

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam mengidentifikasi penentuan jumlah produksi, diperlukan tinjauan pustaka berupa penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan dan serupa. Aktivitas ini memiliki tujuan untuk memperkuat dugaan dan argumen saat ini.

Produk makanan segar memiliki sifat yang mudah rusak (Kaipia dkk, 2013) terutama makanan basah (Matopoulos dkk, 2012) merupakan salah satu tantangan yang dihadapi oleh perusahaan makanan karena menghindari pembusukan dan kadaluwarsa. Maka dari itu pemilik usaha makanan segar harus mampu menentukan jumlah produksi dengan tepat agar produk dapat terjual dan memperoleh pendapatan serta profit. Purnomo (2010) melakukan penelitian di Perusahaan Tahu dan Tempe "IM" Cibogo Bandung. Penelitian ini menggunakan metode *Integer Linear Programming* dengan hasil yaitu total kedelai, total biaya persediaan, dan jumlah pesanan yang optimal. Dengan objek yang sama yaitu perusahaan tahu, Putridewi dkk (2020) dalam penelitiannya di Pabrik Tahu Pak Tabah, menggunakan metode MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*) dengan nilai terkecil dan perencanaan agregat produksi tahu menggunakan *mixed strategy*. Tujuan penelitian ini untuk meramalakan produksi periode selanjutnya dengan menyesuaikan jumlah tenaga kerja pada tempat usaha tersebut. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat diperoleh perencanaan agregat dengan nilai terendah.

Hilman (2017) melakukan penelitian di UKM Makanan di Kabupaten Ciamis, yaitu Kecamatan Cikoneng dengan metode yang sama seperti Purnomo (2010). Hasil dari penelitian tersebut, dapat menentukan jumlah produk krupuk udang dan otak-otak goreng dengan keuntungan yang optimal. Namun, dalam penggunaan metode tersebut harus benar-benar teliti, karena terdapat banyak variabel yang harus ditambahkan. Apriliyanti dkk (2018) melakukan penelitian di industri rumahan Kampung Kemplang Panggang, Jalan Pipareja, Kemuning, Palembang. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan *Linear Programming* yaitu metode Simpleks. Hasil penelitian tersebut dapat ditentukan berapa jumlah kemplang yang harus diproduksi dan diperoleh keuntungan optimal.

Penelitian lain juga dilakukan Sutrisno dkk (2017) dengan objek penelitian UKM Najimah Klappertaart. UKM ini berada di Kota Palu dan bergerak dibidang makanan. Penelitian ini menggunakan metode *Goal Programming* dengan bantuan program WinQsb untuk mengoptimalkan perencanaan produksi. Hasil dari penelitian ini dapat diperoleh nilai optimal pendapatan, laba, dan minimasi biaya produksi. Dengan menggunakan bantuan program yang sama yaitu WinQsb, tetapi dengan metode *Integer Linear Programming*, Pratiwi dkk (2017) melakukan penelitian di IKM Joko Podang Patikraja. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan jumlah produksi optimum untuk tempe lontrong dengan tiga tipe ukuran berbeda. Selain itu, penelitian tersebut juga dapat menunjukkan hasil keuntungan maksimum per hari dari tempat usaha dengan metode yang telah dilakukan.

Terdapat penelitian yang menggunakan metode lain yaitu metode logika *Fuzzy*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Coastaner dkk (2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan jumlah produksi roti pada UD Prima Sari Pekanbaru agar tidak terjadi kekurangan roti yang mengakibatkan lambatnya pengiriman. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil dari penelitian tersebut dapat ditentukan berapa jumlah produksi per hari, dari hari Senin hingga Sabtu. Dengan metode yang sama, tetapi produk yang berbeda yaitu tahu, Ilham dan Fajri (2020) melakukan penelitiannya di UKM Abadi Padang. Pada penelitian ini pemilik UKM dibuatkan web agar mempermudah pemilik untuk memprediksi jumlah produksi berdasarkan jumlah permintaan dan data persediaan yang ada supaya produksi optimal. Hasil dari penelitian ini adalah web yang dapat diakses oleh pemilik usaha.

