

TESIS**PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT KUBAH
MASJID *STAINLESS STEEL* DI PT MUSTAKA MULTI
TEHNIK PATI DENGAN METODE PROGRAM
LINEAR SAMAR (*FUZZY LINEAR PROGRAMMING*)****HARIMANTO**
07916067**PROGRAM PASCA SARJANA
MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT KUBAH MASJID STAINLESS
STEEL DI PT MUSTAKA MULTI TEHNIK PATI DENGAN METODE
PROGRAM LINIER SAMAR (FUZZY LINIER PROGRAMMING)**

TESIS

Disusun Oleh:

**HARIMANTO
07916067**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji

Yogyakarta, 05 April 2018

Tim Penguji

(Dr. Farham HM Saleh, MSIE.)

Ketua

.....

(Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T)

Anggota I

.....

(Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc)

Anggota II

.....

Mengetahui,
Ketua Program Pascasarjana
Fakultas Teknologi Industri

Dr. R. Teduh Dirgahayu, ST.,M.Sc.

NIP. 985240101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : HARIMANTO

NIM : 07916067

Judul Tesis : PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT KUBAH

MASJID STAINLESS STEEL DI PT MUSTAKA

MULTI TEHNIK PATI DENGAN METODE PROGRAM

LINIER SAMAR (FUZZY LINIER PROGRAMMING)

” Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tesis ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Tesis ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Indonesia. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun”.

Yogyakarta, 5 April 2018

Yang membuat pernyataan,

HARIMANTO

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada kita semua khususnya kepada kami, sehingga Tesis ini akhirnya dapat diselesaikan oleh penulis. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, antara lain :

1. Bapak Dr. R. Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc. , selaku Ketua Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. Farham HM Saleh, MSIE dan Bapak Ir. Agus Mansur, M.Eng.Sc. , selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo dan Bapak Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. , selaku penguji sidang pendadaran dan Bapak Drs. Ir. Faisal RM, MSIE. Ph.D , selaku penguji seminar proposal tesis.
4. Dosen Magister Teknik Industri FTI UII Yogyakarta dan seluruh staff.
5. Bapak Sugiharto, S.P. , selaku Direktur PT Mustaka Multi Tehnik Pati Jawa Tengah dan seluruh Staff dan Karyawan.
6. Teman-teman kuliah: Mbak Vembri, Mbak Ita, Mas Sugarindra, Mas Nandang, Mas Arif N, dll.

Dan terutama ucapan terimakasih kepada keluarga, saudara, dan teman atas doa dan dukungannya. Akhirnya penulis mohon maaf atas segala kekurangan dalam penulisan Tesis ini dan akhirnya semoga bermanfaat bagi pembaca yang budiman.

Yogyakarta, April 2018

Penulis

MOTTO

" The Live is an Activity , The Activity is an Adjusment, The
Adjusment is an Decision, The Decision is an Alternatif, And than "

The Live is an Alternatif ' "

ABSTRAK

Saat ini perencanaan produksi Kubah Stainless Steel yang dilakukan oleh PT Mustaka Multi Teknik hanya didasarkan pada permintaan dan jumlah stok. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan perencanaan produksi agregat dengan total biaya minimal dan untuk menentukan perencanaan jumlah produk, jumlah bahan baku, jumlah inventori, jumlah jam kerja reguler, jumlah jam overtime, dan jumlah subkontrak.

Penelitian dilakukan dibagian proses produksi PT Mustaka Multi Teknik Pati, yaitu perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan kubah masjid. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer yang diperoleh langsung dari hasil observasi di lapangan. Metode yang digunakan untuk mengetahui produksi optimal setelah dilakukannya peramalan adalah pemrograman linier fuzzy (*Fuzzy Linnear Programming/FLP*)

Hasil analisis menunjukkan bahwa solusi optimal diperoleh dari hasil analisis FLP adalah dengan memproduksi sebanyak 71 unit X1, 55 unit X2, 46 unit X3, dan 34 unit X4 dalam satu bulan sehingga laba perusahaan menjadi Rp 19.653.580,00. Untuk penggunaan materialnya adalah dari Bahan A sebanyak 316,8 dan dari Bahan B sebanyak 132.73; sedangkan total waktu dibutuhkan untuk produksi sebesar 276,84 jam.

Kata Kunci : *Fuzzy Linnear Programming/FLP*, perencanaan produksi, Kubah *Stainless Steel*

ABSTRACT

Currently the production planning of Stainless Steel Dome by PT Mustaka Multi Teknik is based only on demand and stock quantity. The aim of this study was to determine aggregate production planning with minimum total cost and to determine the number of product planning, the amount of raw material, inventory amount, the number of regular working hours, the number of overtime hours, and the number of subcontracts.

The research was conducted in the production process of PT Mustaka Multi Teknik Pati, which is a company engaged in making the mosque dome . The data used in the research is primary data obtained directly from the observation in the field. The method used to determine optimal production after the forecasting is Fuzzy Linnear Programming (FLP).

The results of the analysis show that the optimal solution obtained from FLP analysis is to produce 71 units of X1, 55 units X2, 46 units X3, and 34 units X4 in one month so that the company's profit becomes Rp 19.653.580,00. For material use is from Material A of 316.8 and from Material B of 132.73; while the total time required for production is 276.84 hours.

Keywords: *Fuzzy Linnear Programming, Production Planning, & Stainless Steel Dome*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Kajian Penelitian Sebelumnya	
2.2. Landasan Teori	11
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Kerangka Pemikiran Konseptual	44
3.2 Obyek Penelitian	45
3.3. Jenis dan Metode Pengumpulan Data	45
3.4. Teknik Pengolahan Data dan Analisa Data	48

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian 55

4.2. Pembahasan 67

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan 69

5.2. Saran 70

DAFTAR PUSTAKA 71

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penggunaan prakiraan untuk peramalan permintaan dalam sub sistem produksi operasi (Assauri, 2004)	14
Gambar 2.2. Pola Data Peramalan	18
Gambar 2.3. Bill of Material	25
Gambar 2.4. Ruang Lingkup Agregat Planning	30
Gambar 2.5. Fungsi Keanggotaan Fuzzy	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penjualan Kubah Masjid Stainles Steel	4
Tabel 2.1 Data model Linier Programming	34
Tabel 4.1 Data penjualan kubah tahun 2016 - 2017	58
Tabel 4.2 Hasil peramalan produk	59
Tabel 4.3. Kebutuhan bahan baku stealess steel jenis A	59
Tabel 4.4 Kebutuhan bahan baku setelah permalan	60
Tabel 4.5. Biaya over head	61

DAFTAR RUMUS

Rumus 1. Metode Weight Moving Avarage	19
Rumus 2. Mean Absolute Deviation	20
Rumus 3. Exponential Smoothing	20
Rumus 4. Regresi Populasi Linier	22
Rumus 5. Regresi Linier	22
Rumus 6. Koefisien a pada Regresi Linier	22
Rumus 7. Koefisien b pada Regresi Linier	22
Rumus 8. Mean Absolute Deviation	23
Rumus 9. Mean Square Error	23
Rumus 10. Bias	23
Rumus 11. Mutil Corelation Coefisien R^2	23
Rumus 12. Fungsi Tujuan	35
Rumus 13. Fungsi Batasan	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Output Minitab

Lampiran 2. Lampiran 2. Output QSB

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Persaingan global yang meliputi berbagai kondisi aspek ekonomi, sosial, budaya maupun dari aspek lainnya telah menyebabkan terjadinya interaksi dan kompetisi antar masyarakat di dunia saat ini. Termasuk juga perusahaan berskala nasional yang tidak bisa lepas dari persaingan tersebut, pengaruh perkembangan berbagai kemajuan dalam perbaikan, iklim investasi, infrastruktur, produktifitas dan daya saing (sisi penawaran) dalam negeri. Periode di Tahun 2015-2016 ini misalnya, dunia industri di Indonesia khususnya sedang dihadapkan dampak pengaruh nilai mata uang dollar yang tinggi dan harga minyak dunia yang naik turun terlalu ekstrim.

Dampak tersebut menuntut perusahaan dituntut untuk melakukan membuat kebijakan yang mengarah peningkatan produktivitas dalam hal 15 perencanaan produksi, pembelian bahan baku , pengadaan mesin, pengajian karyawan dan penyesuaian harga jual produk. Dengan antisipasi secara tepat dan cepat, maka perusahaan tersebut dapat tetap bertahan serta mengembangkan potensinya dalam menghadapi persaingan.

Setiap perusahaan atau organisasi memiliki keterbatasan atas sumber dayanya, baik keterbatasan dalam jumlah bahan baku, mesin dan peralatan, ruang, tenaga kerja, jam-kerja, maupun modal. Dengan keterbatasan ini, perusahaan

perlu merencanakan strategi yang dapat mengoptimalkan hasil yang ingin dicapai, baik itu berupa keuntungan maksimal atau biaya minimal. Berbagai macam teknik telah ditemukan untuk tujuan itu, salah satu diantaranya program linear (Eddy Herjanto, 2007).

Parameter-parameter pada masalah produksi adalah biaya, nilai permintaan (*demand*), dan nilai persediaan (*supply*). Namun, parameter-parameter ini tidak selalu diketahui, stabil dan pasti karena ketidakpastian inilah muncul istilah fuzzy, sehingga untuk mendapatkan solusi dari permasalahan ini, penulis menggunakan operasi himpunan fuzzy. Masalah program linear kerap muncul dalam masalah pengambilan keputusan. Namun, model program linear tidak mampu menyelesaikan kasus-kasus pemrograman linear yang memiliki lebih dari satu tujuan yang hendak dicapai. Sehingga, diperlukan membuat kumpulan tujuan yang dapat menghasilkan solusi yang dapat diterima dan mampu meminimalkan yang selanjutnya akan kita kenal dengan *goal programming*.

Penelitian dengan tema perencanaan produksi dilakukan antara lain untuk menentukan perencanaan produksi dengan biaya minimal yang berhubungan dengan jumlah : produk yang akan diproduksi, stok produk, bahan baku, tenaga kerja, dan jam kerja.

Harimanto (2001) menggunakan program linier untuk menentukan perencanaan produksi agregat dengan biaya minimal. Dalam penelitian tersebut dihasilkan perencanaan dan pejadwalan produksi dengan biaya minimal. Kemudian Arifah (2010) menggunakan logika fuzzy untuk menentukan jumlah

produksi dengan memperhatikan faktor : jumlah permintaan, jumlah stok , ketersediaan bahan baku, dan besarnya biaya produksi. Sedangkan penelitian Haryati (2011) menjelaskan tentang aplikasi metode fuzzy untuk meramalkan jumlah permintaan periode selanjutnya berdasarkan data penjualan periode sebelumnya. Penelitian selainya adalah Hariadi (2009) yang juga menggunakan metode fuzzy untuk perencanaan dan penjadwalan produksi. Pada penelitian ada beberapa faktor yang diperhatikan yaitu : bahan baku dan jam kerja, untuk perencanaan dengan *multi product* agar tercapai produksi yang optimal dengan memaksimalkan laba, memenuhi kriteria permintaan, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya.

Dari penelitian yang sudah ada, maka penulis melakukan penelitian mengenai perencanaan produksi agregat dengan menggunakan fuzzy program linier. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencapai perencanaan produksi dengan biaya minimal. Faktor-faktor yang menjadi batasan adalah : jumlah permintaan, kapasitas produksi, over time, inventori, ketersediaan bahan baku, subkontrak, dan ketersediaan bahan baku.

Apabila produk yang dihasilkan melebihi permintaan pasar maka akan mengakibatkan pembengkakan dibidang investasi bahan baku, biaya produksi maupun bahan pendukung yang lain, biaya inventori. Volume produksi yang terlalu sedikit mengakibatkan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pasar sehingga para konsumen berpindah ke produk perusahaan lain. Disamping itu apabila volume produksi yang terlalu kecil, maka akan mengakibatkan harga

pokok produk menjadi tinggi sehingga biaya tetap persatuannya menjadi besar. Harga pokok yang tinggi berarti perusahaan terpaksa menentukan harga jual yang tinggi pula. Harga jual yang tinggi akan menyebabkan pengaruh permintaan dipasaran menjadi berkurang.

