TUGAS AKHIR (TM-184835)

PENENTUAN JUMLAH PEKERJA OPTIMAL PADA INDUSTRI GARMEN DENGAN *LINEAR PROGRAMMING*

FIRDAUS NURFAUZAN

NRP. 02111340000153

Dosen Pembimbing

Ir.Witantyo, M. Eng. Sc

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

TUGAS AKHIR (TM-184835)

PENENTUAN JUMLAH PEKERJA OPTIMAL PADA INDUSTRI GARMEN DENGAN *LINEAR PROGRAMMING*

FIRDAUS NURFAUZAN

NRP. 02111340000153

Dosen Pembimbing

Ir.Witantyo, M. Eng. Sc

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020

FINAL PROJECT (TM-184835)

DETERMINATION OF OPTIMAL LABOR QUANTITY WITH LINEAR PROGRAMMING IN GARMENT INDUSTRY

FIRDAUS NURFAUZAN

NRP. 02111340000153

Academic Advisor

Ir.Witantyo, M. Eng. Sc

Department Of Mechanical Engineering

Faculty Of Industrial Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2020

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN JUMLAH PEKERJA OPTIMAL PADA INDUSTRI GARMEN DENGAN *LINEAR PROGRAMMING*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Firdaus Nurfauzan
NRP. 02111340000153

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. **Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.** ..... **(Pembimbing)**
   NIP. 196303141988031002
2. **Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.** ..... **(Penguji I)**
   NIP. 198604012015041001
3. **Suwarno, S.T., M.Sc., Ph.D.** ..... **(Penguji II)**
   NIP. 198005202005011003
4. **Fahmi Mubarok, S.T., M.Sc., Ph.D.** ..... **(Penguji III)**
   NIP. 197801152003121002

SURABAYA

AGUSTUS 2020

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

Penentuan Jumlah Pekerja Optimal Pada Industri Garmen Dengan *Linear Programming*

Nama	**: Firdaus Nurfauzan**
NRP	**: 02111340000153**
Departemen	**: Teknik Mesin**
Dosen Pembimbing	**: Ir. Witantyo, M. Eng. Sc**

Abstrak

Sebuah perusahaan garment mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan pelanggan karena keterbatasan jumlah penjahit yang dimiliki. Besarnya fluktuasi permintaan pelanggan menyebabkan pengaturan jumlah tenaga kerja penjahit menjadi masalah yang cukup rumit sehingga sering terjadi ketidaksesuaian kapasitas tenaga dengan kebutuhan tenaga kerja yang menyebabkan biaya produksi membengkak.

Pada penelitian ini, akan coba dilakukan perencanaan produksi menggunakan metoda linear programming untuk meminimalkan biaya tenaga kerja penjahit berdasarkan data historis demand perusahaan. Forecasting akan dilakukan menggunakan software Minitab untuk memperoleh peramalan permintaan di tahun berikutnya. Model linear programming dibangun dengan memperhatkan variabel-variabel pembiayaan dalam produksi sesuai kenyataan. Dengan gabungan kedua metoda ini diharapkan produksi yang dijalankan akan menjadi efektif dalam memenuhi

permintaan dan efisien dalam jumlah tenaga kerja sehingga bisa meminimalkan biaya produksi.

Hasil yang diperoleh forecasting terbaik didapatkan lewat multiplicative method karena memiliki MAPE, MAD, dan MSD yang lebih kecil disbanding double exponential method. Hasil forecasting yang digunakan sebagai acuan permintaan tahun 2020 didapatkan biaya perencanaan produksi pada kaos sebagai berikut: chase strategy with underutilization Rp. 169.125.000; chase strategy with subcontract Rp.163.820.000; workforce level strategy Rp.189.065.000; linear programming Rp. 162.995.000. Perencanaan produksi pada kemeja didapatkan hasil sebagai berikut: chase strategy with underutilization Rp. 574.500.000; chase strategy with subcontract Rp.555.150.000; workforce level strategy Rp.677.877.500; linear programming Rp. 554.632.500. Perencanaan produksi strategi optimization with linear programming memiliki biaya terendah pada produksi kaos dan kemeja, penggunaan strategi tersebut dapat menghemat pembiayaan dari strategi yang sebelumnya dipakai yaitu workforce level sejumlah Rp. 26.070.000 pada produksi kaos dan Rp. 123.245.000 pada produksi kemeja.

Kata kunci: *forecasting*, biaya optimal, *aggregate planning, linear programming*

Determination of Optimal Labor Quantity With Linear Programming in Garment Industry

Name	**: Firdaus Nurfauzan**
NRP	**: 02111340000153**
Department	**: Teknik Mesin**
Supervisor	**: Ir. Witantyo, M. Eng. Sc**

Abstract

A Garment company has difficulty fulfilling customer demand due to the limited number of tailors it has. The amount of fluctuation in customer demand which regulates the number of tailors becomes a quite complicated problem so that there is often a mismatch of tailors capacity with tailors requirements which causes production costs to swell.

In this study, production planning will be applied using a linear programming method to minimize tailors costs based on historical data on company demand. Forecasting will be applied using Minitab software to obtain demand forecasts for the following year. Linear programming model is built by considering the financing variables in production according to reality. With the combination of these two methods, it is hoped that the production run will be effective in meeting demand and efficient in the number of workers so as to minimize production costs.

The best forecasting results are obtained through the multiplicative method because they have smaller MAPE,

MAD, and MSD than the double exponential method. Forecasting results used as a reference for demand in 2020, the cost of production planning on the shirts is as follows: chase strategy with underutilization of Rp. 169,125,000; chase strategy with subcontract Rp. 163,820,000; workforce level strategy Rp. 189,065,000; linear programming Rp. 162,995,000. Production planning on shirts obtained the following results: chase strategy with underutilization Rp. 574,500,000; chase strategy with subcontract Rp. 555,150,000; workforce level strategy Rp. 677,877,500; linear programming Rp. 554,632,500. The production planning optimization strategy with linear programming has the lowest cost on the production of shirts and shirts, the use of this strategy can save money from the previously used strategy, namely the workforce level of Rp. 26,070,000 for t-shirts and Rp. 123,245,000 in shirt production.

Keywords: forecasting, optimal cost, aggregate planning, linear programming

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan terhadap kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Penentuan Jumlah Pekerja Optimal Pada Industri Garmen Dengan *Linear Programming*". Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Pendidikan sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan anugerah, berkah, serta hidayahnya kepada penulis, sehingga disaat pandemi virus COVID-19 ini penulis masih bisa menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Eko Nurmianto dan Ibu Linawati sebagai bapak dan ibu penulis yang selama ini sudah mengorbankan apapun untuk mengantarkan penulis sampai perguruan tinggi.
3. Ir. Witantyo, M. Eng. Sc. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Rozalya yang dengan ikhlas membantu dan menyemangati dalam pengerjaan skripsi ini.

5. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah mendoakan penulis untuk menyelesaikan studi kuliah ini.

Tugas Akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis. Meski demikian tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap semoga penulisan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 26 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan iv

Abstrak iv

Abstract vi

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL.....xiv

BAB I 1

PENDAHULUAN……..……...1

1.1 Latar belakang 1

1.2 Rumusan Masalah.....9

1.3 Tujuan Penelitian 10

1.4 Batasan Masalah 10

1.5 Manfaat Penelitian 10

1.6 Sistematika Penulisan.....11

BAB II.....13

TINJAUAN PUSTAKA …….……13

2.1 Tinjauan Pustaka.....13

2.2 Manajemen Operasional.....14

2.3 *Aggregate Planning* 15

2.3.1 *Demand Forecasting* 17

2.3.2 *Linear Programming*.....24

BAB III..... 27
METODOLOGI…..……27
3.1 Diagram Alur Penelitian..... 27
3.2 Metodologi Penelitian..... 28
3.2.1 Identifikasi Permasalahan..... 28
3.2.2 Menentukan Tujuan Penelitan..... 29
3.2.3 Studi Lapangan..... 29
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data 29
3.4 Forecasting Demand..... 30
3.5 Perencanaan produksi 30
3.6 Kesimpulan dan Saran 34
3.6.1 Pengambilan Kesimpulan..... 34
3.6.2 Pemberian Saran 34
BAB IV..... 35
HASIL DAN PEMBAHASAN …….……35
4.1 *Forecasting*..... 35
4.2 *Aggregate Planning* …….……..45
BAB V……..63
KESIMPULAN DAN SARAN …….....……63
6.1 Kesimpulan ….……...63
6.2 Saran …….……... 63-64
Daftar Acuan ……...……...65
Lampiran ……....68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses Produksi Finest Garment.....3

Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Jumlah Produksi Dalam Satuan Potong Baju.....4

Gambar 1.3 Grafik Permintaan Produk Gabungan Total per Bulan.....5

Gambar 1.4 Grafik Permintaan Produk Gabungan Total per Bulan Cabang Surabaya Tahun 2018-2019 6

Gambar 1.5 Grafik Permintaan Produk Gabungan Total per Bulan Cabang Bandung Periode Juli – Desember 2019.....7

Gambar 1.6 Grafik Permintaan Produk Gabungan per Bulan Cab. Denpasar Priode November – Desember Tahun 2019 ..7

Gambar 1.7 Grafik Kebutuhan Tenaga Jahit Kaos-Polo 2018-2019.....8

Gambar 1.8 Grafik Kebutuhan Tenaga Jahit Kemeja-Jaket 2018-2019.....9

Gambar 2.1 Sekuen Perencanaan 17

Gambar 2.2 Grafik Permintaan Produk per Bulan.....20

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian 27-28

Gambar 4.1 Grafik *Moving Average Demand*.....36

Gambar 4.2 Grafik Perbandingan *Demand* Produk Kaos-Polo Tahun 2018-2019.....37

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan *Demand* Produk Kemeja-Jaket Tahun 2018-2019 37

Gambar 4.4 *Scatter Plot* Data *Demand* Produk.....38

Gambar 4.5 Grafik Peramalan *Double Exponential Method* Produk Kemeja Tahun 2018/2020 38

Gambar 4.6 Grafik Peramalan *Multiplicative Method* Produk Kemeja Tahun 2018/2020 37

Gambar 4.7 Grafik Perbandingan *Demand* Produk Kemeja-Jaket Tahun 2018-2019 37

Gambar 4.8 Grafik Peramalan *Multiplicative Method* Produk Kaos Tahun 2018/2020 42

Gambar 4.9 Contoh Kasus Penyelesaian *Linear Programming* Konvesional 54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nominal Hasil Peramalan *Double Exponential Method* Tahun 2020 39
Tabel 4.2 Nominal Hasil Peramalan *Double Exponential Method* Tahun 2020 40
Tabel 4.3 Faktor Biaya Tenaga Kerja Produksi Kaos..... 46
Tabel 4.4 Faktor Biaya Tenaga Kerja Produksi Kemeja..... 46
Tabel 4.5 Perencanaan Produksi Strategi *Chase-Underutilization* 50
Tabel 4.6 Perencanaan Produksi Strategi *Chase-Subcontract* 51
Tabel 4.7 Perencanaan Produksi Strategi *Level* 52
Tabel 4.8 Perencanaan Produksi Strategi *Linear Programming* 53
Tabel 4.9 Total Biaya Kaos Data Peramalan *Double Exponential Method* 55
Tabel 4.10 Total Biaya Kemeja Data Peramalan *Double Exponential Method* 55-56
Tabel 4.11 Total Biaya Produksi Kaos Data Peramalan *Multiplicative Method* 59
Tabel 4.12 Total Biaya Produksi Kemeja Data Peramalan *Multiplicative Method* 59

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan masyarakat akan pakaian sehari-hari dipenuhi oleh perusahaan pakaian dan mode yang berubah-ubah trennya setiap saat memproduksi baju dengan skala besar dan desain yang sama. Sementara itu, kebutuhan pakaian yang lain seperti kebutuhan pakaian yang dibuat khusus untuk industri, perkantoran, sekolah, acara besar, maupun instansi pemerintah tidak dapat dipenuhi perusahaan pakaian besar karena seringkali jumlah pemesanan untuk kebutuhan itu yang sedikit. Celah tersebut diisi oleh perusahaan konveksi *custom* yang dapat mengerjakan pakaian seragam kerja, kaos promosi, pakaian dinas, serta seragam sekolah sesuai pesanan dan dapat dikustomisasi sesuai keinginan pemesan.

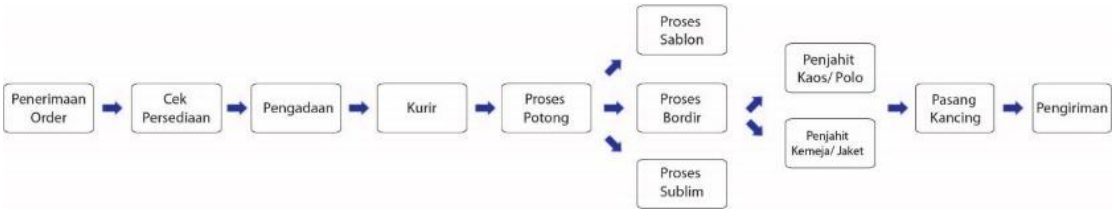
Finest Garment adalah salah satu perusahaan konveksi yang bergerak dalam bidang jasa pembuatan pakaian seragam *made to order*. Jadi produksi hanya dilakukan apabila sudah ada permintaan dari *customer*. Finest Garment menerima pembuatan seragam kaos, seragam olahraga, polo, kemeja, celana kerja, *wearpack*, jaket dan lain lain. Jaket juga memiliki jenis varian yang cukup banyak dari model *sweater*, *hoodie*, parka, semiformal, *bomber* dan lain lain.

Proses produksi yang terjadi adalah ketika *customer* telah melakukan *order*, selanjutnya adalah pembuatan formulir produksi, penentuan jumlah dan jenis bahan baku yang akan dipakai, pengecekan stok bahan baku apabila tersedia dan melakukan pembelian bahan baku, tidak semua jenis stok bahan baku memiliki persediaan, hanya bahan baku yang permintaannya cukup tinggi yang disimpan dalam persediaan.

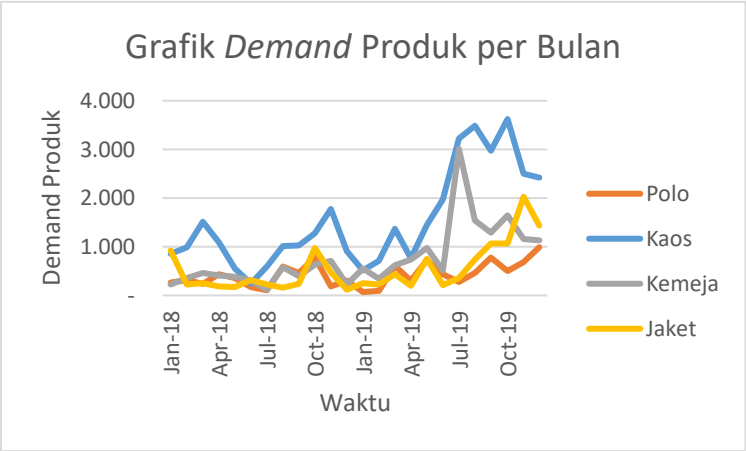
Selanjutnya adalah proses pembuatan pola dan pemotongan kain, lalu proses sablon, sublimasi dan/ atau bordir tergantung dari jenis order yang diterima, proses jahit, proses *finishing* yang terdiri dari pemasangan kancing dan memasukkan ke dalam kemasan lalu pengiriman.

Finest Garment memiliki tiga tenaga potong, tiga operator mesin bordir, tiga operator proses sablon, empat tenaga penjahit yang memiliki spesialisasi kaos dan polo, dua belas tenaga penjahit yang memiliki spesialisasi menjahit kemeja dan jaket, tujuh tenaga bagian proses *finishing.* Semua proses produksi dilakukan sendiri kecuali sublimasi dan apabila terjadi *overload*. Secara sederhana alur proses produksi Finest Garment digambarkan melalui **Gambar 1.1.**

Kendala umum yang dihadapi semua departemen adalah tenaga produksi terkadang tidak dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai waktu yang diprediksi karena tingkat kesulitan yang di luar prediksi atau performa/ kehadiran tenaga yang kurang stabil karena kurang disiplin, partner *subcontract* yang tidak menyelesaikan pekerjaan sesuai perjanjian, beban kerja suatu departemen yang meningkat karena hambatan yang terjadi pada proses produksi departemen sebelumnya, kesalahan produksi yang membutuhkan proses produksi ulang pada departemen tertentu. Kendala gangguan pada mesin terkadang juga dialami pada saat proses bordir, pasang dan lubang kancing. Kendala eksternal yang biasanya dihadapi adalah permintaan yang sangat fluktuatif. Kita bisa lihat permasalahan tersebut pada grafik permintaan produk per jenisnya dalam setiap bulan (**Gambar 1.2**).



