

PENENTUAN STRATEGI PENURUNAN FOOD WASTE DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI: Studi Kasus Industri Donut

Juvaldo Hastomo Putra, Ig. Jaka Mulyono, Ivan Gunawan
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Jalan Kalijudan 37 Surabaya

*Email : ivangunawani@ukwms.ac.id

ABSTRAK

Food waste adalah isu global yang saat ini menjadi pusat perhatian masyarakat dunia. Mulai dari negara berkembang hingga negara maju mencoba mengembangkan berbagai metode atau pendekatan untuk berkontribusi dalam menyelesaikan masalah ini. Adanya *food waste* pada suatu industri merupakan indikasi dari sistem produksi makanan dan konsumsi yang *unsustainable*. Hal ini akan berujung pada masalah berupa rendahnya margin total pada produk makanan dan biaya operasi yang semakin tinggi. Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan mereduksi *food waste* dengan adanya studi kasus pada *store-level* dengan simulasi monte carlo pada salah satu toko roti waralaba internasional di Surabaya. Dilakukan analisis pada penjualan suatu toko roti waralaba. Lalu, di bentuk *template* yang sesuai dengan memperhitungkan jumlah *waste* dan *lost sales* (TW/TU) dan biaya yang dikeluarkan (T_{LS} dan T_{WC}). *Template* ini digunakan untuk simulasi dengan jumlah *running* setara 3 bulan. Berdasarkan analisa hasil simulasi awal maka di bentuk 3 skenario yang mungkin diterapkan, yaitu perubahan sistem pengiriman *batch*, perubahan sistem peramalan, dan terakhir kombinasi dari keduanya. Berdasarkan hasil skenario yang dibuat, didapatkan bahwa gabungan metode peramalan *winter-method* dengan kebijakan pengiriman 2 kali sehari dengan syarat pengiriman berupa *inventory* harus kurang 20% dari *batch* sekali kirim. Dengan skenario ini didapati hasil rata-rata per hari berupa *waste* sejumlah 707 buah produk dengan total pemasukan Rp91.035.686, *waste cost* sebesar Rp1.542.22, *lost sales* sebesar Rp1.248.371.

ABSTRACT

Food waste is a global issue that is currently the center of attention of the world community. From developing countries to developed countries try to develop various methods or approaches to contribute to solving this problem. The existence of *food waste* in an industry is an indication of an unsustainable system of food production and consumption. This will lead to problems in the form of low total margins on food products and higher operating costs. In this study, experiments were conducted to reduce *food waste* with a case study at *store-level* with monte carlo simulation at one of the international franchise bakeries in Surabaya. Analysis of the sale of a franchised bakery. Then, in the form of a *template* that corresponds to take into account the amount of *waste* and *lost sales* (TW / TU) and costs incurred (T_{LS} and T_{WC}). This *template* is used for simulation with the amount of *running* equivalent to 3 months. Based on the analysis of the initial simulation results, it is in the form of 3 scenarios that may be applied, namely *batch* delivery system change, forecasting system changes, and lastly the combination of the two. Based on the results of the scenario, it was obtained that the combined method of forecasting *winter-method* with delivery policy 2 times a day with the condition of delivery in the form of *inventory* must be less than 20% of the *batch* once sent. With this scenario was found the average result per day in the form of *waste* of 707 products with a total income of Rp91,035,686, *waste cost* of Rp1,542.22, *lost sales* of Rp1,248,371.

Keywords: *Food waste*, Simulasi, Monte carlo, Forecasting

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Food waste adalah isu global yang saat ini menjadi pusat perhatian masyarakat dunia. Mulai dari negara berkembang hingga negara maju mencoba mengembangkan berbagai metode atau pendekatan untuk berkontribusi dalam menyelesaikan masalah ini. Produk pangan bersifat *perishable*, sehingga sumber penyebab utama *food waste* adalah *lifetime* produk pangan yang relatif pendek. Dalam studi ini, *food waste* diasosiasikan sebagai produk tak terjual/ tidak terserap pasar dan sudah melewati masa *freshness* produk tersebut. Adanya *food waste* pada suatu industri merupakan indikasi dari sistem produksi makanan dan konsumsi yang *unsustainable*. Hal ini akan berujung pada masalah berupa rendahnya margin total pada produk makanan dan biaya operasi yang

semakin tinggi. Oleh karena itu, mengurangi *food waste* merupakan permasalahan yang kompleks bagi industri pangan untuk diselesaikan.

Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan mereduksi *food waste* dengan adanya studi kasus pada *store-level* dengan simulasi monte carlo pada salah satu toko roti waralaba internasional di Surabaya. Studi kasus ini bertujuan untuk melakukan perbaikan sistem atau memformulasikan strategi untuk meminimasi *food waste*. Analisis akan dilakukan dengan membuat model simulasi dari masalah terkait dengan berdasarkan pada jumlah dan lama produk terjual dan produk sisa yang menjadi *food waste*. Model simulasi menjadi sarana dalam memahami sistem yang ada sekarang dan untuk mengetahui akar masalah penyebab *food waste*. Setelah Skenario yang mungkin akan dibandingkan satu sama lain dan yang

paling optimal akan dipilih sebagai solusi. Pemilihan skenario akan berdasarkan *trade-off* paling baik antara biaya dan jumlah *food waste* yang ada.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana model simulasi yang sesuai untuk mengurangi *food waste* di *store level*?
2. Apa skenario terbaik dalam mengurangi *food waste*?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Membuat model simulasi yang sesuai untuk mengurangi *food waste*.
2. Mencari skenario terbaik dalam menyusun strategi untuk mengurangi *food waste*.

II. Landasan Teori

Landasan teori merupakan teori-teori pendukung (referensi) dalam pembuatan skripsi.

II.1.. Food waste

Meskipun perlahan secara global permasalahan *food waste* mulai diperhatikan, tidak ada konsensus di antara para pemangku kepentingan utama dan dalam literatur tentang bagaimana *food waste* harus dicirikan (Garrone et al., 2014). Sementara beberapa pemangku kepentingan (FAO, 2014) secara eksplisit membedakan antara pengertian tentang '*food waste*' dan '*food loss*', ada beberapa pihak juga tidak membedakan keduanya dengan asumsi bahwa jika ada makanan yang dirancang untuk konsumsi manusia meninggalkan sistem makanan, itu harus dipertimbangkan sebagai *wasted*(Giroto et al., 2015). Ada ambiguitas lebih lanjut dalam apa harus didefinisikan sebagai '*food waste*'.

Dalam industri retail, *food waste* mengacu pada produk tidak laku yang perlu dibuang atau didaur ulang. Jadi, sisa makanan di retail-stage merupakan masalah komersial yang signifikan mengingat rendahnya margin keseluruhan pada produk makanan dan operasi yang semakin tinggi biaya, khususnya di tingkat toko. Masalah lain untuk pengecer grosir adalah bahwa sebagian besar produk yang dibuang masih ada cocok untuk konsumsi. Dimensi etis dari limbah makanan ini meningkatkan tekanan pada pengecer untuk menunjukkan tanggung jawab sosial perusahaan dalam hal lingkungan dan masyarakat dan, dengan demikian, untuk mengurangi serta memulihkan sisa makanan (Aiello et al., 2014; Gruber et al., 2016).

II.2. Distribusi Probabilitas

Terdapat beberapa distribusi probabilitas yang digunakan dalam model simulasi yaitu distribusi uniform dan distribusi binomial

Distribusi uniform (diskrit) atau distribusi seragam merupakan distribusi yang digunakan pada ketika kondisi variabel random muncul pada kesempatan yang sama dengan rentang nilai a sampai dengan b. Berikut adalah fungsi CDF-nya;

$$F(x) = \frac{[K] - a + 1}{b - a + 1}$$

Distribusi binomial adalah distribusi probabilitas diskret jumlah keberhasilan dalam n percobaan ya/tidak (berhasil/gagal) yang saling bebas, dimana setiap hasil

percobaan memiliki probabilitas p.. Berikut fungsi CDF nya;

$$F(k; n; p) = \Pr(X \leq k) = \sum_{i=0}^{[k]} \binom{n}{i} p^i (1 - p)^{n-i}$$

II.3. Simulasi

Menurut Siswanto, Latiffianti, dan Wiranto (2018), simulasi merupakan tiruan dari sebuah proses operasi pada kondisi nyata atau sistem dari waktu ke waktu. Simulasi digunakan untuk menggambarkan dan menganalisa perilaku dari sebuah sistem nyata dan membantu dalam proses design of real system. Model simulasi merupakan suatu alternatif yang tepat ketika terdapat situasi dimana sistem yang kompleks tidak dapat digambarkan dengan model matematis.

II.4. Forecasting

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu cara memperkirakan atau mengestimasi secara kuantitatif maupun kualitatif apa yang terjadi pada masa depan berdasarkan data yang relevan pada masa lalu. Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisis hubungan antar variabel yang diperkirakan dengan variabel waktu merupakan deret berkala (*time series*). Kegunaan peramalan adalah untuk memperkirakan secara sistematis dan pragmatis atas dasar data yang relevan pada masa lalu. Dengan demikian metode peramalan diharapkan dapat memberikan objektivitas yang lebih besar.

III. Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan suatu penelitian dibutuhkan agar dapat sesuai dengan sistematika yang dibentuk dengan baik agar mencapai tujuan yang diinginkan, yaitu sebagai berikut :

III.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah awal untuk melakukan penelitian. Pada tahap ini dilakukan peninjauan sebagai acuan dan pedoman untuk melakukan penelitian. Selain melalui buku-buku referensi, studi literatur juga bisa melalui penelitian-penelitian sebelumnya. Sumber-sumber yang banyak dan terpercaya tentunya akan mempermudah dalam melakukan penelitian.