Kondisi tersebut juga dialami dalam perencanaan produksi kubah Masjid oleh PT Mustaka Multi Tehnik yang beralamat di Pati Jawa Tengah. Perusahaan ini berdiri sejak tahun 1993 dan mengkhususkan diri sebagai produsen kubah. Salah satu produk kubah masjidnya adalah Kubah Stainless Steel dengan beberapa varian sebagai berikut:

Tabel 1.1 Penjualan Kubah Masjid Stainles Steel

No	Diameter Kubah Stainless Steel (Cm)	Jumlah Penjualan	
		2014	2015
1	50	180	220
2	75	150	186
3	100	100	90
4	125	80	65
	Jumlah	510	561

Saat ini perencanaan produksi Kubah Stainless Steel yang dilakukan oleh PT Mustaka Multi Tehnik hanya didasarkan pada permintaan dan jumlah stok, sedangkan parameter yang belum diperhatikan antara lain yaitu : kapasitas produksi, ketersediaan bahan baku, dan penggunaan tenaga kerja. Sesuai dengan permasalahan di PT PT Mustaka Multi Tehnik tentang terjadinya fluktuasi permintaan serta perencanaan perusahaan yang masih bersifat subjektif,

perencanaan produksi agregat dapat menjadi solusi. Perencanaan agregat dibuat untuk menyesuaikan kemampuan produksi dalam menghadapi permintaan pasar yang tidak pasti dengan mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja dan peralatan produksi yang tersedia sehingga biaya total produksi dapat ditekan seminim mungkin. Kata agregat tersebut menyatakan bahwa perencanaan dibuat pada tingkat kasar untuk memenuhi total kebutuhan semua produk yang akan dihasilkan (bukan per individu produk) dengan menggunakan sumber daya yang berupa kapasitas mesin yang tersedia, jumlah tenaga kerja yang ada, tingkat persediaan yang ditentukan, dan penjadwalannya (Nasution dan Prasetyawan, 2008).

Semakin kompleks parameter yang diperhatikan maka biaya perencanaan produksi agregat akan lebih optimal. Maka penyelesaian model perencanaan produksi agregat ini dapat dilakukan dengan menggunakan Program Linear Samar (*fuzzy linear programming*). Program linear samar (*fuzzy linear programming*) adalah program linear dengan koefisien-koefisien fungsi tujuan (koefisien biaya), konstanta-konstanta sebelah kanan dan koefisien-koefisien teknis dinyatakan dalam bentuk himpunan samar.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dalam penelitian ini berusaha untuk mengetahui bagaimana membuat minimasi biaya perencanaan produksi agregat dengan menggunakan program fuzzy linier programming.

1.3. Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian lebih terfokus, maka masalah dalam penelitian ini diberi batasan-batasan seperti berikut :

1. Penentuan batasan penggunaan data selama satu tahun terakhir.
2. Produk yang diteliti adalah Kubah Stainless Steel Diameter 50 Cm, Kubah Stainless Steel Diameter 75 Cm, Kubah Stainless Steel Diameter 100 Cm, dan Kubah Stainless Steel Diameter 125 Cm.
3. Keluaran dari perencanaan sistim produksi agregat ini adalah jumlah produk, biaya produksi, dan jadwal produksi.
4. Faktor produksi yang digunakan yaitu : bahan baku, mesin-mesin, jumlah tenaga kerja, jumlah permintaan , dan jumlah stok.
5. Waktu proses produksi yang digunakan adalah waktu proses produksi dari produk yang diteliti dalam satu tahun.
6. Pemecahan masalah dengan menggunakan metode program linear samar (*fuzzy linear programming*).

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan perencanaan produksi agregat dengan total biaya minimal.
2. Untuk menentukan perencanaan jumlah produk, jumlah bahan baku, jumlah inventori, jumlah jam kerja reguler, jumlah jam overtime, dan jumlah subkontrak.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini oleh perusahaan dapat dijadikan sebagai bahan untuk mengoptimalkan faktor-faktor produksi atau sumber daya yang ada, sehingga dapat memenuhi tujuan perusahaan secara optimal, serta dapat meningkatkan produktifitas dan efektivitas perusahaan secara berkelanjutan untuk menuju manajemen perusahaan yang mampu bersaing secara kompetitif di lingkungan globalisasi.
2. Penelitian ini bagi peneliti sendiri dapat memberikan pengetahuan dari dunia nyata di luar kampus mengenai perusahaan dan beberapa permasalahannya serta dapat dijadikan sebagai sarana pemecahan masalah dengan pendekatan dari ilmu yang telah diperoleh di perkuliahan Magister Teknik Industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Penelitian Sebelumnya

Akbar (2013) melakukan penelitian dengan judul Perencanaan Produksi Agregat dan Kebutuhan Bahan Baku Kertas Pada PT. Akcaya Pariwara. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pemesanan bahan baku kertas pada PT. Akcaya Pariwara dengan menggunakan perencanaan produksi agregat. Metode penelitian yang digunakan adalah *Forecasting* dan *Linear Programming*.

Hasil pengolahan dan analisis data menunjukkan bahwa berdasarkan data historis permintaan surat kabar pada bulan Januari 2009- Desember 2011, maka pola data yang dihasilkan membentuk pola *trend* dan musiman (*seasonal*). Hasil perencanaan produksi agregat digunakan sebagai jadwal induk produksi untuk periode Januari – Desember 2012 dengan hasil sebesar 3428572 eksemplar. Metode terbaik yang digunakan untuk bahan baku kertas surat kabar Pontianak Post, Kapuas Post, dan Kun Dian Ri Bao adalah *lot for lot*.

Suseno dan Al-Faritsy (2014) melakukan penelitian dengan judul Aplikasi *Fuzzy Linear Programming (FLP)* dan Simulasi Arena 10.0 untuk Mengoptimalkan *Production Planning*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan produksi untuk memperoleh laba maksimum. Metodologi penelitian yang diterapkan pada kasus ini adalah hasil perhitungan optimasi menggunakan

Linear Programming (LP) dan *Fuzzy Linear Programming* (FLP) diperoleh laba maksimum.

Hasil analisis menunjukkan bahwa laba maksimum dari kedua metode tersebut dibandingkan dan dipilih yang terbesar untuk dijadikan masukkan dalam running simulasi menggunakan ARENA 10, apakah rencana produksi yang dihasilkan layak untuk dijalankan di lantai produksi atau tidak. Model optimal perencanaan produksi dengan model FLP produksi untuk tiang listrik sebanyak 242 unit.

Cahaya N dkk (2014) melakukan penelitian dengan judul Perencanaan Produksi Keripik Kentang Menggunakan Metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) (Studi Kasus di UKM Agronas Gizi Food Kota Batu). Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perencanaan produksi pada UKM Agronas Gizi Food menggunakan metode *Fuzzy Linear Programming*.

Perencanaan produksi diawali dengan melakukan peramalan permintaan kemudian dilanjutkan dengan membentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah memaksimalkan keuntungan dengan 3 fungsi kendala yaitu kendala kapasitas produksi, kendala jam kerja dan kendala permintaan. Penyelesaian model optimasi dilakukan menggunakan metode simpleks dengan bantuan *software* LINDO sedangkan peramalan permintaan dilakukan menggunakan metode *time-series* dengan bantuan Ms. Excel dan Minitab 15. Keuntungan yang dihasilkan *fuzzy linear programming* selalu meningkat dari bulan Juli hingga Desember 2014 jika dibandingkan dengan

rencana produksi UKM. Persentase keuntungan bulan Juli hingga Desember berturut-turut adalah meningkat 0.8%, meningkat 0.8%, meningkat 2.6%, meningkat 0.8%, meningkat 2.6%, meningkat 0.7%. Dibandingkan dengan model *linear programming*, model *fuzzy linear programming* juga mengalami peningkatan keuntungan pada seluruh bulan dari Juli hingga Desember berturut-turut sebesar 2.7%, 2.6%, 3.5%, 1.2%, 3.4% dan 2.6%.

Wanga dan Liang (2005) melakukan penelitian dengan judul *Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan produksi agregat dengan menerapkan pemrograman linear probabilistik. Metode analisis yang digunakan adalah metode perencanaan produksi agregat dan pemrograman linear probabilistik dengan deret fuzzy.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model perencanaan pemrograman linear probabilistik dengan deret fuzzy mampu memberikan solusi bagi perencanaan produksi agregat sehingga mampu mencapai tujuan yang ditetapkan semula oleh para pengambil keputusan.

Kalaf *et al.* (2015) melakukan penelitian dengan judul *A Modified Fuzzy Multi-Objective Linear Programming To Solve Aggregate Production Planning*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan produksi agregat dengan menerapkan pemrograman linear fuzzy dengan fungsi tujuan lebih dari satu. Metode yang digunakan adalah *Modified Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* dan perencanaan produksi agregat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model *Modified Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* yang diajukan mampu memberikan solusi bagi perencanaan produksi agregat pada berbagai produk dan berbagai lingkungan yang berbeda sehingga mampu mencapai tujuan yang ditetapkan semula oleh para pengambil keputusan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Peramalan Produksi

1. Definisi Peramalan Produksi

Peramalan adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan (Heizer dan Render, 2004). Menurut Kusuma (1999), peramalan adalah tingkat permintaan satu atau lebih produk selama beberapa periode mendatang. Peramalan produksi penting dan perlu karena beberapa hal, sebagai berikut :

- a. Ada ketidakpastian aktivitas produksi di masa yang akan datang
- b. Kemampuan & sumber daya perusahaan yang terbatas
- c. Untuk dapat melayani konsumen lebih baik, melalui tersedianya hasil produksi yang baik.

Tujuan peramalan dalam manajemen operasional adalah untuk mengurangi ketidakpastian produksi, agar langkah proaktif/antisipatif dapat dilakukan, dan untuk keperluan penjadwalan produksi. Peramalan dapat dipengaruhi oleh lingkungan eksternal dan lingkungan internal perusahaan. Lingkungan eksternal dapat berupa pendapatan konsumen, promosi pesaing, harga pesaing, ketersediaan

produk, efektifitas kompetitif, efisiensi saluran yang digunakan, karakteristik pelanggan, dan lain sebagainya. Sedangkan lingkungan internal adalah kebijakan-kebijakan yang dilakukan dalam perusahaan, berupa kebijakan promosi, biaya dan saluran perusahaan (Makridakis *et al.*, 1995).

Beberapa langkah yang perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa peramalan permintaan yang dilakukan dapat mencapai taraf ketepatan yang optimal (Baroto, 2002) adalah sebagai berikut :

1. Penentuan tujuan. Tujuan peramalan tergantung pada kebutuhan informasi para manajer. Analisis peramalan membicarakan dengan cara „*decision maker*“ untuk mengetahui apa kebutuhan mereka dan selanjutnya menentukan:

Variabel apa yang diramalkan,

Variabel apa yang diramalkan,

Siapa yang menggunakan hasil peramalan,

Untuk tujuan apa hasil peramalan digunakan,

Peramalan jangka panjang atau jangka pendek yang diperlukan,

Derajat ketepatan peramalan yang diinginkan,

Kapan peramalan diperlukan,

Bagian-bagian peramalan yang diinginkan, seperti peramalan untuk kelompok pembeli, kelompok produk, atau daerah geografis.

2. Pengembangan model. Model mempermudah pengolahan dan penyajian data untuk dianalisis, bila dimasukkan data input akan menghasilkan output

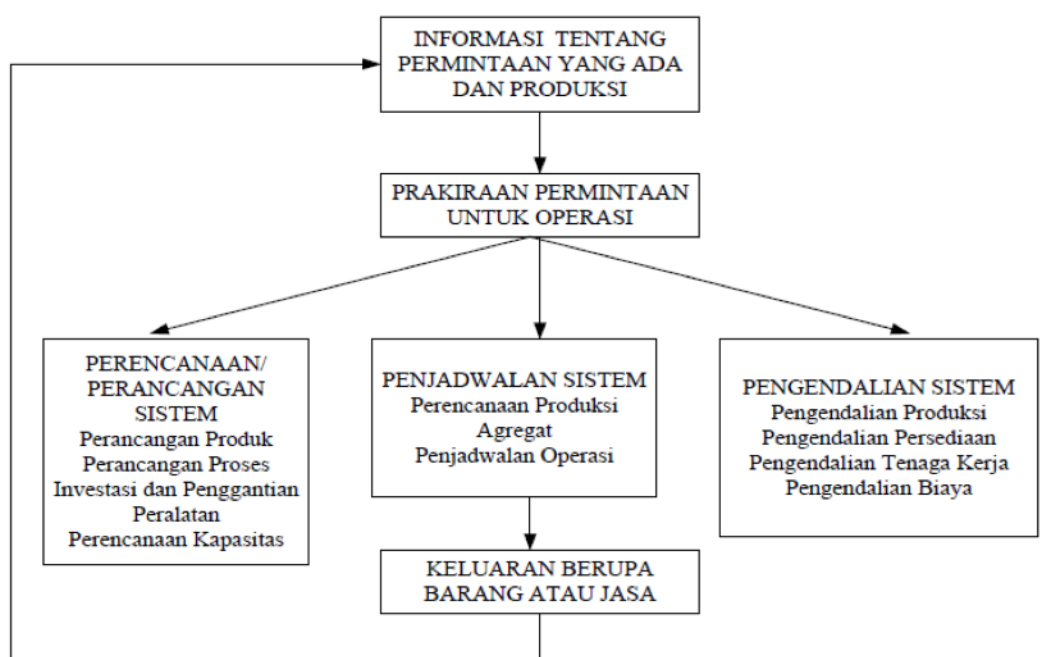
berupa ramalan di masa yang akan datang. Validitas dan reliabilitas ramalan sangat ditentukan oleh model yang digunakan.