Gambar 1.1 Proses Produksi Finest Garment

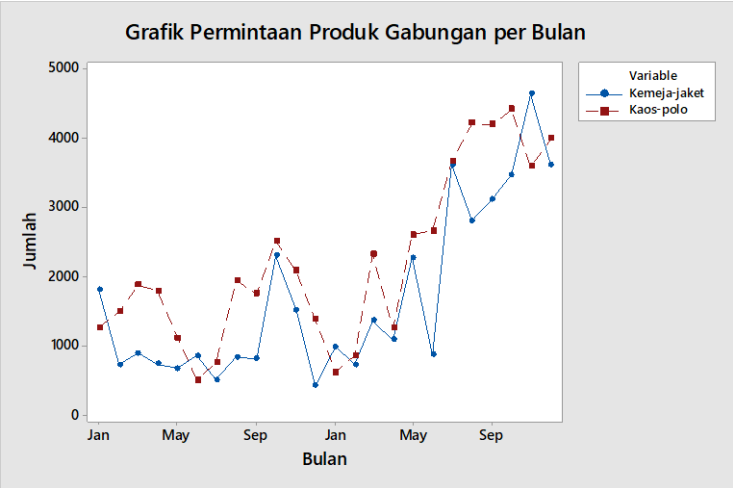


Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Jumlah Produksi Dalam Satuan Potong Baju

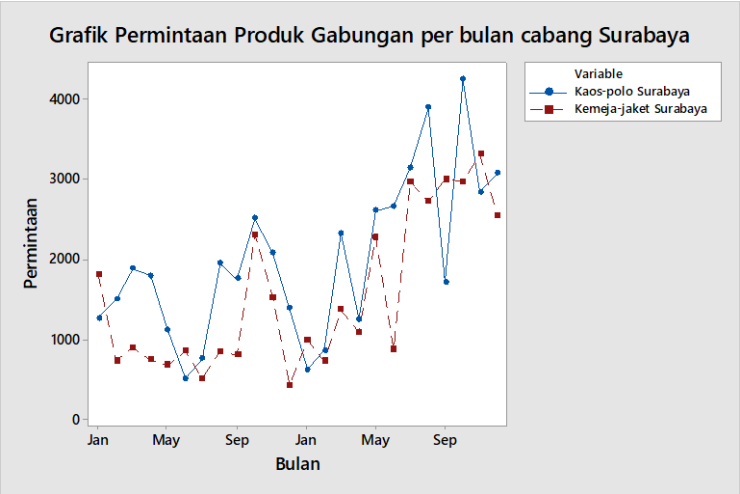
Berdasarkan data yang didapat selama waktu 8 jam kerja, tenaga potong dapat menghasilkan sekitar 100 potong semua jenis baju per hari, tenaga sablon, bordir atau finishing dapat menghasilkan sekitar 50 potong semua jenis baju per hari, tenaga penjahit spesialiasi kaos dan polo dapat menghasilkan sekitar 35 potong kaos per hari atau 22 potong polo per hari, dan untuk tenaga penjahit spesialisasi kemeja dan jaket dapat menghasilkan sekitar 12 potong kemeja atau 7 potong jaket.

Tenaga jahit merupakan masalah utama dalam hal efektifitas dan efisiensi produksi, dikarenakan relatif kecilnya *output* produksi per penjahit per hari, serta dibutuhkannya keahlian yang khusus dan berbeda untuk memproduksi berdasarkan jenis baju yang diproduksi.

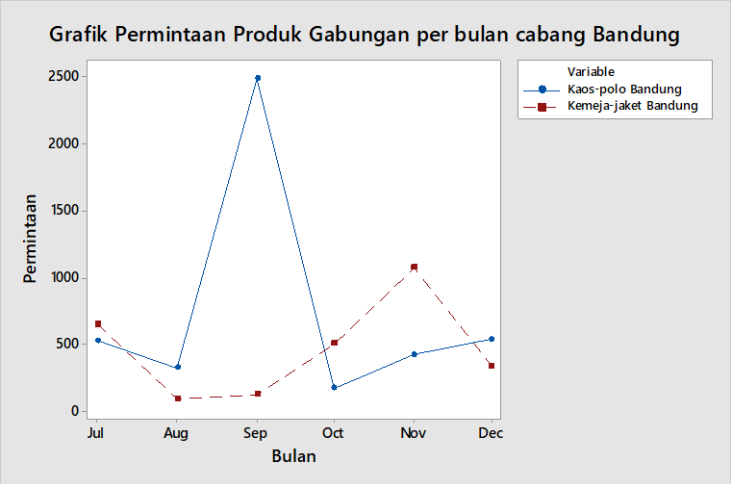
Berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan, kaos dan polo dikerjakan oleh satu jenis penjahit, lalu kemeja dan jaket dikerjakan oleh satu jenis penjahit, untuk menggambarkan kebutuhan penjahit per klasifikasinya, maka kebutuhan produk akan diklasifikan menjadi kebutuhan produk kaos-polo dan kebutuhan produk kemeja-jaket, penggabungan klasifikasi tersebut dilakukan dengan cara mengkonversikan kebutuhan produk polo menjadi produk kaos dengan cara mengkalikan dengan rasio 35/22, lalu mengkonversikan kebutuhan produk jaket menjadi kemeja dengan cara mengkalikan dengan rasio 12/7, rasio tersebut didapatkan melalui perbandingan waktu lama jahit kaos dengan polo dan kemeja dengan jaket. Sebagai tambahan untuk menunjukkan fluktuasi permintaan yang ada, maka rentang waktu dibuat menjadi dalam satuan bulan. Sehingga didapatkan grafik kebutuhan produk kaos-polo dan kemeja-jaket menjadi seperti **Gambar 1.3**



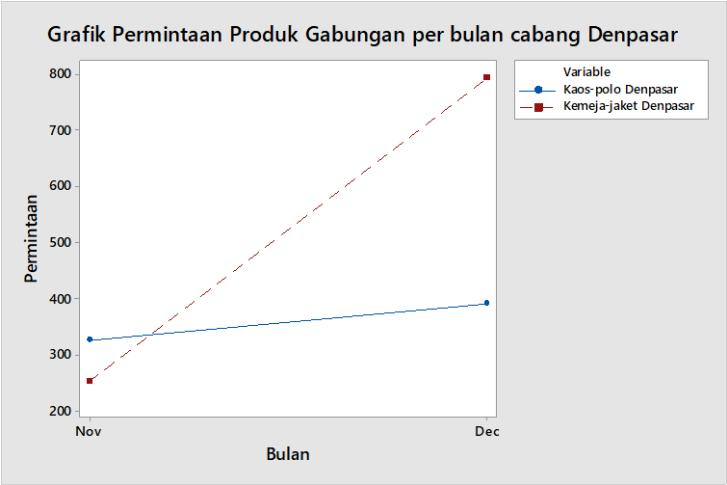
Gambar 1.3 Grafik Permintaan Produk Gabungan Total per Bulan



Gambar 1.4 Grafik Permintaan Produk Gabungan per Bulan Cabang Surabaya Tahun 2018-2019



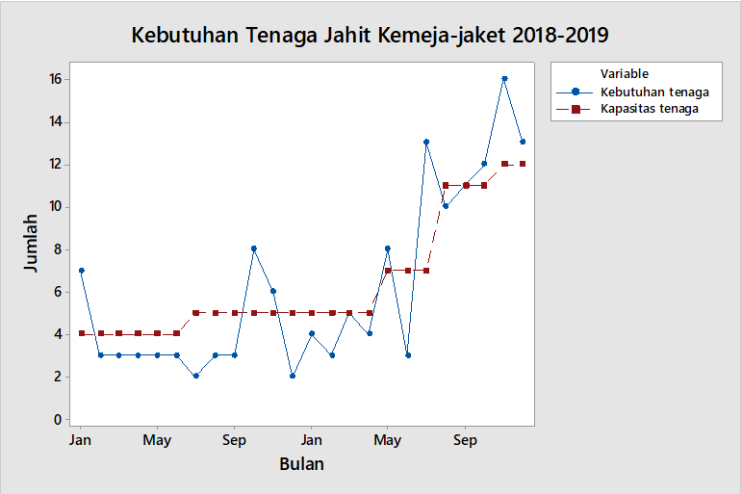
Gambar 1.5 Grafik Permintaan Produk Gabungan per Bulan Cabang Bandung Periode Juli - Desember Tahun 2019



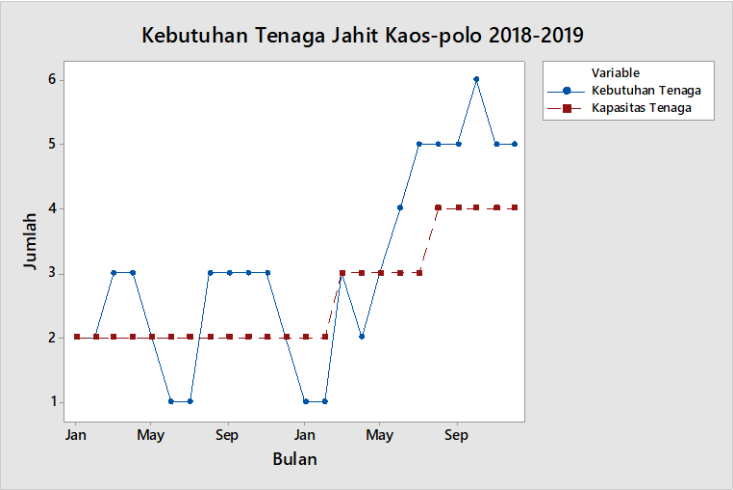
Gambar 1.6 Grafik Permintaan Produk Gabungan per Bulan Cabang Denpasar Periode November - Desember Tahun 2019

Grafik permintaan dibagi atas kantor-kantor yang ada karena terdapat pembukaan cabang pemasaran di Bandung pada juli 2019 dan di Denpasar pada November 2019 maka dilakukan pemisahan permintaan pada masing-masing kantor yang tertera seperti pada **Gambar 1.4**, **Gambar 1.5** dan **Gambar 1.6.** Berdasarkan data permintaan produk per bulan tersebut diakumulasikan data permintaannya sesuai seperti pada **Gambar 1.3** sehingga didapatkan angka permintaan produksi kaos-polo dan kemeja-jaket untuk produksi di Surabaya. Data tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja untuk kaos-polo dan kemeja-jaket dengan cara membagi nominal permintaan produk per bulan dengan kapasitas produksi per penjahit per bulan. Angka yang didapat dikomparasikan dengan kapasitas tenaga yang ada seperti yang disajikan pada **Gambar 1.7** dan **Gambar 1.8**. Kendala yang terjadi kapasitas tenaga seringkali tidak sesuai

dengan kebutuhan tenaga kerja dan keterbatasan kemampuan tenaga jahit yang hanya bisa mengerjakan item sesuai keahliannya. Tenaga jahit kaos-polo tidak bisa menjahit kemeja-jaket, begitu juga sebaliknya. Seringkali kekurangan saat produksi tinggi serta kelebihan saat produksi rendah.



Gambar 1.7 Grafik kebutuhan tenaga jahit kaos-polo 2018-2019



Gambar 1.8 Grafik kebutuhan tenaga jahit kemeja-jaket 2018-2019

Berdasarkan data *demand* produk yang lalu dapat diperkirakan demand produk yang akan terjadi nantinya sehingga dapat direncanakan jumlah tenaga jahit yang optimal untuk masa yang akan datang. Dengan optimalnya tenaga jahit yang tersedia dapat mengurangi kebutuhan perlunya partner *subcontract* dan beban kerja yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi dari permasalahan tersebut, juga sebagai rekomendasi pemilihan keputusan terhadap usaha konveksi, dari sisi penulis sendiri, penulis memperoleh gambaran bagaimana sebuah industri dapat berjalan dan bertahan, tentunya salah satunya dengan manajemen operasional pada usaha konveksi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan diangkat pada

penelitian ini adalah perencanaan produksi perusahaan konveksi Finest Garment, seperti:

1. Bagaimana memperkirakan *demand* produk yang akan terjadi ditengah fluktuasi kebutuhan produk?
2. Bagaimana merencanakan jumlah tenaga produksi yang optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan masalah yang telah dijelaskan rumusan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mendapatkan perkiraan *demand* produk yang akan terjadi ditengah fluktuasi kebutuhan produk
2. Mendapatkan perencanaan jumlah tenaga produksi yang optimal

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam permasalahan yang diangkat, sebagai berikut:

1. Sistem yang dianalisis terbatas pada ruang lingkup produksi jahit
2. Data produksi yang digunakan dalam penelitian data riil (sebenarnya) dari perusahaan konveksi
3. Kapasitas dan kemampuan produksi diasumsikan berdasarkan data produksi tahun-tahun sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana perkiraan *demand* produksi untuk waktu yang akan datang secara pasti melalui teknik *forecasting* menggunakan historis data 2 tahun terakhir. Sehingga dapat mempersiapkan tenaga jahit yang tepat.
2. Mengetahui bagaimana solusi dapat memecahkan permasalahan operasional usaha konveksi dan memberikan rekomendasi solusi atas permasalahan manajemen kebutuhan tenaga jahit dalam menghadapi *demand* produksi yang akan datang. Sehingga pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu dan beban kerja tenaga jahit menjadi optimal

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dibagi menjadi beberapa bab, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan yang menjadi obyek dari bahasan penelitian tugas akhir ini. Selain itu juga dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta asumsi yang digunakan dan juga sistematika penulisan

Bab II Tinjauan Pustaka

Berisi mengenai teori-teori dasar yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan tahapan-tahapan penyelesaian permasalahan. Diharapkan konsep-konsep dasar yang ada pada bab ini dapat menjadi pegangan dalam melakukan pengolahan data dan membantu dalam mengintrepertasikan hasil yang diperoleh dari pengolahan data.

Bab III Metodologi

Berisi mengenai langkah-langkah penelitian dalam menyelesaikan masalah yang dimulai dari identifikasi awal berupa perumusan masalah dan tujuan penelitian, studi pustaka dan lapangan, pengumpulan data, pengolahan data, dan berakhir pada tahap penarikan kesimpulan dan pengusulan saran-saran.

Bab IV Forecasting Demand

Pada tahap ini akan dilakukan proses peramalan permintaan dari data permintaan perusahaan tahun sebelumnya yang terdiri dari data kuantitatif yang berasal dari data dari pihak manajemen perusahaan yang kemudian dianalisa.

Bab V Perencanaan Produksi

Pada bab ini dijabarkan perencanaan produksi dengan berbagai strategi yang sudah ditentukan menggunakan data masukan yang berasal dari data pembiayaan, data *forecasting demand* tahun 2020, dan data kapasitas produksi yang terdiri dari data kuantitatif yang berasal dari data dari pihak manajemen perusahaan yang kemudian dianalisa.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab terakhir ini, kesimpulan yang didapatkan dari bab-bab sebelumnya dijadikan solusi atas permasalahan yang terjadi dan rekomendasi dari pengamatan selama penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam operasional sebuah perusahaan dibuatlah sebuah perencanaan agar produksi yang dilakukan tepat dalam memenuhi *demand* yang fluktuatif. Perencanaan bisa dilakukan dengan *aggregate planning* yang salah satunya meliputi *demand forecasting*. *Demand* adalah permintaan akan suatu barang yang diinginkan oleh pembeli untuk dipakai/ dimiliki. Penghitungan *demand* dapat dilakukan dengan peramalan atau proyeksi kedepan untuk mengetahui angka *demand* di masa mendatang. Penghitungan dilakukan dengan beberapa metode baik kuantitatif berdasarkan laju permintaan sebelumnya maupun kualitatif berdasar pendapat tenaga ahli, survei konsumen, dan pendapat *sales marketing. Demand* sendiri memiliki beberapa pola dari pola musiman, trend, siklik, atau horizontal.

