



Penerapan Model *Multi-Product Newsvendor Problem* Untuk Memaksimalkan Ekspektasi Keuntungan Toko Roti X

Fran Setiawan¹, Yoon Mac Kinley Aritonang², Martin Sandyawan³

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141

Email: fransetiawan@unpar.ac.id, kinley@unpar.ac.id, martinsandyawan43@gmail.com

Abstract

Bakery shop X sells its products using its car which operate in Bandung District area. The problem which faced by bakery shop X is the high percentage of leftover bread that is not sold out. Although some of breads can be resold, there has been a drastic decline in the appearance and the quality of the leftover breads. Bread which has a diminishing value in appearance and quality is sold with the lower price which result in decrease in profit. This research using multi-product newsvendor problem to determine how much every kind of breads must be produced in each day so that the profit expectation can be maximized and will indirectly minimize the amount of remaining breads. This research will apply that the bread which allowed to sold is the bread which produced in 1 day so that the customer do not get the stale bread. The result of the implementation of the model through simulation shows a decrease in the percentage of leftover bread in most breads based on the demand data of 1 week and higher profit expectations are obtained.

Keywords: *multi-product, newsvendor problem, stochastic inventory model, profit*

Abstrak

Toko roti X menjual produknya dengan menggunakan mobil toko yang beroperasi pada wilayah Kabupaten Bandung. Toko roti X menghadapi permasalahan dalam bentuk besarnya persentase jumlah roti sisa yang tidak habis terjual. Meskipun beberapa roti tersebut bisa dijual kembali, terdapat penurunan yang cukup drastis dari segi penampilan dan kualitas roti sisa. Roti yang sudah menurun penampilan dan kualitasnya dijual dengan harga yang lebih rendah sehingga mengakibatkan penurunan keuntungan yang didapat. Penelitian ini menggunakan model *multi-product newsvendor problem* untuk menentukan berapa yang harus diproduksi per harinya untuk masing-masing roti sehingga dapat memaksimalkan ekspektasi keuntungan dan secara tidak langsung akan meminimalkan jumlah roti yang sisa. Penelitian ini akan menerapkan umur roti selama 1 hari agar konsumen tidak mendapatkan roti yang sudah berhari-hari. Hasil implementasi model menggunakan simulasi menunjukkan penurunan persentase roti sisa pada mayoritas produk yang diamati berdasarkan data permintaan produk pada rentang waktu 1 minggu yang diamati dan ekspektasi keuntungan yang lebih besar.

Kata kunci: *multi-produk, newsvendor problem, model persediaan stokastik, keuntungan*

Pendahuluan

Usaha Kecil dan Menengah atau sering juga disingkat UMKM merupakan salah satu kontributor terbesar terhadap perekonomian Indonesia. Berdasarkan artikel oleh Putri (2019) yang dikutip dari *website online* Kompas UMKM berkontribusi dalam berbagai

bentuk seperti penyerapan tenaga kerja sebesar 89,2% dari total tenaga kerja, penyediaan lapangan kerja sebesar 99% dari total lapangan kerja, kontribusi sebesar 60,34% dari total PDB nasional, kontribusi sebesar 14,17% dari total ekspor, dan menyumbang 58,18% dari total investasi.

Keberadaan UMKM di Indonesia dinilai memiliki kontribusi yang besar karena membantu memeratakan tingkat perekonomian masyarakat, membantu mengentaskan tingkat kemiskinan, dan menyumbang devisa bagi negara. Kontribusi UMKM bagi perekonomian membuat perlunya memberi perhatian pada UMKM-UMKM yang ada di Indonesia untuk dapat tumbuh dan bertahan.