3. Pengujian Model. Pengujian model bertujuan untuk melihat tingkat akurasi, validitas, dan reliabilitas yang diharapkan. Bila model telah memenuhi tingkat akurasi, validitas, dan reliabilitas yang telah ditetapkan (langkah 1), maka model ini dapat diterima. Perlu dipahami model yang dipilih belum tentu merupakan model yang terbaik.
4. Penerapan model. Penerapan model dengan cara memasukkan data historis (data masa lalu) untuk menghasilkan suatu ramalan.
5. Revisi dan evaluasi. Hasil ramalan yang telah dibuat harus senantiasa ditinjau ulang untuk diperbaiki. Perbaikan perlu bila terdapat perubahan berarti pada variabel input-an. Hasil peramalan harus dibandingkan dengan kondisi nyata untuk menentukan apakah model peramalan yang digunakan masih memiliki tingkat akurasi yang ditetapkan. Bila tidak, maka model peramalan harus dikembangkan ulang.

Umumnya jumlah yang diproduksi sangat ditentukan oleh besarnya permintaan akan produk. Berdasarkan jumlah permintaan yang diramalkan operasi, maka sub sistem operasi merencanakan dan merancang sistem, dan menjadwalkan sistem serta mengendalikan sistem tersebut. Dalam merencanakan dan merancang sistem tercakup perancangan produk, perancangan proses, investasi dan penggantian peralatan, serta perencanaan kapasitas. Sedangkan

dalam penjadwalan sistem tercakup perencanaan produksi menyeluruh dan penjadwalan operasi.

Dalam pengendalian sistem (*controlling the system*) mencakup pengendalian produksi, pengendalian persediaan, pengendalian tenaga kerja dan pengendalian biaya. Ketiga kegiatan tersebut, yaitu perencanaan sistem, penjadwalan sistem, dan pengendalian sistem menentukan hasil keluaran berupa barang atau jasa. Keterkaitan penggunaan prakiraan atau peramalan permintaan tersebut dengan sub sistem produksi operasi seperti dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 2.1. Penggunaan prakiraan untuk Peramalan permintaan dalam sub sistem produksi operasi (Assauri, 2004)

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi peramalan produksi

Suatu perusahaan memerlukan sumber daya yang akan digunakan untuk memproduksi barang. Sumber daya tersebut berupa bahan mentah, bahan pendukung, mesin-mesin, tenaga kerja, peralatan pendukung dan lain-lain. Tiap-tiap perusahaan tentu saja akan mempunyai jumlah dan jenis sumber-sumber produksi yang berbeda satu sama lain.

Faktor yang menjadi kendala dalam proses produksi yang mempengaruhi penentuan volume produksi dan tingkat kombinasi produksi optimal antara lain (Reksohadiprodjo dan Gitosudarmo, 2008):

a. Kapasitas bahan baku

Dengan tersedianya bahan baku dalam perusahaan, maka perusahaan dapat melakukan produksi dan besarnya jumlah kapasitas bahan baku dapat mempengaruhi tingkat produksi yang optimal. Apabila kapasitas bahan baku yang tersedia cukup besar, maka perusahaan dapat memperoleh luas produksi yang lebih besar pula. Sebaliknya apabila jumlah kapasitas bahan baku yang tersedia relatif kecil maka perusahaan akan memperoleh luas produksi yang lebih kecil pula.

b. Kapasitas mesin

Kapasitas mesin yang dimiliki oleh perusahaan dapat mempengaruhi jumlah output yang dihasilkan selama produksi. Meskipun bahan baku yang tersedia cukup besar jumlahnya, namun apabila kapasitas mesin yang tersedia

kurang mencukupi untuk memproses bahan baku tersebut, maka tingkat output yang dihasilkannya pun relatif kecil.

c. Jumlah tenaga kerja

Tersedianya tenaga kerja dalam perusahaan sangat diperlukan guna pelaksanaan produksi, karena tenaga kerja yang tersedia baik jumlah maupun mutunya sangat menentukan luas perusahaan dalam suatu perusahaan. Perusahaan tidak mungkin melakukan proses produksi melebihi dari kemampuan jumlah tenaga kerja yang dimilikinya.

d. Batasan permintaan

Batasan permintaan merupakan dasar pedoman bagi perusahaan untuk menentukan luas produksi. Dalam hal ini, batasan permintaan ditentukan melalui peramalan dengan menggunakan data produksi sebelumnya yang diolah dengan bantuan program. Dalam melakukan perhitungan peramalan tersebut, terdapat sepuluh metode yang dapat digunakan kemudian akan dicari MAD terkecil. Peramalan adalah suatu perkiraan atau dugaan suatu peristiwa/kejadian pada masa yang akan datang sebagai bagian dari integral aktivitas pengambilan keputusan. Dalam melakukan peramalan dapat dilakukan dengan dua teknik, yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif.

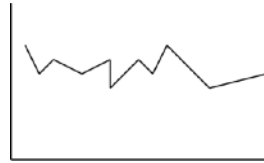
Metode kuantitatif meliputi metode deret berkala (*time series*) dan metode kausal. Yang mana metode *time series* memprediksi masa yang akan datang berdasarkan data masa lalu untuk menentukan pola masa lalu dan mengekstrapolasi pola tersebut untuk masa yang akan datang. Sedangkan metode

kausal mengasumsikan faktor yang diramal memiliki hubungan sebab akibat terhadap beberapa *variable independent*, sehingga pada akhirnya dapat menentukan hubungan antar faktor dan menggunakan hubungan tersebut untuk meramal nilai-nilai *variable independent*.

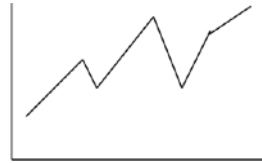
Metode *time series* menggambarkan berbagai gerakan yang terjadi pada sederetan data pada waktu tertentu. Langkah penting dalam memilih metode *time series* adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis siklus dan trend (Makridarkis dan Wheelwright dalam Yamit, 2007), yaitu :

- a. Pola horizontal, terjadi bilamana nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata konstan. Contoh, suatu produk yang permintaannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu.
- b. Pola musiman, terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman. Contoh permintaan es krim, jas hujan, dan lain sebagainya.
- c. Pola siklus, terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti siklus bisnis.
- d. Pola trend, terjadi bilaman terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data.

Berikut ini disajikan visualisasi dari pola-pola data tersebut diatas :



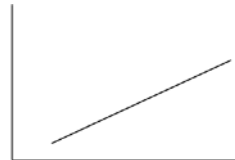
Pola Data Horizontal



PolaData Musiman



Pola Data Siklus



Pola Data Trend

Gambar 2.2. Pola Data Peramalan

Sumber: (Yamit, 2007)

Dilihat dari sifat penyusunnya peramalan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Peramalan subyektif, peramalan yang didasarkan pada intuisi dari orang yang menggunakannya. Dalam hal ini pandangan orang yang menyusun sangat menentukan baik tidaknya ramalan tersebut.
- b. Peramalan obyektif, terdiri dari dua sebagai berikut :
 - 1) Peramalan kualitatif, peramalan yang didasarkan pada data kualitatif pada masa yang lalu. Hasil peramalan sangat tergantung pada orang yang

menyusunnya karena permasalahan dibuat berdasarkan pemikiran intuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman penyusun dan biasanya peramalan kualitatif didasarkan hasil penyelidikan.

- 2) Peramalan kuantitatif, peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai penyimpangan terkecil.

3. Teknik-teknik peramalan data deret berkala

Penyelesaian peramalan memiliki beberapa metode yang umum seperti metode weight moving average, exponential smoothing, dan regresi linier. Berikut ini adalah penjelasan dari metode tersebut (Gaspersz, 2004).:

a. Metode *Weight Moving Average* (WMA)

Model rata-rata bergerak terbobot lebih responsif terhadap perubahan, karena data dari periode yang baru biasanya diberi bobot lebih besar. Suatu model rata-rata bergerak n -periode terbobot, *weighted MA(n)*, dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Weighted MA}(n) = \frac{\sum(\text{pembobot untuk periode } n)(\text{permintaan aktual dalam periode } n)}{\sum(\text{pembobot})} \quad (1)$$

Selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model peramalan *weighted moving average* (WMA), maka diharuskan untuk membuat

peta kontrol *tracking signal*. Cara untuk bisa mendapatkan nilai *tracking signal* harus dicari terlebih dahulu nilai MAD yang didapat dari rumus matematis adalah sebagai berikut (Gaspersz, 2004).

$$\text{MAD} = \frac{\sum (\text{absolut dari } \textit{forecast errors})}{n} \quad (2)$$

b. Metode *Exponential Smoothing* (ES)

Metode peramalan dengan pemulusan eksponensial biasanya digunakan untuk pola data yang tidak stabil atau perubahannya besar dan bergejolak. Metode peramalan ini bekerja hampir serupa dengan alat *thermostat*. Apabila galat ramalan (*forecast error*) adalah positif, yang berarti nilai aktual permintaan lebih tinggi daripada nilai ramalan ($A - F > 0$), maka model pemulusan eksponensial akan secara otomatis meningkatkan nilai ramalannya. Sebaliknya, apabila galat ramalan (*forecast error*) adalah negatif, yang berarti nilai aktual permintaan lebih rendah daripada nilai ramalan ($A - F < 0$), maka metode pemulusan eksponensial akan secara otomatis menurunkan nilai ramalan. Proses penyesuaian ini berlangsung secara terus-menerus, kecuali galat ramalan telah mencapai nol. Peramalan menggunakan metode pemulusan eksponensial dilakukan berdasarkan formula seperti di bawah ini (Gaspersz, 2004).

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3)$$

Keterangan

F_t : nilai ramalan untuk periode waktu ke- t

F_{t-1} : nilai ramalan untuk satu periode waktu yang lalu, $t-1$

A_{t-1} : nilai aktual untuk satu periode waktu yang lalu, $t-1$

α : konstanta pemulusan (*smoothing constant*)

Cara yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model peramalan berdasarkan pemulusan eksponensial harus menggunakan peta kontrol *tracking signal* dan membandingkan apakah nilai-nilai ramalan itu telah menggambarkan atau sesuai dengan pola historis dari data aktual permintaan (Gaspersz, 2004).

c. Metode Regresi Linier

Metode regresi linier sering sekali dipakai untuk memecahkan masalah-masalah dalam penaksiran tentunya hal ini berlaku juga dalam peramalan sehingga metode regresi linier menjadi suatu metode yang mempunyai taksiran terbaik diantara metode-metode yang lain. Metode regresi linier dipergunakan sebagai metode peramalan apabila pola historis dari data aktual permintaan menunjukkan adanya suatu kecenderungan menaik dari waktu ke waktu. Istilah regresi linier berarti, bahwa rata-rata ($\mu_{y|x}$) berkaitan linier dengan x dalam bentuk persamaan linier populasi (Hasan, 1999).

$$\mu_{y|x} = \alpha + \beta x, \quad (4)$$

Koefisien regresi α dan β merupakan dua parameter yang akan ditaksir dari data sampel. Bila taksiran untuk kedua parameter itu masing-masing

dinyatakan dengan a dan b maka $\mu_{y|x}$ dapat ditaksir dengan \hat{y} dari bentuk garis regresi berdasarkan sampel atau garis kecocokan regresi (Hasan, 2005).

$$\hat{y} = a + bx \quad (5)$$

Keterangan

\hat{Y} : nilai ramalan permintaan pada periode ke- t

a : *intersept*

b : *slope* dari garis kecenderungan, merupakan tingkat perubahan dalam permintaan.

