	Mar-20	330	10%	363
4	Apr-20	121	10%	133
5	Mei-20	157	10%	173
6	Jun-20	192	10%	211
7	Jul-20	291	10%	320
8	Agu-20	167	10%	184
9	Sep-20	141	10%	155
10	Okt-20	96	10%	105
11	Nov-20	226	10%	249
12	Des-20	119	10%	131
Total		2366		2603

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pipa HDPE terdiri dari dua *raw material* yaitu pellet HDPE (sebagai komponen utama)



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 3.20 Gambar Pellet HDPE

dan Pigmen HDPE (sebagai pewarnanya) maka dari *goods started requirement* perlu kita pecah menjadi *bill of material*.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.21 Pigmen HDPE

Adapun *bill of material* pipa HDPE adalah sebagai berikut:

Tabel 3.7 Bill Of Material Pipa HDPE (Ton)

No.	Bulan	Good Started Requirement (Ton)	Pellet HDPE (Ton)	Pigmen HDPE (Ton)
1	Jan-20	166	158	8
2	Feb-20	413	392	21
3	Mar-20	363	345	18
4	Apr-20	133	127	7
5	Mei-20	173	164	9
6	Jun-20	211	201	11
7	Jul-20	320	304	16
8	Agu-20	184	175	9
9	Sep-20	155	147	8
10	Okt-20	105	100	5
11	Nov-20	249	236	12
12	Des-20	131	124	7
Total		2603	2473	130

Sumber: Dokumentasi pribadi

Jadi bahan baku pipa HDPE yang dibutuhkan adalah 2,473 Ton untuk produksi sepanjang tahun 2020.

3.3.4 Buffer Stock

Setelah standar deviasi didapat selanjutnya adalah menentukan buffer stock. Dalam penentuan *buffer stock* ini digunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan nilai tabel z sebesar 1.65. Adapun rumus untuk menghitung *buffer stock* adalah sebagai berikut:

$$BS = \sigma * z$$

$$BS = 90 * 1.65$$

$$BS = 148.5 \text{ Ton}$$

No.	Bulan	Pellet HDPE (Ton)
1	Jan-20	158
2	Feb-20	392
3	Mar-20	345
4	Apr-20	127
5	Mei-20	164
6	Jun-20	201
7	Jul-20	304
8	Agu-20	175
9	Sep-20	147
10	Okt-20	100
11	Nov-20	236
12	Des-20	124
Total		2473
Standar Deviasi		90,0

Sumber:

Dokumentasi pribadi

Gambar 3.22 Menentukan standar deviasi buffer stock

3.3.5 Lot Sizing

Untuk mendapatkan jumlah pemesanan paling optimal maka penulis menggunakan metode EOQ. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1) Pembelian Bahan Baku Paling Ekonomis

Untuk menghitung pembelian paling ekonomis ada beberapa hal yang harus diketahui, antara lain:

- Total kebutuhan bahan baku (D) = 2473 T + 148.5 T = 2,621.5 T

- Biaya pemesanan (S) = Rp 500,000,-
- Biaya penyimpanan (H) = Rp 95,000

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2(2,621.5)(500,000)}{95,000}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2,621,500,000}{95,000}}$$

$$Q = \sqrt{27,595}$$

$$Q = 166 \text{ Ton}$$

2) Frekuensi pembelian

Untuk menentukan frekuensi pembelian adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{D}{Q}$$

$$F = \frac{2,621.5}{166}$$

$$F = 15.8 \approx 16$$

3) Menghitung biaya persediaan

Menghitung biaya persediaan dari faktor-faktor yang diketahui seperti berikut ini:

- Total kebutuhan bahan baku (D) = 2,621.5 Ton
- Biaya pemesanan (S) = Rp 500,000,-
- Biaya penyimpanan (H) = Rp 95,000,-
- Pembelian paling ekonomis (Q) = 166 Ton

$$TIC = \left(\frac{D}{Q}S\right) + \left(\frac{Q}{2}H\right)$$

$$TIC = \left(\frac{2,621.5}{166} 500,000\right) + \left(\frac{166}{2} 95,000\right)$$

$$TIC = \text{Rp } 7,896,084,- + \text{Rp } 7,885,000,-$$

$$TIC = \text{Rp } 15,781,084,-$$

4) Menentukan Re-Order Point

Sebelum menentukan Re-Order Point tentukan dulu tingkat penggunaan bahan baku per hari dengan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{D}{t}$$