III.2. Mengumpulkan Data

Pada langkah pengambilan data, yang dilakukan adalah historis dari pembuangan dan penjualan toko roti bersangkutan. Data historis yang dijadikan acuan selama 3 bulan. Dilakukan pula tinjauan tentang adanya promosi atau diskon pada saat data 3 bulan tersebut untuk membantu penyusunan skenario perbaikan. Data utama dalam penelitian antara lain data penjualan, data produksi, dan kebijakan perusahaan mengenai pengolahan *waste*.

III.3. Membuat model konseptual

Untuk memperjelas proses penelitian, perlu adanya suatu gambaran tentang model konseptual diagram siklus aktivitas, yaitu kegiatan yang dilakukan di toko roti. Mulai dari produksi, penjualan, hingga proses

pembuangan. Proses-proses tersebut akan digambarkan dalam format IDEF0 sebagai input dari modul simulasi kedepannya.

III.4. Menyusun hipotesis dan asumsi

Pada tahap ini disusun hipotesis sebagai arah dari penelitian ini yaitu “• Simulasi monte carlo mampu memodelkan kondisi sebenarnya yang akurat. Skenario yang melibatkan tinjauan sistem produksi, kondisi penjualan dan kebijakan pengolahan waste serta strategi dalam demmand management mampu mereduksi waste yang ada di perusahaan”. Dan juga untuk menyederhanakan model, dibuat beberapa asumsi antara lain; Proses yang diteliti berfokus pada penjualan produk donut, Produk throw away dalam penelitian ini adalah produk yang di produksi oleh gerai pusat namun tidak terjual hingga akhir hari, Jarak dari gerai pusat ke gerai lainnya adalah sama dengan jarak gerai-gerai yang ada ke gerai pusat. Waktu penjualan antar gerai dianggap sama, penjualan saat hari raya tidak diperhitungkan dan promo yang di anggap hanya promo yang sifatnya dipublikasikan untuk umum. Pola atau persentase kedatangan pengunjung setiap bulan dan minggunya adalah sama mengikuti pola harian, pengunjung yang datang sebelum jam pengiriman kedua atau lebih tetap dianggap tidak akan kembali dan menjadi lost sales dan biaya pengiriman tidak diperhitungkan dalam analisis.

III.5. Menentukan variabel dan elemen-elemen dalam sistem

Mendefinisikan variabel dan elemen dalam sistem adalah hal penting untuk memahami sistem lebih lanjut. Hal ini akan berguna dalam analisis yang lebih baik terhadap sistem. Berikut elemen-elemen yang ada dalam sistem;

III.6. Uji distribusi data

Pada langkah ini dilakukan uji distribusi terhadap pola pembuangan produk dan pembelian produk. Uji distribusi dilakukan menggunakan software EasyFit untuk menentukan distribusi yang paling sesuai dengan data terkait.

III.7. Verifikasi dan validasi

Jika distribusi setiap data yang dibutuhkan sudah ada, model awal akan mulai dibuat. Sebelum dijalankan, model haruslah di verifikasi dengan melihat apakah model berjalan dengan lancar. Lalu validasi dilihat dengan kesamaan hasil simulasi dengan data nyata yang ada. Pembuktian validasi dalam penelitian ini melalui uji hipotesis student't untuk melihat signifikasin kesamaan rata-rata model simulasi dengan sistem nyata.

III.8 Simulasi keadaan awal

Setelah itu dilakukan simulasi keadaan awal pada sistem produksi hingga pembuangan produk toko roti. Simulasi yang dilakukan bertujuan untuk mendapat gambaran mendekati situasi yang sebenarnya. Simulasi ini kemudian harus divalidasi dan diverifikasi secara kualitatif, apakah hasil yang didapat dari simulasi sudah

menggambarkan hasil sebenarnya (hasil yang didapat sama).

III.9 Analisa sistem lama

Melakukan interpretasi dari hasil output simulasi keadaan awal, seperti jumlah produk terbuang rata-rata dalam sistem, jumlah waktu rata-rata pembungan, faktor utilisasi, dan lain-lain. Kemudian melihat apakah perlu dilakukan usulan perbaikan pada beberapa bagian.

III.10 Menentukan dan membandingkan skenario

Melakukan interpretasi dari hasil output simulasi untuk menentukan skenario yang mungkin. Parameter skenario didapat dari observasi dan studi literatur lebih lanjut

III.11 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah tahap terakhir dari penelitian. Penarikan kesimpulan untuk mengetahui apakah hasil yang didapat sudah menjawab tujuan yang diinginkan. Saran dibuat untuk memudahkan jika penelitian ini akan dilanjutkan di kemudian hari.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

IV.1 Deskripsi ojek penelitian

Objek penelitian adalah salah industri donut waralaba dengan gerai yang terletak dibanyak tempat. Proses bisnis dari industri terkait diatur oleh manajemen pusat dan dijalankan oleh setiap staff di setiap gerai. Berikut adalah proses yang ada kurang lebih di setiap gerai.