x : indeks waktu ($t = 1, 2, 3, \dots, n$) ; n adalah banyaknya periode waktu

Dengan taksiran a dan b masing-masing menyatakan perpotongan dengan sumbu y dan kenaikannya. Lambang \hat{y} digunakan di sini untuk membedakan antara taksiran atau nilai prediksi yang diberikan oleh garis regresi sampel dan nilai y amatan percobaan yang sesungguhnya untuk suatu nilai x . *Slope* dan *intersept* dari persamaan regresi linier dihitung dengan menggunakan formula berikut (Hasan, Hasan, 2005):

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$a = \frac{\sum x - b \cdot \sum x}{n} \quad (7)$$

Keterangan :

b : *slope* dari persamaan garis lurus

a : *intersept* dari persamaan garis lurus

x : index waktu

4. Akurasi dan kontrol peramalan

Jika beberapa model cocok untuk kondisi tertentu maka perlu ditentukan model terbaik (tidak bebas) atau jika hanya terdapat satu model yang cocok, maka perlu model lain sebagai pembandingan untuk melihat keefektifan model tersebut. Proses ini disebut dengan kesalahan peramalan. Kesalahan peramalan pada periode t adalah selisih dari data aktual dan hasil perhitungan. Perhitungan kesalahan peramalan adalah (Gaspersz, 2004) :

MAD : *Mean Absolute Error* (deviasi)

$$MAD = \sum \delta |\ell(t)| / N \quad (8)$$

MSD : *Mean Square Error* (deviasi)

$$MSD = \sum \delta \ell(t)^2 \quad (9)$$

Bias : *Mean error* (deviasi)

$$Bias = \sum \delta \ell(t) / N \quad (10)$$

Multiple correlation coefficient :

$$R^2 = 1 - N \times MSD / ((N - 1)V) \quad (11)$$

Kualitas hasil peramalan yang disusun sangat ditentukan oleh proses pelaksanaan penyusunannya. Peramalan yang baik adalah peramalan yang

dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah atau prosedur penyusunan yang baik. Pada dasarnya ada empat langkah yang penting, yaitu :

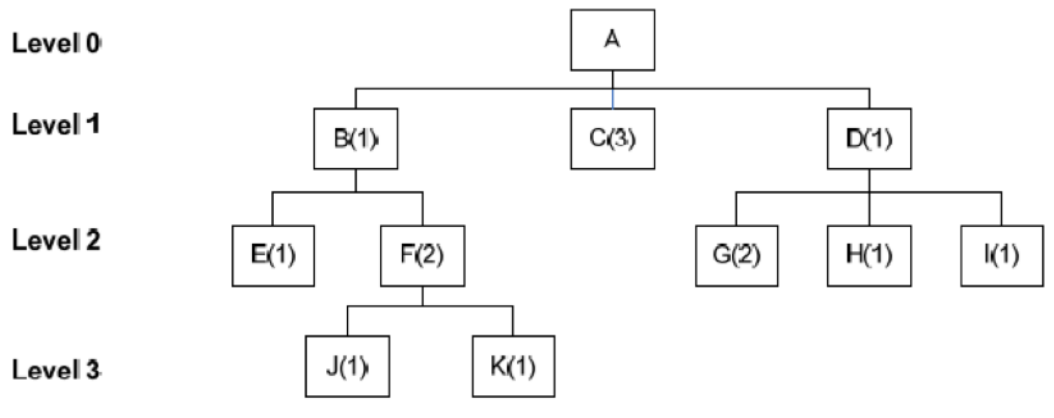
- a. Mengumpulkan data, tahap ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data masa lalu sesuai kebutuhan.
- b. Memplotkan data, tahap ini dilakukan apabila data yang dibutuhkan sudah lengkap, kemudian diplotkan dengan maksud untuk mengetahui pola data masa lalu untuk peramalan periode berikutnya.
- c. Menentukan beberapa metode peramalan, tahap ini dilakukan alternatif metode peramalan yang akan digunakan sesuai pola data masa lalu.
- d. Menentukan metode peramalan data yang representatif, tahap ini dilakukan penentuan metode yang representatif dari beberapa metode peramalan yang dipilih sesuai dengan pola data dari peramalan masa lalu. Parameter yang digunakan yaitu dengan cara mencari nilai kesalahan yang terkecil. Metode peramalan yang baik adalah metode yang memberikan penyimpangan antara hasil peramalan dengan nilai kenyataan sekecil mungkin.

B.2. Bill Of Material (BOM)

Bill of materials (BOM) didefinisikan oleh sebagai cara komponen-komponen itu bergabung ke dalam suatu produk selama proses manufacturing (Gasperz, 2005). Pendapat lain, *Bill of Material (BOM)* adalah suatu (*sub assembly*) yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan apabila perusahaan

mampu memproduksi sendiri sub assembly nya (Katherine, 2003). Struktur dari BOM dapat dilihat pada Gambar berikut:

Bentuk:



Gambar 2.3 *Bill of Material*

Struktur produk terdiri dari langkah pengurutan pengerjaan komponen pembentuk produk akhir yang ditempatkan pada tingkat (*level*) teratas dan seterusnya, sehingga membentuk sebuah bagan sistem pengerjaan. Untuk produk akhir (produk jadi) ditandai dengan tingkat (*level*) 0 dan semakin kebawah maka nomor tingkat (*level*) akan bertambah.

Terdapat 2 cara penomoran tingkat (*level*) struktur produk, yaitu:

1. *Single Level*

Jenis ini menggambarkan hubungan sebuah induk dengan *level* komponen-komponen pembentuknya.

2. *Multi Level*

Jenis ini menggambarkan struktur produk yang lengkap dari tingkat (*level*) 0 sampai tingkat (*level*) yang paling bawah.

Kegunaan struktur produk secara garis besar adalah :

1. Mengetahui berapa jumlah *item* penyusunan suatu produk akhir.
2. Memberikan rincian mengenai komponen apa saja yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk.

Kegunaan dari BOM adalah :

1. Untuk menghitung biaya produk dan harga jual sehingga dapat diketahui laba dari hasil penjualan produk.
2. Menentukan komponen–komponen mana saja yang harus dibuat sendiri atau dibeli.
3. Menentukan komponen–komponen dalam daftar pembelian dan *order* produksi yang harus dilepas.

Terdapat beberapa macam jenis BOM adalah :

1. Eksplosion

Merupakan BOM dengan urutan dimulai dari induk sampai komponen pada level paling bawah. BOM jenis ini menunjukkan komponen yang membentuk suatu induk dari level teratas sampai level terendah.

2. Implosion

Merupakan BOM dimana urutan dimulai dari komponen sampai induk atau level paling atas. Secara singkat BOM jenis ini adalah kebalikan dari BOM *eksplosion*.

2.2.3. Perencanaan Produksi Agregat

2.2.3.1. Definisi Perencanaan Produksi Agregat

Menurut Baroto (2002), perencanaan agregat merupakan perencanaan produksi jangka menengah. Horizon perencanaannya biasanya berkisar antara 1 sampai 24 bulan. Horizon waktu ini tergantung pada karakteristik produk dan jangka waktu produksi. Pada dasarnya perencanaan produksi agregat merupakan suatu proses penetapan tingkat output/kapasitas produksi secara keseluruhan guna memenuhi tingkat permintaan yang diperoleh dari peramalan dan pesanan dengan tujuan meminimalkan total biaya produksi.

Menurut Kusuma (2004), perencanaan agregat bertujuan untuk merencanakan jadwal induk produksi untuk beberapa periode mendatang, merencanakan kondisi optimal ketersediaan sumber daya terhadap ekspektasi permintaan produk serta pengembangan strategi penggunaan sumber daya itu. Tujuan perencanaan agregat ialah menggunakan sumber daya manusia dan peralatan secara produktif. Kata agregat menunjukkan bahwa perencanaan dilakukan di tingkat kasar dan dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan total seluruh produk dengan menggunakan seluruh sumber daya manusia dan peralatan yang ada pada fasilitas produksi tersebut. Namun menurut Kusuma (2004), perlu diperhatikan bahwa satuan agregat hanya digunakan pada beberapa produk yang menggunakan fasilitas produksi yang sama. Jika terdapat dua produk yang menggunakan dua fasilitas produksi yang berlainan. Hal itu berarti bahwa kedua produk itu tidak perlu dikonversikan ke dalam satuan agregat.

Beberapa fungsi perencanaan agregat yaitu :

- a. Menjamin rencana penjualan dan rencana produksi konsisten terhadap rencana strategi perusahaan.
- b. Alat ukur performansi proses perencanaan produksi.
- c. Menjamin kemampuan produksi terhadap rencana produksi.
- d. Memonitor hasil produksi aktual terhadap rencana produksi dan membuat penyesuaian.
- e. Mengatur persediaan produk jadi untuk mencapai target dan membuat penyesuaian.
- f. Mengarahkan penyusunan dan pelaksanaan jadwal induk produksi.

Machfud *dalam* Hadi (2005) berpendapat bahwa perencanaan produksi agregat berkaitan dengan permasalahan ketidakseimbangan antara permintaan dan kemampuan produksi pada setiap periode perencanaan. Hal ini secara umum tingkat permintaan produk selalu tidak sama antar periode satu ke periode lainnya. Menurut Hill *dalam* Hadi (2005), karakteristik perencanaan produksi agregat adalah sebagai berikut :

- a. Tingkat agregat permintaan akan produk terdiri dari satu atau beberapa kategori produk. Permintaan diasumsikan berfluktuasi, tidak pasti atau musiman.
- b. Kemungkinan berubahnya variabel pasokan dan permintaan
- c. Fasilitas dianggap tetap dan tidak dapat diperluas.

Perencanaan agregat juga merupakan suatu keputusan mengenai kapasitas jangka menengah. Perencanaan agregat merupakan langkah awal aktivitas

perencanaan produksi yang dipakai sebagai pedoman untuk langkah selanjutnya, yaitu penyusunan Jadwal Induk Produksi (Baroto, 2002).

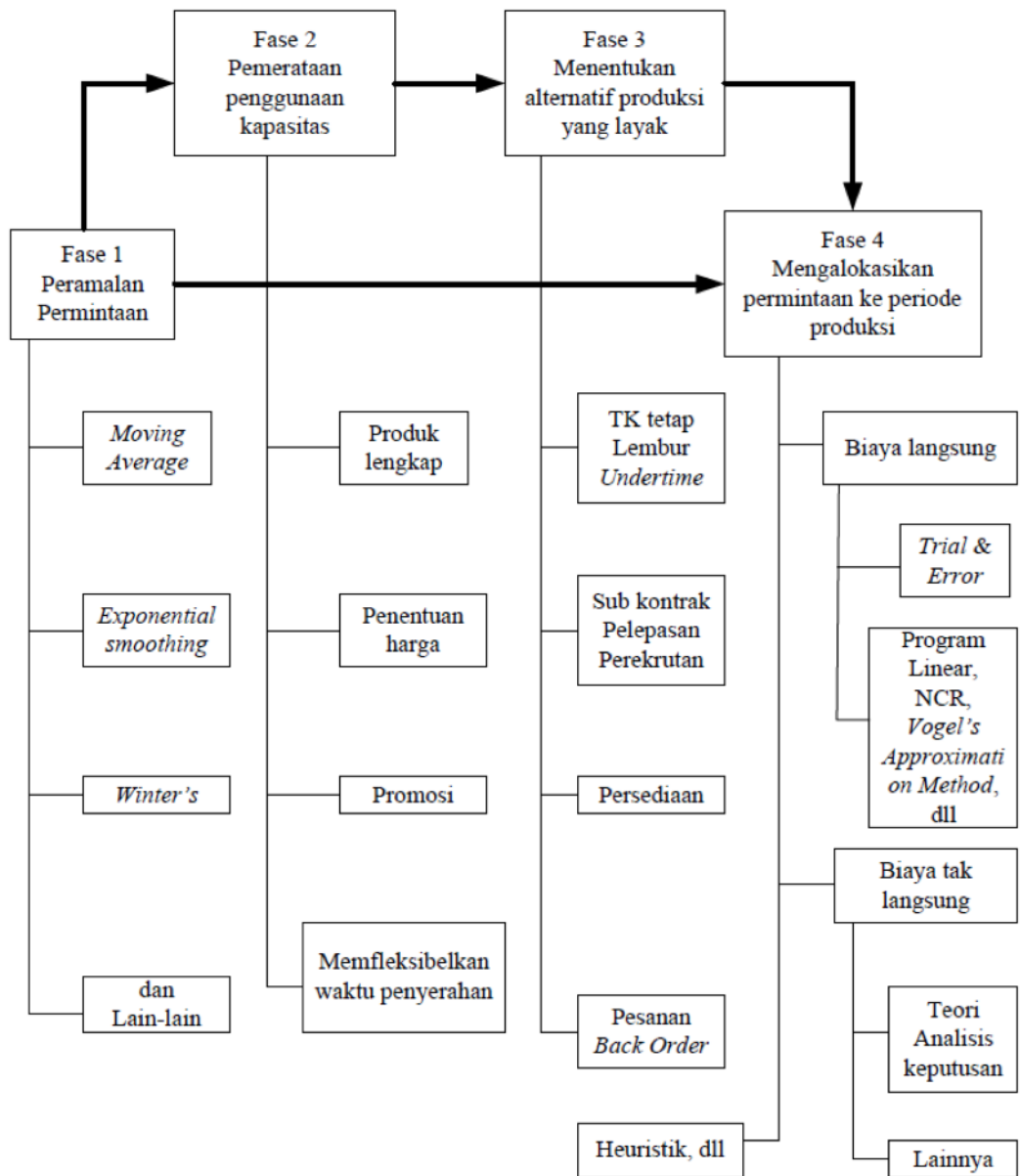
2.2.3.2 Strategi Perencanaan Agregat

Strategi perencanaan agregat dapat dilakukan melalui analisis sensitivitas terhadap pilihan kapasitas, pilihan permintaan dan pilihan campuran dari keduanya. Strategi dapat berjalan dan berfungsi apabila memiliki tahapan umum untuk membuat suatu perencanaan produksi agregat sebagai berikut :

- a. Menentukan permintaan untuk setiap periode perencanaan.
- b. Menentukan kapasitas pada setiap periode.
- c. Menelusuri kebijakan departemen yang berhubungan.
- d. Menentukan biaya per unit untuk setiap kerja, lembur, sub kontrak, persediaan dan biaya lain yang relevan.
- e. Mengembangkan alternatif perencanaan dan menghitung biayanya.
- f. Jika perencanaan yang memuaskan telah tersusun, maka diseleksi yang paling tepat sesuai tujuannya, jika tidak terbentuk maka kembali kepada tahap 5.