Toko roti X merupakan salah satu toko roti di Bandung yang termasuk ke dalam kategori UMKM. Toko roti X menjual produknya dengan menggunakan mobil (parkir di satu tempat) dan motor (keliling). Saat ini toko roti X memiliki 2 buah mobil dan 1 buah motor untuk menjual produknya yang beroperasi dari hari Senin sampai dengan hari Sabtu setiap minggunya. Penjualan roti yang diproduksi hari ini dilakukan pada sore hari pukul 16.00 sampai dengan pukul 22.00. Sisa roti yang tidak terjual sampai pukul 22.00 akan dijual kembali keesokan harinya pada pukul 06.00 sampai pukul 09.00. Penjualan pada pagi hari hanya dilakukan dengan menggunakan 1 buah mobil. Roti sisa hasil penjualan di pagi hari yang tidak terjual, sebagian tidak akan dijual kembali dan akan dikategorikan sebagai barang sisa yang akan dibuang atau dijual ke pekerja dengan harga yang lebih murah. Sebagian lainnya lagi akan dijual kembali di sore hari dan keesokan paginya. Roti yang tidak habis terjual menurun kualitasnya maupun penampilannya sehingga dikhawatirkan dapat mengecewakan konsumen.

Saat ini, keputusan mengenai jumlah dari masing-masing produk yang akan diproduksi per harinya ditentukan oleh pemilik berdasarkan pengalaman pemilik. Penentuan berdasarkan pengalaman pemilik ini mengakibatkan toko roti X sering mengalami kesalahan prediksi jumlah produksi yang tepat pada hari-hari tertentu. Roti yang sisa pada hari-hari tertentu sering kali banyak sehingga menyebabkan keuntungan yang didapat oleh toko roti X menjadi tidak maksimal. Tabel 1 menunjukkan rekap hasil penjualan pada bulan Januari 2020 untuk beberapa produk yang dijual oleh toko roti X.

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa pada persentase produk yang tidak terjual pada suatu bulan yaitu bulan Januari banyak yang diatas 30%. Perhitungan pada Tabel 1

dilakukan dengan menghitung sisa produk di akhir siklus dagang per harinya selama satu bulan yaitu sampai keesokan pagi harinya. Terdapat 3 kategori produk yang dijual oleh toko roti X yaitu produk yang hanya berusia 1 hari yang mencakup gorengan, kue basah, pastry dan beberapa roti dengan isian daging; produk yang dapat dapat dijual lebih dari 1 hari yaitu roti manis, roti tawar dan donat; dan produk berusia lebih dari 1 bulan yang mencakup produk kue kering dan makanan ringan. Produk dengan usia lebih dari 1 bulan tidak menjadi obyek dalam penelitian ini.

Tabel 1. Rekap hasil penjualan Januari 2020

Jenis	Jumlah Produksi	Terjual	Sisa	Persentase Sisa
Donat Coklat	522	366	156	28,88
Donat Gula	485	306	179	36,91
Chiffon	417	280	137	32,85
Mamon Cake	363	64	99	60,74
Roti Tawar	350	238	112	32
Sisir Blue Band	125	70	55	44
Sobek warna	76	30	46	60,53
Ragout Puff	251	119	132	52,59
Zuppa-zuppa	200	178	22	11
Sobek 5 rasa	85	54	31	36,47

Selama ini persentase sisa roti yang tinggi tidak dihiraukan oleh pemilik karena pemilik merasa untuk beberapa produk masih dapat dijual esok harinya meskipun kualitas produk sudah berkurang. Tentunya hal ini tidak boleh dijadikan pertimbangan karena kondisi ideal yang seharusnya adalah produk dapat terjual dalam satu siklus penjualan (sore hari ini dan esok pagi hari) sehingga konsumen akan mendapatkan produk roti dengan kualitas terbaik. Penelitian ini akan membantu pemilik toko roti X untuk menentukan jumlah dan jenis produk yang akan diproduksi setiap harinya untuk memaksimalkan keuntungan yang secara tidak langsung dapat mengurangi jumlah roti yang tersisa setiap harinya.

Kondisi ideal bahwa roti hanya dapat dijual satu siklus penjualan dan keputusan mengenai jumlah dan jenis produk yang akan diproduksi dilakukan sebelum permintaan diketahui

membuat permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan model *newsvendor problem*. Model *newsvendor problem* adalah permasalahan yang mana seorang tukang looper koran (*newsvendor*) setiap harinya harus menentukan berapa jumlah koran yang harus ia pesan ketika permintaan tidak diketahui dan tidak pasti. Koran akan menjadi tidak laku dijual di akhir hari dan seluruh struktur biaya diketahui (Choi, 2012; Birge & Louveaux, 2011; Winston, 2004).