1. Proses *Forecasting* dan produksi

Setiap beberapa area mempunyai gerai pusat sebagai *distribution center*. Gerai pusat yang mengatur jumlah produksi dan pengiriman setiap hari di setiap gerai cabang. *Forecasting* dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan jumlah produksi harian. Lalu produksi dilakukan pagi hari di gerai pusat sesuai hasil *forecasting* dan siap dikirim ke gerai-gerai cabang lainnya.

2. Proses pengiriman

Pengiriman produk dilakukan dari gerai pusat ke semua gerai cabang sebanyak 2 kali. Pengiriman pertama dilakukan pagi hari sebelum gerai cabang buka. Lalu pengiriman kedua dilakukan setelah tengah hari menjelang sore.

3. Proses pencatatan dan pengiriman kembali *throw-away*. Produk yang yang diproduksi hari itu juga dan tidak laku hingga akhir hari disebut *throw-away*. Jumlah produk yang tak terjual ini akan dicatat lalu dikembalikan ke gerai pusat. Tidak ada jumlah maksimum atau minimum untuk pengembalian ke gerai pusat. Setelah semua produk *throw-away* terkumpul di gerai pusat, produk sisa atau *food waste* ini akan hancurkan lalu dikirim ke peternakan terdekat untuk pakan ternak.

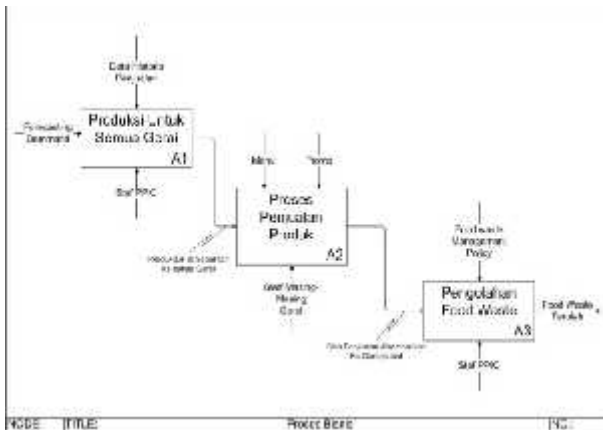
IV.2 Deskripsi Data

Data yang diambil adalah jumlah produk yang diproduksi, jumlah produk terjual, jumlah *throw-away product*, jenis dan harga produk, presentase produk terbeli, jarak setiap gerai dengan *distribution center*, Jenis promo yang sedang berlaku, dan kedatangan pengunjung harian. Semua data adalah data sekunder yang didapat dari

pihak gerai/toko. Kecuali data pengunjung harian yang didapat dari google.

IV.3. Pembuatan model konseptual

Model konseptual adalah penyederhanaan dari seluruh data yang diperoleh dalam tahap pengumpulan data, yang telah diolah dan disusun secara sistematis sebagai perwakilan dan konsep sistem yang diamati dan merupakan *input* utama untuk diolah menjadi suatu model simulasi. Pada penelitian ini digunakan format IDEF0 dalam menyusun model konseptual. Berikut model konseptual yang telah disusun:



Gambar 4.1 Model Konseptual IDEF0

IV.4. Deskripsi dan uji distribusi data

Data yang diuji distribusinya adalah data produksi, penjualan produk, dan data kejadian *waste* setiap gerai. Data diambil dari bulan Juli 2018 sampai September 2018. Dengan melihat pola data yang *seasonal* maka diputuskan pengujian data untuk per harinya. Didapati data produksi dan penjualan berdistribusi uniform dengan parameter masing-masing hari yang berbeda. Lalu data kejadian *waste* setiap gerai adalah binomial dengan parameter yang berbeda masing-masing antar gerai.

IV.5. Penembangan Model Simulasi

1. Melakukan pengujian distribusi data produksi dan data penjualan dengan melihat data produksi dan penjualan historis dari bulan Juli 2018 sampai September 2018
2. Membangkitkan data random dengan melakukan invers dari fungsi CDF distribusi setiap data terkait

Tabel 4.9 Fungsi Distribusi Produksi dan Penjualan

| Parameter | Distribusi | Fungsi |
|---|-------------------|----------------------------------|
| Jumlah produk yang diproduksi dan penjualan | Uniform (Diskrit) | $x = f(x) * (B - a + 1) - 1 + a$ |

Melakukan perhitungan *income* dengan mengkalikan data yang dibangkitkan dari distribusi penjualan dengan presentase penjualan setiap jenis produk dan lalu dikalikan oleh harga jual setiap jenis produk.