Dengan pola permintaan produk yang memiliki trend, lebih tepat apabila peramalan dilakukan menggunakan model *forecasting double exponential smoothing with trend* daripada menggunakan model *single exponential smoothing* (Hartono dkk, 2015). Perhitungan permintaan dengan model tersebut juga menghasilkan tingkat kesalahan yang relatif rendah pada peramalan perencanaan produksi terak PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBK (Mahardhika, 2017). Sementara itu, untuk grafik yang dinilai ada unsur trend dan musiman menghasilkan hasil ramalan yang lebih baik dengan *multiplicative winters method* (Rufaidah dan Effindi, 2019). Untuk mengukur tingkat kesalahan suatu peramalan dibahas di dalam skripsi berjudul Penerapan Metode Peramalan untuk

menyusun Perencanaan Produksi pada Konveksi Abye Graffindo oleh Nugraha (2018). Dalam skripsi tersebut peneliti melakukan beberapa metode *forecasting*, lalu ditentukan metode *forecasting* yang terbaik dengan cara mengukur dari tingkat kesalahan peramalan terkecil yang dapat dilihat melalui *Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE),* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE).*

Tahapan selanjutnya dalam *aggregate planning* adalah perencanaan tenaga kerja yang optimal dengan metode *linear programming*. Gagasan tersebut dibahas di dalam jurnal berjudul *Aggregate Planning Strategies at CV Saswco Perdana* oleh *Cashiwan and Gatot* (2016), menganalisa tentang pemodelan produksi perusahaan konveksi dengan memperhitungkan jam kerja dan lembur dalam mengoptimalisasi biaya produksi menggunakan *linear programming* agar jam kerja dan lembur sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang ada dan tetap menguntungkan secara produksi. Analisa *linear programming* pada konveksi tersebut dilakukan dengan pendekatan *chase strategy, workforce level strategy,* dan *mixed strategy*. Ada juga skripsi (Sinaga, 2018), yang berjudul Penerapan Manajemen Operasional Untuk Reduksi Biaya Operasional membahas mengenai perencanaan secara menyeluruh produksi aspal dan manajemen *inventory* serta pengiriman. Mendapatkan hasil berupa penghematan terbesar didapat dari mereduksi biaya *holding* dan resiko *lost sales* dalam penjualan.

2.2 Manajemen operasional

Manajemen operasional adalah bidang manajemen yang fokus pada produksi barang, serta menggunakan alat dan teknik khusus untuk memecahkan masalah produksi (Daft, 2010). Pemecahan masalah produksi dilakukan guna memenuhi *supply* yang sesuai dengan *demand* dan juga dalam

operasionalnya diharuskan efektif dan efisien (Cachon and Terwiezch, 2013).

Aspek manajemen operasional meliputi; aspek sistem produksi untuk memastikan sesuai dengan harapan konsumen mulai dari harga, kualitas, dan keuntungan; aspek pengendalian produksi guna ketepatan produksi sesuai rencana agar berjalan optimal; aspek sistem informasi meliputi memprosesnya informasi yang masuk agar produksi yang berjalan efektif dan efisien; serta aspek lingkungan untuk menyesuaikan kondisi yang ada. (Thionita, 2019)

Manajemen operasi memiliki peran penting dalam pelaksanaan pelayanan dengan penggunaan sumber daya sesuai dengan kapasitas perusahaan. Untuk dapat memenuhi tujuan perusahaan untuk unggul dalam bersaing, manajemen operasi memiliki strategi-strategi yang harus dicapai yaitu, diferensiasi, biaya yang rendah, dan respon yang cepat. Untuk dapat mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan penyusunan perencanaan operasi secara keseluruhan yang tepat.

2.3 Aggregate planning

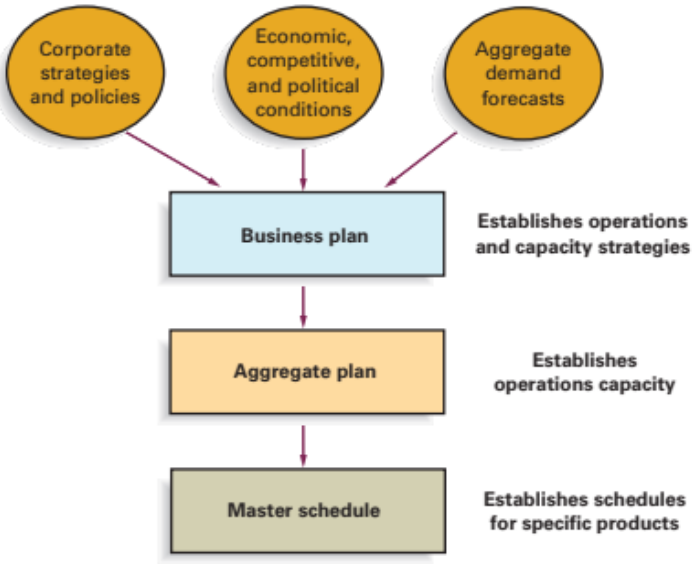
Aggregate planning berarti menggabungkan sumber daya-sumber daya yang sesuai ke dalam istilah-istilah yang lebih umum dan menyeluruh. Dengan adanya ramalan permintaan, serta kapasitas fasilitas, persediaan jumlah tenaga kerja dan input produksi yang saling berkaitan., maka perencana harus memilih tingkat output untuk fasilitas selama tiga sampai delapan belas bulan ke depan.

Aggregate planning merupakan bagian dari sistem perencanaan produksi yang lebih besar, sehingga pemahaman mengenai keterkaitan antara rencana dan beberapa faktor internal dan eksternal merupakan sesuatu yang berguna. Di lingkungan perusahaan manufaktur, jadwal produksi utama

yang dihasilkan memberikan input untuk sistem perencanaan kebutuhan material yang mengutamakan mengenai perolehan atau produksi komponen-komponen yang diperlukan. Jadwal kerja yang mendetil untuk tenaga kerja dan penjadwalan berprioritas untuk produk dihasilkan sebagai tahapan terakhir sistem perencanaan produksi.

Aggregate planning merupakan langkah lanjutan dari manajemen operasional untuk mengatur kapasitas operasional. Secara umum, *aggregate planning* terhubung dengan proses penganggaran. Setiap perusahaan semestinya merencanakan kebutuhan keuangan mereka setiap tahun berdasarkan masing-masing departemen. *Aggregate planning* penting karena dapat membantu menyinkronkan aliran di seluruh rantai pasokan yang mempengaruhi biaya, pemanfaatan peralatan, tingkat pekerjaan, dan kepuasan pelanggan. Masalah utama dalam perencanaan agregat adalah bagaimana menangani variasi variabel. *Aggregate planning* mencakup proses menentukan angka ideal untuk kapasitas, produksi, subkontrak, *backorder cost*, dan penetapan harga sesuai jangka waktu yang dibuat. Hal ini bertujuan mengindentifikasi parameter operasional selama jangka waktu tertentu (Chopra and Meindl, 2007).

Aggregate planning dimulai dengan perkiraan permintaan untuk jangka menengah. Lalu diikuti dengan rencana untuk memenuhi permintaan dengan menetapkan tingkat produksi, pekerjaan, dan kapasitas layanan. Pihak manajemen dapat mempertimbangkan sejumlah rencana, yang masing-masing harus diperiksa berdasarkan studi kelayakan dan optimalisasi biaya. Rencana ini baiknya diperbarui secara berkala, secara bulanan untuk memperhitungkan perkiraan dan perubahan lainnya yang diperhitungkan. Hal ini yang membuat linimasa perencanaan berjenjang (misal, rencana agregat selalu mencakup 12 hingga 18 bulan ke depan).



Gambar 2.1 Sekuen perencanaan (Stevenson, 2015).

Informasi yang diperlukan untuk membuat perencanaan agregat yang efektif adalah:

1. Data historis dan perkiraan permintaan masa depan
2. Sumber daya yang tersedia dan yang dibutuhkan pada sepanjang periode rencana produksi harus diketahui

2.3.1 *Demand Forecasting*

Peramalan atau *forecasting* merupakan suatu perkiraan atau tingkat estimasi pada sebuah kejadian di masa yang akan datang dengan menggunakan data-data yang telah ada pada masa lalu. Tidak ada seseorang pun yang dapat memastikan secara pasti apa yang akan terjadi di masa depan karena adanya

ketidakpastian yang tidak mampu diketahui manusia. Peramalan dilakukan untuk meminimalisasi dampak yang timbul dari ketidakpastian. Melalui peramalan sesorang mampu menaksir probabilitas kejadian di masa yang akan datang sehingga dapat mempersiapkan yang terbaik pada saat yang akan terjadi.

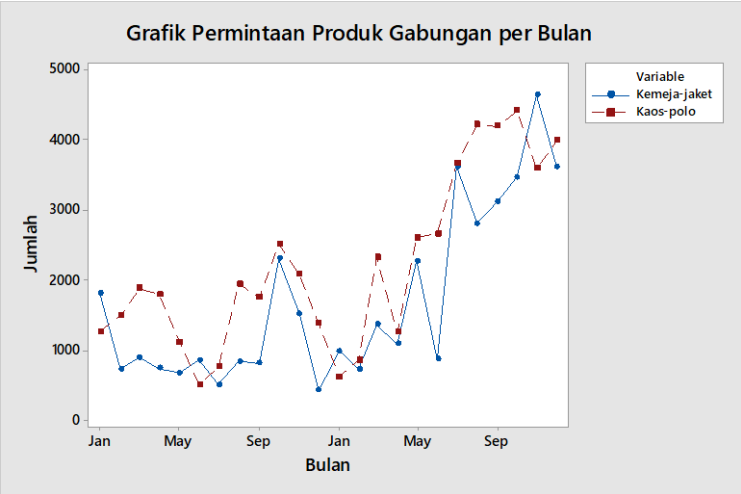
Keberhasilan suatu peramalan ditentukan oleh pengetahuan teknik tentang pengumpulan informasi data masa lalu. Metode peramalan adalah suatu cara dalam mengestimasi secara kuantitatif maupun kualitatif apa yang akan terjadi di masa depan berdasarkan data yang relevan pada masa lalu. Jacobs dkk (2009) berpendapat bahwa kita harus mencoba menemukan dan menggunakan metode peramalan terbaik yang tersedia dengan disertai alasan. Dengan begitu, peramalan diharapkan dapat memberikan objektivitas yang lebih besar.

Forecast dalam hal ini berarti ramalan, merupakan hal yang penting dalam manajemen operasional guna melihat angka *demand* di kemudian hari sebagai langkah antisipasi. Tujuan utama manajemen operasional ialah memenuhi angka *supply* sesuai *demand*. Ramalan mengenai angka *demand* di kemudian hari tentu berguna sebagai acuan seberapa besar produksi yang harus dihasilkan, berkaitan erat dengan jumlah sumber daya manusia, bahan baku mentah, dan kapasitas produksi yang harus disiapkan.

Forecast dapat dilakukan dengan beberapa teknik seperti; *forecast judgemental* yang didapat dari asumsi dan opini *sales*, survei konsumen, eksekutif, dan tenaga ahli; *forecast time-series* dilakukan dengan melihat pola demand dari waktu sebelumnya; *forecast models* yang dalam perhitungannya melibatkan banyak variabel penentu seperti harga barang, biaya promosi, kualitas barang, sasaran pasar, dsb. (Stevenson, 2015).

Penentuan model forecast didasarkan pada bentuk pola grafik *time series* yang tercipta. Berdasarkan hasil dari uji pola data yang dilakukan dapat dikatakan data tidak stasioner karena pola data stasioner terjadi jika di dalam grafik terdapat data yang berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan.

Dalam kasus ini model *moving average* tidak cocok digunakan. Model *moving average* hanya cocok pada data yang konstan atau stasioner terhadap variasi dan prediksi model *moving average* tidak akurat jika data mengandung unsur *trend* atau musiman, sedangkan data permintaan ini mengandung unsur *trend* (kecenderungan) yang meningkat dan terdapat unsur *seasonal* (musiman) dapat dilihat dari adanya pola naik turun dan berulang pada periode tertentu dan ada kenaikan grafik di periodenya. Maka dalam kasus data seperti ini dapat disimpulkan metode yang cocok untuk meramalkan permintaan produk kaos dan kemeja yaitu dengan metode proyeksi *Holt double exponential smoothing* dan *multiplicative winters method.*



Gambar 2.2 Grafik permintaan produk per bulan

Dalam produk yang mengalami perubahan pola permintaan digunakan *Holt double exponential smoothing* sebagai metode *forecast*, model ini biasanya digunakan pada data dengan *trend* linier (Mansyur *et al.*, 2015). Metode ini menggunakan parameter atau konstanta α dan β. Dalam penentuan konstanta *alpha* dipilih angka yang sesuai sampai hasil *forecast* berada pada titik tengah grafik *demand actual*, sementara untuk mendapat konstanta *beta* yang optimum dipilih angka beta yang tepat yang dapat menghasilkan nilai MAD yang terkecil. Parameter α digunakan pada pemulusan dengan menggunakan persamaan 1, kemudian dilanjutkan dengan penentuan estimasi *trend* dengan persamaan 2. Dan langkah terakhir adalah menghitung nilai peramalan dengan menggunakan persamaan 3.

Dengan ketentuan

$A_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$ ……..……...…… (2.1)

$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ ……..……...…… (2.2)

$\hat{Y}_{t+p} = A_t + T_t p$ ……..……..…….. (2.3)

At : Nilai pemulusan ke – t
α : Parameter pemulusan untuk data (0 <α< 1)
β : Parameter pemulusan untuk estimasi *trend* (0 <β< 1)
Yt : Data Aktual ke – t
Tt : Estimasi *trend* ke – t
P : Jumlah periode yang akan diramalkan
$\hat{Y}_{t+p}$: Nilai data ramalan

Metode Winter dalam perhitungannya menggunakan tiga pembobotan yaitu α, β dan γ yang bernilai antara 0 dan 1. Pembobotan nilai α digunakan pembobotan pada nilai peramalan, β digunakan untuk pembobotan pada slope, γ memberikan pembobotan pada efek musiman. Model winter ini dapat dilakukan dua model yaitu Additive Seasonality. Sedangkan bila berdasarkan efek musiman berubah dari waktu ke waktu, maka model yang dapat dipakai adalah model Multiplicative Seasonality. Metode *Multiplicative Winter*, digunakan untuk variasi data musiman dari data runtun waktu yang mengalami peningkatan atau penurunan (fluktuasi). Nilai ramalan (*Yt*+*k*) untuk periode (*t* +*k*) yang ditinjau pada akhir periode ke-*t* dari model ini adalah seperti terlihat pada persamaan berikut (Rosalina, 2015).

Persamaan *multiplicative*:

- $L_t = \alpha\ (Y_t / S_{t-p}) + (1 - \alpha)\ [L_{t-1} + T_{t-1}]$ ……....(2.4)
- $T_t = \gamma\ [L_t - L_{t-1}] + (1 - \gamma)\ T_{t-1}$ ……..(2.5)
- $S_t = \delta\ (Y_t / L_t) + (1 - \delta)\ S_{t-p}$ …….…….(2.6)
- $\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})\ S_{t-p}$…….....(2.7)

Lt : Pemulusan *level* pada waktu t.

α : Bobot untuk *level*

Tt : Pemulusan tren pada waktu t.

St : Pemulusan musiman pada waktu t.

γ : Bobot untuk tren.

δ : Bobot untuk musiman.

P : Periode musiman

$\hat{Y}_t$: Nilai pencocokan, atau angka peramalan satu periode kedepan, pada waktu t

Hanke dan Wichern mengatakan bahwa di dalam teknik *forecasting* yang menggunakan data kuantitatif sering terdapat data linimasa tertentu yang biasa terdapat *error*/ kesalahan yang dilakukan oleh teknik *forecasting*. Oleh sebab itu dibutuhkan metode untuk mengukur seberapa besar *error*/ kesalahan yang dapat dihasilkan oleh metode –

metode *forecasting* untuk dipertimbangkan kembali sebelum membuat keputusan. Adapula kegunaan dari metode mengukur *error forecasting* ini adalah untuk mengukur realibilitas dan manfaat dari metode *forecasting* yang dipakai dan mencari metode *forecasting* yang paling optimal bagi organisasi atau perusahaan.

Pengukuran tingkat kesalahan forecasting menggunakan MAD, MSD dan MAPE. *Mean absolute deviation* (MAD) mengukur akurasi dari *forecast* dengan membuat sama rata dari besarnya kesalahan perkiraan yang dimana setiap forecasting memiliki nilai absolut untuk setiap *error*.

$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} |Y_t - \hat{Y}_t| \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

Y_t = nilai aktual pada periode *t*

$\hat{Y}_t$ = nilai forecast pada periode *t*

Mean squared deviation (MSD) biasanya dipakai untuk mengukur akurasi dari nilai *time series* yang mau dihitung. Dimana MSD biasanya memiliki efek lebih besar dibandingkan MAD.

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^{n} | Y_t - \hat{Y}_t |^2}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.9)$$

Y_t = nilai aktual pada periode *t*

$\hat{Y}_t$ = nilai *forecast* pada periode *t*

Mean absolute percentage error (MAPE) dihitung dengan cara mencari *error*/ kesalahan absolut di setiap periode yang di mana dibagi dengan nilai observasi yang aktual pada periode itu, dan dibuat rata – rata dari *absolute percentage error* tersebut

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.10)$$

Y_t = nilai aktual pada periode *t*

$\hat{Y}_t$ = nilai *forecast* pada periode *t*

2.3.2 *Linear Programming*

Linear programing dapat digunakan sebagai alat perencanaan agregat. Model ini dibuat karena validitas pendekatan koefisien manajemen sukar dipertanggungjawabkan. Asumsi model *linear programming* adalah: Tingkat permintaan diketahui dan diasumsikan determistik dan biaya variabel – variabel pada model ini bersifat linier dan variabel – variabel tersebut dapat berbentuk bilangan riil.