Terdapat dua jenis permasalahan *newsvendor* menurut jumlah item yang menjadi obyek. Permasalahan yang pertama yaitu permasalahan *newsvendor* untuk satu produk yang merupakan masalah dasar dari *newsvendor problem* (Qin et al., 2011) dan permasalahan *newsvendor* untuk banyak produk (Turken et al., 2012). Permasalahan pada toko roti X ini tergolong ke dalam permasalahan *newsvendor* untuk banyak produk karena ada banyak jenis produk yang harus diputuskan jumlah produksi setiap harinya.

Terdapat beberapa peneliti terdahulu yang menggunakan model *multi-product newsvendor* untuk menentukan jumlah produksi. Janaldo (2017) menggunakan model *multi-product newsvendor* untuk menentukan jumlah produk makanan *make to stock* yang akan diproduksi. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan perhitungan yaitu dengan distribusi normal dan dengan distribusi empiris. Penggunaan model ini dapat meningkatkan ekspektasi keuntungan sebanyak 29,12% dan menurunkan biaya kekurangan persediaan sebanyak 32,71%. Setiawan et al. (2018) menggunakan model optimasi tangguh *newsvendor problem* dengan multi-produk dan permintaan diskrit pada sebuah toko roti di Bandung untuk dua pedagang keliling toko roti tersebut. Model tangguh dipilih karena memungkinkan pengambil keputusan menentukan jumlah pesanan optimal untuk kejadian terburuk yang mungkin terjadi (*worst-case*) ketika hanya tersedia beberapa informasi tentang distribusi permintaan (Zhai et al., 2018). Hasil dari implementasi model adalah meningkatkan rata-rata ekspektasi keuntungan sebesar 126,77% dan 268,39% dari rata-rata profit yang didapatkan oleh kedua pedagang keliling saat ini.

Penelitian ini juga akan menggunakan model *multi-product newsvendor problem*

untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh Toko Roti X karena tingginya presentasi produk yang tersisa di akhir siklus masa penjualan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan Toko Roti X dapat meningkatkan ekspektasi keuntungannya dan secara tidak langsung mengurangi jumlah roti yang tersisa.

Metodologi

Multi-Product Newsvendor Problem

Multi-product newsvendor problem merupakan model permasalahan serupa yang bisa digunakan untuk menentukan jumlah beragam produk ($i = 1, \dots, n$) yang akan disimpan untuk memenuhi permintaan masing-masing produk dengan asumsi bahwa permintaan konsumen bersifat stokastik (Turken et al., 2012). Metode penentuan jumlah optimal pada model ini sama dengan model *newsvendor* permintaan diskrit namun pada model *multi-product newsvendor problem*, nilai ekspektasi keuntungan yang dilakukan untuk masing-masing produk akan dijumlahkan sehingga sebuah nilai ekspektasi keuntungan total bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan ekspektasi keuntungan pada model ini bisa dilihat pada Persamaan 1 (Turken et al., 2012).

$$\begin{aligned}
 E[\pi_i(Q_i)] &= \int_0^{Q_i} [p_i x_i - v_i Q_i + g_i(Q_i - x_i)] f_i(x_i) dx_i \\
 &+ \int_{Q_i}^{\infty} [p_i Q_i - v_i Q_i - B_i(x_i - Q_i)] f_i(x_i) dx_i \\
 &= (p_i - g_i)\mu_i - (v_i - g_i)Q_i - (p_i - g_i + B_i)ES_i Q_i
 \end{aligned}
 \tag{Pers. 1}$$

Dengan $E[\pi_i(Q_i)]$: ekspektasi keuntungan produk i dengan jumlah bawa Q , p_i : harga jual produk i , x_i : permintaan produk i , v_i : biaya produksi produk i , Q_i : jumlah produk i yang dibawa, g_i : *salvage value* produk i , $f_i(x_i)$: probabilitas permintaan i sebesar x_i , dan B_i : biaya *lost sales* produk i . $ES_i Q_i$ merupakan ekspektasi kemungkinan produk habis dengan mengasumsikan sejumlah Q_i unit distok.