Tabel 4.10 Fungsi Income

| | |
|--|--|
| Fungsi income | $T_i = \sum_{c=1}^d \sum_{i=1}^n (P_i * T * W_{ic})$ |
| T_{pm} = Total pemasukan hari ke-c TS = Total Produk terjual P_i = Harga jual produk i W_{ic} = Presentase produk i terjual di hari ke -c | |

4. Jika total produk terjual (TS) lebih besar dari produk total produksi (TP) maka terjadi keadaan *lost sales*. Teknik perhitungan untuk biaya *lost-sales* atau *stockout cost* sudah sering dibahas dalam beberapa penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, digunakan salah satu fungsi yang relatif umum untuk menghitung *lost-sales* mengacu pada penelitian Campo (2000). Berikut adalah fungsinya

Tabel 4.11 Fungsi Lost-sales

| | |
|---|--------------------------------|
| Fungsi <i>Lost-sales</i> | $T_{LS} = TU * (SC + TC + OC)$ |
| T_{LS} = Total biaya <i>lost-sales</i> TC = Biaya transaksi SC = Biaya Substitusi OC = Biaya <i>opportunity</i> TU = Jumlah demand yang tidak terpenuhi | |

5. Melakukan pembangkitan bilangan biner random dengan distribusi binomial sebagai penanda gerai mana yang terdapat *waste* dan mana yang tidak. Nilai 1 berarti terdapat *waste* pada gerai dan nilai 0 berarti tidak terdapat *waste* pada gerai. Hal ini akan menjadi dasar dalam penghitungan biaya transportasi dalam biaya *waste* total.

Tabel 4.12 Inverse fungsi binomial untuk kejadian waste

| Parameter | Distribusi | Fungsi |
|---|------------|---|
| Terjadi waste atau tidak pada suatu gerai | Binomial | $x = \sum_{n=0}^i \binom{n}{x} f(x)^x (1 - f(x))^{n-x}$ |

6. Jika total produk terjual (TS) lebih sedikit dari produk total produksi (TP) maka terjadi keadaan dimana produk harus dibuang dan menjadi *waste*. Biaya yang muncul karena *waste* ini dihitung dengan fungsi sebagai berikut;

Tabel 4.13 Fungsi Biaya Waste

| | |
|--|---|
| Fungsi Biaya waste | $T = \max((\sum_{i=1}^n (S_i * STW_i) + P_T * T - I); 0)$ |
| T_{wc} = Total biaya <i>waste</i> IS = Insentif sales S_i = Jarak gerai i ke gerai pusat TW = Total Produk <i>waste</i> P_{TP} = Harga Pokok Penjualan 1 Produk STW_i = Status waste gerai i (0, 1) | |

Insentif penjualan merupakan bonus bagi semua gerai sebesar 10% dari penjualan. Namun, insentif

penjualan ini akan dipotong jika jumlah waste melebihi 15% dari total produksi.

Tabel 4.14. *Template* Simulasi Terjadinya Waste di setiap Gerai

| Days (1) | STW | | | S _{WC} (3) |
|-------------|----------|-------|----------|------------------------|
| | A (2) | | Z (2) | |
| 1... | | | | |
| c | | | | |

- (1) Days : Replikasi berupa hari
- (2) STW : Merupakan status terjadinya waste dari gerai A hingga Z. Ditandai dengan 1 menunjukkan adanya waste dan 0 artinya tidak ada sama sekali.
- (3) S_{WC} : Jarak yang tempuh dalam mendatangi gerai yang terdapat waste

Tabel 4.15 *Template* Simulasi *Exisiting* Model

| Days (1) | TP (2) | TS (3) | TW/ TU (4) | T _{LS} (5) | Product sales (6) | T _{PM} (8) | S _{WC} (9) | T _{WC} (10) |
|-------------|-----------|-----------|------------------|------------------------|--|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | | | | P _{IC} ... P _{IC} (7) | | | |
| 1... | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | |

- (1) Days : Adalah acuan replikasi dari model simulasi berupa hari. Hari yang berbeda mempengaruhi distribusi untuk membangkitkan data acak produksi dan penjualan. Hari diwakili oleh indeks "c" dan selalu diawali oleh hari senin
- (2) TP : Jumlah total produksi setiap harinya. Didapatkan dari membangkitkan angka random dengan distribusi uniform yang berbeda setiap harinya.
- (3) TS : Jumlah total penjualan setiap harinya. Didapatkan dari membangkitkan angka random dengan distribusi uniform yang berbeda setiap harinya.
- (4) TW / TU : TW adalah jumlah total waste setiap harinya dan bernilai positif pada tabel ini. Sedangkan TU adalah jumlah permintaan yang tidak mampu dipenuhi. Data termasuk TU jika nilainya negatif di tabel ini.
- (5) T_{LS} : Ouput dari *lost-sales* berupa biaya yang didapatkan melalui fungsi tabel 4.11 dikalikan -1 agar nilainya kembali positif.
- (6) Product sales : Jenis produk yang dijual oleh gerai.
- (7) P_{IC} ... P_{IC} : Rincian penjualan dari produk 1 hingga produk i pada hari ke-C. Presentasi terjual setiap produk berbeda-beda tergantung hari. Tabel berisi jumlah produk terjual hari ini dikali presentase produk i terjual dikalikan harga produk i.
- (8) T_{PM} : Total pemasukan harian. Merupakan jumlah total dari rincian penjualan setiap produk yang ada pada bagian (7).
- (9) S_{WC} : Jarak yang tempuh dalam mendatangi gerai yang terdapat waste
- (10). T_{WC} : Total biaya yang muncul dari waste. Perhitungan tabel mengacu pada fungsi di tabel 4.13. Variabel IS akan diberi fungsi if dengan syarat hanya mengurangi biaya T_{WC} jika TW lebih dari 15% TP. Pengurangan oleh IS adalah sebesar 10% dari T_{PM}. Jika Pengurangan IS lebih besar dari biaya lainnya dalam T_{WC} maka dianggap biaya T_{WC} adalah 0.