Hajar dkk (2020) melakukan penelitian di industri rumahan yang dikelola oleh anggota keluarga Mahanda di Kota Pemantangsiantar, Sumatra Utara. Tempat usaha ini menghasilkan produk yaitu tahu. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*. Hasil dari penelitian ini yaitu selisih *error* sebesar 0,19% dengan kebenaran perkiraan 99,81%. Namun, penggunaan metode *Fuzzy Tsukamoto* dan *Fuzzy Sugeno* ini cukup rumit dan membutuhkan pemahaman logika yang cukup tinggi. Kemudian penggunaan web memerlukan perawatan terhadap aplikasi *Fuzzy Logic* secara berkala dan hanya pembuat aplikasi yang dapat memperbaikinya. Heriyanto dkk (2013) melakukan penelitian di CV. Punakawan Semar yang memproduksi bakso sapi dan ikan sejak tahun 1992. Permasalahan

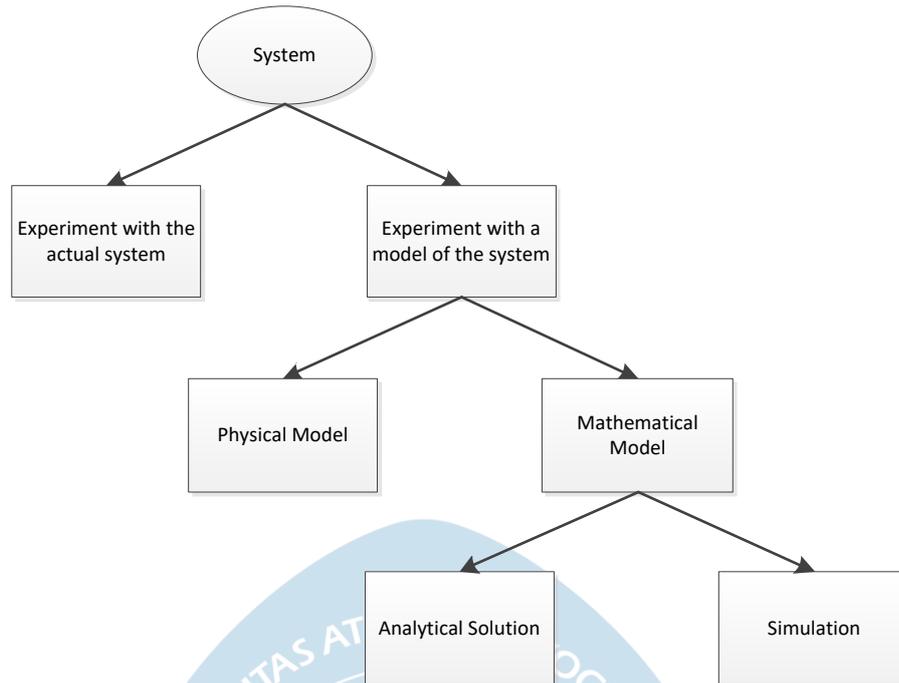
yang terjadi pada CV tersebut adalah belum dapat menentukan jumlah produksi bakso tiap ukuran agar menghasilkan keuntungan yang maksimal. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Hard System Methodology*. Hasil dari penelitian ini dapat ditentukan jumlah bakso ikan dan sapi yang harus diproduksi dan keuntungan maksimal yang didapatkan per hari dengan bantuan simulasi.

## **2.2. Dasar Teori**

Pada sub bab ini, akan dibahas mengenai dasar teori yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian.

### **2.2.1. Sistem, Model, dan Simulasi**

Simulasi akan melibatkan sistem dan modelnya. Sistem adalah fasilitas atau proses, secara aktual maupun terencana. Model berfungsi sebagai pengganti untuk mempelajari sistem dan mengajukan pertanyaan terkait tentang apa yang terjadi dalam sistem. Terdapat beberapa macam dari model yaitu *physical models* atau model fisik dan *logical or mathematical models* atau model matematis atau logika. Model logis atau matematika biasanya diwakili dalam program komputer. Simulasi adalah proses merancang dan membuat model terkomputerisasi yang nyata atau yang diusulkan sistem untuk tujuan melakukan eksperimen numerik untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perilaku sistem untuk sekumpulan kondisi tertentu. Simulasi digunakan pada saat model yang dipelajari cukup rumit dan mungkin tidak ada solusi matematika yang tepat (Kelton dkk, 2015). Cara mempelajari sistem menurut Law (2015) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Cara Mempelajari Sistem (Law, 2015)**