Penyederhanaan pada persamaan 1 memberikan bahwa fungsi konkaf dalam Q . Hal ini menunjukkan bahwa *first order condition* dapat digunakan dan cukup untuk menentukan nilai optimal untuk Q_i . Berdasarkan hal ini, jumlah optimal order untuk setiap produk i (Q_i^*) atau disebut juga sebagai nilai *critical ratio* (Persamaan 2) (Turken et al., 2012).

$$F_1(Q_1^*) = \frac{p_1 - v_1 + B_1}{p_1 - g_1 + B_1} \quad \text{Pers. 2}$$

Total keuntungan yang didapatkan oleh pembeli adalah dengan menjumlahkan seluruh produk yang akan dibeli menjadi Persamaan 3 berikut (Turken et al.,2012).

$$E[\pi(Q_1, \dots, Q_n)] = \sum_{i=1}^n E[\pi_i(Q_i)] \quad \text{Pers. 3}$$

Dengan $E[\pi(Q_1, \dots, Q_n)]$ merupakan ekspektasi keuntungan produk 1 sampai n dengan jumlah produksi sebesar Q_n .

Pengumpulan Data Permintaan

Data permintaan dikumpulkan dari bulan Maret 2020 untuk ketiga orang *sales*. Dua orang *sales* yang berjualan di sore hari dan 1 orang *sales* yang berjualan di pagi hari. Data permintaan yang dikumpulkan hanya untuk penjualan yang menggunakan mobil saja. Penjualan keliling dari motor tidak dilibatkan dalam penelitian ini karena tidak beroperasi setiap hari. Dari data permintaan semua produk pada bulan Maret 2020, terdapat beberapa produk yang tidak memiliki permintaan selama lebih dari 1 minggu berturut-turut. Pada penelitian ini produk-produk tersebut tidak akan diikuti sertakan karena dianggap kurang diminati oleh pelanggan toko roti X. Beberapa produk lain juga tidak diikutsertakan dalam penelitian ini karena beberapa alasan seperti produk masih diuji, produk tidak akan diproduksi kembali, produksi yang harus mengikuti pesanan produk lain, dan produksi yang tidak rutin. Hasil penyisihan menunjukkan bahwa terdapat 68 buah produk yang akan diamati pada penelitian ini.

Pengumpulan Data Biaya Kelebihan Produk (*Overstock*) dan Biaya Kekurangan Produk (*Understock*)

Biaya *overstock* didapatkan dengan mengurangi biaya produksi dengan *salvage value* masing-masing produk. Biaya *understock* bisa didapatkan dengan mengurangi harga jual produk dengan biaya produksi ditambah biaya yang dikeluarkan apabila permintaan melebihi jumlah persediaan. Biaya produksi per produk adalah biaya yang dikeluarkan oleh toko roti X untuk membuat satu buah produk tertentu. Biaya tersebut bisa didapatkan dengan melakukan

perhitungan harga pokok produksi masing-masing jenis produk. Biaya yang harus diperhitungkan mencakup biaya bahan, listrik, gas, gaji, kemasan, dan transportasi. Harga jual produk menggunakan data harga jual produk selama bulan Maret 2020. *Salvage value* (nilai sisa) adalah nilai yang bisa didapatkan apabila suatu produk tidak habis terjual.

Berdasarkan wawancara dengan pemilik toko roti X terdapat 1 buah pihak yang bersedia untuk membeli barang sisa dagang toko roti X dengan harga Rp. 2000 untuk beberapa produk tertentu. Toko roti X tidak mengeluarkan biaya lebih apabila terdapat permintaan yang tidak terpenuhi sehingga biaya *understock* bisa dihitung hanya dengan mengurangi harga jual dengan harga produksi sehingga menghasilkan nilai *opportunity cost*. *Opportunity cost* adalah keuntungan yang seharusnya bisa didapatkan apabila semua permintaan pelanggan terpenuhi oleh barang yang tersedia.

Biaya produksi yang dikeluarkan selain bahan produksi sulit dihitung secara detail karena biaya tersebut merupakan biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan produksi dan dagang secara keseluruhan di toko roti X oleh sebab itu biaya tersebut diperhitungkan dengan menghitung persentase pengeluaran total toko roti X. Toko roti X kurang lebih mengeluarkan tambahan biaya sebesar 29,3 % dari biaya bahan untuk mencakup biaya-biaya yang telah disebutkan sebelumnya.