Ruang lingkup perencanaan agregat dapat dilihat pada Gambar berikut. Langkah ini untuk perusahaan yang *make to stock*. Bila perusahaan *make to order*, maka peramalan tidak perlu dilakukan (cukup dengan daftar order pelanggan saja).

Persyaratan dalam perencanaan produksi adalah menentukan prakiraan. Peramalan diprediksi berdasarkan tingkat permintaan secara keseluruhan.



Gambar 2.4. Ruang lingkup perencanaan agregat (Baroto, 2002).

Menurut Baroto (2002), strategi pilihan perencanaan agregat dapat dilakukan dengan rincian pilihan keputusan sebagai berikut :

a. Pilihan Kapasitas Dasar Produksi

- 1) Mengubah tingkat persediaan, manajer dapat meningkatkan persediaan selama periode permintaan rendah untuk memenuhi permintaan yang

tinggi di masa depan dengan tidak mengesampingkan biaya-biaya akibat peningkatan persediaan tersebut.

- 2) Menyeragamkan jumlah tenaga kerja dengan cara pengangkatan atau memberhentikan karyawan. Disesuaikan dengan tingkat produksi dan akibatnya.
- 3) Menyeragamkan tingkat produksi melalui lembur atau waktu kosong, dengan tujuan menjaga agar tenaga kerja tetap konstan.
- 4) Sub kontrak, sebuah perusahaan dapat memperoleh kapasitas sementara dengan melakukan sub kontrak selama periode permintaan tinggi.
- 5) Penggunaan karyawan paruh waktu, untuk mengisi kebutuhan tenaga kerja yang tidak terampil.

b. Pilihan Permintaan

- 1) Mempengaruhi permintaan. Ketika permintaan rendah, perusahaan dapat meningkatkan permintaan melalui iklan, promosi, kewiraniagaan dan diskon.
- 2) Tunggakan pesanan selama periode permintaan tinggi. Strategi hanya dilakukan jika perusahaan tidak mampu memenuhi permintaan. Oleh karena itu, perusahaan harus memperhatikan loyalitas pelanggan karena dapat menyebabkan kehilangan penjualan.
- 3) Perpaduan produk dan jasa yang *counter seasonal*, (Perusahaan dapat memproduksi produk yang berbeda pada musim yang berbeda).

c. Pilihan Campuran

- 1) Strategi perburuan, yaitu mengatur tingkat produksi sesuai dengan permintaan yang diprediksi melalui variasi pilihan-pilihan di atas.
- 2) Strategi bertingkat, yaitu menjaga tingkat *output*, nilai produksi, atau jumlah tenaga kerja yang tetap sepanjang horizon perencanaan.

2.2.4. Analisis Linier Programing

Linier Programing (LP) merupakan suatu cara untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan. Satu hal yang menjadi ciri situasi diatas adalah adanya keharusan untuk mengalokasian sumber terhadap aktivitas. Sifat “linier” memberi arti bahwa seluruh fungsi matematis dalam model ini merupakan fungsi yang linier, sedangkan kata “programa” merupakan sinonim untuk perencanaan. Maka Linier Programing juga merupakan perencanaan aktivitas-aktivitas untuk memperoleh suatu hasil yang optimal, yaitu suatu hasil yang mencapai tujuan terbaik diantara seluruh alternatif yang fisibel (Mustafa dan Parkhan, 2000).

1. Formulasi dan bentuk umum Linier Programming

Dalam model LP dikenal dua macam fungsi, yaitu: fungsi tujuan dan fungsi batasan.

Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya-sumber daya, untuk memperoleh

keuntungan maksimal atau biaya minimal. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

Masalah keputusan yang sering dihadapi adalah alokasi optimum sumber daya terbatas yang ditunjukkan sebagai maksimasi keuntungan atau minimasi biaya. Setelah masalah diidentifikasi, tujuan/sasaran yang ingin dicapai ditetapkan, langkah selanjutnya adalah formulasi model matematis yang meliputi tiga tahap berikut (Mulyono, 2004):

- b. Menentukan variabel keputusan (unsur-unsur dalam persoalan yang dapat dikendalikan)
- c. Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier

Kegiatan Sumber	Pemakaian sumber per unit kegiatan							Kapasitas sumber
	1	2	3	4	.	.	n	
1	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	.	.	n _{1n}	b ₁
2	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	.	.	n _{2n}	b ₂
3	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄	.	.	a _{3n}	b ₃
.
.
.
M	a _{m1}	a _{m2}	a _{m3}	a _{m4}	.	.	a _{mn}	b _m
Z pertambahan tiap unit tingkat kegiatan	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	.	.	C _n	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	.	.	X _n	

dari variabel keputusan.

d. Menentukan batasan masalah

Dalam pembahasan model Linier Programing digunakan simbol-simbol sebagai berikut:

- m : macam batasan-batasan sumber atau fasilitas yang tersedia
- n : macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas tersebut
- i : nomor setiap macam sumber atau fasilitas yang tersedia ($i: 1,2,3,\dots n$)
- j : nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia ($j: 1,2,\dots n$)
- X_j : tingkat kegiatan ke j ($j: 1,2,\dots n$)
- a_{ij} : banyak sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit keluaran atau output kegiatan ($i: 1,2,3,\dots m$) dan ($j: 1,2,\dots n$)
- b_i : banyak sumber i yang tersedia untuk dialokasikan kesetiap unit kegiatan ($i: 1,2,3,\dots m$)
- Z : nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum)
- C_i : kenaikan nilai Z apabila ada pertambahan tingkat kegiatan (X_j)

Dengan satu satuan (unit) atau merupakan sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan terhadap nilai Z . Keseluruhan simbol-simbol diatas saelanjutnya disusun kedalam bentuk tabel standart LP seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Tabel data untuk model linier Programing

Atas dasar tabel di atas kemudian dapat disusun model matematis yang dapat digunakan untuk mengemukakan suatu permasalahan LP sebagai berikut :

➤ Fungsi Tujuan

Maksimum (minimum)

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + \dots + C_nX_n \quad (12)$$

➤ Batasan-batasan (13)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 + \dots + a_{1n}X_n \quad () \quad b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + a_{24}X_4 + \dots + a_{2n}X_n \quad () \quad b_2$$

.

.

$$A_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + a_{m4}X_4 + \dots + a_{mn}X_n \quad () \quad b_m$$

Dan

Menurut (Dimiyati dan Dimiyati, 2003), dalam penggunaan Linier Programming, ada beberapa asumsi yang perlu diperhatikan. Asumsi-asumsi itu adalah sebagai berikut:

a. Asumsi kesebandingan (*proportionality*)

1) Kontribusi setiap variabel keputusan terhadap fungsi tujuan adalah sebanding dengan nilai variabel keputusan.

2) Kontribusi suatu variabel keputusan terhadap ruas kiri dari setiap pembatas juga sebanding dengan nilai variabel keputusan itu.

b. Asumsi penambahan (*additivity*)

- 1) Kontribusi setiap variabel keputusan terhadap fungsi tujuan bersifat tidak bergantung pada nilai dari variabel keputusan yang lain.
- 2) Kontribusi suatu variabel keputusan terhadap ruas kiri dari setiap pembatas bersifat tidak bergantung pada nilai dari variabel keputusan yang lain.

c. Asumsi pembagian (*divisibility*)

Dalam persoalan linier programming, variabel keputusan boleh diasumsikan berupa bilangan pecahan.

d. Asumsi kepastian (*certainty*)

Setiap parameter, yaitu koefisien fungsi tujuan, ruas kanan dan koefisien teknologis, diasumsikan dapat diketahui secara pasti.

2. Metode-Metode Dalam Linier Programming

Dalam memecahkan dan menyelesaikan masalah linier programming diperlukan alternatif yang terbaik mengenai alokasi sumber daya yang terbatas dalam proses produksi untuk menghasilkan kombinasi jumlah produk yang optimal agar dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal. Menurut Tjutju Tarlih Dimiyati dan Ahmad Dimiyati dalam bukunya "*Operation Research*" (2003,38) untuk menyelesaikan masalah linier programming terbagi dalam dua metode yaitu metode umum dan metode khusus.

Adapun penyelesaian metode linier programming secara umum adalah:

a. **Metode Grafik**

Metode grafik hanya diterapkan untuk memecahkan masalah-masalah linier programming yang menyangkut dua variabel keputusan (atau tiga variabel dengan grafik tiga dimensi). Terdapat lima langkah dalam menyelesaikan permasalahan linier programming dengan menggunakan metode grafik (Handoko, 2000:), yaitu:

- 1) Merumuskan masalah dalam bentuk matematikal (maksimumkan atau minimumkan).
- 2) Menggambarkan persamaan-persamaan batasan.
- 3) Menentukan daerah fisibel (*feasible area*).
- 4) Menggambarkan fungsi tujuan
- 5) Mencari titik optimum.

Daerah fisibel (*feasible area*) dari program linier adalah set dari seluruh titik yang memenuhi seluruh pembatas, termasuk pembatas tanda. Untuk persoalan maksimasi, solusi optimal dari persoalan program linier adalah suatu titik pada daerah fisibel dengan nilai fungsi tujuan terbesar. Pada persoalan minimasi, solusi optimal adalah suatu titik pada daerah fisibel dengan nilai fungsi tujuan terkecil (Dimiyati dan Dimiyati, 2003).

b. Metode Simpleks

Metode simpleks adalah suatu prosedur aljabar, yang melalui serangkaian operasi-operasi berulang, dapat memecahkan suatu masalah yang terdiri dari tiga variabel atau lebih. Untuk masalah-masalah dengan empat variabel keputusan atau empat persamaan batasan, perhitungan nyata sebaiknya menggunakan program komputer “QS3” (Quantitative System Three).

Taha (2003), mengemukakan pendapatnya mengenai metode simpleks sebagai berikut : The simplex method is an iterative process that starts at a feasible corner point, normally the origin and systematically moves from one feasible extreme point to another until the optimum point is eventually reached. Artinya, metode simpleks adalah suatu proses berulang-ulang yang dimulai dari sudut daerah fisibel, secara beraturan dan sistematis yang bergerak dari satu titik daerah fisibel ke daerah lainnya sampai titik yang paling optimal.

Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode simpleks (Pangestu , Marwan dan Handoko, 2000), yaitu:

- 1) Merubah fungsi tujuan dan batasan-batasan.

Fungsi tujuan diubah menjadi fungsi implisit, artinya semua $C_j X_{ij}$ bergeser ke kiri. Pada bentuk standar, semua batasan mempunyai tanda \leq ketidaksamaan ini harus diubah menjadi kesamaan dengan menambah slack variabel ($X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+m}$).

- 2) Menyusun persamaan-persamaan ke dalam tabel.