Cara mempelajari sistem menurut Law (2015) adalah sebagai berikut:

a. Eksperimen sistem nyata dan eksperimen sistem dengan model

Pendekatan eksperimen dengan sistem nyata dimungkinkan untuk dilakukan jika segala sesuatu yang dibutuhkan telah tersedia dan sangat mungkin digunakan untuk eksperimen, hal ini penting menjadi pertimbangan karena eksperimen ini memiliki resiko kegagalan dan pengeluaran biaya yang tidak sedikit. Maka dari itu, eksperimen sistem menggunakan model lebih disarankan.

b. Model fisik dan Model matematik

Model fisik atau sering disebut model ikonik merupakan miniatur dari sistem nyata seperti simulator dan ruang kendali untuk melatih operator. Sedangkan model matematik merupakan seperangkat perkiraan dan asumsi baik struktural maupun kuantitatif tentang cara sistem bekerja atau akan bekerja.

c. Solusi analitik dan simulasi

Jika model cukup sederhana, maka dapat menggunakan model matematika seperti teori antrian, metode persamaan diferensial atau pemrograman linier. Namun, jika model dari sistem rumit maka digunakan simulasi untuk penyelesaian.

Terdapat dua model yang dapat ditemukan dalam menganalisis sistem, yaitu model deterministik dan probabilitik. Model deterministik merupakan model yang

memiliki variabel dan parameter yang dapat diukur dan memiliki derajat kepastian yang tinggi. Sedangkan model probabilistik kebalikan dari deterministik yaitu variabel tidak pasti, pada hal ini permintaan diasumsikan selalu berubah-ubah atau fluktuatif. Klasifikasi model simulasi memiliki tiga dimensi yang berbeda menurut Law (2015), yaitu:

a. Statik versus dinamis

Model statik adalah representasi dari suatu sistem pada waktu tertentu. Sedangkan model dinamis mewakili sistem yang berkembang dari waktu ke waktu.

b. Model simulasi versus deterministik versus stokastik

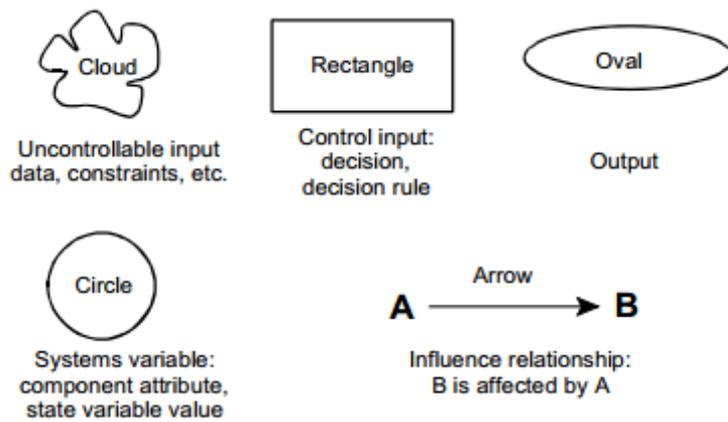
Jika model simulasi tidak mengandung komponen acak atau probabilistik, maka disebut deterministik, yaitu sistem persamaan yang rumit dan tidak dapat dipecahkan secara analitis. Keluaran dari model deterministik ditentukan setelah himpunan jumlah masukan dan hubungan pada model telah ditentukan. Model stokastik biasanya digunakan untuk sistem antrian dan inventori. Model stokastik menghasilkan keluaran yang dengan sendirinya acak.

c. Simulasi kontinyu versus diskrit

Sistem diskrit merupakan sistem yang dapat berubah hanya pada sejumlah titik waktu yang dapat dihitung. Sedangkan model simulasi kontinyu status variabel dapat berubah sewaktu-waktu secara kontinyu.