Perhitungan Nilai *Critical ratio*

Model *multi-product newsvendor* menggunakan *critical ratio* untuk menentukan jumlah produk yang dibawa agar ekspektasi keuntungan maksimal berdasarkan data historis. Sebagai contoh perhitungan menggunakan model ini, diambil salah satu contoh produk bernama 5 Rasa. Hasil perhitungan *critical ratio* produk 5 Rasa menggunakan persamaan 2 adalah sebagai berikut.

$$F_1(Q_1^*) = \frac{20.000 - 14.837,5 + 5162,5}{20.000 - 2000 + 5162,5} = 0,446$$

Perhitungan tersebut dilakukan pada semua produk yang diamati agar *critical ratio* masing-masing produk bisa didapatkan.

Hasil dan Diskusi

Penentuan Jumlah Produksi Optimal

Jumlah produksi optimal merupakan jumlah produksi yang akan memberikan ekspektasi keuntungan terbesar berdasarkan probabilitas terjadinya permintaan. Berdasarkan nilai *critical ratio*, jumlah produksi optimal dapat ditentukan berdasarkan jumlah terkecil yang probabilitas kumulatifnya lebih besar daripada nilai *critical ratio*. Contoh penerapan metode tersebut bisa dilihat pada Tabel 2 probabilitas kumulatif permintaan produk 5 Rasa.

Tabel 2. Probabilitas kumulatif permintaan produk 5 rasa

F(Q)	(Q)	F(Q)	Q
0,042	0	0,792	4
0,167	1	0,917	5
0,417	2	0,958	6
0,542	3	1	7

Berdasarkan perhitungan *critical ratio* yang sudah dilakukan sebelumnya, nilai *critical ratio* produk 5 Rasa adalah 0,446. Angka 0.446 berada dalam rentang 0.417 (2) and 0.522 (3), sehingga diambil jumlah terkecil yang lebih besar dari 0.446 yaitu 3 buah. Penentuan jumlah produksi optimal ini dilakukan juga pada seluruh produk yang diamati. Jumlah produksi optimal untuk seluruh produk yang menjadi obyek dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Perhitungan Ekspektasi Keuntungan

Berdasarkan jumlah produksi optimal untuk masing-masing jenis roti pada Tabel 3, dapat diperoleh ekspektasi keuntungan. Ekspektasi keuntungan dihitung dengan menggunakan Persamaan 1. Melalui Persamaan 1 sebagai contoh dapat diketahui bahwa ekspektasi

Tabel 3. Jumlah produksi optimal

No	Jenis	Jumlah optimal	No	Jenis	Jumlah optimal
1	5 Rasa	3	36	Kacang Hijau	3
2	Cheese Puff	2	37	Srikaya	1
3	Cheese Roll	0	38	Susu Strusel	5
4	Chiffon Ketan	0	39	Susu Jagung	3
5	Chiffon Pandan	6	40	Keju Susu	2
6	Donat Coklat	19	41	Keju Coklat	3
7	Donat Gula	17	42	Susu Kismis	1
8	Donat Keju	3	43	Coklat Kacang	1
9	Donat Kombi	4	44	Kacang Susu	2
10	Horn	2	45	Kopi Susu	3
11	Kasur 10	2	46	Polo Coklat	3
12	Kasur 9	3	47	Polo Blueberry	3
13	Kepang Coklat	1	48	Polo Strawberry	2
14	Kroket	0	49	Polo Srikaya	2
15	Mamon Cake	21	50	Coklat Monster	4
16	Noah	2	51	Coklat Krim	6
17	Onde-Onde	0	52	Coklat	4
18	Pastel	1	53	Pisang Coklat	7
19	Pisang Bolen	10	54	Pisang Keju	5
20	Pizza ½ Bulan	4	55	Kopi Kismis	2
21	Polos Pandan	2	56	Vla Keju	2
22	Ragout Puff	15	57	Keju Krim	4
23	Risoles	16	58	Baso Sapi	7
24	Roti Tawar	17	59	Keju	3
25	Roti Tawar Gandum	5	60	Pizza	4
26	Semir Coklat	0	61	Smoked Beef	4
27	Sisir Blue Band	4	62	Ayam Mayo	4
28	Sobek Polos	3	63	Kornet Keju	2
29	Sobek Warna	1	64	Ayam Lempur	5
30	Soes	2	65	Sosis Perahu	2
31	Sushi Roll	2	66	Sosis Gulung	1
32	Zuppa-zuppa	11	67	Danny Boy	7
33	Coklat Konde	2	68	Abon Sapi	2
34	Kismis	4	69	Ulat Krim	6
35	Nanas	4			