Banyak keputusan utama yang dihadapi oleh seorang manajer perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan dengan batasan situasi lingkungan operasi. Pembatasan tersebut meliputi sumber daya, misalnya: waktu, tenaga kerja, energi, bahan baku, atau uang; atau dapat berupa bentuk batasan pedoman, misalnya resep untuk membuat makanan atau spesifikasi teknik. Secara umum, tujuan perusahaan yang paling sering terjadi adalah sedapat mungkin memaksimalkan laba atau meminimalkan biaya. Saat manajer berusaha untuk menyelesaikan masalah dengan mencari tujuan yang dibatasi oleh batasan tertentu, metode program linier sering digunakan (Taylor, 2005). Hal ini berarti bahwa program linier adalah

teknik yang membantu dalam keputusan-keputusan pengalokasian sumber daya.

Dalam penelitian ini ada empat alternatif strategi *linear programming* yang akan dipakai yang akan diusulkan yaitu dengan menggunakan strategi *chase strategy* dengan *subcontract* dan diabaikan ordernya, *level workforce strategy*, dan *optimization with linear programming*. Hal ini diperkuat oleh Buxey (2005), yang menyatakan bahwa perencanaan *level strategy* digunakan untuk menghadapi permintaan yang terjadi secara fluktuatif yang ditujukan untuk mempertahankan tingkat produksi secara konstan. Sedangkan *chase strategy* digunakan untuk menyesuaikan jenis input tenaga kerja dalam rangka memenuhi tuntutan.

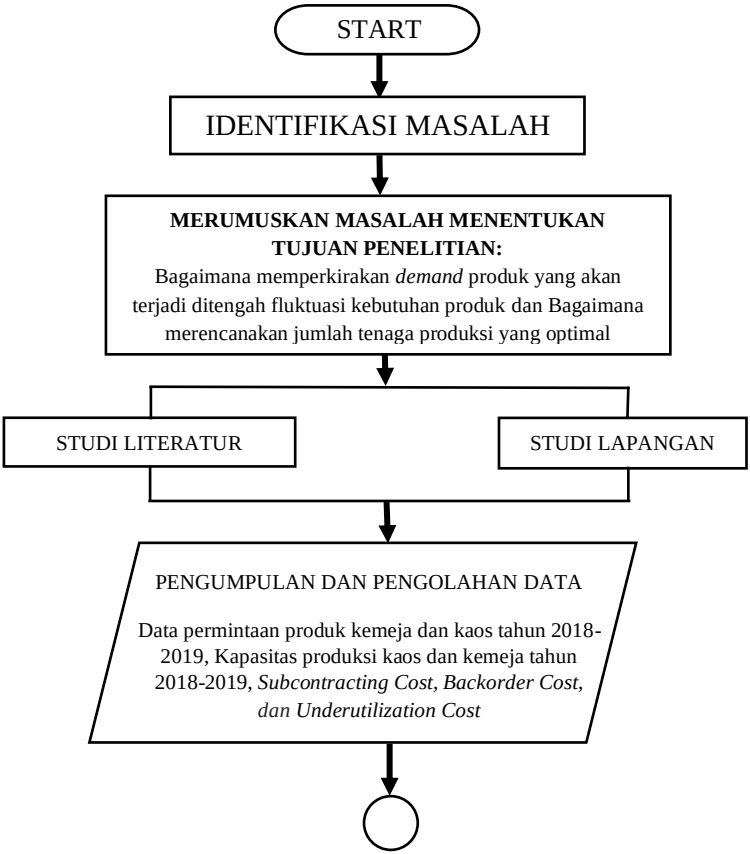
Dalam perhitungan *aggregate planning* pada penelitian kali ini diperlukan data-data sebagai berikut:

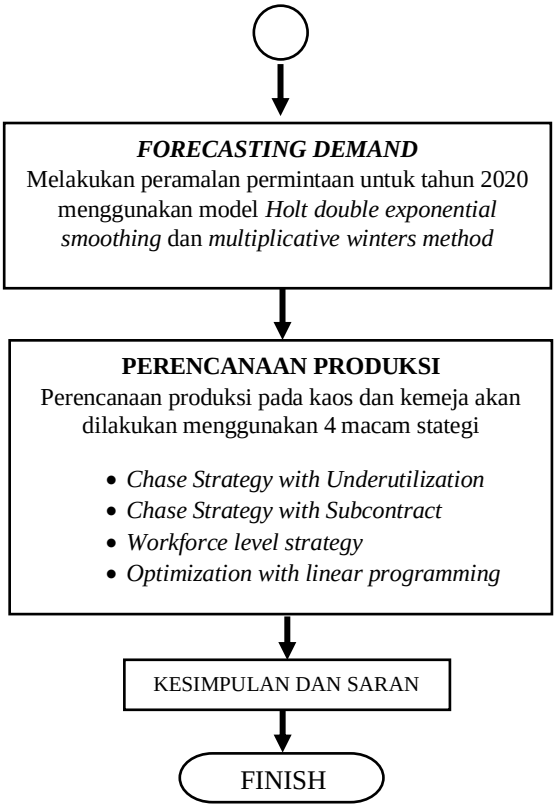
- *Production rate* : angka dari unit barang yang dapat diselesaikan dalam satu periode waktu (per bulan)
- *Workforce* : angka dari jumlah pekerja untuk memenuhi kapasitas produksi.
- *Subcontracting cost* : jumlah biaya subkontrak yang diperlukan selama periode perencanaan.
- *Backorder cost* : Jumlah nominal kehilangan potensi pendapatan
- *Underutilization cost*: jumlah biaya untuk mempertahankan tenaga kerja saat demand dibawah target minimum produksi

(“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”)

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alur Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alur penelitian pada gambar diatas dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Identifikasi Permasalahan

Tahapan ini merupakan kegiatan yang dilakukan untuk merumuskan fenomena permasalahan riil yang terjadi pada perencanaan produksi perusahaan konveksi dalam penelitian tugas akhir ini. Permasalahan yang dimaksudkan di sini adalah

bagaimana melakukan evaluasi dan perbaikan pada pelaksanaan perencanaan produksi melalui identifikasi faktor-faktor penyebab permasalahan.

3.2.2 Menentukan Tujuan Penelitan

Untuk tahap ini peneliti menetapkan tujuan dari penelitian yang didasarkan pada permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya terlebih dahulu. Penentuan tujuan penelitian ini harus dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian agar peneliti dapat menyusun langkah-langkah selanjutnya.

3.2.3 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk memahami dan mengetahui kondisi riil perusahaan. Pada tahap ini difokuskan pada pelaksanaan perencanaan produksi yang mengalami permasalahan. Melalui studi lapangan awal ini diharapkan diperoleh gambaran tentang pendekatan yang sesuai untuk melakukan analisis terhadap proses produksi yang terjadi untuk mengidentifikasikan faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian *flow rate* dengan *demand* yang fluktuatif hingga dapat dilakukan perbaikan yang sesuai

3.3 Pengumpulan dan pengolahan data

Untuk menunjang tugas akhir ini, dilakukan pengumpulan data-data dari perusahaan yang ditinjau. Data-data yang diambil antara lain:

- Data permintaan produksi kaos dan kemeja dari tahun 2018-2019
- Data kapasitas produksi kaos dan kemeja dari tahun 2018-2019
- *Subcontracting cost*

- *Backorder cost*
- *Underutilization cost*

Data permintaan diolah untuk didapatkan peramalannya pada periode 2020, data kapasitas, dan data rincian biaya dari *subcontracting, backorder*, dan *underutilization* untuk *input* dalam perencanaan produksi sebagai variabel penentuan perencanaan produksi.

3.4 Forecasting Demand

Forecasting demand dilakukan dengan model *Holt double exponential smoothing* dan *multiplicative winters method* karena merupakan peramalan yang sesuai dengan pola grafik permintaan tahun-tahun sebelumnya. Peramalan terbaik diukur dari tingkat kesalahan peramalan terkecil yang dapat dilihat melalui *mean absolute deviation* (MAD), *mean squared deviation* (MSD), dan *mean absolute percentage error* (MAPE). Peramalan dilakukan menggunakan aplikasi *minitab* dengan penentuan konstanta *alpha* dipilih angka yang sesuai sampai hasil *forecast* berada pada titik tengah grafik *demand actual*, sementara untuk mendapat konstanta *beta* yang optimum dipilih angka beta yang tepat yang dapat menghasilkan nilai MAD yang terkecil.

Hasil peramalan yang diperoleh akan diolah sebagai acuan permintaan untuk tahun 2020. Angka yang dipakai dalam perhitungan perencanaan produksi ialah angka tengah dari angka tertinggi dan terendah yang ditunjukkan dalam kolom *forecast.*

3.5 Perencanaan produksi

Dalam perencanaan ini *aggregate planning* digunakan sebagai perencanaan produksi secara menyeluruh guna

menemukan kebutuhan angka tenaga jahit untuk memenuhi *demand* di masa mendatang. *Aggregate planning* dilakukan dengan terlebih dahulu memastikan data yang didapatkan benar, data yang benar akan memberikan perencanaan yang baik.

Perencanaan yang baik akan membuat produksi dapat dengan mudah merespon keinginan pasar, memberikan ancang-ancang terhadap perubahan, dan terkait erat dengan efisiensi pendanaan. Perencanaan akan dilakukan dengan 4 macam strategi; *chase strategy* yang dilakukan jumlah tenaga kerja yang mengikuti jumlah permintaan; *level workforce strategy* yang dilakukan dengan tenaga kerja yang tetap sepanjang periode dan membiarkan penurunan serta kenaikan permintaan yang terjadi *;* lalu strategi keempat ialah penghitungan biaya yang dilakukan dengan *linear programming* guna optimalisasi biaya lewat alat *solver* di aplikasi *Microsoft Excel*. Dari keempatnya perencanaan yang ada akan diketahui perencanaan mana yang paling baik berdasar biaya produksi. Hasil dari perhitungan perencanaan produksi tahun 2020 akan dipaparkan beserta pembandingnya untuk tahun 2019 menggunakan data *actual* dan *forecasting.*

Linear programming ialah suatu teknik perencanaan yang dilakukan dengan menggunakan model matematika dengan tujuan untuk menemukan kombinasi-kombinasi produk yang terbaik di dalam menyusun suatu alokasi sumber daya yang terbatas guna untuk mencapai tujuan yang digunakan dengan secara optimal. Kombinasi yang dimaksud antara lain berapa produk yang harus dipenuhi permintaannya dengan produksi sendiri atau *subcontracting,* lebih baik menolak order atau mengambilnya, dan berapa angka pegawai yang harus direkrut. Semua hal itu dipertimbangkan berdasar batasan biaya supaya didapatkan biaya produksi seminimal mungkin untuk mencukupi seluruh permintaan. Variabel-variabel tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

Produksi kaos:

W_{1t} = jumlah tenaga jahit kaos dalam bulan t.
H_{1t} = jumlah tenaga jahit kaos yang direkrut dalam bulan t
L_{1t} = jumlah tenaga jahit kaos yang diberhentikan dalam bulan t.
D_{1t} = permintaan jumlah unit produk kaos dalam bulan t
C_{1t} = jumlah unit kaos yang dapat diproduksi dalam bulan t.
R_{1t} = jumlah unit kaos yang permintaannya tidak dapat diterima dalam bulan t
S_{1t} = jumlah unit kaos yang diproduksi *subcontract* dalam bulan t

Produksi Kemeja:

W_{2t} = jumlah tenaga jahit kemeja dalam bulan t
H_{2t} = jumlah tenaga jahit kemeja yang direkrut dalam bulan t
L_{2t} = jumlah tenaga jahit kemeja yang diberhentikan dalam bulan t.
D_{2t} = permintaan jumlah unit produk kemeja dalam bulan t
C_{2t} = jumlah unit kemeja yang dapat diproduksi dalam bulan t.
R_{2t} = jumlah unit kemeja yang permintaannya tidak dapat diterima dalam bulan t
S_{2t} = jumlah unit kemeja yang diproduksi *subcontract* dalam bulan t

***Constraints* Kaos**	$W_{1t} > 0$, $L_{1t} \geq 0$, $H_{1t} \geq 0$, $D_{1t} \geq 0$, $C_{1t} \geq 0$, $R_{1t} \geq 0$, $0 \leq S_{1t} \leq 4375$
	$C_{1t} = 875\ W_{1t}$
	$W_{1t} = W_{1(t-1)} + H_{1t} - L_{1t}$
	$D_{1t} = C_{1t} + S_{1t} + R_{1t}$

Total Cost Kaos (Minimasi Biaya) =
$\sum Rp_1 . C_{1t} + Rp_2 . H_{1t} + Rp_3 . L_{1t} + Rp_4 . R_{1t} + Rp_5 . S_{1t}$

Total Cost Kemeja (Minimasi Biaya) =
$\sum Rp_6 . C_{2t} + Rp_2 . H_{2t} + Rp_3 . L_{2t} + Rp_7 . R_{2t} + Rp_8 . S_{2t}$

***Constraints* Kemeja**	$W_{2t} > 0$, $L_{2t} \geq 0$, $H_{2t} \geq 0$, $D_{2t} \geq 0$, $C_{2t} \geq 0$, $R_{2t} \geq 0$, $0 \leq S_{2t} \leq 1500$
	$C_{2t} = 300\ W_{2t}$
	$W_{2t} = W_{2(t-1)} + H_{2t} - L_{2t}$
	$D_{2t} = C_{2t} + S_{2t} + R_{2t}$

Fungsi objektif di atas dibuat sedemikian rupa karena permintaan yang ada dapat dipenuhi dengan beberapa cara yaitu produksi internal dan subkontrak. Produksi internal ini jumlahnya dipengaruhi dengan jumlah pegawai yang mana juga dipengaruhi oleh jumlah rekrutmen atau pemecatan pegawai yang dilakukan. Selain itu order yang ada juga dapat ditolak namun akan menimbulkan biaya dalam bentuk potensi laba kotor yang hilang.

Jumlah unit dan tenaga yang diperlukan akan dikalikan dengan variabel biaya dalam bentuk rupiah untuk mengetahui total biaya masing-masing variabel. Dalam hal ini untuk menghitung biaya total dari produksi setiap bulannya akan dilakukan perkalian jumlah unit yang diproduksi dalam bulan tersebut dengan biaya tiap unitnya ditambah jumlah tenaga kerja yang direkrut pada bulan tersebut dikali biaya perekrutan ditambah jumlah tenaga kerja yang diberhentikan dikali biaya pemberhentian ditambah jumlah unit permintaan yang tidak dapat diterima dikali potensi laba kotor yang hilang ditambah jumlah unit yang diproduksi secara *subcontract* dikali biaya tiap unitnya ditambah selisih jumlah unit produk antara kapasitas produksi dengan permintaan pada bulan tersebut dikali biayanya didapatkan total biaya produksi pada bulan tersebut.

Semuanya merupakan komponen yang mendasari biaya-biaya apa saja yang diperlukan dalam produksi unit di tiap bulannya.

Setiap variabel juga memiliki syarat atau batasan yang dicantumkan dalam tabel dibawah ini beserta aplikasi rumus yang digunakan untuk menghitung biaya total tiap bulannya. Dalam aplikasinya akan dibedakan rumus, batasan, variabel berdasarkan jenis produk antara lain produk kaos dan kemeja.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian ini, didapatkan hasil dari pengumpulan data, pengolahan data dan evaluasi yang telah dilakukan.

3.6.1 Pengambilan kesimpulan

Merupakan tahapan dimana peneliti melakukan penarikan kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Kesimpulan berikut dengan bagaimana meramalkan permintaan dalam masa depan dan bagaimana menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk memenuhi *demand* berdasar ketiga alternatif strategi yang ada.