### **2.2.2. Influence Diagram**

Sistem dapat digambarkan dengan menggunakan *influence diagram*. Daellenbach dan McNickle (2005) menyatakan, *Influence diagram* merupakan diagram lingkaran yang menunjukkan sebab dan akibat. Terdapat beberapa konvensi diagram yang digunakan pada *influence diagram* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Awan atau *cloud* menggambarkan data *input* yang tidak dapat dikontrol. Persegi panjang atau *rectangle* menunjukkan *input* yang dapat dikontrol atau keputusan. Oval menunjukkan *output* atau keluaran. Lingkaran atau *circle* disebut dengan komponen atribut. Lingkaran menandakan bahwa terdapat proses perhitungan. Dan terakhir adalah tanda panah atau *arrow* yang menunjukkan hubungan.



**Gambar 2.2. Konvensi Diagram untuk *Influence Diagram***

### 2.2.3. Model Matematis

Model matematis merupakan model yang dibangun dengan menggunakan komputer yang mereplikasi sistem dunia nyata yang sedang dianalisis, dan kemudian model tersebut digunakan untuk model simulasi memecahkan masalah dalam sistem dunia nyata.

### 2.2.4. Persediaan

Secara umum, persediaan adalah barang atau sumber daya yang dapat digunakan akan tetapi tidak digunakan yang memiliki nilai ekonomis dan disimpan untuk memenuhi permintaan (Vrat, 2014). Persediaan terdiri dari semua barang dan bahan yang disimpan oleh suatu organisasi. Barang-barang tersebut disimpan untuk digunakan dimasa mendatang (Water, 2003). Terdapat beberapa tipe dari persediaan yaitu :

- Persediaan bahan baku sebagai masukan untuk sistem manufaktur.
- Persediaan yang dibeli habis atau *Bought out Parts* (BOP) yang langsung menuju ke perakitan produk apa adanya.
- Work in Progress* (WIP) inventori.
- Persediaan barang jadi untuk mendukung distribusi ke pelanggan.
- Persediaan pemeliharaan, perbaikan, dan pengoperasian atau *Maintenance, Repair, and Operating* (MRO). Persediaan ini termasuk suku cadang, bahan tidak langsung, dan semua barang-barang yang diperlukan untuk layanan atau produksi sistem.

Terdapat beberapa elemen yang terdapat pada persediaan (Taylor, 2013) yaitu:

a. Permintaan

Permintaan merupakan hal yang penting dan merupakan dasar untuk pengelolaan inventori. Terdapat dua macam permintaan yaitu *dependent demand* dan *independent demand*. *Dependent demand* merupakan permintaan yang bergantung pada barang yang digunakan secara internal untuk memproduksi produk akhir. Sedangkan *independent demand* atau permintaan independen bersifat final produk yang diminta oleh pelanggan.

b. Biaya persediaan

Terdapat tiga biaya dasar yang terkait dengan persediaan yaitu biaya simpan, biaya pemesanan, dan biaya kekurangan yang secara lebih rinci sebagai berikut:

i. Biaya simpan

Biaya simpan adalah biaya satu unit item dalam persediaan untuk satu unit periode waktu (Law, 2015). Ini adalah fungsi dari harga bahan yang disimpan dalam persediaan per unit dan biaya tersebut dinyatakan dalam persentase dari harga satuan per unit waktu. Bentuk umum dari biaya simpan adalah menetapkan total biaya tercatat, ditentukan dengan menjumlahkan semua biaya individu yang disebutkan sebelumnya. Bentuk yang lain, biaya simpan dinyatakan sebagai persentase dari nilai barang atau sebagai persentase nilai inventori rata-rata (Tylor, 2013). Biaya simpan menurut Waters (2003) dapat dihitung menggunakan rumus 2.1.

$$\text{Biaya simpan} = \text{Jumlah rata-rata unit yang tersedia} \times \text{harga beli} \times \text{harga per unit persen per tahun} \quad (2.1)$$

ii. Biaya pesan

Biaya pesan adalah biaya menempatkan pesanan berulang untuk produk, salah satunya adalah biaya telepon dan biaya transportasi atau biaya kirim (Law, 2015). Biaya pesan tidak tergantung pada ukuran pesanan.

iii. Biaya kurang

Biaya kurang terjadi pada saat permintaan pelanggan tidak dapat dipenuhi. Biaya kurang akan mempengaruhi keuntungan dan ketidakpuasan pelanggan di masa mendatang (Law, 2015).