keuntungan per hari untuk produk 5 rasa adalah Rp 135.9565. Dari hasil perhitungan ekspektasi keuntungan masing-masing produk per harinya, dapat dihitung pula keuntungan untuk seluruh produk per harinya dengan menjumlahkan seluruh ekspektasi keuntungan per produk.

Perbandingan Ekspektasi Keuntungan dengan Menggunakan Model *Multi-product newsvendor problem* dengan Keuntungan Aktual

Hasil perhitungan ekspektasi keuntungan total yang telah dihitung dengan menggunakan model *multi-product newsvendor problem* (permintaan aktual belum terjadi) akan dibandingkan dengan keuntungan aktual toko roti X pada saat ini (menggunakan keputusan jumlah produksi saat ini, permintaan aktual) dan keuntungan aktual toko roti X apabila mengadaptasikan model *multi-product newsvendor problem* (menggunakan keputusan jumlah produksi dari model *multi-product newsvendor problem*, permintaan aktual). Untuk perbandingan akan dilakukan simulasi sederhana dengan menggunakan data dari tanggal 29 Juni 2020 sampai dengan 4 Juli 2020 (6 hari). Tabel 4 menunjukkan perbandingan ekspektasi keuntungan untuk tiga kondisi diatas menggunakan ketentuan toko roti X saat ini yaitu mengizinkan beberapa jenis roti dapat dijual lebih dari satu hari.

Tabel 4. Perbandingan ekspektasi keuntungan dengan ketentuan roti dapat dijual lebih dari 1 hari

Tanggal	Ekspektasi keuntungan teoritis model <i>newsvendor</i> (Rp.)	Keuntungan aktual model <i>newsvendor</i> (Rp.)	Keuntungan aktual saat ini (Rp.)
29/06/20	609.451	578.326	293.709
30/06/20	609.451	581.326	825.858
01/07/20	609.451	603.826	560.901
02/07/20	609.451	449.326	609.669
03/07/20	609.451	598.826	965.394
04/07/20	609.451	462.326	849.347
Total	3.656.708	3.273.958	4.104.880

Dari Tabel 4 di atas diketahui bahwa keuntungan tertinggi didapatkan oleh keputusan jumlah produksi pemilik saat ini. Hal ini dikarenakan perhitungan di atas menggunakan keadaan bahwa beberapa roti yang sisa dijual kembali sementara pada perhitungan keputusan jumlah produksi dengan menggunakan *newsvendor*, roti tidak

diizinkan untuk dijual kembali kepada konsumen setelah satu siklus penjualan (sore hari ini sampai esok pagi hari).

Tabel 5 menunjukkan hasil perbandingan dengan ketentuan bahwa semua roti sisa tidak dapat dijual kembali pada siklus penjualan berikutnya (lebih dari 1 hari) diterapkan.

Tabel 5. Perbandingan ekspektasi keuntungan dengan ketentuan roti tidak dapat dijual lebih dari 1 hari

Tanggal	Keuntungan aktual model <i>newsvendor</i> (usia roti 1 hari) (Rp.)	Keuntungan aktual (Usia roti 1 hari) (Rp.)
29/06/2020	574.326	466.709
30/06/2020	573.326	522.813
01/07/2020	601.826	365.602
02/07/2020	443.326	309.438
03/07/2020	598.826	528.832
04/07/2020	442.326	521.159
Total	3.233.958	2.700.552

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa jika roti hanya diizinkan untuk dijual selama satu hari, maka keuntungan dengan menggunakan keputusan jumlah produksi melalui model *multi-product newsvendor problem* menghasilkan ekspektasi keuntungan yang lebih besar. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4 dan 5 dapat dilihat bahwa jika perusahaan ingin menerapkan ketentuan bahwa roti tidak dapat dijual lebih dari 1 hari, maka perusahaan harus rela untuk menurunkan keuntungannya demi menjaga kualitas roti yang dijual kepada konsumen.