Setelah formulasi dirubah, kemudian disusun kedalam tabel.

- 3) Memilih kolom kunci.

Kolom kunci adalah kolom yang mempunyai dasar untuk mengubah tabel.

Pilihlah kolom yang mempunyai nilai pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar. Jika suatu tabel tidak memiliki nilai negatif pada baris fungsi tujuan, maka tabel tersebut tidak bisa dioptimalkan lagi (sudah optimal).

- 4) Memilih baris kunci.

Baris kunci adalah merupakan baris dasar untuk merubah tabel. Untuk itu carilah dahulu indek tiap-tiap baris dengan cara membagi nilai-nilai pada kolom NK dengan nilai yang sebaris pada kolom kunci.

$$\text{Index} = \frac{\text{Nilai kolom kunci NK}}{\text{Nilai kolom kunci}}$$

Nilai baris kunci dirubah dengan cara membagi dengan angka kunci.

Kemudian gantilah variabel dasar pada baris itu dengan variabel yang terdapat dibagian atas kolom kunci.

- 5) Merubah nilai-nilai baris kunci.

Nilai baris kunci diubah dengan cara membaginya dengan angka kunci.

- 6) Merubah nilai-nilai selain pada baris kunci

Nilai-nilai baris yang lain, selain pada baris kunci dapat diubah dengan rumus sebagai berikut :

Baris baru = baris lama – (koefisien pada kolom kunci) x nilai baru baris kunci.

7) Melanjutkan perbaikan-perbaikan/perubahan-perubahan.

Ulangi langkah-langkah perbaikan mulai langkah 3 sampai langkah 6 untuk memperbaiki tabel-tabel yang telah diubah/diperbaiki nilainya. Perubahan baru berhenti setelah pada baris pertama (fungsi tujuan) tidak ada yang bernilai negatif.

c. Metode Penalty (Teknik M)

Untuk menyelesaikan persoalan *linear programming* dengan pembatas bertanda \geq dan atau $=$, diperlukan adanya variabel *dummy* (variabel palsu) yang disebut variabel artifisial, sehingga variabel basis awal bisa tetap ada. Variabel artifisial ini hanya digunakan untuk memulai solusi, dan harus dihilangkan pada akhir solusi. Untuk menghilangkannya harus diberikan penalty M (M bilangan positif yang sangat besar) pada setiap variabel artifisial dalam fungsi tujuannya dengan menggunakan teknik M (Dimiyati dan Dimiyati, 2003)

Metode Penyelesaian secara khusus adalah:

1) Metode transportation

Yaitu metode yang digunakan untuk membahas masalah pemilihan rute dalam jaringan pendistribusian produk atau komoditas dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*demand*) dengan tujuan meminimumkan total biaya transportasi.

2) Model *transshipment*

Adalah model transportasi yang memungkinkan dilakukannya pengiriman barang (komoditas) dengan cara tidak langsung, dimana barang dari suatu sumber dapat berada pada sumber lain atau tujuan lain sebelum mencapai tujuan akhir. Jadi pada model ini suatu sumber sekaligus dapat berperan sebagai tujuan dan sebaliknya tujuan dapat juga berperan sebagai sumber.

3) Model penugasan (*Assignment model*)

Merupakan suatu kasus khusus dari model transportasi dimana sejumlah sumber m ditugaskan kepada sejumlah n tujuan (satu sumber untuk satu tujuan) sedemikian sehingga didapat ongkos yang minimum.

B.5. Program Linear Samar /Fuzzy Linear Programming (FLP)

Menurut George J. Klir dan Bo Yuan (1995), bentuk umum model program linear samar sama dengan bentuk umum model program linear biasa. Model matematika program linear samar yaitu sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} \text{Maks} & \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{Dengan kendala} & \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \lesssim B_i \quad (i \in N_m) \end{array}$$

Dengan $X_j \succeq 0 (j \in N_n)$

Dengan A_{ij}, B_i, C_j adalah bilangan-bilangan samar dan X_j adalah variabel-variabel yang berupa bilangan samar ; $i \in N_m, j \in N_n$ dengan operasi-operasi penambahan dan perkalian menggunakan operasi-operasi aritmatika fuzzy, dan $\mu_i[B_i, x]$ menunjukkan pengurutan bilangan-bilangan samar.

Menurut Allahviranloo, dkk (2008), metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan dapat dikategorikan menjadi dua macam, yaitu metode berdasarkan kesamaran parameter-parameter keputusan dan metode berdasarkan kesamaran variabel-variabel keputusan. Menurut Allahviranloo, dkk (2008), Buckley dan Feuring memperkenalkan sebuah jenis dari masalah program linear samar yang disebut fully fuzzified linear programming. Masalah FFLP merupakan hasil generalisasi kesamaran parameter-parameter keputusan dan kesamaran variabel-variabel keputusan, sehingga seluruh parameter-parameter keputusan dan variabel-variabel keputusan adalah bilangan-bilangan samar.

Model fully fuzzy linear programming dengan m kendala samar dan n variabel samar menurut Kumar, dkk (2010) adalah:

Mencari $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n$

Mencari Max (Min) $\sum_{j=1}^n (\tilde{c}_j \otimes \tilde{x}_j)$

Terhadap kendala $\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \otimes \tilde{x}_j \lesseqgtr \tilde{b}_i$

$$\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n \succeq 0$$

Fungsi keanggotaan untuk model keputusan himpunan fuzzy dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mu_D[Bx] = \min\{\mu_i[B_i x]\}$$

Tentu saja diharapkan akan mendapatkan solusi terbaik, yaitu suatu solusi dengan nilai keanggotaan yang paling besar, dengan demikian solusi yang sebenarnya adalah:

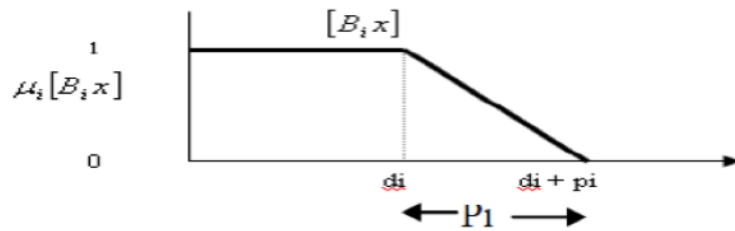
$$\max_{x \geq 0} \mu_D[Bx] = \max_{x \geq 0} \min_i \left\{ 1 - \frac{B_i x - d_i}{P_i} \right\}$$

dari sini terlihat bahwa $\mu_i = 0$ jika batasan ke- i benar-benar dilanggar.

Sebaliknya, $\mu_i = 1$ jika batasan ke- i benar-benar dipatuhi. Nilai $\mu_i[B_i x]$ akan naik secara monoton pada selang $[0,1]$, yaitu:

$$\mu_i[B_i x] = \begin{cases} 1; & \text{jika } B_i x \leq d_i \\ 1 - \frac{B_i x - d_i}{P_i}; & \text{jika } d_i < B_i x \leq d_i + P_i \\ 0; & \text{jika } B_i x > d_i + P_i \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$



Gambar 2.6 Fungsi keanggotaan Fuzzy

Fungsi Keanggotaan

$$\mu_i[B_i x] = \begin{cases} 1; & \text{jika } B_i x \leq d_i \\ \in [0,1]; & \text{jika } d_i < B_i x \leq d_i + P_i \\ 0; & \text{jika } B_i x > d_i + P_i \end{cases}$$

dengan pi adalah toleransi interval yang diperbolehkan untuk melakukan pelanggaran baik pada fungsi obyektif maupun batasan. Dengan mensubstitusikan persamaan di atas akan diperoleh :

$$\max_{x \geq 0} \mu_D[Bx] = \max_{x \geq 0} \min_i \left\{ 1 - \frac{B_i x - d_i}{P_i} \right\}$$

Dari Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa, semakin besar nilai domain, akan memiliki nilai keanggotaan yang cenderung semakin kecil. Sehingga untuk mencari nilai λ - cut dapat dihitung sebagai , dengan: $\lambda = 1 - t$, dengan: $d_i + p_i =$ ruas kanan batasan ke-I .

Dengan demikian akan diperoleh bentuk linear programming baru sebagai berikut:

Maksimumkan: λ

Dengan batasan: $\lambda p_i + B_{ix} \leq d_i + p_i, i = 0, 1, \dots, m$

$$x \geq 0 \text{ (10)}$$

Untuk menggambarkan beberapa konsep yang telah diberikan terlihat berkaitan, maka berikut ini akan dibahas beberapa contoh dari masalah program linear fuzzy dengan metode yang ada.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Obyek penelitian

Penelitian dilakukan di bagian proses produksi PT Mustaka Multi Teknik, Pati, Jawa Tengah, yaitu perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kubah masjid.

3.2. Sumber data

3.2.1 Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari perusahaan seperti data umum perusahaan dan data khusus perusahaan.

a. Data Umum perusahaan meliputi :

- 1) Produk yang dihasilkan
- 2) Jumlah karyawan

b. Data Khusus perusahaan meliputi :

- 1) Data permintaan produk setiap periode
- 2) Data proses produksi
- 3) Data kapasitas sumber daya bahan baku
- 4) Data kapasitas sumber daya tenaga kerja
- 5) Data waktu proses produksi
- 6) Data perincian biaya produksi
- 7) Data harga jual produk

- 8) Data kapasitas mesin
- 9) Data kapasitas jam produksi

3.2.2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dengan cara melihat catatan perusahaan atau berasal dari studi kepustakaan yang dimaksud untuk mendapatkan teori-teori atau informasi yang mendukung terhadap permasalahan penelitian.

3.3. Teknik pengumpulan data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

a. Studi pustaka

Pengumpulan data dilakukan antara lain dengan menggunakan literatur, referensi dan karya ilmiah yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti. Studi kepustakaan digunakan untuk memberikan gambaran tentang teori mendasar yang dapat diterapkan dalam penelitian.

b. Studi lapangan

Data juga dikumpulkan dari obyek penelitian. Data tersebut dapat diperoleh dengan cara :

1. Wawancara (interview) – pengumpulan data melalui tanya jawab dengan pihak perusahaan yang berkepeten dan/atau dengan pelanggan, yang disusun secara sistematis dan berdasarkan pada tujuan penelitian.

2. Pengamatan (observasi) – pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung kegiatan perusahaan untuk mendapatkan gambaran yang nyata akan masalah yang sedang diteliti.

3.4. Teknik pengolahan data dan analisa data

3.4.1. Pembentukan Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

Fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan keuntungan dengan tiga fungsi kendala yaitu kapasitas produksi, jam kerja dan permintaan. Langkah-langkah untuk membentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah:

- a. Melakukan peramalan permintaan untuk permintaan 6 bulan yang akan datang menggunakan bantuan Ms. Excel.
- b. Menentukan kapasitas produksi 6 bulan yang akan datang. Kapasitas produksi yang digunakan adalah kapasitas produksi total yang dimiliki perusahaan.
- c. Menghitung waktu standar dari setiap stasiun kerja

Perhitungan waktu kerja dilakukan untuk menentukan waktu standar dalam pembuatan tiap produk. Pengukuran waktu dilakukan menggunakan metode stopwatch time study atau metode jam henti. Setelah itu dilakukan uji keseragaman data dan uji kecukupan 3 data. Lalu data tersebut dapat diolah untuk menghitung waktu standarnya.

- d. Menghitung ketersediaan jam kerja

- e. Pengembangan model optimasi dilakukan dengan menentukan variabel-variabel keputusan dalam notasi, fungsi tujuan (objective) dan fungsi kendala.

Model optimasi tersebut adalah:

- 1) Variabel-variabel keputusan yang terdiri dari:

X1 = Kubah Stainless Steel Diameter 50 Cm,

X2 = Kubah Stainless Steel Diameter 75 Cm,

X3 = Kubah Stainless Steel Diameter 100 Cm,

X4 = Kubah Stainless Steel Diameter 125 Cm

- 2) Fungsi tujuan Memaksimalkan keuntungan

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{i=1}^n H_i X_i$$

Dimana:

H = keuntungan per unit

X = variabel keputusan

- 3) Fungsi Pembatas

- a) Kendala kapasitas produksi

$$X_i \leq B \quad X_i = \text{variabel keputusan}$$

B = kapasitas produksi terpasang

- b) Kendala ketersediaan jam kerja

$$a_i X_i \leq R$$

dimana:

a = jumlah waktu standar dari stasiun kerja ke i

X_i = variabel keputusan

R = jumlah jam kerja yang tersedia

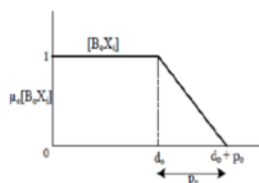
c) Kendala permintaan

Menurut Vasant (2004), dalam suatu pengambilan keputusan variabel sumber daya mungkin saja tidak pasti, karena pada kondisi nyata terdapat potensi adanya ketidaklengkapan data dan ketidakpastian pada berbagai lingkungan dan penyuplai dan menurut Marie (2011), pemakaian fasilitas produksi merupakan angka fuzzy karena kerusakan mesin, kesalahan operator atau kualitas bahan baku dapat menyebabkan waktu proses yang berbeda. Oleh karena itu dalam penelitian ini kapasitas produksi, jam kerja dan permintaan dijadikan sebagai fungsi kendala dalam perencanaan produksi yang dilakukan.