3.6.2 Pemberian Saran

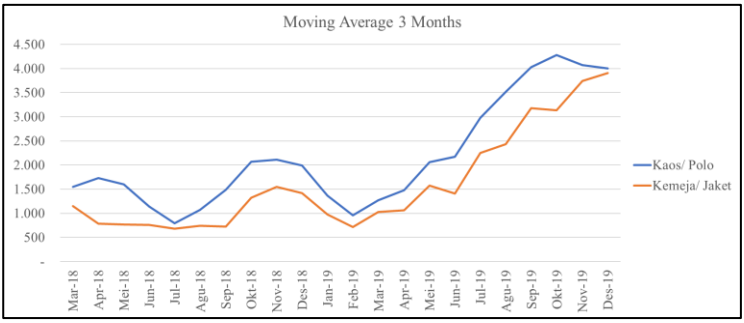
Saran diperlukan untuk kepentingan pada masa yang akan datang, untuk kesempurnaan penelitian. Berisi saran-saran rekomendasi perbaikan terhadap bagaimana meramalkan permintaan di masa depan, dan bagaimana menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan. Pengajuan saran diharapkan dapat bermanfaat bagi perusahaan dan peneliti lain yang hendak akan melakukan penelitian dengan tema yang sama.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Forecasting

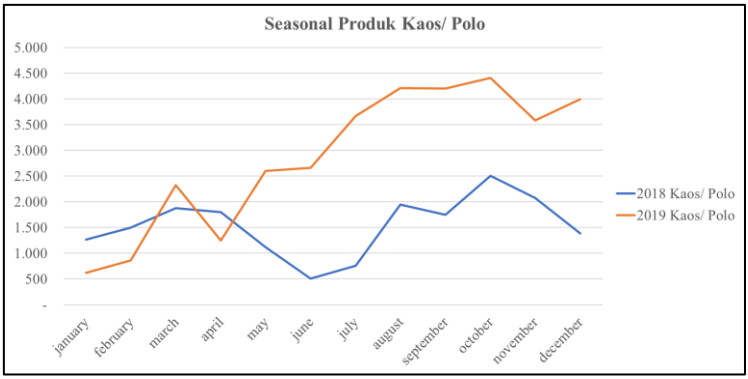
Terdapat tiga jenis metode peramalan yang bisa digunakan yaitu *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing* dan *triple exponential smoothing* atau yang biasa disebut metode winters. Sebelum menggunakan metode-metode tersebut, karakteristik dari data *demand* yang ada perlu diketahui dahulu, agar metode yang digunakan sesuai dengan karakteristik dari data yang ada.

Langkah pertama adalah menentukan dahulu apakah data *demand* bersifat stasioner atau tidak memiliki tren dengan membuat grafik *moving average* untuk produk kaos dan kemeja mulai periode Januari tahun 2018 hingga Desember tahun 2019 seperti terlihat pada **gambar 4.1**. Pada grafik terlihat periode dimulai dari periode Maret tahun 2018 karena analisis *moving average* yang digunakan dengan periode tiga bulanan. Terlihat bahwa data tidak bersifat stasioner atau tidak berada di kisaran nilai tertentu. Dari grafik tersebut bisa kita ambil kesimpulan bahwa data memiliki kecenderungan meningkat atau tren naik sehingga peramalan dengan metode *single exponential smoothing* tidak cocok digunakan karena pada *formula single exponential smoothing* tidak memiliki faktor tren yang dapat dipertimbangkan. Pada metode *single exponential smoothing* hanya memiliki faktor atau parameter alpha. Parameter alpha ini hanya untuk pertimbangan bobot dari periode yang ada. Semakin besar nilai alpha maka bobot dari data yang paling baru semakin besar juga dan begitu pula sebaliknya.

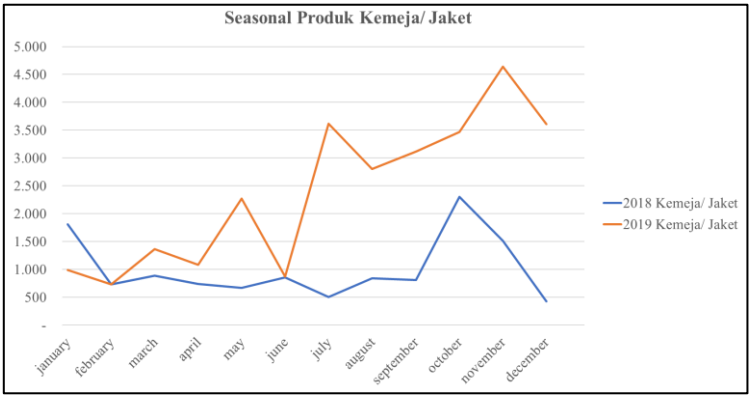


Gambar 4.1 Grafik *moving average demand*

Langkah selanjutnya adalah dengan menentukan apakah data memiliki faktor musiman dengan cara membandingkan data *demand* masing-masing produk tahun 2018 dengan tahun 2019 seperti terlihat pada **gambar 4.2** dan **gambar 4.3**. Dari kedua grafik tersebut terlihat bahwa pada semester akhir dalam setahun *demand* memiliki kecenderungan yang meningkat walaupun tidak konsisten. Oleh karena itu, dua metode peramalan yaitu *double exponential smoothing dan triple exponential smoothing* akan digunakan pada penelitian ini sekaligus untuk perbandingan metode mana yang lebih baik.



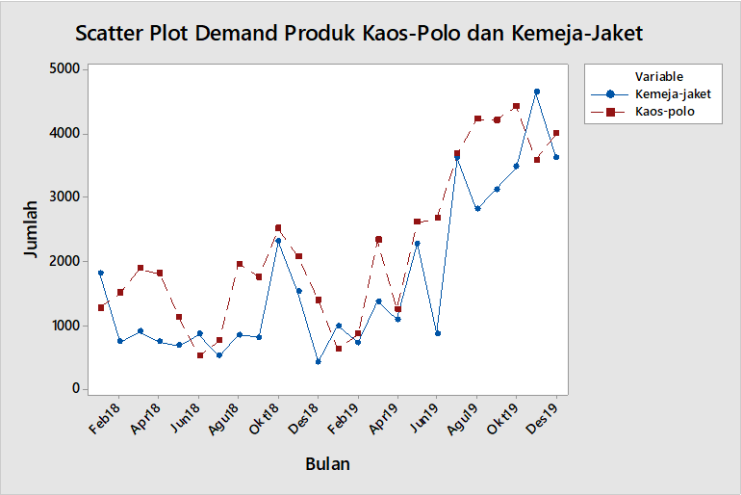
Gambar 4.2 Grafik perbandingan *demand* produk kaos-polo tahun 2018 dan tahun 2019



Gambar 4.3 Grafik perbandingan *demand* produk kemeja-jaket tahun 2018 dan tahun 2019

Selanjutnya untuk pembahasan penelitian metode *triple exponential smoothing* ini diawali dengan membuat pola data atau *scatter diagram* untuk menentukan model musiman aditif atau model multiplikatif seperti terlihat pada **gambar 4.4**. Apabila data merupakan model aditif maka pola data cenderung

memiliki variasi musiman yang bersifat konstan. Model aditif untuk prediksi data *time series* yang mana amplitude (ketinggian) pola musimannya tidak tergantung pada rata-rata *level* atau ukuran data. Berdasarkan *scatter diagram* diketahui bahwa data jumlah permintaan kaos dan kemeja merupakan model multiplikatif karena pola data cenderung mengalami peningkatan atau penurunan tingkat fluktuasi.



Gambar 4.4 *Scatter plot* data *demand* produk

Selanjutnya adalah menentukan panjang atau periode musiman, jika data berdasarkan kuartalan maka panjang atau periode musiman adalah empat. Diperoleh panjang atau periode musiman yang cocok adalah dua belas berdasarkan pengamatan grafik yang berulang secara tahunan. Setelah panjang atau periode musiman diperoleh, selanjutnya adalah menentukan nilai awal taksiran (inisialisasi) yang berpengaruh terhadap prediksi berikutnya bergantung pada panjang deret waktu dan nilai dari ketiga parameternya yaitu *mean* (α), *trend* (β) dan seasonal (γ).

Hasil peramalan yang diperoleh diolah sebagai acuan permintaan untuk tahun 2020. Angka yang dipakai dalam perhitungan perencanaan produksi adalah angka tengah dari angka tertinggi dan terendah yang ditunjukkan dalam kolom *forecast*. Hasil forecasting dengan *double exponential method* pada kaos memiliki MAPE 60, MAD senilai 829, dan MSD 984707, dan hasil forecasting kemeja memilki MAPE 54, MAD 685, dan MSD senilai 744829 yang terdapat pada **gambar 4.5** dan **gambar 4.6**.

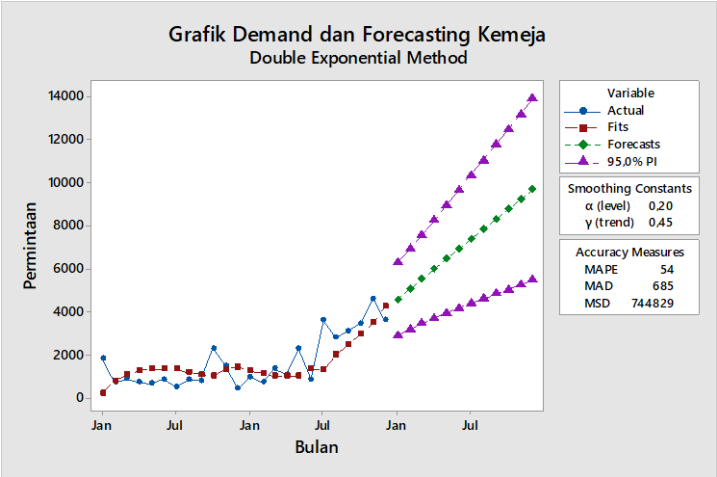
Hasil forecasting dengan *multiplicative method* pada kaos memiliki MAPE 35, MAD senilai 521 dan MSD 438374, dan hasil pada kemeja memiliki MAPE 44, MAD senilai 542, dan MSD 448674 yang terdapat pada **gambar 4.7** dan **gambar 4.8**. Data diolah mengunakan aplikasi *minitab*. Hasil *forecasting* untuk tahun 2020 secara rinci sebagai berikut:

Tabel 4.1 Nominal Hasil Peramalan *Double Exponential Method* Tahun 2020

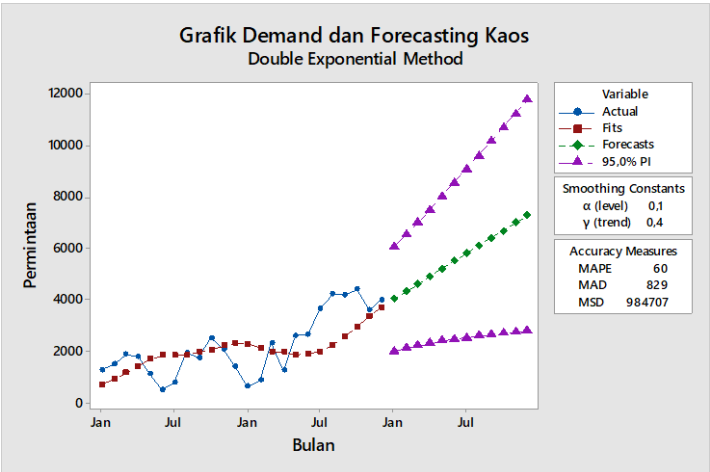
BULAN	KAOS	KEMEJA
Januari	4013	4584
Februari	4310	5048
Maret	4608	5512
April	4905	5975
Mei	5203	6439
Juni	5500	6903
Juli	5798	7366
Agustus	6096	7830
September	6393	8294
Oktober	6691	8757
November	6988	9221
Desember	7286	9685

Tabel 4.2 Nominal Hasil Peramalan *Multiplicative Method* Tahun 2020

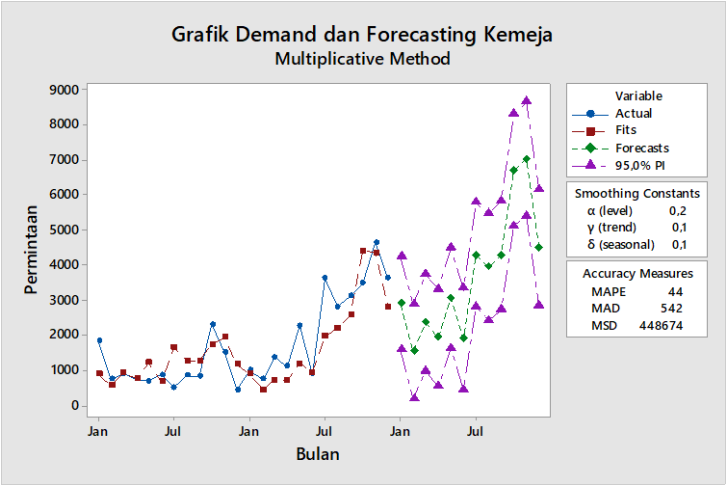
BULAN	KAOS	KEMEJA
Januari	1712	2898
Februari	2143	1520
Maret	3826	2347
April	2821	1915
Mei	3416	3049
Juni	2859	1879
Juli	4009	4284
Agustus	5812	3932
September	5679	4278
Oktober	6800	6700
November	5651	7025
Desember	5336	4494



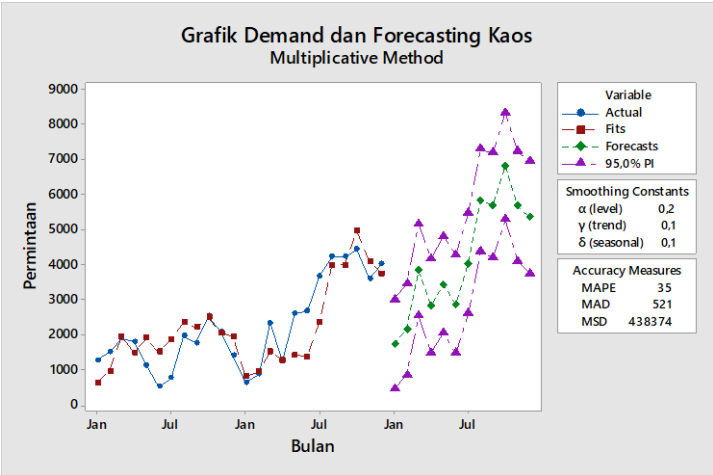
Gambar 4.5 Grafik Peramalan *Double Exponential Method* Produk Kemeja Tahun 2018/2020



Gambar 4.6 Grafik Peramalan *Double Exponential Method* Produk Kaos Tahun 2018/2020



Gambar 4.7 Grafik Peramalan *Multiplicative Method* Produk Kemeja Tahun 2018/2020



Gambar 4.8 Grafik Peramalan *Multiplicative Method* Produk Kaos Tahun 2018/2020

Penentuan konstanta *alpha* dipilih berdasarkan angka yang sesuai sampai hasil *forecast* berada pada titik tengah grafik *demand actual*, sementara untuk mendapat konstanta *beta* yang optimum dipilih angka beta yang tepat yang dapat menghasilkan nilai MAD yang terkecil serta nilai *gamma* untuk faktor musiman didapatkan dari pola musiman tiap bulannya. Didapatkan angka *alpha* 0,1 dan *beta* 0,4 untuk peramalan kaos dan *alpha* 0,2 dan *beta* 0,45 untuk peramalan kemeja dengan metode *double exponential method*. Sedangkan pada *multiplicative method* memakai *alpha* 0,2, *beta* 0,1, dan *gamma* 0,1. Pemilihan ketiga parmeter dilakukan secara *trial and error* dengan melihat mana yang memiliki MAD, MAPE, MSD terkecil (Hendikawati, 2015).

Angka pada data peramalan *double exponential method* mengalami kenaikan sepanjang tahun dengan pola tren dan nilai tertinggi pada bulan desember. Angka pada data peramalan multiplicative method memiliki pola grafik yang naik turun setiap bulannya dengan kenaikan permintaan tertinggi terjadi pada bulan Oktober untuk permintaan kaos serta bulan November pada permintaan kemeja.

Dalam semua situasi peramalan mengandung derajat ketidakpastian. Fakta ini yang perlu disebut unsur kesalahan (*error*) dalam perumusan sebuah peramalan deret waktu. Sumber penyimpangan dalam peramalan bukan hanya disebabkan oleh unsur error , tetapi ketidakmampuan suatu model peramalan mengenali unsur yang lain dalam deret data juga mempengaruhi besarnya penyimpangan dalam peramalan. Jadi besarnya penyimpangan hasil peramalan bisa disebabkan oleh besarnya faktor yang tidak diduga (*outliers*) dimana tidak ada metode peramalan yang mampu menghasilkan peramalan yang akurat, atau bisa juga disebabkan metode peramalan yang digunakan tidak dapat memprediksi dengan tepat komponen

trend, komponen musiman, atau komponen siklus yang mungkin terdapat dalam deret data, yang berarti metode yang digunakan tidak tepat.

Ukuran-ukuran ketepatan lain yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu , yaitu nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error), MSD (Mean Squared Deviation), MAD (Mean Absolute Deviation).

Mean absolute percentage error (MAPE) dihitung dengan cara mencari *error*/kesalahan absolut di setiap periode yang dibagi dengan nilai observasi aktual pada periode itu, dan dibuat rata – rata dari *absolute percentage error* tersebut. MSD merupakan ukuran penyimpangan ramalan dengan merata-ratakan kuadrat error (penyimpangan semua ramalan). MAD menyatakan penyimpangan ramalan dalam unit yang sama pada data, dengan merataratakan nilai absolut error (penyimpangan) seluruh hasil peramalan.

Data peramalan *multiplicative method* memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang lebih kecil dibanding data peramalan *double exponential method* semakin kecil angkanya, semakin baik keakuratannya. Sehingga, data peramalan *multiplicative method* lebih baik daripada data peramalan *double exponential method.* Makin kecil nilai ukuran penyimpangannya dan dengan sendirinya tingkat ketepatan dari pendugaan/peramalan makin terandalkan.