Perbandingan tersebut dilakukan dengan menggunakan data permintaan aktual dan data produksi aktual toko roti X pada tanggal 29 Juni 2020 sampai 5 Juli 2020. Hasil perbandingan tersebut bisa saja tidak cukup mewakili apabila terjadi fluktuasi permintaan pada minggu tersebut. Data yang sudah dikumpulkan masih belum cukup banyak untuk memastikan bahwa hasil perbandingan tersebut sudah tepat sehingga sebuah simulasi akan dilakukan untuk memastikan bahwa hasil perbandingan keuntungan tersebut akurat. Simulasi akan dilakukan menggunakan distribusi data permintaan produk yang sudah terkumpul. Simulasi juga akan dilakukan hanya pada 5 produk yang paling banyak permintaannya berdasarkan data historis. Lima produk yang akan disimulasikan adalah Roti Tawar, Risoles, Donat Coklat, Donat Gula, dan

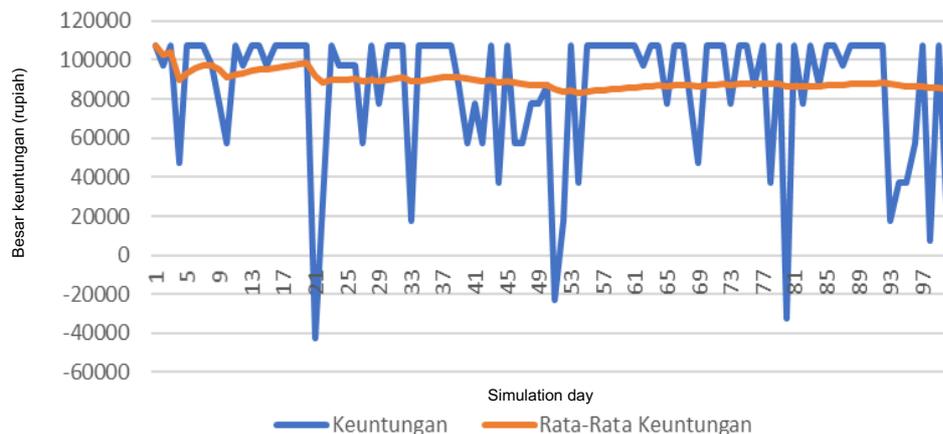
Mamon Cake dengan asumsi bahwa apabila simulasi dilakukan pada produk lainnya maka akan memberikan hasil yang serupa dengan kelima produk yang diuji.

Simulasi akan dilakukan menggunakan distribusi data permintaan masing-masing dari 5 produk yang disebutkan. Simulasi akan dilakukan dengan membangkitkan data permintaan untuk masing-masing produk dengan menggunakan pendekatan distribusi empiris berbasis *inverse-transform method*. Distribusi empiris digunakan karena hasil pada distribusi teoretis tidak cukup baik untuk fit dengan data permintaan yang telah dikumpulkan. Data yang akan digunakan untuk menghasilkan permintaan dalam simulasi adalah data permintaan aktual kelima produk yang diamati sehingga hasil simulasi permintaan diharapkan bisa menyerupai distribusi permintaan aktual. Satu hal lagi yang diperlukan dalam simulasi adalah data tingkat produksi aktual toko roti X. Tingkat produksi akan disimulasikan dengan metode yang sama dengan permintaan yaitu dengan menggunakan distribusi empiris.