3.4.2. Penggambaran Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Setelah membentuk fungsi kendala dan fungsi tujuan, selanjutnya adalah mencari nilai dari model linear programming yang telah terbentuk. Penyelesaian dilakukan dengan menggunakan nilai logika fuzzy pada saat $t=0$ dan $t=1$.

Setelah itu digambarkan dalam bentuk fungsi keanggotaan fuzzy seperti yang terlihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3.1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Pada Gambar 2.2.. setiap fungsi kendala dan fungsi tujuan akan digambarkan dan dibentuk menjadi sebuah himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan pada himpunan ke-i yang disimbolkan dengan:

$$\mu_{0}[BoXi]$$

dimana:

d_0 = nilai batasan pada saat $t = 0$

p_0 = nilai toleransi interval yang dilakukan penambahan atau pengurangan pada fungsi tujuan maupun fungsi kendala/fungsi pembatas $p_0 + d_0$ = nilai batasan pada saat $t = 1$ B_0 = nilai dari variabel x

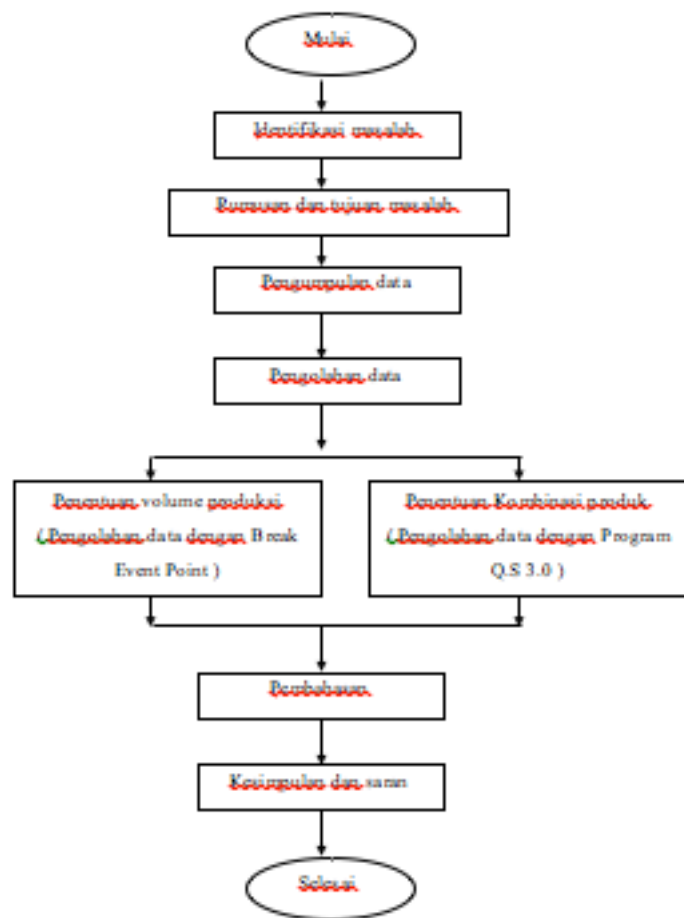
Nilai $\mu_i [BiX]$ pada selang $[0, 1]$, yaitu: $\mu_{0}[BoX]$

3.4.3 Pembentukan Model Fuzzy Linear Programming

Setelah digambarkan dalam fungsi keanggotaan fuzzy, selanjutnya adalah Memformulasikan ke dalam model fuzzy linear programming dengan dasar perbedaan selisih pada $t = 0$ dan $t = 1$ yang merupakan nilai dari p_0 . Formulasi dari model fuzzy linear programming yaitu:

Memaksimumkan : λ

dengan batasan : $\lambda p_0 + B_0X \leq d_0 + p_0$



Gambar.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT Mustaka Multi Teknik berawal dari sebuah badan usaha mikro yaitu sebuah perusahaan kecil yang bernama UD Mustaka yang berlokasi di Jln. KH. Ahmad Dahlan – Mertokusuman, Pati – Jawa Tengah. UD Mustaka telah hadir di Indonesia sejak tahun 1993 dan saat itu mengkhususkan diri sebagai produsen kubah, kantor pusat sekaligus workshop perusahaan sekarang beralamatkan di Jln. Raya Pati – Tlogowungu Km. 0,3 No. 05, Pati – Jawa Tengah.

Produk perusahaan telah dipakai oleh puluhan ribu masjid dan musholla yang tersebar diseluruh penjuru Indonesia, seiring berjalannya waktu perusahaan turut bangga produk perusahaan ikut memberikan warna dan ciri khas sebagai tempat ibadah umat muslim di Indonesia.

Jaringan bisnis yang perusahaan miliki saat ini mulai dari pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Dengan pengalaman lebih dari 22 tahun perusahaan terus tumbuh berkembang dan berupaya menjadikan sebuah organisasi bisnis ini tetap mantap untuk menatap masa depan dan siap masuk di persaingan pasar global. Beberapa produk utama perusahaan saat ini yaitu :

1. Kubah Masjid Stainless Steel
2. Kubah Masjid Dekoratif Warna

3. Kubah Masjid Panel Warna
4. Kubah Masjid Enamel Warna
5. Air Grille & Louvre
6. Turbine Ventilatore

Corporate Vision

Sebuah organisasi usaha yang memegang teguh pada filosofi “ seperti ladang yang menghidupi antar sesama “, visi perusahaan ialah menjadikan sebuah organisasi yang tumbuh dan berkembang dengan menjaga prinsip tumbuh bersama dan saling mensejahterakan antar sesama.

Tumbuh bersama dengan memelihara hubungan sumber daya internal, stakeholder, para pemegang saham, konsumen dan pelanggan, serta saling mensejahterakan dengan cara saling menghormati, saling kasih sayang, menghargai kesetaraan individu dan menjadi berkah satu sama lain baik dilingkup nasional maupun global.

Corporate Values

Budaya kerja perusahaan dilandasi dari semangat dedikasi dan integritas, perusahaan yakin nilai – nilai tersebut akan menghasilkan sebuah organisasi grup bisnis yang terus maju dengan segala manajemen dan individu didalamnya yang

terus berkembang sehingga mampu mengedepankan sikap dan etika profesionalisme.

Kubah Masjid Stainless Steel

Kubah dengan berbahan dasar stainless steel dengan ketebalan bervariasi mulai dari 0,3 mm – 0,6 mm (menyesuaikan aspek teknik dan diameter kubah), untuk merancang bentuk kubah yang bagus perusahaan mensimulasikan pola dan irisan disetiap segmentnya agar sesuai dengan radius lekukan kubah yang diharapkan. Karena setiap project memiliki karakteristik radius lekukan yang berbeda beda (spesifik/khusus) meskipun besaran diameternya sama. Pembuatan pola dasar kubah dengan metode simulasi ini sangat membantu dalam hal kecepatan pada pekerjaan fabrikasi maupun perakitan dilapangan, dengan perhitungan yang tepat dan presisi, Kubah Mustaka mampu teraplikasi dengan baik, presisi, dan cepat sehingga menghasilkan project yang sesuai dengan keinginan customer.



Gambar 4.1. Kubah Masjid Stainless Steel

Beberapa data teknis yang diperlukan :

1. Diameter Bawah (Cm / Meter)
2. Diameter Tengah (Cm / Meter)
3. Model Kubah ($\frac{1}{2}$ Bola, $\frac{3}{4}$ Bola, 1 Bola dll)

Kubah stainless steel dapat dijadikan dengan kubah plafond (kubah dalam), dapat pula dikombinasikan dengan rangka pipa yang sengaja diekspos tampak luar untuk variasi, seperti contoh gambar diatas adalah contoh kubah plafond dengan variasi rangka jaring laba - laba, ketebalan bahan material memakai bahan lebih tebal yaitu 0,6 mm untuk mengantisipasi efek lekukan karena pantulan cahaya dari dalam ruangan.

4.2 Analisis Data

Data penjualan kubah masjid selama empat belas bulan terakhir dapat dilipat pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Data penjualan Kubah 2016 -2017

No.	Periode	X1 (Unit)	X2 (Unit)	X3 (Unit)	X4 (Unit)	Jumlah
1	September 2016	50	38	30	25	143
2	Oktober 2016	45	35	26	29	135
3	Desember 2016	43	35	26	24	128
4	Januari 2017	43	36	28	23	130
5	Februari 2017	46	38	32	23	139
6	Maret 2017	48	39	33	27	147
7	April 2017	55	40	36	30	161

8	Mei 2017	60	43	46	30	179
9	Juni 2017	30	25	31	29	115
10	Juli 2017	43	47	27	25	142
11	Agustus 2017	43	42	33	22	140
12	September 2017	40	44	36	20	140
13	Oktober 2017	46	36	33	23	138
14	November 2017	50	35	25	20	130

Sumber: Data Perusahaan

Berdasarkan plot autokorelasi pada Lampiran , dapat dilihat bahwa data penjualan kubah masjid merupakan data yang stasioner karena semua lag tidak melampaui garis kritis yang artinya data tersebut tidak berbeda nyata dari nol. Sehingga dapat diidentifikasi bahwa pola data penjualan kubah masjid stasioner.

Berdasarkan identifikasi pola data penjualan Kubah masjid, menunjukkan bahwa pola data tersebut bersifat stasioner. Menurut Hanke (2003), metode peramalan time series dengan pola data penjualan stasioner adalah metode naif (naive), rata-rata bergerak (moving average), pemulusan eksponensial tunggal (single exponential smoothing), pemulusan eksponensial ganda (double exponential smoothing) dan ARIMA (autoregressive moving average). Setelah diketahui nilai akurasi kesalahan (error) terkecil dari semua metode peramalan time series yang digunakan dengan melihat nilai MSE (Mean Square Error), maka akan diketahui metode

peramalan terbaik untuk meramalkan penjualan Kubah masjid pada PT Mustaka Multi Tehnik satu (1) tahun mendatang. Dalam Tabel berikut dapat dilihat perbandingan dari masing-masing nilai akurasi kesalahan dari setiap metode yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4.2 Perbandingan akurasi kesalahan peramalam

No	Metode peramalan	α	γ	X1 Nilai akurasi kesalahan	X2 Nilai akurasi kesalahan	X3 Nilai akurasi kesalahan	X4 Nilai akurasi kesalahan	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
1	ARIMA (1.0.1)			48,969			26,328			26,835			8,678		
2	Pemuslan eksponensial ganda	0,2	0,2	58,637	5,686	13,441	32,443	4,247	12,201	35,693	4,587	14,586	12,519	3,213	2,96
4	Pemuslan eksponensial tunggal	0,2		54,569	5,373	12,778	31,224	4,238	11,917	31,793	4,165	12,825	31,793	3,062	2,68

Berdasarkan penerapan beberapa metode yang disajikan pada Tabel di atas, maka metode yang dianggap cocok untuk meramalkan penjualan kubah

masjid adalah metode ARIMA (1.0.1). Hal ini karena metode tersebut merupakan metode yang nilai MSE terkecil yaitu sebesar untuk produk X1 sampai dengan X4. Proses pengolahan metode ARIMA (1.0.1) dapat dilihat pada Lampiran. Hasil peramalan untuk 12 bulan mendatang menggunakan metode ARIMA (1.0.1) dapat dilihat pada Tabel berikut (setelah dibulatkan)

Tabel 4.2 Hasil peramalan produk

Bulan	X1	X2	X3	X4	Jumlah
1	49	35	35	21	140
2	47	37	30	23	137
3	47	38	32	24	141
4	46	38	31	24	139
5	46	38	31	24	139
6	46	38	31	24	139
7	46	38	31	24	139
8	46	38	31	24	139
9	46	38	31	24	139
10	46	38	31	24	139
11	46	38	31	24	139
12	46	38	31	24	139
Total	557	452	376	284	1669

Tabel Kebutuhan & Ketersediaan Jenis Bahan Stainless Steel A (Harga Rp. 50.000/m²) Per Produk.