$$d = \frac{2,621.5}{340}$$

$$d = 7.7 \text{ Ton}$$

Setelah tingkat penggunaan bahan baku diketahui selanjutnya menentukan re-order pointnya dengan rumus sebagai berikut:

$$ROP = d * L$$

$$ROP = 7.7 * 10$$

$$ROP = 77 \text{ Ton}$$

BAB IV

ANALISA HASIL PENGOLAHAN DATA

4.1 Analisa Hasil Simulasi Permintaan

Pada simulasi jumlah permintaan, penulis menggunakan data *history* jumlah permintaan pipa HDPE tahun 2010 – 2019 sebagai acuan data. Sebelum disimulasikan untuk memprediksi jumlah permintaan di tahun 2020, data tersebut harus diuji dengan uji keseragaman dan kecukupan data.

1. Uji Keseragaman Data

Pada uji keseragaman data penulis menggunakan MS. Excel untuk mengolah data permintaan pipa HDPE tahun 2010 – 2019. Langkah pertama adalah menentukan nilai rata-rata. Nilai rata-rata dapat dicari dengan menggunakan rumus =Average() dan hasilnya adalah 187 Ton. Jadi rata-rata permintaan pipa HDPE dalam 10 tahun ke belakang adalah 450 Ton/Bulan.

Setelah nilai rata-rata didapat selanjutnya adalah menentukan standar deviasi. Di MS. Excel standar deviasi dapat dicari dengan rumus =STDEV(). Rumus ini digunakan untuk mencari standar deviasi jika data yang digunakan berupa sample dari suatu populasi. Nilai standar deviasi yang dihasilkan adalah 103 Ton.

Terakhir adalah menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas control bawah. Batas kontrol akan menentukan data mana saja yang masih di dalam batas kontrolnya dan dapat diolah. Batas kontrol ditentukan dengan cara menjumlahkan dan mengurangi nilai rata-rata dengan hasil kali antara

nilai tingkat keyakinan dan standar deviasi. Dari rumus tersebut akhir diperoleh ada dua data yang melampaui batas kontrolnya yaitu data permintaan di bulan Juni 2019 dan Oktober 2019. Jadi dari total 120 data *history* yang dipakai tinggal menyisakan 118 data.

2. Uji Kecukupan Data

118 data yang tersisa dari uji keseragaman data kemudian diuji kecukupan datanya. Penulis menggunakan tingkat keyakinan 95% untuk menentukan nilai k dan tingkat ketelitian 10% untuk menentukan nilai s . Sekumpulan data dinyatakan lulus uji kecukupan data bila $N' \leq N$. Dari hasil perhitungan di dapatkan nilai N' adalah 100 sedangkan N adalah 118. Maka data dinyatakan cukup.

3. Mensimulasikan Jumlah Permintaan

Selanjutnya data disimulasikan untuk mendapatkan proyeksi permintaan selama 12 bulan ke depan. Hasilnya adalah total permintaan untuk 12 bulan ke depan sebanyak 2,366 Ton dengan rata-rata permintaan sebanyak 197 Ton/bulan.

4.2 Analisa Penentuan Kebutuhan Bahan Baku

Setelah jumlah permintaan diketahui, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan baku pipa HDPE. Metodenya adalah dengan membuat *routing sheet*. Caranya adalah dengan menghitung jumlah permintaan ditambah dengan scrap produksi. Di sini penulis menggunakan scrap sekitar 10%, didapat dari target rejection departemen produksi. Maka kebutuhan pellet HDPE adalah 2,473 Ton untuk tahun 2020.