### 2.2.5. Distribusi Data

Distribusi data adalah suatu fungsi matematika yang menunjukkan seberapa sering atau kemungkinan variabel acak untuk memiliki suatu nilai. Terdapat dua

macam distribusi data yaitu distribusi kontinyu dan diskrit. Distribusi kontinyu digunakan pada sistem yang mengalami perubahan secara terus menerus bersamaan dengan berubahnya waktu yang terjadi. Distribusi kontinyu disebut sebagai distribusi berkelanjutan karena mereka dapat mengembalikan kuantitas bernilai nyata apapun atau dalam rentang, untuk tipe yang dibatasi (Kelton, 2015). Biasanya digunakan untuk mewakili durasi waktu dalam model simulasi. Beberapa distribusi kontinyu menurut Kelton (2015) adalah distribusi *exponential*, *triangular*, *weibul*, *erlang*, *gamma*, *lognormal*, *uniform*, dan *normal*. Distribusi diskrit digunakan pada sistem yang mengalami perubahan pada sistemnya yang berlangsung pada sebagian titik waktu sehingga tidak mengalami perubahan secara terus menerus. Distribusi diskrit hanya dapat mengembalikan kuantitas bernilai bilangan bulat. Biasanya sering digunakan untuk mendeskripsikan jumlah peristiwa yang terjadi diinterval waktu atau distribusi ukuran yang bervariasi secara acak. Salah satu distribusi diskrit menurut Kelton (2015) adalah distribusi *poisson*.

Dalam menentukan jenis distribusi dapat dilakukan dengan menggunakan prosedur uji *goodness of fit test statistic* berdasarkan distribusi *chi square*. Menurut Montgomery dan Runger (2014), terdapat tujuh tahap prosedur untuk melakukan pengujian hipotesis distribusi yaitu:

1. Menentukan parameter kepentingan.
2. Menentukan hipotesis nol atau H0
3. Menentukan hipotesis alternatif atau H1
4. *Test statistic* dengan menggunakan rumus yang terdapat pada rumus (2.2).

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.2)$$

5. Sebelum membuat keputusan, *degree of freedom* harus dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan rumus yang terdapat pada rumus 2.3. *df* akan digunakan saat akan mencari nilai pada t tabel.

$$df = k - p - 1 \quad (2.3)$$

Keterangan:

K = Kelas *interval*

P = Jumlah parameter distribusi yang dihipotesiskan dan diperkirakan oleh statistik sampel.

6. Perhitungan *test statistic*.

7. Kesimpulan untuk menolak  $H_0$  atau menerima  $H_0$ .  $H_0$  akan ditolak jika *p-value* kurang dari 0,05 dengan  $\alpha$  0,05.

Jenis distribusi data juga dapat ditentukan dengan menggunakan *Arena Software*. *Arena software* merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menggambarkan pemodelan dengan lebih baik dan simulasi seperti keadaan nyatanya atau *real*. *Arena* berisi serangkaian fungsi bawaan untuk menghasilkan nomor acak dari distribusi probabilitas yang umum digunakan. Distribusi probabilitas dapat ditemukan jika telah melakukan *input analyzer*. Setiap distribusi di *Arena* memiliki satu atau lebih nilai parameter yang terkait yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Distribusi dan Parameter Data pada Arena**

Distribusi		Parameter
<i>Beta</i>	BETA	Beta, Alpha
<i>Continuous</i>	CONT	CumP1, Val1, ..., CumPn, Valn
<i>Discrete</i>	DISC	CumP1, Val1, ..., CumPn, Valn
<i>Erlang</i>	ERLA	ExpoMean, k
<i>Exponential</i>	EXPO	Mean
<i>Gamma</i>	GAMM	Beta, Alpha
<i>Johnson</i>	JOHN	Gamma, Delta, Lambda, Xi
<i>Lognormal</i>	LOGN	LogMean, LogStd
<i>Normal</i>	NORM	Mean, StdDev
<i>Poisson</i>	POIS	Mean
<i>Triangular</i>	TRIA	Min, Mode, Max
<i>Uniform</i>	UNIF	Min, Max
<i>Weibul</i>	WEIB	Beta, Alpha