IV.6 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi model digunakan untuk menentukan apakah model yang dibuat telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Verifikasi dilakukan dengan melihat hasil *output* simulasi . Sedangkan Validasi model dilakukan dengan uji *student's t* dengan dua parameter, tujuan dari uji hipotesa ini untuk membuktikan secara statistic apakah kedua populasi memiliki perbedaan secara signifikan atau tidak. Berikut adalah hipotesa yang digunakan :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dimana H₀ menunjukkan rata-rata *output* pada sistem aktual (μ_1) sama dengan rata-rata *output* pada model simulasi (μ_2). H₀ diterima ketika nilai p-value > 0.05. Uji dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%.

V. Analisis Data

V.1 Analisis *output existing model*

Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata output dari parameter yang diadakan sebagai acuan pada *template* yang sudah dibuat sebagai berikut;

Tabel 5.1. Perbandingan Hasil Output Simulasi *existing model* dengan sistem nyata

| Parameter | <i>Exisiting Model</i> | Sistem nyata |
|---------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Running Days</i> | 91 Hari | 92 Hari |
| TW | 1359 Buah | 1303 Buah |
| T _{LS} | Rp 420.148 | Rp 0 |
| T _{PM} | Rp 92.387.800 | Rp. 107.836.213 |
| T _{WC} | Rp 1.934.137 | Rp. 2.391.491 |

Terlihat pada jumlah TW pada sistem nyata yaitu 1303 buah. Nilai ini lebih kecil dari pada *existing model* yang tidak mempertimbangkan faktor promosi yaitu 1359 buah. Lalu untuk pengeluaran yaitu biaya penanganan *lost sales* (T_{LS}) dan waste (T_{WC}) pada kedua sistem, terlihat perbedaan besar pada penanganan *lost sales* dimana pada keadaan nyata, *lost sales* ditekan seminimal mungkin. Sedangkan pada *existing model* dimana faktor program promosi dihilangkan, maka terjadi beberapa kejadian *lost sales* dengan biaya penanganan sebesar Rp.420.148,- . Sedangkan untuk biaya penanganan waste, *existing model* dengan biaya Rp.1.934.137 lebih kecil dari pada sistem nyata yang sebesar Rp. 2.391.491,-. Lalu terakhir pada bagian profit, terlihat *income* (T_{PM}) yang lebih besar jelas pada sistem nyata sebesar Rp.107.836.213 dibandingkan *existing model* yang hanya sebesar Rp.92.387.800.

V.2 Usulan Perbaikan (Skenario)

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data, maka dilakukan usulan perbaikan pada sistem yang ada. Terdapat 3 jenis skenario perbaikan yang diusulkan. yaitu sebagai berikut:

- 1) Skenario pertama adalah pengiriman dan produksi berkala yang mengadaptasi *postponement strategy*

dengan syarat minimal *inventory* tertentu. Pada skenario ini dibandingkan hasil terbaik dari sub-skenario berupa frekuensi pengirim 2 kali sehari, 3 kali sehari dan 4 kali sehari. Setiap sub-skenario juga diberi perlakuan berupa syarat minimal *inventory* lalu dipilih persentase yang menghasilkan paling optimal dari setiap sub-skenario. Pemilihan

pertama berdasarkan syarat bahwa *lost sales* tidak boleh lebih besar dari *waste cost* untuk menghindari resiko hilangnya loyalitas pelanggan. Lalu dipilih nilai *waste cost-to-income ratio* terkecil dan didapati hasil pada tabel berikut

Tabel 5.4 Perbandingan ketiga sub-skenario

| | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Frekuensi Pengiriman | 2 Kali | 3 kali | 4 Kali |
| Persentase | 20% | 50% | 100% |
| Waste | 1329 | 1173 | 1293 |
| Income | Rp91.615.318 | Rp90.770.461 | Rp91.904.693 |
| Waste Cost | Rp1.934.137 | Rp1.720.335 | Rp1.889.103 |
| Lost Sale | Rp722.012 | Rp1.541.152 | Rp450.171 |
| Outcome | Rp2.656.149 | Rp3.261.487 | Rp2.339.274 |
| Profit | Rp88.959.169 | Rp87.508.974 | Rp89.565.419 |
| waste cost-to-income-ratio | 0,0211 | 0,0196 | 0,2050 |