4.3 Analisa Penentuan *Buffer Stock*

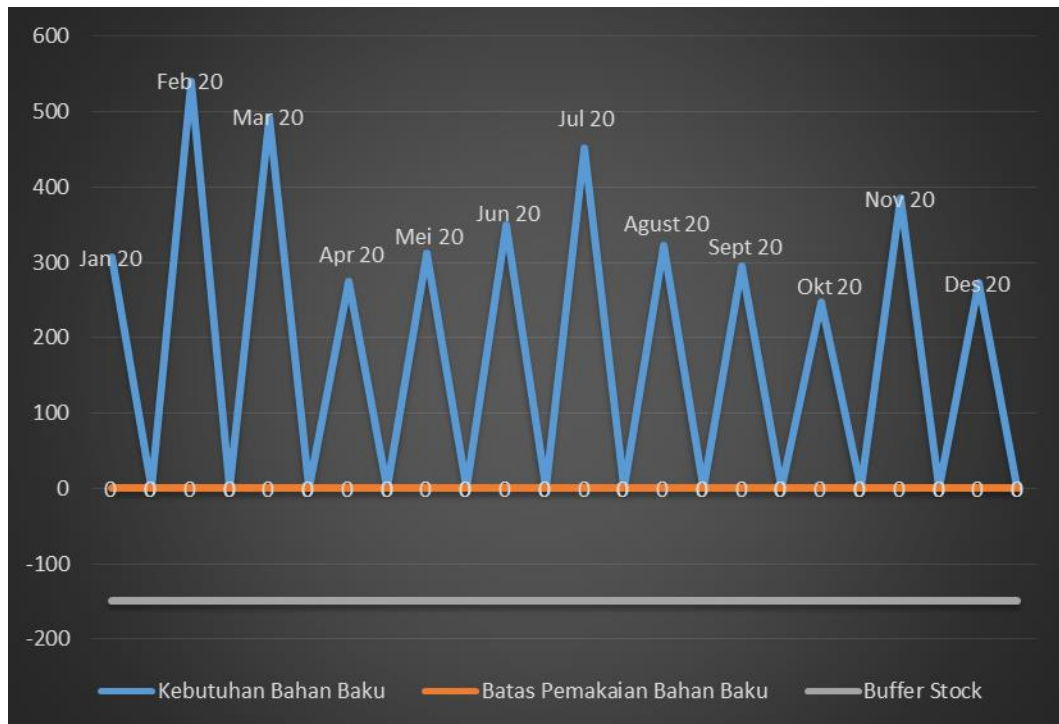
Buffer Stock dipersiapkan sebagai bahan baku cadangan bila terjadi lonjakan kebutuhan yang ekstrem. *Buffer Stock* diperoleh dari simpangan dari kebutuhan pellet HDPE dikalikan dengan derajat kepercayaan pada tabel normalitas. Dari perhitungan diperoleh simpangan kebutuhan pellet HDPE adalah 90 ton. Nilai tersebut kemudian dikalikan dengan derajat kepercayaan. Penulis menggunakan tingkat kepercayaan 95% dimana bila kita lihat di tabel z uji normalitas adalah 1.65. Akhirnya diperolehlah *Buffer Stock* 148.5 ton. Jadi total persediaan pellet HDPE untuk tahun 2020 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Total persediaan pellet HDPE Tahun 2020

No.	Bulan	Pellet HDPE (Ton)	Buffer Stock (Ton)
1	Jan-20	158	148,5
2	Feb-20	392	
3	Mar-20	345	
4	Apr-20	127	
5	Mei-20	164	
6	Jun-20	201	
7	Jul-20	304	
8	Agu-20	175	
9	Sep-20	147	
10	Okt-20	100	
11	Nov-20	236	
12	Des-20	124	
Total		2473	2621,5

Sumber: Dokumentasi pribadi

Jadi, total persediaan pellet HDPE yang harus dipersiapkan selama tahun 2020 adalah 2,621.5 ton. Dengan kebutuhan pellet HDPE dan *Buffer Stock* yang telah didapat, maka grafik persediaan pengamannya adalah sebagai berikut:



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 4.1 Grafik Persediaan Pengaman Pellet HDPE

4.4 Analisa Penentuan Lot Sizing

Dalam menentukan lot sizing penulis menggunakan metode EOQ. Ada beberapa langkah untuk dapat menentukan EOQ. Langkah-langkah tersebut yaitu:

1. Menentukan *quantity* pembelian

Quantity diperoleh dari nilai jumlah kebutuhan bahan baku, biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Dari hasil perhitungan akhirnya diperoleh jumlah pembelian paling ekonomis adalah 166 ton untuk sekali pembelian.

2. Frekuensi pembelian

Selanjutnya menentukan frekuensi pembelian yang harus dilakukan. Caranya adalah dengan membagi jumlah kebutuhan dengan quantity pembelian. Maka hasilnya diperoleh sekitar 16 kali pembelian.