4.2 Aggregate Planning

Perencanaan produksi dilakukan dengan empat macam strategi. Yang pertama adalah *chase strategy* dan *underutilization* yang mana jumlah tenaga kerja ditentukan mengikuti serta melebihi jumlah permintaan yang ada. Strategi ini menimbulkan biaya *underutilization*, biaya rekrutmen dan biaya pemutusan hubungan kerja (PHK) tapi meniadakan biaya subkontrak dan biaya order tertolak.

Strategi kedua adalah *chase strategy* dan subkontrak yang mana jumlah tenaga kerja ditentukan mengikuti namun sedikit dibawah dari jumlah permintaan yang ada. Strategi ini menimbulkan biaya subkontrak, biaya rekrutmen dan biaya PHK tapi meniadakan biaya *underutilization* dan biaya order tertolak.

Strategi ketiga adalah *level workforce strategy*. Strategi ini membuat jumlah tenaga kerja konstan sepanjang tahun. Konsekuensinya adalah menimbulkan biaya subkontrak, biaya *underutilization* dan biaya order tertolak tetapi meniadakan biaya rekrutmen dan biaya PHK.

Strategi yang terakhir adalah optimalisasi menggunakan *linear programming*. Strategi ini menentukan jumlah tenaga kerja berdasarkan ketiga strategi di atas yang memiliki biaya terendah dalam setiap periodenya. Sehingga menimbulkan semua jenis biaya-biaya di atas tetapi secara agregat akan menghasilkan biaya terendah.

Untuk perencanaan produksi hanya dibatasi oleh keempat strategi di atas karena penilitian ini dibatasi untuk konteks tenaga kerja saja. Selanjutnya akan dijelaskan tabel faktor biaya tenaga kerja masing-masing produk dengan fungsi objektif untuk perencanaan produksi yang akan dilakukan:

Tabel 4.3 Faktor Biaya Tenaga Kerja Produksi Kaos

Ongkos Jahit Kaos	3.000
Biaya Rekrutmen	250.000
Biaya PHK	500.000
Biaya Order Tertolak	8.000
Biaya Subkontrak	5.000

Tabel 4.4 Faktor Biaya Tenaga Kerja Produksi Kemeja

Ongkos Jahit Kemeja	12.000
Biaya Rekrutmen	250.000
Biaya PHK	500.000
Biaya Order Tertolak	30.000
Biaya Subkontrak	17.500

Fungsi objektif total biaya tenaga kerja produk kaos (minimasi biaya)

$= \sum 3000\ C_{1t} + 250000\ H_{1t} + 500000\ L_{1t} + 8000\ R_{1t} + 5000\ S_{1t}$ ……(4.1)

Constraints Kaos	$W_{1t} > 0$, $L_{1t} \geq 0$, $H_{1t} \geq 0$, $D_{1t} \geq 0$, $C_{1t} \geq 0$, $R_{1t} \geq 0$, $0 \leq S_{1t} \leq 4375$
	$C_{1t} = 875\ W_{1t}$
	$W_{1t} = W_{1(t-1)} + H_{1t} - L_{1t}$
	$D_{1t} = C_{1t} + S_{1t} + R_{1t}$

Fungsi objektif total biaya tenaga kerja produk kemeja (minimasi biaya)

$= \sum 12000\ C_{2t} + 250000\ H_{2t} + 500000\ L_{2t} + 30000\ R_{2t} + 17500\ S_{2t}$ ……. (4.2)

Constraints Kemeja	$W_{2t} > 0$, $L_{2t} \geq 0$, $H_{2t} \geq 0$, $D_{2t} \geq 0$, $C_{2t} \geq 0$, $R_{2t} \geq 0$, $0 \leq S_{2t} \leq 1500$
	$C_{2t} = 300\ W_{2t}$
	$W_{2t} = W_{2(t-1)} + H_{2t} - L_{2t}$
	$D_{2t} = C_{2t} + S_{2t} + R_{2t}$

Faktor biaya ongkos jahit pada **tabel 4.3** dan **tabel 4.4** aktualnya bervariasi tergantung model dan tingkat kesulitan dari order yang diterima, namun data dilakukan penyesuaian dengan mengambil data ongkos rata-rata untuk menyederhanakan masalah dalam penghitungan perencanaan produksi. Data rata-rata biaya ongkos jahit ini cukup merepresentasikan keadaan aktual produksi karena biaya ongkos jahit tidak bervariasi secara ekstrem.

Strategi-strategi perencanaan produksi seperti yang ditampilkan pada **tabel 4.5**, **tabel 4.6**, **tabel 4.7**, **tabel 4.8** ini diaplikasikan menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft office excel. Periode dimulai dari bulan Desember tahun 2019 karena untuk mengetahui jumlah tenaga kerja pada periode sebelum peramalan dilakukan. Jumlah permintaan didapatkan dari hasil peramalan yang sudah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Jumlah tenaga kerja pada suatu periode didapatkan dari penjumlahan antara jumlah tenaga kerja periode sebelumnya dengan jumlah rekrutmen tenaga kerja dan dikurangi jumlah PHK tenaga kerja yang dilakukan pada periode tersebut. Jumlah tenaga kerja dan kapasitas subkontrak ini juga dipengaruhi berdasarkan jenis strategi yang dipakai. Kapasitas regular didapatkan melalui hasil perkalian antara jumlah tenaga kerja dengan kapasitas produksi per bulan per tenaga kerja yaitu 875 potong untuk produk kaos dan 300 potong untuk

produk kemeja. Total biaya pegawai didapatkan dari hasil perkalian dari kapasitas regular dengan ongkos jahit per potong yaitu Rp 3.000 untuk produk kaos dan Rp 12.000 untuk produk kemeja. Total biaya rekrutmen dan PHK didapatkan dari selisih jumlah tenaga kerja antara suatu periode dengan periode sebelumnya. Apabila ada peningkatan maka biaya rekrutmen sama dengan hasil perkalian selisih jumlah tenaga kerja dengan biaya rekrutmen per orang yaitu Rp 250.000, namun apabila ada penurunan maka biaya PHK sama dengan hasil perkalian selisih jumlah tenaga kerja dengan biaya PHK per orang yaitu Rp 500.000. Total biaya order tertolak didapatkan dari perkalian potensi laba kotor per potong yaitu Rp 8.000 untuk produk kaos dan Rp. 30.000 untuk produk kemeja dengan jumlah produk yang permintaannya tidak dapat dipenuhi dengan kapasitas regular dan subkontrak. Total biaya subkontrak didapatkan dari hasil perkalian kapasitas subkontrak dengan biaya subkontrak per potong yaitu Rp 5.000 untuk produk kaos dan Rp 17.500 untuk produk kemeja. Subtotal biaya per periode didapatkan dari penjumlahan seluruh biaya-biaya di atas sesuai dengan fungsi objektif **persamaan 4.1** dan **persamaan 4.2**.

Strategi dengan linear programming akan mengambil biaya terendah dari pilihan ketiga strategi sebelumnya pada setiap periodenya sehingga akan menghasilkan biaya yang paling rendah seperti terlihat pada **tabel 4.8**. Formula untuk menentukan jumlah tenaga kerja optimal agar biaya dari masing-masing periode menghasilkan biaya yang terendah adalah dengan fungsi-fungsi pada excel dan membandingkan subtotal biaya masing-masing strategi sebelumnya pada periode yang sama. Seperti contoh pada perencanaan produksi kaos

dengan metode peramalan *multiplicative* periode Januari tahun 2020 seperti terlihat pada **tabel 4.5**, **tabel 4.6**, **tabel 4.7**, *chase with underutilization strategy* memiliki subtotal biaya yang paling rendah, sehingga jumlah tenaga kerja yang optimal pada strategi *linear programmin*g periode Januari tahun 2020 akan dibuat sama dengan *chase with underutilization strategy* yang berjumlah dua orang. Lalu sel-sel selanjutnya seperti biaya subkontrak, biaya rekrutmen, biaya PHK dan lain lain akan mengikuti dari jumlah tenaga kerja optimal ini.

Subtotal biaya masing-masing periode pada strategi *linear programming* ini akan menghasilkan nominal yang hampir sama dengan subtotal biaya dari strategi termurah yang diikuti, terdapat sedikit perbedaan nominal subtotal biaya disebabkan oleh biaya rekrutmen atau biaya PHK karena jumlah peningkatan atau penurunan jumlah tenaga kerja yang berbeda dari strategi sebelumnya yang diikuti. Selisih nominal ini tidak signifikan sehingga strategi dengan *linear programming* tetap menghasilkan biaya yang paling rendah.

Tabel 4.5 Perencanaan Produksi Strategi *Chase-Underutilization*

	Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Chase + Underutilization	Des-19		4								
	Jan-20	1.712	2	1.750	-	5.250.000	-	1.000.000		-	6.250.000
	Feb-20	2.143	3	2.625	-	7.875.000	250.000	-		-	8.125.000
	Mar-20	3.826	5	4.375	-	13.125.000	500.000	-		-	13.625.000
	Apr-20	2.821	4	3.500	-	10.500.000	-	500.000		-	11.000.000
	Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Jun-20	2.859	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Jul-20	4.009	5	4.375	-	13.125.000	250.000	-		-	13.375.000
	Agu-20	5.812	7	6.125	-	18.375.000	500.000	-		-	18.875.000
	Sep-20	5.679	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
	Okt-20	6.800	8	7.000	-	21.000.000	250.000	-		-	21.250.000
	Nov-20	5.651	7	6.125	-	18.375.000	-	500.000		-	18.875.000
	Des-20	5.336	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
										Total Biaya	169.125.000

Tabel 4.6 Perencanaan Produksi Strategi *Chase-Subcontract*

	Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Chase + Subcontract	Des-19		4								
	Jan-20	1.712	1	875	837	2.625.000	-	1.500.000		4.185.000	8.310.000
	Feb-20	2.143	2	1.750	393	5.250.000	250.000	-		1.965.000	7.465.000
	Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	500.000	-		1.630.000	12.630.000
	Apr-20	2.821	3	2.625	196	7.875.000	-	500.000		980.000	9.355.000
	Mei-20	3.416	3	2.625	791	7.875.000	-	-		3.955.000	11.830.000
	Jun-20	2.859	3	2.625	234	7.875.000	-	-		1.170.000	9.045.000
	Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	250.000	-		2.545.000	13.295.000
	Agu-20	5.812	6	5.250	562	15.750.000	500.000	-		2.810.000	19.060.000
	Sep-20	5.679	6	5.250	429	15.750.000	-	-		2.145.000	17.895.000
	Okt-20	6.800	7	6.125	675	18.375.000	250.000	-		3.375.000	22.000.000
	Nov-20	5.651	6	5.250	401	15.750.000	-	500.000		2.005.000	18.255.000
	Des-20	5.336	6	5.250	86	15.750.000	-	-		430.000	16.180.000
										Total Biaya	165.320.000

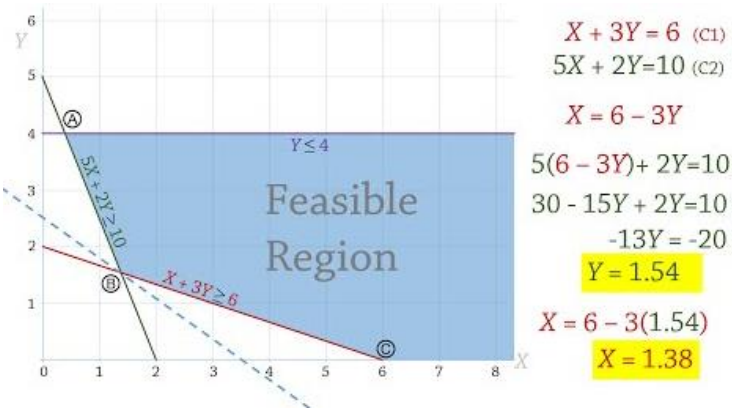
Tabel 4.7 Perencanaan Produksi Strategi *Level*

	Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Level	Des-19		4								
	Jan-20	1.712	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Feb-20	2.143	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	-	-		1.630.000	12.130.000
	Apr-20	2.821	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Jun-20	2.859	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
	Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	-	-		2.545.000	13.045.000
	Agu-20	5.812	4	3.500	2.312	10.500.000	-	-		11.560.000	22.060.000
	Sep-20	5.679	4	3.500	2.179	10.500.000	-	-		10.895.000	21.395.000
	Okt-20	6.800	4	3.500	3.300	10.500.000	-	-		16.500.000	27.000.000
	Nov-20	5.651	4	3.500	2.151	10.500.000	-	-		10.755.000	21.255.000
	Des-20	5.336	4	3.500	1.836	10.500.000	-	-		9.180.000	19.680.000
										Total Biaya	189.065.000

Tabel 4.8 Perencanaan Produksi Strategi *Linear Programming*

	Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Linear Programming	Des-19		4								
	Jan-20	1.712	2	1.750	-	5.250.000	-	1.000.000		-	6.250.000
	Feb-20	2.143	2	1.750	393	5.250.000	-	-		1.965.000	7.215.000
	Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	500.000	-		1.630.000	12.630.000
	Apr-20	2.821	3	2.625	196	7.875.000	-	500.000		980.000	9.355.000
	Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	250.000	-		-	10.750.000
	Jun-20	2.859	3	2.625	234	7.875.000	-	500.000		1.170.000	9.545.000
	Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	250.000	-		2.545.000	13.295.000
	Agu-20	5.812	7	6.125	-	18.375.000	750.000	-		-	19.125.000
	Sep-20	5.679	6	5.250	429	15.750.000	-	500.000		2.145.000	18.395.000
	Okt-20	6.800	8	7.000	-	21.000.000	500.000	-		-	21.500.000
	Nov-20	5.651	6	5.250	401	15.750.000	-	1.000.000		2.005.000	18.755.000
	Des-20	5.336	6	5.250	86	15.750.000	-	-		430.000	16.180.000
										Total Biaya	162.995.000

Prinsip *linear programming* yang dilakukan dengan *software* Excel ini hampir sama dibandingkan dengan *linear programming* konvensional yang mengambil titik-titik perpotongan atau titik ekstrem dari perpotongan garis-garis *constraint* seperti pada contoh *linear programming* konvensional **gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Contoh Kasus Penyelesaian *Linear Programming* Konvensional

Subtotal biaya pada produk kaos tiap periode dari ketiga strategi seperti terlihat pada **tabel 4.5**, **tabel 4.6**, **tabel 4.7** sama halnya dengan *feasible region* pada grafik linear programming konvensional **Gambar 4.5** karena subtotal biaya tersebut dihasilkan dengan memenuhi *constraint* yang ada.

Selanjutnya akan dilakukan penghitungan perencanaan produksi pada data peramalan tahun 2020 dengan *double exponential method. Aggegate planning* data peramalan 2020 dengan *double exponential method* akan dipaparkan secara rinci dalam lampiran 1.

Total biaya berdasarkan macam-macam perencanaan produksi:

Tabel 4.9 Total biaya kaos data peramalan *double exponential method*

Strategy	**Total Biaya**	**Persentase Penghematan**
Chase strategy with underutilization	Rp 216.500.000	15,08 %
Chase strategy with subcontract	Rp 217.450.000	14,70 %
Workforce level strategy	Rp 254.950.000	0 %
Linear programming	Rp. 210.875.000	17,28 %

Tabel 4.10 Total biaya kemeja data peramalan *double exponential method*

Strategy	**Total Biaya**	**Persentase Penghematan**
Chase strategy with underutilization	Rp. 1.056.450.000	16,19 %

Chase strategy with subcontract	Rp. 1.041.245.000	17,40 %
Workforce level strategy	Rp. 1.260.645.000	0 %
Linear programming	Rp. 1.039.025.000	17,57 %

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan perencanaan strategi menggunakan *linear programming* memberikan biaya terendah dalam strategi memenuhi permintaan kaos dan kemeja. Pada produksi kaos *chase strategy with underutilization* memiliki biaya produksi sebesar Rp. 216.500.000, *Chase strategy with subcontract* memiliki biaya produksi Rp 217.450.000, *workforce level strategy* memiliki biaya produksi Rp 254.950.000, dan *linear programming* memiliki biaya terendah dengan Rp. 210.875.000. Pada produksi kemeja *chase strategy with underutilization* memiliki biaya produksi sebesar Rp. 1.056.450.000, *Chase strategy with subcontract* memiliki biaya produksi Rp. 1.041.245.000, *workforce level strategy* memiliki biaya produksi Rp. 1.260.645.000, dan *linear programming* memiliki biaya terendah dengan Rp. 1.039.025.000. Pada produksi kemeja diketahui memiliki biaya yang rata-rata lebih besar dari produksi kaos karena biaya tiap produksinya yang berbeda.