) Skenario kedua adalah dilakukannya metode peramalan lain untuk menerka jumlah penjualan sebagai acuan produksi. Berikut metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *naive-forecasting*, *Moving-average*, *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing*, dan *winter-method(additive)*. Setiap metode disimulasikan pada *template* yang ada dan didapati

winter-methode adalah metode paling cocok. Hal ini karena metode lainnya tidak memenuhi syarat dimana *lost sales* tidak boleh lebih besar dari *waste cost*. Residual hasil peramalan juga harus memenuhi kriteria Independen, Identik, dan berdistribusi normal (IIDN). Pemenuhan Kriteria IIDN ini juga terbukti memengaruhi akurasi metode peramalan dalam mereduksi *waste*.

Tabel 5.11 Perbandingan Metode Peramalan

| Metode peramalan | IIDN | Syarat(1) | Syarat(2) | Keterangan |
|-------------------------------------|-------|-----------|-----------|-------------|
| <i>Naive I</i> | Tidak | Gagal | 0,0071 | Tidak cocok |
| <i>Naive II</i> | Tidak | Gagal | 0,0103 | Tidak cocok |
| <i>Moving Average</i> | Tidak | Gagal | 0,0101 | Tidak cocok |
| <i>Single Exponential smoothing</i> | Tidak | Gagal | 0,0114 | Tidak cocok |
| <i>Double Exponential smoothing</i> | Tidak | Gagal | 0,0076 | Tidak cocok |
| <i>Winter's Method (additive)</i> | Ya | Berhasil | 0,0169 | Cocok |

) Skenario ketiga adalah penggabungan skenario I dan Skenario II. Pada skenario ini, hasil peramalan

winter method disimulasikan di ketiga subkenario skenario I. Berikut hasil yang didapat

Tabel 5.11 Perbandingan ketiga sub-skenario

| | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Frekuensi Pengiriman | 2 Kali | 3 kali | 4 Kali |
| Persentase | 20% | 65% | 90% |
| Waste | 707 | 707 | 707 |
| Income | Rp91.035.686 | Rp91.035.686 | Rp91.035.686 |
| Waste Cost | Rp1.542.221 | Rp1.542.221 | Rp1.542.221 |
| Lost Sale | Rp1.248.371 | Rp1.248.371 | Rp1.248.371 |
| Outcome | Rp2.790.592 | Rp2.790.592 | Rp2.790.592 |
| Profit | Rp88.245.094 | Rp88.245.094 | Rp88.245.094 |
| waste cost-to-income-ratio | 0,0169 | 0,0169 | 0,0169 |

V.3 Pemilihan Skenario

Ketiga skenario yang ada sudah dijalankan pada *template* simulasi yang sudah dibuat sebelumnya.

Berikut rangkuman hasil dari solusi optimal yang didapat dari setiap skenario;

Tabel 5.12 Parameter optimal dari setiap skenario

| | | |
|--|---|--------------|
| Skenario I : Pengiriman dan produksi berkala dengan syarat <i>inventory</i> minimal. | Parameter terpilih : <i>Inventory</i> Minimal = 50% dari <i>batch</i> sekali kirim Frekuensi Pengiriman/hari = 3 kali | |
| | Hasil dari paramter terpilih | |
| | <i>Waste</i> | 1173 |
| | <i>Income</i> | Rp90.770.461 |
| | <i>Waste Cost</i> | Rp1.720.335 |
| | <i>Lost Sale</i> | Rp1.541.152 |
| | <i>Outcome</i> | Rp3.261.487 |
| | Profit | Rp87.508.974 |
| | <i>waste cost-to-income-ratio</i> | 0,0196 |
| Skenario I I: Mencoba metode peramalan lain yang sesuai dengan kasus objek penelitian | Parameter terpilih : Metode peramalan <i>winter-method (additive)</i> | |
| | <i>Waste</i> | 707 |
| | <i>Income</i> | Rp91.035.686 |
| | <i>Waste Cost</i> | Rp1.248.371 |
| | <i>Lost Sale</i> | Rp1.542.221 |
| | <i>Outcome</i> | Rp2.790.592 |
| | Profit | Rp88.245.094 |
| | <i>waste cost-to-income-ratio</i> | 0,0169 |
| Skenario III: Kombinasi dari skenario I dan skenario III | Parameter terpilih : <i>Inventory</i> Minimal = 50% dari <i>batch</i> sekali kirim Frekuensi Pengiriman/hari = 3 kali Metode peramalan <i>winter-method (additive)</i> | |
| | <i>Waste</i> | 707 |
| | <i>Income</i> | Rp91.035.686 |
| | <i>Waste Cost</i> | Rp1.248.371 |
| | <i>Lost Sale</i> | Rp1.542.221 |
| | <i>Outcome</i> | Rp2.790.592 |
| | Profit | Rp88.245.094 |
| | <i>waste cost-to-income-ratio</i> | 0,0169 |