3. Menghitung biaya persediaan

Biaya persediaan ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah total kebutuhan bahan baku, biaya pemesanan, biaya penyimpanan dan quantity pembelian. Dari hasil perhitungan diperoleh biaya persediaan sejumlah Rp 15,781,084,-

4. Menentukan ROP

ROP atau Re-Order Point adalah titik dimana dilakukan pemesanan kembali. Jadi saat bahan menysikan nilai ROP maka mulailah dilakukan pemesanan kembali. Nilai ROP diperoleh dari mengalikan tingkat pemakaian bahan per hari dengan lead time pembelian. Dari perhitungan pemakaian bahan per hari didapatkan hasil pemakaian adalah 7.7 ton/hari dengan lead time 10 hari pemesanan. Lead time 10 hari ini didapatkan dari KPI departemen purchasing. 10 hari adalah waktu proses bagi purchasing untuk mendatangkan bahan baku. Akhirnya dari perhitungan diperoleh nilai ROP sejumlah 77 ton.

4.5 Analisa Perbandingan Simulasi dan Aktual

Untuk dapat melihat seberapa jauh efektifitas dari simulasi yang dilakukan terhadap hasil di lapangan, maka berikut ini disajikan tabel perbandingannya. Dikarenakan tahun 2020 baru berjalan selama 6 bulan maka data aktual yang

digunakan adalah data jumlah permintaan pipa HDPE dari Januari – Juni 2020 sebagai berikut:

Tabel 4.2 *Order* Pipa HDPE Januari – Juni 2020

Bulan	Order Pipa HDPE (Ton)
Januari	195
Februari	186
Maret	245
April	70
Mei	186
Juni	160

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sehingga adapun hasil perbandingan antara simulasi dengan aktual order yang *release* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Simulasi dan Aktual Permintaan Pipa HDPE

Bulan	Nilai Simulasi (Ton)	Nilai Aktual (Ton)	Rata-Rata (Ton)	Standar Deviasi (Ton)	Aktual vs Rata-Rata
Januari	158	195	206	90	10.8
Februari	392	186	206	90	20.3
Maret	345	245	206	90	-38.7
April	127	70	206	90	135.9
Mei	164	186	206	90	20.0
Juni	201	160	206	90	45.9

Sumber: Dokumentasi pribadi

Dari hasil perbandingan tersebut maka dapat dihitung nilai *total inventory cost*-nya sebagai berikut:

Tabel 4.4 *Total Inventory Cost* pipa HDPE 2020

Bulan	Bahan Baku (Ton)	Frekuensi Pembelian	Biaya Pemesanan	Biaya Penyimpanan (Per Ton)	TIC
Januari	195	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 19,041,152
Februari	186	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 18,140,275
Maret	245	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 23,743,183
April	70	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 7,158,328
Mei	186	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 18,170,850
Juni	160	1	Rp 500,000	Rp 95,000	Rp 15,708,253
Total					Rp 101,962,041

Sumber: Dokumentasi pribadi

Ternyata *total inventory cost* (TIC) selama semester pertama 2020 adalah Rp 101,962,041. Nilai ini lebih besar dibanding TIC perhitungan EOQ yaitu sebesar Rp 15,781,084. Berarti sudah ada *cost down* sebesar Rp 86,180,957.-

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian observasi, pengolahan data sampai dengan analisa hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan tentang penentuan kebutuhan bahan baku pipa HDPE di PT Pralon dengan menggunakan simulasi monte carlo sebagai berikut:

- a) Simulasi montecarlo adalah salah satu metode simulasi probabilistik yang dapat diterapkan pada pola produksi scholastic seperti yang terjadi di PT Pralon. Dengan simulasi ini kebutuhan permintaan dan kebutuhan bahan baku pipa HDPE dapat diprediksi secara tepat dan akurat. Dari perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh proyeksi permintaan pipa HDPE untuk 2020 adalah 2,366 ton. Dengan kebutuhan pellet HDPE sebanyak 2,473 Ton. Jika dibandingkan dengan aktual yang sudah berjalan selama 6 bulan di tahun 2020 dapat dilihat bahwa metode ini memiliki akurasi yang baik. Dari Januari – Juni 2020 jumlah permintaan pipa HDPE masih berada di batas kontrol nilai dari nilai rata-rata simulasi yaitu sebesar 206 ton dengan rentang standar deviasi 90 ton.
- b) EOQ (*Economic Order Quantity*) adalah metode penentuan tingkat persediaan yang efektif dan efisien untuk mengendalikan persediaan bahan baku pipa HDPE yang dapat digunakan oleh PT Pralon. Dari