Dilihat dari total biaya yang didapat masing-masing strategi didapatkan gambaran bahwa opsi pengalihan pada *subcontract* menjadi opsi yang termurah, dilanjut dengan biaya *underutilization* atau biaya order tertolak. Jadi, lebih baik mengambil pesanan lalu

mengalihkan ke *subcontract* jika kewalahan dalam mencukupi permintaan. Namun pemilihan *subcontract* bukan tanpa halangan, perlu evaluasi perusahaan mana yang memiliki kualitas sama dalam hal produksi dan kecepatan produksi sehingga tidak memberikan kesan yang buruk kepada pelanggan.

Angka permintaan yang naik setiap bulan membuat perlu dilakukan rekrutmen tiap bulannya. Hal ini merupakan kendala yang berarti dari hampir semua perencanaan produksi kecuali *worforce level strategy*. Rekrutmen tenaga kerja baru tiap bulannya, tentu menyusahkan karena cukup sulit menemukan tenaga kerja yang sesuai dan ditambah terampil sesuai kualifikasi tiap bulannya, belum lagi perlu adaptasi dengan pola dan laju kerja di perusahaan. *Workforce level strategy* mungkin baiknya dipertimbangkan jika pola kenaikan permintaan yang terjadi seperti pada peramalan *double exponential method*. Permintaan yang naik tiap bulan dapat diatasi dengan menyiapkan kebutuhan tenaga kerja rata-rata yang diperlukan sehingga tidak perlu melakukan rekrutmen berulang tiap bulan. Sehingga didapatkan tenaga kerja yang mencukupi sepanjang tahun dan pada akhir tahun dimana angka permintaan paling tinggi dialihkan ke *subcontract* untuk produksi yang tidak bisa diproduksi tenaga kerja perusahaan.

Pada perencanaan produksi yang memakai acuan permintaan dari peramalan *double exponential method* lebih baik tetap menggunakan strategi yang digunakan perusahaan sekarang yaitu *workforce level strategy*. Meskipun terdapat banyak selisih biaya dengan perencanaan produski lain namun strategi ini minim

masalah ketersediaan tenaga kerja dan kelebihan kapasitas produksi akan dialihkan ke *subcontract*. Masalah ketersediaan tenaga kerja akan dapat diatasi dengan menggunakan *workforce level strategy* yang angkanya didapat dari merata-rata kebutuhan tenaga kerja sepanjang tahun.

Namun perlu disiapkan langkah antisipasi melihat grafik peramalan tahun 2020 dengan *double exponential method* memiliki pola tren yang berjalan naik sepanjang tahun ini tentu diragukan keakuratannya dibanding dari grafik peramalan tahun 2020 dengan *multiplicative method* dengan pola grafik yang berbeda karena pada data aktual grafik yang ada memiliki kurva naik dan turun bukan naik sepanjang tahun. Untuk itu dilakukan penghitungan perencanaan produksi juga pada data peramalan tahun 2020 dengan *multiplicative method* untuk melihat perbedaan diantara keduanya, sehingga dapat dinilai keakuratan dan dapat disiapkan langkah antisipasi dari perencanaan produksi tahun 2020.

Data peramalan dengan metode lain memberikan pola grafik yang berbeda. Sehingga timbul masalah yang berbeda karena ada kurva grafik naik dan turun meskipun memiliki strategi perencanaan produksi yang sama. Data peramalan tahun 2020 dengan *multiplicative method* dibuat juga *aggregate planning* dengan empat macam strategi seperti pada data peramalan tahun 2020 dengan *double exponential method*. *Aggegate planning* data peramalan 2020 dengan *multiplicative method* akan dipaparkan secara rinci dalam lampiran 2.

Data perencanaan produksi tahun 2020 dengan data peramalan *multiplicative method* ditampilkan untuk

mengetahui perbedaan dari perencanaan produksi antar metode peramalan. Total biaya produksi berdasarkan macam-macam perencanaan sebagai berikut:

Total biaya produksi dengan mengunakan data *multiplicative*

Tabel 4.11 Total Biaya Produksi Kaos data peramalan *multiplicative method*

Strategy	**Total cost**	**Persentase Penghematan**
Chase Strategy with underutilization	Rp 169.125.000	10,54 %
Chase Strategy with subcontract	Rp 165.320.000	12,55 %
Workforce level strategy	Rp. 189.065.000	0 %
Optimization with linear programming	Rp 162.995.000	13,78 %

Tabel 4.12 Total Biaya Produksi Kemeja data peramalan *multiplicative method*

Strategy	**Total cost**	**Persentase Penghematan**
Chase Strategy with underutilization	Rp 574.500.000	15,25 %
Chase Strategy with subcontract	Rp 556.650.000	17,88 %

Workforce level strategy	Rp 677.877.500	0 %
Optimization with linear programming	Rp 554.767.500	18,18 %

Perencanaan produksi mengunakan data peramalan *multiplicative method* dinilai lebih baik karena data peramalan *multiplicative method* memiliki nilai MAD, MAPE, MSD yang lebih kecil dari data peramalan *double exponential method* sehingga data peramalan *multiplicative method* dinilai lebih akurat dalam menggambarkan peramalan permintaan tahun 2020. Data yang lebih akurat membuat perencanaan produksi yang dibuat lebih baik.

Pemilihan strategi *workforce level* tidak bisa dipilih dan dilaksanakan karena memiliki biaya yang tinggi dalam produksinya meskipun minim memiliki permasalahan pemecatan tenaga kerja. Biaya yang tinggi diakibatkan banyak produksi yang tidak bisa dicukupi tenaga produksi yang konstan sehingga kelebihan permintaan dialihkan ke *subcontract* yang memiliki biaya lebih tinggi.

Keputusan untuk melakukan pengalihan permintaan ke produsen lain dirasa lebih baik dilakukan untuk jumlah permintaan yang melebihi kapasitas produksi. Terlihat dari data perencanaan strategi *chase with underutilization* memiliki biaya yang lebih tinggi dibanding strategi *chase with subcontract*. Dalam perencanaan yang dioptimalisasi dengan *linear programming* juga dilihat pola serupa. Dimana kelebihan

permintaan yang melebihi kapasitas produksi dialihkan ke *subcontract* karena berbiaya lebih rendah dibandingkan dengan mengabaikan permintaan. Dapat dipastikan bahwa biaya *underutilization* atau order tertolak memiliki biaya yang tinggi sehingga lebih baik dihindari dengan menerima semua order dan memilih subcontract jika terdapat permintaan yang melebihi kapasitas produksi.

Perencanaan produksi dengan strategi yang dioptimalisasi dengan *linear programming* memiliki fluktuasi tenaga kerja yang tinggi karena mengikuti data peramalan *multiplicative method* yang naik-turun juga. Hal ini tentu mengakibatkan permasalahan dalam pemecatan tenaga kerja karena membuat tidak adanya kepastian kerja tiap bulannya sementara penggunaan strategi *workforce level* tidak memiliki permasalahan tersebut. Permasalahan tenaga kerja baiknya diselesaikan lewat skema pemberian kompensasi pesangon yang baik sehingga tidak ada kesan buruk terhadap perusahaan dan pekerja dapat kembali bekerja juga begitu dibutuhkan lagi tenaganya.

Pemilihan perencanaan produksi dengan strategi yang dioptimalisasi dengan *linear programming* akan memberikan penghematan biaya yang signifikan dibandingkan dengan strategi yang digunakan sekarang dalam produksi yaitu *workforce level strategy*. Penghematan yang didapat sejumlah Rp. 26.070.000 atau 13,78 % lebih hemat pada produksi kaos dan Rp. 123.245.000 atau 18,18 % lebih hemat pada produksi kemeja. Biaya yang teralihkan ke *subcontract* yang cukup banyak di *workforce level strategy* akan ditekan dalam strategi yang dioptimalisasi dengan *linear programming*

sehingga didapatkan biaya produksi yang lebih kecil dengan jumlah produksi yang sama.

Perencanaan produksi dengan strategi yang dioptimalisasi dengan *linear programming* sangat disarankan untuk diaplikasikan dalam perencanaan produksi kaos dan kemeja di perusahaan konveksi ini karena memiliki biaya produksi yang rendah dan dapat mencukupi permintaan sepanjang tahun dengan baik. Aplikasi perencanaan produksi dengan strategi yang dioptimalisasi dengan *linear programming* perlu sedikit modifikasi dalam pemanfaatan tenaga kerja yang diputus hubungan kerjanya agar dapat mudah kembali saat dibutuhkan tenaga kerjanya.

BAB V
KESIMPULAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diberikan dari penulisan ini adalah:

1. Peramalan yang didapatkan dengan *multiplicative method* memiliki angka MAD, MAPE, MSD yang lebih kecil pada produksi kaos memiliki MAPE 35, MAD senilai 521 dan MSD 438374, dan hasil pada kemeja memiliki MAPE 44, MAD senilai 542, dan MSD 448674 sehingga lebih baik dan akurat datanya dibanding peramalan dengan *double exponential method* yang memiliki angka pada kaos MAPE 60, MAD senilai 829, dan MSD 984707, dan hasil forecasting kemeja memilki MAPE 54, MAD 685, dan MSD senilai 744829.
2. Hasil biaya perencanaan produksi pada kaos dengan *chase strategy with underutilization* Rp. 169.125.000, *chase strategy with subcontract* Rp.163.820.000, *workforce level strategy* Rp.189.065.000; *linear programming* Rp. 162.995.000. Perencanaan produksi pada kemeja didapatkan hasil untuk *chase strategy with underutilization* Rp. 574.500.000, *chase strategy with subcontract* Rp.555.150.000, *workforce level strategy* Rp.677.877.500, *linear programming* Rp. 554.632.500. Perencanaan produksi strategi *optimization with linear programming* memiliki biaya terendah pada produksi kaos dan kemeja, penggunaan strategi tersebut dapat menghemat pembiayaan dari

strategi yang sebelumnya dipakai yaitu *workforce level* sejumlah Rp. 26.070.000 pada produksi kaos dan Rp. 123.245.000 pada produksi kemeja.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penulisan ini adalah:

1. Pengumpulan data historis permintaan produksi kaos dan kemeja perlu dilakukan sebagai penunjang untuk mendapatkan peramalan yang lebih akurat kedepannya, semakin banyak data historis semakin baik peramalannya dan juga memberikan perencanaan produksi yang lebih baik.
2. Perencanaan produksi kaos dan kemeja baiknya diganti dengan *optimatization with linear programming* untuk mendapatkan biaya yang minimum.

Daftar Acuan

Budianto, M. 2013. “Penerapan integer linier *programming* pada produksi sprei konveksi xyz di surabaya”. Jurnal ilmiah mahasiswa universitas ubaya vol. 2 no.1

Buxey, G. 2005. “Aggregate planning for seasonal demand: reconciling theory with practice.” International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25 Iss 11 pp. 1083 - 1100

Cachon, G., and Christian, T. 2013. “Matching supply with demand: an introduction to operations management, third edition.” McGraw-Hill Irwin. New York

Chopra, S., and Meindl, P. 2007. “Supply Chain Management: *Strategy*, Planning, & Operations, 3th Edition”, New Jersey, Prentice Hall.

Daft, R.L. 2010. “Organization Theory and Design, Tenth Edition.” Cengage Learning

Hanke, J and Wichen, D.W. 2013. “Business Forecasting Eight Edition.” New Jersey: Pearson

Hartono, A., Dwijana, D. and Handiwidjojo, W., 2015. “Perbandingan Metode Single Exponential Smoothing Dan Metode Exponential Smoothing Adjusted For Trend (Holt’s Method) Untuk Meramalkan Penjualan. Studi Kasus: Toko Onderdil Mobil “Prodi, Purwodadi”.” *Jurnal Eksplorasi Karya Sistem Informasi dan Sains*, *5*(1).

Hendikawati, P. 2015. "*Peramalan Data Runtun Waktu: Metode dan Aplikasinya dengan Minitab & Eviews*." Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Jacobs, F. Robert., *et al.*, 2009. "Operations and Supply Chain Management. Edisi Keduabelas." New York: McGraw-Hill.

Mahardhika, A.D. and Susanto, N., 2017. "Peramalan Perencanaan Produksi Terak Dengan Metode Exponential Smoothing with Trend Pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk." *Industrial Engineering Online Journal*, *6*(1).

Mansyur. dan Rohadi, E. 2015. "Sistem Informasi Peramalan Stok Barang di CV. Annora Asia Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing." *Jurnal Informatika Polinoma 2*(1), 45-49.

Maxmonroe. 2019. "Manajemen operasional. Max Monroe. Diambil kembali dari maxmanroe" https://www.maxmanroe.com/vid/manajemen/pengertian-manajemen-operasional.html

Nugraha, K. 2018. "*Penerapan Metode Peramalan Untuk Menyusun Perencanaan Produksi Pada Konveksi Abye Graffindo."* [Skripsi] Perpustakaan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Unpas Bandung.

Rosalina, E. 2015. "Metode Peramalan Holt-Winter untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung" Perpustakaan, Kampus Bina Widya, Pekanbaru.

Rufaidah, A., dan Muhammad, A.E., 2019. “Perbandingan Peramalan Dengan Metode Eksponensial Smoothing dan Winter Multiplicative Seasonality pada Data Penjualan Songkok Nasional UMKM di Kabupaten Gresik.” Jurnal Matematika Vol.18 No.1 Mei 2019

Schroeder, R.G. 2007. “Operations management.” McGraw-Hill irwin. New York.

Sinaga, Y.N. 2018. “Penerapan manajemen operasional untuk reduksi biaya operasional” [SKRISPSI]. FTI ITS

Stevenson, W.J. 2015. “Operations Management, Twelth Edition.” McGraw-Hill and Education. enn plaza, New York.

Taylor III, B. W. 2005. “*Introduction to Management Science. 8th Edition*.” New Jersey: Prentice Hall.

Thionita, V. 2019. “Manajemen operasional. Finansialku.” Diambil kembali dari finansialku https://www.finansialku.com/manajemen-operasional/

Lampiran 1. Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*.