### 2.2.6. Distribusi Empiris

Distribusi empiris adalah distribusi yang dibentuk oleh data yang diamati (Law, 2015). Nilai acak dihasilkan selama simulasi, daripada menyesuaikan dengan teori distribusi ke data. Untuk variabel acak kontinyu, jenis distribusi empiris yang dapat ditentukan tergantung pada nilai aktual masing-masing observasi  $X_1, X_2, \dots, X_n$  bukan hanya jumlah  $X_i$  yang termasuk dalam masing-masing interval yang ditentukan.

Untuk data diskrit, cukup sederhana untuk mendefinisikan distribusi empiris, yang terpenting data asli bernilai  $X_1, X_2, \dots, X_n$  tersedia. Untuk setiap kemungkinan nilai  $x$ , fungsi massa empiris  $p(x)$  dapat didefinisikan sebagai proporsi dari  $X_i$  sama dengan  $x$ .

### 2.2.7. PDF (*Probability Density Function*)

*Probability Density Function* menunjukkan kemungkinan munculnya nilai dalam suatu *range* kejadian. PDF digunakan pada data yang bersifat diskrit. PDF akan menunjukkan adanya titik puncak. Titik puncak diperoleh dari frekuensi tertinggi munculnya nilai suatu data. Untuk variabel acak diskrit  $X$ ,  $p(x)$  adalah probabilitas aktual yang terkait nilai  $x$ . Namun,  $f(x)$  bukanlah probabilitas bahwa variabel acak kontinu  $x$  sama dengan  $x$  (Law, 2015). Persamaan dari PDF dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$P(X=x) = 0 \quad (2.4)$$

### 2.2.8. CDF (*Cumulative Distribution Function*)

Metode alternatif untuk menggambarkan distribusi variabel acak diskrit juga bisa digunakan untuk variabel acak kontinu. CDF ditentukan untuk semua bilangan *real*. Untuk variabel acak  $X$ , fungsi  $X$  didefinisikan sebagai  $P(X \leq x)$ . fungsi ini digunakan untuk menentukan distribusi probabilitas. Selanjutnya probabilitas kumulatif digunakan untuk menemukan fungsi massa probabilitas dari variabel acak diskrit. Fungsi distribusi kumulatif dari variabel acak diskrit  $X$ , dilambangkan sebagai  $F(x)$  seperti pada persamaan 2.5.

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{X_i \leq x} f(X_i) \quad (2.5)$$

### 2.2.9. Biaya Produksi

Biaya produksi merupakan biaya yang dibayarkan untuk sumber daya yang digunakan untuk membuat produk, sebagai contoh bahan mentah, tenaga kerja, biaya listrik dan lain-lain (Waters, 2003). Perhitungan biaya produksi dapat dilihat pada rumus 2.6.

$$\text{Biaya produksi} =$$

$$\text{Biaya bahan baku} + \text{Biaya tenaga kerja langsung} + \text{biaya overhead produksi} \quad (2.6)$$

### 2.2.10. Pendapatan

Pendapatan adalah uang atau nilai setara yang diterima individu atau bisnis. Pendapatan menurut Waters (2003) diperoleh dari jumlah unit yang terjual dikalikan dengan harga jualnya. Rumus perhitungan pendapatan dapat dilihat pada rumus 2.7.

$$\text{Pendapatan} = \text{Harga jual produk} \times \text{Jumlah terjual} \quad (2.7)$$

### 2.2.11. Profit

Profit merupakan pendapatan bersih yang diterima oleh tempat usaha. Jika nilai yang tersisa adalah positif, maka tempat usaha menerima untung. Namun, jika nilai negatif, maka rugi. Profit diperoleh dari pendapatan dikurangi dengan beberapa total biaya yang harus dibayarkan atau dikeluarkan seperti biaya produksi, biaya simpan, dan biaya kehilangan. Perhitungan profit menurut Waters (2003) dapat dilihat pada rumus 2.8.

$$\text{Profit} = \text{Pendapatan} - \text{Biaya Pesan} - \text{Biaya Simpan} \quad (2.8)$$

### 2.2.12. Simulasi

Simulasi adalah salah satu pendekatan paling fleksibel untuk memecahkan masalah. Simulasi dapat memberikan tampilan yang dinamis dan meniru operasi nyata selama periode tertentu. *Spreadsheet* dapat digunakan untuk mengimplementasikan analisis simulasi (Rossetti, 2016).