Kriteria dalam pemilihan parameter skenario adalah nilai *lost sales* tidak boleh lebih besar dari *waste cost* untuk mengurangi resiko hilangnya loyalitas pelanggan. Setiap parameter terpilih dari skenario yang ada sudah dipastikan nilai *lost sales*-nya tidak lebih besar dari *waste cost*. Setelah itu pemilihan dilakukan berdasarkan *waste cost-to-income ratio* yang paling kecil. Namun pada skenario III, nilai *waste cost-to-income ratio* antar parameter optimal sama. Dikarenakan hal ini, pemilihan dilakukan berdasarkan usaha paling kecil yaitu dengan pengiriman 2 kali karena tidak perlu merubah sistem pengiriman yang ada.

Dari ketiga skenario dengan parameter optimal masing-masing, dipilih skenario terbaik dengan cara yang sama seperti dalam pemilihan parameter yaitu membandingkan nilai *waste cost-to-income ratio*. Terlihat skenario I mempunyai nilai *waste cost-to-income ratio* paling besar. Lalu diikuti skenario II dan skenario III yang nilai *waste cost-to-income ratio* sama.

Karena nilai *waste cost-to-income ratio* yang sama, maka pemilihan dilakukan berdasarkan keputusan analisis penilit dan dipati skenario III terpilih sebagai

solusi terbaik. Pemilihan skenario III dibandingkan skenario II dikarena adanya sistem produksi berkala yang membuat *freshness product* terjaga lebih lama. Hal ini menjadi nilai lebih dari skenario III sehingga terpilih sebagai solusi optimal.

VI. Kesimpulan dan Saran

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan beserta hasil pengolahan dan analisa hasil , didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa hasil simulasi awal maka di bentuk 3 skenario yang mungkin diterapkan, yaitu
 -) Pengubahan sistem pengiriman produksi dengan mengadopsi *postponement strategy*.
 -) Perubahan sistem peramalan sebagai acuan produksi.
 -) kombinasi dari skenario pertama dan skenario kedua.

2. Berdasarkan hasil skenario yang dibuat, didapatkan bahwa gabungan metode peramalan *winter-method* dengan kebijakan pengiriman 2 kali sehari dengan syarat pengiriman berupa *inventory* harus kurang 20% dari *batch* sekali kirim. Dengan skenario ini didapati hasil rata-rata per hari berupa *waste* sejumlah 707 buah produk dengan total pemasukan Rp91.035.686, *waste cost* sebesar Rp1.542.22, *lost sales* sebesar Rp1.248.371.
 3. Manfaat teoritis dari penelitian, adalah lahirnya *template* simulasi yang berfokus pada mereduksi *food waste* terutama produk-produk yang sejenis atau mirip dengan objek penelitian.
 4. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah mempunyai industri-industri sejenis lainnya terutama industri donut menerapkan *template* yang ada untuk menentukan strategi sesuai yang bisa mereduksi munculnya *food waste*.
11. Hanke, John E. dan Wichern, Dean W. 2005. *Business Forecasting*. Upper Saddle River, N.J. :Prentice Hall/Pearson Education International.
 12. M.E., Buisman. 2017. “*Discounting and dynamic shelf life to reduce fresh food waste at retailers*”. International Journal of Production Economics

6.2 Saran

Penambahan data yang lebih detail untuk pengembangan skenario I menjadi pengiriman dan produksi dinamis, dimana jumlah produksi dan pengirimannya berubah mengikuti *demand* yang ada

Daftar Pustaka

1. Aiello, G., Enea, M., Muriana, C., 2014. “*Economic benefits from food recovery at the retail stage: an application to italian food chains*”. Waste Manag. 34 (7), 1306-1316.
2. Campo, K., Gijsbrechts, E. dan Nisol, P., 2000. “*Toward understanding consumer response to stock-out*”. Journal of Retailing, Vol 76 No. 2, pp. 219-42
3. Economist Intelligence Unit, 2017. <http://foodsustainability.eiu.com>
4. FAO, 2013. “*Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources*”. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
5. FAO, 2014. “*Global Initiative on Food Losses and Waste Reduction*”. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
6. Garrone, P., Melacini, M., Perego, A., 2014. “*Opening the black box of food waste reduction*”. Food Policy 46, 129-139.
7. Giroto, F., Alibardi, L., Cossu, R., 2015. “*Food waste generation and industrial uses: a review*”. Waste Manag. 45, 32-41
8. Grizzetti, B., Pretato, U., Lassaletta, L., Billen, G., Garnier, J., 2013. “*The contribution of food waste to global and European nitrogen pollution*”. Environ. Sci. Policy 33, 186-195.
9. Gruber, V., Holweg, C., Teller, C., 2016. “*What a waste! exploring the human reality of food waste from the store manager's perspective*”. J. Public Policy & Mark. 35 (1), 3-25.
10. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybeck, A., 2011. “*Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and*