Tabel 4.3 Kebutuhan bahan baku Stainless Steel Per Unit

No	Jenis Produk	Ketebalan 0,35 mm (M ²)	Biaya bahan baku (unit)	Batasan Bahan Per Bulan (M ²)
1	X1	1,37	68.500	316,8
2	X2	2	100.000	
3	X3	2,74	137.000	
4	X4	3,43	171.500	

Berdasarkan tabel hasil peramalan di atas dapat dihitung kebutuhan Bahan Stainless A setiap bulannya sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kebutuhan bahan baku setelah peramalan.

Bahan Baku A				
X1	X2	X3	X4	Total
67	70	96	72	305
64	74	82	79	299
64	76	88	82	310
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
63	76	85	82	306
763	904	1030	974	3.671

Untuk biaya langsung dan tidak langsung yang dikeluarkan perusahaan perunit per bulan adalah sebagai berikut:

Tabel. 4.5 Kebutuhan bahan

No	Jenis Produk	Total Harga (Rp. 50.000,- / M ²) Kebutuhan Bahan Plat Stainless Per Unit	Total Biaya Bahan Plat Stainless Per Unit
1	X1	68.500	68.500
2	X2	100.000	100.000
3	X3	137.000	137.000
4	X4	171.500	171.500

Tabel. 4.6 Biaya tenaga kerja langsung

Jenis Produk	Waktu Standar Produk (menit)	Jumlah Unit 1 hari (Jam Kerja 8 Jam)	Jumlah Unit 1 bulan (28 hari)	Biaya Tenaga kerja langsung per unit
X1	72	6,67	186,67	8.036
X2	79	6,08	170,13	8.817
X3	85	5,65	158,12	9.487
X4	95	5,05	141,47	10.603

Tabel. 4.5 Biaya overhead

No	Jenis Produk	Rencana Produksi/ Tahun	Rencana Produksi/ Bulan	Biaya Overhead /tahun	Biaya Overhead/ bulan
1	X1	557	46	4.022.147	335.179
2	X2	452	38	3.263.933	271.994
3	X3	376	31	2.715.130	226.261
4	X4	284	24	2.050.790	170.899

Setelah dihitung seluruh biaya produksi per unit produk, maka dapat dihitung keuntungan setiap unit produk seagai berikut:

Tabel 4.6 Keuntungan per unit.

	Menit	Jam
Waktu Standar Produk X1	72	1,20
Waktu Standar Produk X2	79	1,32
Waktu Standar Produk X3	85	1,42
Waktu Standar Produk X4	95	1,58

No	Jenis Produk	Harga	Total Biaya Langsung dan Tidak Langsung /Unit/bulan	Keuntungan/Unit
1	X1	195.000	83.757	111.243
2	X2	215.000	116.038	98.962
3	X3	235.000	153.708	81.292
4	X4	265.000	189.324	75.676

Setelah peramalan permintaan diperoleh, kemudian disusun suatu perencanaan produksi agregat bahan baku. Perencanaan disusun berdasarkan jumlah permintaan dan faktor-faktor terkait yang telah dianalisa. Metode yang digunakan untuk mengetahui produksi optimal setelah dilakukannya peramalan adalah pemrograman linier fuzzy (*Fuzzy Linnear Programming/FLP*) dengan langkah-langkah sebagai berikut

a. Pembentukan Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

Fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan keuntungan dengan tiga fungsi kendala yaitu kapasitas produksi, jam kerja dan permintaan. Langkah-langkah untuk membentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah:
Menghitung waktu standar dari setiap stasiun kerja.

Tabel 4.7 Perhitungan waktu standar per stasiun kerja.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan waktu standar per stasiun kerja

Upah Tenaga Kerja / UMR (Rp. / Bulan)	1.500.000
Biaya Over time (Rp. / Jam)	18.000
Biaya Sub Kontrak (Rp. / Jam)	22.000
Jam Kerja / hari	07.30 - 15.30 (8 jam)
Jam Lembur Maksimal / hari	15.30 - 17.30 (2 jam)
Hari Kerja Seminggu	7 Hari
Jam Kerja Sebulan	7 hari x 8 jam x 4 minggu = 224 jam
Jam Kerja lembur maksimal Sebulan	7 hari x 2 jam x 4 minggu = 56 jam

Pengembangan model optimasi dilakukan dengan menentukan variabel-variabel keputusan dalam notasi, fungsi tujuan (objective) dan fungsi kendala. Model optimasi tersebut adalah:

a) Variabel-variabel keputusan yang terdiri dari:

X1 = Kubah Stainless Steel Diameter 50 Cm,

X2= Kubah Stainless Steel Diameter 75 Cm,

X3= Kubah Stainless Steel Diameter 100 Cm,

X4= Kubah Stainless Steel Diameter 125 Cm

b) Fungsi tujuan Memaksimalkan keuntungan

Dimana:

H = keuntungan per unit

X = variabel keputusan

$$Z = 111,243.X1 + 98,962.X2 + 81,292.X3 + 75,676.X4 - 5.100.X1.t - 6.000.X2.t - 7.500.X3.t - 10.000.X4.t$$

c) Fungsi Pembatas

- Kendala Ketersediaan Bahan Baku

$$1,37.X1 + 2.X2 + 2,74.X3 + 3,43.X4 \leq 316,8 + 144.t$$

- Kendala ketersediaan jam kerja

$$1,20.X1 + 1,32.X2 + 1,42.X3 + 1,58.X4 \leq 224 + 56.t$$

- Kendala Permintaan Produk dan Kapasitas Penyimpanan

$$X1 \leq 46 + 25.t$$

$$X2 \leq 38 + 17.t$$

$$X3 \leq 31 + 15.t$$

$$X4 \leq 24 + 10.t$$

Penggambaran Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Setelah membentuk fungsi kendala dan fungsi tujuan, selanjutnya adalah mencari nilai dari model linear programming yang telah terbentuk. Penyelesaian

dilakukan dengan menggunakan nilai logika fuzzy pada saat $t=0$ dan $t=1$.

Hasilnya sebagai berikut:

Untuk $t = 0$

Solusi optimal diperoleh dengan memproduksi sebanyak 46 unit X1, 38 unit X2, 31 unit X3, dan 24 unit X4 dalam satu bulan sehingga laba perusahaan menjadi Rp 13.214.010,00. Untuk penggunaan materialnya adalah seluruhnya dari Bahan A sebanyak 306,28; sedangkan total waktu dibutuhkan untuk produksi sebesar 187,3 jam.

Untuk $t = 1$

Solusi optimal diperoleh dengan memproduksi sebanyak 71 unit X1, 55 unit X2, 46 unit X3, dan 34 unit X4 dalam satu bulan sehingga laba perusahaan menjadi Rp 18.276.480,00. Untuk penggunaan materialnya adalah dari Bahan A sebanyak 316,8 dan dari Bahan B sebanyak 133,13; sedangkan total waktu dibutuhkan untuk produksi sebesar 276,84 jam.

Pembentukan Model Fuzzy Linear Programming

Setelah didapat hasil p_0 (t_1-t_0) dapat dibentuk model *fuzzy linear programming*. Dari kedua hasil ($t=0$ dan $t=1$) dapat ditentukan nilai p_0 , yaitu hasil pengurangan dari z pada saat $t=1$ dengan z pada saat $t=0$ ($p_0 = 18.276.480 - 13.214.010 = 5.062.470$). Setelah didapat hasil p_0 (t_1-t_0) dapat dibentuk model FLP.

Model Batasan FLP ini digunakan dikarenakan hasil dari model batasan $t=1$ yang mempertimbangkan jika toleransi bahan baku maksimal yang masih bisa

diberikan oleh perusahaan perminggu untuk produksi kubah digunakan hasilnya kurang optimal. Pada FLP akan dicari suatu nilai z yang merupakan fungsi objektif yang akan di optimasikan. sedemikian hingga tunduk pada batasan-batasan yang dimodelkan dengan menggunakan himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

maksimumkan : λ

membuat batasan untuk FLP.

$$111,243.X1 + 98,962.X2 + 81,292.X3 + 75,676.X4 - 5,062,470.\lambda \leq 13,214,010$$

$$144.\lambda + 1,37.X1 + 2.X2 + 2,74.X3 + 3,43.X4 \leq 460.8$$

$$56.\lambda + 1,20.X1 + 1,32.X2 + 1,42.X3 + 1,58.X4 \leq 280$$

$$25.\lambda + X1 \leq 71$$

$$17.\lambda + X2 \leq 55$$

$$15.\lambda + X3 \leq 46$$

$$10.\lambda + X4 \leq 34$$

Menyelesaikan permasalahan dan persamaan fungsi FLP dengan menggunakan software win qsb. Langkah pertama yaitu memasukan data model FLP ke dalam program win qsb, sehingga di dapat hasil dari hasil perhitungan di ketahui solusi untuk FLP.

Solusi optimal diperoleh dengan memproduksi sebanyak 71 unit X1, 55 unit X2, 46 unit X3, dan 34 unit X4 dalam satu bulan sehingga laba perusahaan menjadi Rp 19.653.580,00. Untuk penggunaan materialnya adalah dari Bahan A sebanyak 316,8 dan dari Bahan B sebanyak 132.73; sedangkan total waktu dibutuhkan untuk produksi sebesar 276,84 jam.

4.3. Pembahasan

Optimasi adalah sarana untuk mengekspresikan model yang bertujuan untuk memecahkan masalah dengan cara terbaik. Model optimasi yang ada digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam pemerintahan, bisnis, teknik ekonomi, ilmu-ilmu fisika dan sosial yang terkait dengan adanya keterbatasan pengalokasian sumber daya. Salah satu contoh pemanfaatan analisa optimasi dalam bisnis adalah untuk melakukan penentuan jumlah produksi paling optimal dengan persediaan bahan baku yang terbatas.

Linear Programming (FLP) pada permasalahan perencanaan produksi dapat dilakukan dengan baik apabila beberapa asumsi dasarnya terpenuhi dalam kondisi aktual. Model analitik memberikan solusi optimal perencanaan produksi. Namun demikian seringkali tidak mudah atau tidak layak untuk dilaksanakan dalam kondisi aktualnya, karena beberapa asumsi tidak bisa dipenuhi dalam kondisi riil perusahaan, misalnya : waktu proses produksi yang stokastik, waktu kedatangan bahan baku yang probabilistik, transfer time dan sebagainya. Penggunaan model simulasi dapat menutupi dan menyelesaikan kekurangan model analitik tersebut, dimana dengan model simulasi dapat meniru proses produksi nyata, meskipun tidak memberikan solusi optimal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode perencanaan produksi agregat dengan menggunakan fuzzy program linier dapat memberikan hasil perencanaan yang lebih akurat pada produksi kubah masjid stainless steel PT Mustaka Multi Teknik. Serupa dengan penelitian Wanga dan Liang (2005) serta

Suseno dan Al-Faritsy (2014) yang menunjukkan bahwa model perencanaan pemrograman linear probabilistik dengan deret fuzzy mampu memberikan solusi bagi perencanaan produksi agregat sehingga mampu mencapai tujuan yang ditetapkan semula oleh para pengambil keputusan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Solusi optimal diperoleh dari hasil analisis FLP adalah dengan memproduksi sebanyak 71 unit X1, 55 unit X2, 46 unit X3, dan 34 unit X4 dalam satu bulan sehingga laba perusahaan menjadi Rp 19.653.580,00. Untuk penggunaan materialnya adalah dari Bahan A sebanyak 316,8 dan dari Bahan B sebanyak 132,73; sedangkan total waktu dibutuhkan untuk produksi sebesar 276,84 jam.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk peneliti selanjutnya:

1. Fungsi tujuan yang digunakan peneliti pada Model *Fuzzy Linear Programming* ini yaitu memaksimalkan keuntungan dan minimasi biaya bahan baku. Sehingga untuk peneliti selanjutnya bisa menggunakan 2 fungsi tujuan atau lebih dengan multi kendala.
2. Model *FMOLP* dalam penelitian ini hanya di aplikasikan pada perencanaan agregat produksi untuk mendapatkan hasil optimal dari masing-masing fungsi tujuan. Sehingga untuk peneliti selanjutnya bisa mengaplikasikan model tersebut di bidang lain seperti: Graf, teori kontrol dan lain - lain.

3. Hasil yang diperoleh menggunakan metode ini hanya menghasilkan produk dengan jumlah yang kecil. Ini disebabkan peneliti hanya menggunakan sebagian produk yang ada di PT Mustaka Multi Teknik, padahal produk yang tersedia cukup banyak.