### 2.2.13. Bilangan *Random*

Simulasi dari setiap sistem atau proses yang terdapat komponen acak yang melekat memerlukan metode untuk menghasilkan atau mendapatkan angka acak yang masuk akal, maka dari itu bilangan *random* dibutuhkan. Bilangan random adalah variasi acak yang dihasilkan dari distribusi U 0 hingga 1 (Law, 2015). Tujuan dari penggunaan bilangan *random* adalah untuk menghasilkan aliran angka yang merupakan pengamatan dari distribusi seragam yang berkelanjutan antara 0 dan 1 dan tidak bergantung satu sama lain (Kelton dkk, 2015). Pada *Microsoft Excel* bilangan *random* dapat dicari dengan menggunakan fungsi RAND().

#### 2.2.14. Verifikasi

Verifikasi model simulasi dilakukan untuk menentukan apakah program berjalan seperti yang dimaksud atau tidak. Untuk melakukan verifikasi model *debugging* model dilakukan untuk menentukan kesalahan dalam kode simulasi (Rossetti, 2016). Hasil keluaran dari verifikasi dapat diketahui keluaran model telah masuk akal atau tidak. Pada tahap verifikasi dapat dilihat perbandingan antara data asli dengan model yang telah dibuat dari pengujian distribusi probabilitas sebelumnya.

#### 2.2.15. Replikasi

Replikasi adalah pembuatan satu jalur sampel yang mewakili evolusi sistem dari kondisi awalnya hingga kondisi akhirnya (Rossetti, 2016). Jika memiliki beberapa replikasi dalam eksperimen, setiap replikasi mewakili sampel yang berbeda. Dimulai dari kondisi awal yang sama dan didorong oleh parameter masukan yang memiliki pengaturan sama. Setiap replikasi adalah pengulangan yang dihasilkan secara independen dalam simulasi. Langkah awal untuk menentukan apakah replikasi membutuhkan replikasi baru adalah dengan melihat hasil replikasi awal terjadi *overlap* atau tidak. *Overlap* terjadi jika batas bawah dan batas atas pada variabel terjadi tabrakan atau nilai batas bawah lebih besar dari nilai batas atasnya. Jika demikian maka perlu dilakukan perhitungan replikasi kembali. Rumus perhitungan replikasi baru menurut Rossetti (2016) dapat dilihat pada rumus 2.9.

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2} \quad (2.9)$$

Keterangan untuk rumus 2.7 adalah sebagai berikut:

$n$  = Jumlah replikasi

$n_0$  = Jumlah replikasi sebelumnya

$h_0$  = *Half width* sebelumnya

$h$  = *Half width* target

Dengan keterangan rumus 2.7, secara lebih rinci dapat dicari dengan keterangan sebagai berikut:

a. *Half width*

Interval kepercayaan untuk pendugaan titik dapat menjadi dasar untuk menentukan banyaknya pengamatan yang harus dilakukan dalam sampel. *Half width* adalah kuantitas interval kepercayaan.

Rumus perhitungan *Half width* menurut Rossetti (2016) terdapat pada rumus 2.10.

$$h = t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.10)$$

b. *Standar deviasi*

Standar deviasi menunjukkan berapa nilai dari sampel yang dibandingkan dengan rata-rata sampel. Rumus dari varian dan standar deviasi terdapat pada rumus 2.11.