total kebutuhan bahan baku pipa HDPE sebesar 2,621.5 ton, diperoleh dari kebutuhan pellet HDPE sebesar 2,473 ton ditambah *buffer stock* sebanyak 148.5 ton, maka didapat jumlah ekonomis pemesanan untuk pellet HDPE yaitu 166 ton/pemesanan dengan frekuensi pemesanan sebanyak 16 kali serta titik *re-order point* di 77 ton. Dengan tingkat persediaan sebanyak 2,621.5 ton tersebut, maka diperoleh *total inventory cost*-nya sebesar Rp 15,781,084,- selama tahun 2020. Nilai ini lebih hemat Rp 86,180,957,- dibandingkan nilai TIC aktual selama semester pertama 2020 senilai Rp 101,962,041.-

5.1 Saran

Setelah melaksanakan observasi, disarankan kepada PT Pralon untuk menggunakan simulasi monte carlo sebagai salah satu metode dalam penentuan jumlah permintaan dan kebutuhan bahan baku pipa HDPE untuk masa yang akan datang. Selain itu PT Pralon juga disarankan untuk menggunakan metode EOQ dalam menentukan dan mengontrol tingkat persediaan bahan baku pipa HDPE secara efektif, efisien dan ekonomis. Untuk dapat menerapkan simulasi montecarlo dan EOQ dengan baik di PT Pralon maka dibutuhkan pelatihan yang berkesinambungan di beberapa departemen terkait seperti PPIC, *Warehouse* dan juga *Purchasing*.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan Fajar. 2008. Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek. Jurnal Smartek Fakultas Teknik Universitas Tadulako. ISSN 1693-0460. 6(4). Diakses dari <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/486>

Ardy Wicaksono. 2018. Metode Period Order Quantity (POQ) Pada Sistem Inventori Perusahaan Manufaktur Modifikasi Motor. Naskah Publikasi Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro Universitas Teknologi Yogyakarta. 1(9). Diakses dari http://eprints.uty.ac.id/929/1/Naskah_Publikasi_TA_5130411166.pdf

Budi Aribowo. 2007. Studi Kritis Atas Uji Kecukupan Data. INASEA Jurusan Teknik Industri Universitas Bina Nusantara. ISSN 1411-9129.8(1). Diakses dari <https://research.binus.ac.id/publication/AB2AF073-52FD-4268-8321-522B3ED90997/studi-kritis-atas-uji-kecukupan-data/>

Burhani, Alvin. 2015. *Pengujian Data*. <https://alvinburhani.wordpress.com/2015/12/01/pengujian-data/>. (Diakses tanggal 30 Mei 2020)

Fachrurrozi, Indra Almahdy. 2015. Lot Sizing Material Requirement Planning Pada Produk Tipe Wall Mounting Di Industri Box Panel. Jurnal PASTI Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. p-ISSN 2085-5869 e-ISSN 2598-4853. X(3). Diakses dari <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/1714>

Fahmi Sulaiman dan Nanda. 2015. Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan

Menggunakan Metode EOQ PADA UD. ADI MEBEL. Jurnal Teknovas. Politeknik LP3I Medan. p-ISSN 2355-701X e-ISSN 2540-8389. 02(1).

Diakses dari

<https://ejurnal.plm.ac.id/index.php/Teknovasi/article/view/39>

Harvei Desmon Hutahaean. 2018. Analisa Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Tingkat Kehadiran Mahasiswa Dalam Perkuliahan. *Journal Of Informatic Pelita Nusantara* STMIK Pelita Nusantara. e-ISSN 2541-3724. 3(1). Diakses dari

<http://e-jurnal.pelitanusantara.ac.id/index.php/JIPN/article/view/285>

Poerwanto, Hendra. 2014. *Material Requirement Planning(MRP)*. 2014.

<https://sites.google.com/site/operasiproduksi/perencanaan-kebutuhan-bahan>. (Diakses tanggal 30 Mei 2020)

Kakiay, Thomas J. 2004. *Pengantar Sistem Simulasi*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta

Muhammad, Arif. 2017. *Pemodelan Sistem*. Yogyakarta: DEEPUBLISH

Purnomo, Hari. 2003. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Sutalaksana, dkk. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB

Taylor, Bernard W. 2005. *Introduction to Management Science Edisi 8 Sains Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat

LAMPIRAN