Chase Strategy-Underutilization

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	4.013	5	4.375	-	13.125.000	250.000	-		-	13.375.000
Feb-20	4.310	5	4.375	-	13.125.000	-	-		-	13.125.000
Mar-20	4.608	6	5.250	-	15.750.000	250.000	-		-	16.000.000
Apr-20	4.905	6	5.250	-	15.750.000	-	-		-	15.750.000
Mei-20	5.203	6	5.250	-	15.750.000	-	-		-	15.750.000
Jun-20	5.500	7	6.125	-	18.375.000	250.000	-		-	18.625.000
Jul-20	5.798	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
Agu-20	6.095	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
Sep-20	6.393	8	7.000	-	21.000.000	250.000	-		-	21.250.000
Okt-20	6.691	8	7.000	-	21.000.000	-	-		-	21.000.000
Nov-20	6.988	8	7.000	-	21.000.000	-	-		-	21.000.000
Des-20	7.286	9	7.875	-	23.625.000	250.000	-		-	23.875.000
Total Biaya										**216.500.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Chase Strategy-Subcontract.*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	4.013	4	3.500	513	10.500.000	-	-		2.565.000	13.065.000
Feb-20	4.310	4	3.500	810	10.500.000	-	-		4.050.000	14.550.000
Mar-20	4.608	5	4.375	233	13.125.000	250.000	-		1.165.000	14.540.000
Apr-20	4.905	5	4.375	530	13.125.000	-	-		2.650.000	15.775.000
Mei-20	5.203	5	4.375	828	13.125.000	-	-		4.140.000	17.265.000
Jun-20	5.500	6	5.250	250	15.750.000	250.000	-		1.250.000	17.250.000
Jul-20	5.798	6	5.250	548	15.750.000	-	-		2.740.000	18.490.000
Agu-20	6.095	6	5.250	845	15.750.000	-	-		4.225.000	19.975.000
Sep-20	6.393	7	6.125	268	18.375.000	250.000	-		1.340.000	19.965.000
Okt-20	6.691	7	6.125	566	18.375.000	-	-		2.830.000	21.205.000
Nov-20	6.988	7	6.125	863	18.375.000	-	-		4.315.000	22.690.000
Des-20	7.286	8	7.000	286	21.000.000	250.000	-		1.430.000	22.680.000
Total Biaya										**217.450.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Workforce Level Strategy*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	4.013	4	3.500	513	10.500.000	-	-		2.565.000	13.065.000
Feb-20	4.310	4	3.500	810	10.500.000	-	-		4.050.000	14.550.000
Mar-20	4.608	4	3.500	1.108	10.500.000	-	-		5.540.000	16.040.000
Apr-20	4.905	4	3.500	1.405	10.500.000	-	-		7.025.000	17.525.000
Mei-20	5.203	4	3.500	1.703	10.500.000	-	-		8.515.000	19.015.000
Jun-20	5.500	4	3.500	2.000	10.500.000	-	-		10.000.000	20.500.000
Jul-20	5.798	4	3.500	2.298	10.500.000	-	-		11.490.000	21.990.000
Agu-20	6.095	4	3.500	2.595	10.500.000	-	-		12.975.000	23.475.000
Sep-20	6.393	4	3.500	2.893	10.500.000	-	-		14.465.000	24.965.000
Okt-20	6.691	4	3.500	3.191	10.500.000	-	-		15.955.000	26.455.000
Nov-20	6.988	4	3.500	3.488	10.500.000	-	-		17.440.000	27.940.000
Des-20	7.286	4	3.500	3.786	10.500.000	-	-		18.930.000	29.430.000
Total Biaya										**254.950.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Optimatization-Linear Programming*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	4.013	4	3.500	513	10.500.000	-	-		2.565.000	13.065.000
Feb-20	4.310	5	4.375	-	13.125.000	250.000	-		-	13.375.000
Mar-20	4.608	5	4.375	233	13.125.000	-	-		1.165.000	14.290.000
Apr-20	4.905	6	5.250	-	15.750.000	250.000	-		-	16.000.000
Mei-20	5.203	6	5.250	-	15.750.000	-	-		-	15.750.000
Jun-20	5.500	6	5.250	250	15.750.000	-	-		1.250.000	17.000.000
Jul-20	5.798	7	6.125	-	18.375.000	250.000	-		-	18.625.000
Agu-20	6.095	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
Sep-20	6.393	7	6.125	268	18.375.000	-	-		1.340.000	19.715.000
Okt-20	6.691	8	7.000	-	21.000.000	250.000	-		-	21.250.000
Nov-20	6.988	8	7.000	-	21.000.000	-	-		-	21.000.000
Des-20	7.286	8	7.000	286	21.000.000	-	-		1.430.000	22.430.000
Total Biaya										**210.875.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Chase Strategy-Underutilization*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	4.584	16	4.800	-	57.600.000	1.000.000	-		-	58.600.000
Feb-20	5.048	17	5.100	-	61.200.000	250.000	-		-	61.450.000
Mar-20	5.512	19	5.700	-	68.400.000	500.000	-		-	68.900.000
Apr-20	5.975	20	6.000	-	72.000.000	250.000	-		-	72.250.000
Mei-20	6.439	22	6.600	-	79.200.000	500.000	-		-	79.700.000
Jun-20	6.903	24	7.200	-	86.400.000	500.000	-		-	86.900.000
Jul-20	7.366	25	7.500	-	90.000.000	250.000	-		-	90.250.000
Agu-20	7.830	27	8.100	-	97.200.000	500.000	-		-	97.700.000
Sep-20	8.294	28	8.400	-	100.800.000	250.000	-		-	101.050.000
Okt-20	8.757	30	9.000	-	108.000.000	500.000	-		-	108.500.000
Nov-20	9.221	31	9.300	-	111.600.000	250.000	-		-	111.850.000
Des-20	9.685	33	9.900	-	118.800.000	500.000	-		-	119.300.000
Total Biaya										**1.056.450.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Chase Strategy-Subcontract*.

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	4.584	15	4.500	84	54.000.000	750.000	-		1.470.000	56.220.000
Feb-20	5.048	16	4.800	248	57.600.000	250.000	-		4.340.000	62.190.000
Mar-20	5.512	18	5.400	112	64.800.000	500.000	-		1.960.000	67.260.000
Apr-20	5.975	19	5.700	275	68.400.000	250.000	-		4.812.500	73.462.500
Mei-20	6.439	21	6.300	139	75.600.000	500.000	-		2.432.500	78.532.500
Jun-20	6.903	23	6.900	3	82.800.000	500.000	-		52.500	83.352.500
Jul-20	7.366	24	7.200	166	86.400.000	250.000	-		2.905.000	89.555.000
Agu-20	7.830	26	7.800	30	93.600.000	500.000	-		525.000	94.625.000
Sep-20	8.294	27	8.100	194	97.200.000	250.000	-		3.395.000	100.845.000
Okt-20	8.757	29	8.700	57	104.400.000	500.000	-		997.500	105.897.500
Nov-20	9.221	30	9.000	221	108.000.000	250.000	-		3.867.500	112.117.500
Des-20	9.685	32	9.600	85	115.200.000	500.000	-		1.487.500	117.187.500
Total Biaya										**1.041.245.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Workforce Level Strategy*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	4.584	12	3.600	984	43.200.000	-	-		17.220.000	60.420.000
Feb-20	5.048	12	3.600	1.448	43.200.000	-	-		25.340.000	68.540.000
Mar-20	5.512	12	3.600	1.912	43.200.000	-	-		33.460.000	76.660.000
Apr-20	5.975	12	3.600	2.375	43.200.000	-	-		41.562.500	84.762.500
Mei-20	6.439	12	3.600	2.839	43.200.000	-	-		49.682.500	92.882.500
Jun-20	6.903	12	3.600	3.303	43.200.000	-	-		57.802.500	101.002.500
Jul-20	7.366	12	3.600	3.766	43.200.000	-	-		65.905.000	109.105.000
Agu-20	7.830	12	3.600	4.230	43.200.000	-	-		74.025.000	117.225.000
Sep-20	8.294	12	3.600	4.694	43.200.000	-	-		82.145.000	125.345.000
Okt-20	8.757	12	3.600	5.157	43.200.000	-	-		90.247.500	133.447.500
Nov-20	9.221	12	3.600	5.621	43.200.000	-	-		98.367.500	141.567.500
Des-20	9.685	12	3.600	6.085	43.200.000	-	-		106.487.500	149.687.500
Total Biaya										**1.260.645.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Double Exponential Method*: *Optimatization-Linear Programming*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	4.584	15	4.500	84	54.000.000	750.000	-		1.470.000	56.220.000
Feb-20	5.048	17	5.100	-	61.200.000	500.000	-		-	61.700.000
Mar-20	5.512	18	5.400	112	64.800.000	250.000	-		1.960.000	67.010.000
Apr-20	5.975	20	6.000	-	72.000.000	500.000	-		-	72.500.000
Mei-20	6.439	21	6.300	139	75.600.000	250.000	-		2.432.500	78.282.500
Jun-20	6.903	23	6.900	3	82.800.000	500.000	-		52.500	83.352.500
Jul-20	7.366	24	7.200	166	86.400.000	250.000	-		2.905.000	89.555.000
Agu-20	7.830	26	7.800	30	93.600.000	500.000	-		525.000	94.625.000
Sep-20	8.294	27	8.100	194	97.200.000	250.000	-		3.395.000	100.845.000
Okt-20	8.757	29	8.700	57	104.400.000	500.000	-		997.500	105.897.500
Nov-20	9.221	31	9.300	-	111.600.000	500.000	-		-	112.100.000
Des-20	9.685	32	9.600	85	115.200.000	250.000	-		1.487.500	116.937.500
Total Biaya										**1.039.025.000**

Lampiran 2. Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method*: *Chase Strategy-Underutilization*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	1.712	2	1.750	-	5.250.000	-	1.000.000		-	6.250.000
Feb-20	2.143	3	2.625	-	7.875.000	250.000	-		-	8.125.000
Mar-20	3.826	5	4.375	-	13.125.000	500.000	-		-	13.625.000
Apr-20	2.821	4	3.500	-	10.500.000	-	500.000		-	11.000.000
Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Jun-20	2.859	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Jul-20	4.009	5	4.375	-	13.125.000	250.000	-		-	13.375.000
Agu-20	5.812	7	6.125	-	18.375.000	500.000	-		-	18.875.000
Sep-20	5.679	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
Okt-20	6.800	8	7.000	-	21.000.000	250.000	-		-	21.250.000
Nov-20	5.651	7	6.125	-	18.375.000	-	500.000		-	18.875.000
Des-20	5.336	7	6.125	-	18.375.000	-	-		-	18.375.000
Total Biaya										**169.125.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method*: *Chase Strategy-Subcontract*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	1.712	1	875	837	2.625.000	-	1.500.000		4.185.000	8.310.000
Feb-20	2.143	2	1.750	393	5.250.000	250.000	-		1.965.000	7.465.000
Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	500.000	-		1.630.000	12.630.000
Apr-20	2.821	3	2.625	196	7.875.000	-	500.000		980.000	9.355.000
Mei-20	3.416	3	2.625	791	7.875.000	-	-		3.955.000	11.830.000
Jun-20	2.859	3	2.625	234	7.875.000	-	-		1.170.000	9.045.000
Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	250.000	-		2.545.000	13.295.000
Agu-20	5.812	6	5.250	562	15.750.000	500.000	-		2.810.000	19.060.000
Sep-20	5.679	6	5.250	429	15.750.000	-	-		2.145.000	17.895.000
Okt-20	6.800	7	6.125	675	18.375.000	250.000	-		3.375.000	22.000.000
Nov-20	5.651	6	5.250	401	15.750.000	-	500.000		2.005.000	18.255.000
Des-20	5.336	6	5.250	86	15.750.000	-	-		430.000	16.180.000
Total Biaya										**165.320.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method*: *Workforce Level Strategy*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	1.712	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Feb-20	2.143	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	-	-		1.630.000	12.130.000
Apr-20	2.821	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Jun-20	2.859	4	3.500	-	10.500.000	-	-		-	10.500.000
Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	-	-		2.545.000	13.045.000
Agu-20	5.812	4	3.500	2.312	10.500.000	-	-		11.560.000	22.060.000
Sep-20	5.679	4	3.500	2.179	10.500.000	-	-		10.895.000	21.395.000
Okt-20	6.800	4	3.500	3.300	10.500.000	-	-		16.500.000	27.000.000
Nov-20	5.651	4	3.500	2.151	10.500.000	-	-		10.755.000	21.255.000
Des-20	5.336	4	3.500	1.836	10.500.000	-	-		9.180.000	19.680.000
Total Biaya										**189.065.000**

Perencanaan Produksi Kaos Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method*: *Optimization-Linear Programming*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		4								
Jan-20	1.712	2	1.750	-	5.250.000	-	1.000.000		-	6.250.000
Feb-20	2.143	2	1.750	393	5.250.000	-	-		1.965.000	7.215.000
Mar-20	3.826	4	3.500	326	10.500.000	500.000	-		1.630.000	12.630.000
Apr-20	2.821	3	2.625	196	7.875.000	-	500.000		980.000	9.355.000
Mei-20	3.416	4	3.500	-	10.500.000	250.000	-		-	10.750.000
Jun-20	2.859	3	2.625	234	7.875.000	-	500.000		1.170.000	9.545.000
Jul-20	4.009	4	3.500	509	10.500.000	250.000	-		2.545.000	13.295.000
Agu-20	5.812	7	6.125	-	18.375.000	750.000	-		-	19.125.000
Sep-20	5.679	6	5.250	429	15.750.000	-	500.000		2.145.000	18.395.000
Okt-20	6.800	8	7.000	-	21.000.000	500.000	-		-	21.500.000
Nov-20	5.651	6	5.250	401	15.750.000	-	1.000.000		2.005.000	18.755.000
Des-20	5.336	6	5.250	86	15.750.000	-	-		430.000	16.180.000
Total Biaya										**162.995.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method: Chase Strategy-Underutilization*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	2.898	10	3.000	-	36.000.000	-	1.000.000		-	37.000.000
Feb-20	1.520	6	1.800	-	21.600.000	-	2.000.000		-	23.600.000
Mar-20	2.347	8	2.400	-	28.800.000	500.000	-		-	29.300.000
Apr-20	1.915	7	2.100	-	25.200.000	-	500.000		-	25.700.000
Mei-20	3.049	11	3.300	-	39.600.000	1.000.000	-		-	40.600.000
Jun-20	1.878	7	2.100	-	25.200.000	-	2.000.000		-	27.200.000
Jul-20	4.284	15	4.500	-	54.000.000	2.000.000	-		-	56.000.000
Agu-20	3.932	14	4.200	-	50.400.000	-	500.000		-	50.900.000
Sep-20	4.278	15	4.500	-	54.000.000	250.000	-		-	54.250.000
Okt-20	6.700	23	6.900	-	82.800.000	2.000.000	-		-	84.800.000
Nov-20	7.025	24	7.200	-	86.400.000	250.000	-		-	86.650.000
Des-20	4.494	15	4.500	-	54.000.000	-	4.500.000		-	58.500.000
Total Biaya										**574.500.000**

Perencanaan Produksi Kemeja Tahun 2020 dengan Data Peramalan *Multiplicative Method*: *Chase Strategy-Subcontract*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	2.898	9	2.700	198	32.400.000	-	1.500.000		3.465.000	37.365.000
Feb-20	1.520	5	1.500	20	18.000.000	-	2.000.000		350.000	20.350.000
Mar-20	2.347	7	2.100	247	25.200.000	500.000	-		4.322.500	30.022.500
Apr-20	1.915	6	1.800	115	21.600.000	-	500.000		2.012.500	24.112.500
Mei-20	3.049	10	3.000	49	36.000.000	1.000.000	-		857.500	37.857.500
Jun-20	1.878	6	1.800	78	21.600.000	-	2.000.000		1.365.000	24.965.000
Jul-20	4.284	14	4.200	84	50.400.000	2.000.000	-		1.470.000	53.870.000
Agu-20	3.932	13	3.900	32	46.800.000	-	500.000		560.000	47.860.000
Sep-20	4.278	14	4.200	78	50.400.000	250.000	-		1.365.000	52.015.000
Okt-20	6.700	22	6.600	100	79.200.000	2.000.000	-		1.750.000	82.950.000
Nov-20	7.025	23	6.900	125	82.800.000	250.000	-		2.187.500	85.237.500
Des-20	4.494	14	4.200	294	50.400.000	-	4.500.000		5.145.000	60.045.000
Total Biaya										**556.650.000**

Perencanaan produksi kemeja tahun 2020 dengan data peramalan *multiplicative method*: *Workforce Level strategy*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	2.898	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Feb-20	1.520	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Mar-20	2.347	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Apr-20	1.915	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Mei-20	3.049	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Jun-20	1.878	12	3.600	-	43.200.000	-	-		-	43.200.000
Jul-20	4.284	12	3.600	684	43.200.000	-	-		11.970.000	55.170.000
Agu-20	3.932	12	3.600	332	43.200.000	-	-		5.810.000	49.010.000
Sep-20	4.278	12	3.600	678	43.200.000	-	-		11.865.000	55.065.000
Okt-20	6.700	12	3.600	3.100	43.200.000	-	-		54.250.000	97.450.000
Nov-20	7.025	12	3.600	3.425	43.200.000	-	-		59.937.500	103.137.500
Des-20	4.494	12	3.600	894	43.200.000	-	-		15.645.000	58.845.000
Total Biaya										**677.877.500**

Perencanaan produksi kemeja tahun 2020 dengan data peramalan *multiplicative method*: *Optimization-linear programming*

Periode	Permintaan	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Reguler	Kapasitas Subkontrak	Total Biaya Pegawai	Total Biaya Rekrutmen	Total Biaya PHK	Total Biaya Order Tertolak	Total Biaya Subkontrak	Subtotal Biaya
Des-19		12								
Jan-20	2.898	10	3.000	-	36.000.000	-	1.000.000		-	37.000.000
Feb-20	1.520	5	1.500	20	18.000.000	-	2.500.000		350.000	20.850.000
Mar-20	2.347	8	2.400	-	28.800.000	750.000	-		-	29.550.000
Apr-20	1.915	6	1.800	115	21.600.000	-	1.000.000		2.012.500	24.612.500
Mei-20	3.049	10	3.000	49	36.000.000	1.000.000	-		857.500	37.857.500
Jun-20	1.878	6	1.800	78	21.600.000	-	2.000.000		1.365.000	24.965.000
Jul-20	4.284	14	4.200	84	50.400.000	2.000.000	-		1.470.000	53.870.000
Agu-20	3.932	13	3.900	32	46.800.000	-	500.000		560.000	47.860.000
Sep-20	4.278	14	4.200	78	50.400.000	250.000	-		1.365.000	52.015.000
Okt-20	6.700	22	6.600	100	79.200.000	2.000.000	-		1.750.000	82.950.000
Nov-20	7.025	23	6.900	125	82.800.000	250.000	-		2.187.500	85.237.500
Des-20	4.494	15	4.500	-	54.000.000	-	4.000.000		-	58.000.000
Total Biaya										**554.767.500**

BIOGRAFI PENULIS

Firdaus Nurfauzan Nurmianto, lahir pada 13 Oktober 1994 di kota Surabaya, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Surabaya, SD Muhammadiyah 4 Surabaya, SMP Negeri 19 Surabaya, SMA Negeri 16 Surabaya, selanjutnya penulis masuk menjadi mahasiswa program sarjana Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2013, dan terdaftar dengan NRP. 02111340000153. Selama menjalani masa perkulihaan, penulis juga aktif terlibat dalam kegiatan kemahasiswaan seperti Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Merpati Maintenance Facility Surabaya.