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2.11)$$

c. Tabel t

Tabel t adalah tabel yang menunjukkan probabilitas dibawah fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi t untuk derajat kebebasan yang berbeda. Tabel t dapat dilihat pada Lampiran 3.

d. Batas atas dan batas bawah

Batas atas dan batas bawah diperoleh dari *Half width*. Rumus perhitungan batas atas dan batas bawah dapat dilihat pada rumus 2.12. dan rumus 2.13.

$$\text{Batas Bawah} = \bar{X} - H \quad (2.12)$$

$$\text{Batas Atas} = \bar{X} + H \quad (2.13)$$

Keterangan pada rumus 2.12. dan rumus 2.13. sebagai berikut:

X bar = rata-rata

H= *Half width*

### 2.2.16. Validasi

Validasi model simulasi dilakukan untuk menentukan apakah model yang telah dibuat telah mewakili sistem yang sebenarnya (Rossetti, 2016). Validasi memiliki fungsi untuk memastikan bahwa model berperilaku sama dengan sistem yang sebenarnya (Kelton dkk, 2015). Validasi pada semua asumsi sebelumnya telah disetujui bersama dengan pemilik usaha. Validasi dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistika yaitu uji kesamaan dua rata-rata antara data aktual dengan yang dibangun. Salah satu uji statistik yang dapat digunakan adalah uji hipotesis. Statistika inferensia mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis sebagian data atau sampel untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan data induknya atau populasi. Bluman (2018) menyatakan terdapat dua uji hipotesis yang dapat digunakan untuk uji yaitu uji hipotesis satu arah dan dua arah. Uji hipotesis satu arah dan dua arah masing-masing memiliki tiga uji statistik yaitu uji hipotesis *mean*, proporsi, dan variansi. Langkah-langkah pengujian sama, yang membedakan diantara keduanya adalah pada uji statistiknya. Langkah-langkah dalam melakukan hipotesis adalah sebagai berikut :

- a. Menyatakan  $H_0$
- b. Menyatakan  $H_1$
- c. Menentukan nilai  $\alpha$
- d. Memilih uji yang akan digunakan
- e. Menentukan nilai kritis atau *critical value*
- f. Membuat *statistical decision*
- g. Mengintepretasikan hasil

Uji hipotesis dapat dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* yang terdapat pada tab *data analysis*. Beberapa uji hipotesis yang terdapat pada *Microsoft Excel* adalah sebagai berikut:

a. *t-test : Two-sample Assumming Unequal Varience*

Uji ini digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata (*mean*) dua variabel dari sampel yang berbeda dengan mengasumsikan kedua sampel memiliki variasi yang tidak sama.

b. *t-test : Two-sample Assumming Equal Varience*

Uji ini digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata (*mean*) dua variabel dari sampel yang berbeda dengan mengasumsikan kedua sampel tersebut memiliki variasi sama.

c. *t-test : Paired Two Sample for Means*

Uji ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidak perbedaan atau kesamaan rata-rata antara dua buah data.

Hasil dari pengujian menggunakan *t-test* akan menunjukkan beberapa nilai yaitu:

a. *Mean*

mean merupakan nilai rata-rata dari variabel.

b. *Variance*

Perhitungan variansi untuk sampel dapat dilihat pada rumus 2.14.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (2.14)$$

Keterangan untuk rumus 2.14. adalah sebagai berikut:

$S^2$  = Variance Sampel

$X_1$  = Data ke-i

$\bar{X}$  = Rata-rata sampel

n = Banyaknya sampel

Sedangkan untuk variansi populasi dapat diligat pada rumus 2.15.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{N} \quad (2.15)$$

Keterangan untuk rumus 2.15. adalah sebagai berikut:

$\sigma^2$  = Variance populasi

$X_1$  = Data ke-i

$\mu$  = Rata-rata populasi

n = Banyaknya populasi

c. *Observations*

*Observations* adalah jumlah pengamatan yang dilakukan.

d. *Hypothesized mean difference*

*Hypothesized mean difference* adalah perbedaan rata-rata antara dua variabel yang diuji. Jika diasumsikan tidak ada perbedaan maka nilai yang muncul adalah 0.

e. *df (Degree of Freedom)*

df atau *Degree of Freedom* merupakan derajat kebebasan yang di peroleh dari pengujian. df digunakan untuk menentukan nilai pada tabel t.

f.  $P(T \leq t)$  *one tail*

$P(T \leq t)$  one tail merupakan nilai p *value* yang digunakan untuk uji hipotesis yang terarah.

g.  $P(T \leq t)$  *two tail*

$P(T \leq t)$  one tail merupakan nilai p *value* digunakan untuk uji hipotesis yang tidak terarah.