Data yang dihasilkan menggunakan simulasi adalah data permintaan dan data produk yang dibawa *sales* setiap harinya untuk

skenario produksi mengikuti kondisi aktual. Simulasi akan dilakukan terus menerus sampai simulasi mencapai *steady state* berdasarkan keuntungan yang didapatkan. Jumlah data yang disimulasikan adalah 100 data yang kurang lebih setara dengan 4 bulan data permintaan pada kondisi aktual namun berdasarkan perbandingan data keuntungan dan perubahan rata-rata keuntungan yang telah dilakukan, sebagian besar data sudah mencapai *steady state* pada 1 bulan pertama atau kurang lebih 24 hari. Gambar 1 menunjukkan contoh grafik keuntungan dan rata-rata keuntungan hasil dari simulasi untuk produk Roti Tawar. *Steady state* merupakan kondisi ketika suatu nilai pada simulasi sudah memiliki nilai yang cukup konsisten dan tidak berubah secara drastis akibat penambahan data hasil simulasi yang dilakukan.

Setelah simulasi sudah mencapai *steady state*, sebuah perbandingan keuntungan dan persentase sisa dibuat untuk melihat bila kesimpulan yang bisa diambil berdasarkan simulasi sama dengan kesimpulan yang bisa diambil berdasarkan data aktual. Hasil perbandingan keuntungan dan persentase sisa produk bisa dilihat pada Tabel 6.



Gambar 1. Perbandingan keuntungan dan rata-rata keuntungan hasil simulasi untuk roti tawar

Tabel 6. Perbandingan ekspektasi keuntungan dengan ketentuan roti tidak dapat dijual lebih dari 1 hari

Jenis	Keuntungan		Persentase sisa	
	Model Newsvendor	Aktual	Model Newsvendor	Aktual
Roti Tawar	Rp 84.897	Rp 75.950	11,84%	18,015%
Risoles	Rp 23.164	Rp 20.215	2,67%	9,978%
Donat Coklat	Rp 50.205	Rp 46.494	17,06%	21,158%
Donat Gula	Rp 33.529	Rp 24.878	15,94%	25,967%
Mamon Cake	Rp 23.937	Rp 14.990	43,86%	44,747%

Hasil simulasi pada Tabel 6 menunjukkan bahwa apabila ketentuan roti hanya dapat dijual selama 1 hari maka ekspektasi keuntungan dengan menggunakan *newsvendor problem* lebih tinggi dari pada menggunakan pengalaman dari pemilik. Sisa produk dengan menggunakan model *newsvendor* juga lebih sedikit dari pada menggunakan pengalaman dari pemilik.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter terhadap keputusan optimal. Pada penelitian ini perubahan parameter dilakukan pada parameter harga jual dan biaya produksi karena menurut pemilik toko roti X, dua parameter ini yang mungkin mengalami

perubahan. Pertama akan dilakukan uji sensitivitas terhadap perubahan harga jual terhadap keputusan jumlah produksi. Menurut pemilik toko roti X, perubahan naik dan turunnya harga jual tidak pernah melebihi dari angka 20% untuk keseluruhan produk. Oleh karena itu akan dilakukan analisis sensitivitas akan dilakukan dalam rentang tersebut. Tabel 7 menunjukkan hasil analisis sensitivitas untuk parameter biaya produksi.

Dari Tabel 7 di atas dapat dilihat rentang kenaikan dan penurunan yang menyebabkan keputusan jumlah produksi saat ini tidak lagi optimal. Sebagai contoh untuk produk 5 rasa, jumlah produksi saat ini tidak lagi optimal ketika biaya produksi turun mulai dari 10%. Analisis sensitivitas untuk perubahan harga jual dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Analisis sensitivitas untuk parameter biaya produksi

Jenis	Kenaikan	Penurunan
5 Rasa	-	>=10%
Cheese Puff	>= 5%	>= 10%
Cheese Roll	>=15%	-
Chiffon Ketan	-	>=15%
Chiffon Pandan	>= 10%	>= 5%
Donat Coklat	>= 10%	>= 5%
Donat Gula	>=15%	>= 5%
Donat Keju	-	>=5%
Donat Kombi	>= 20%	-
Horn	>= 20%	-
Kasur 10	>= 15%	>= 10%
Kasur 9	>=10%	>= 15%
Kepang Coklat	-	>=5%
Kroket	>= 5%	>= 5%
Mamon Cake	>= 5%	>= 5%
Noah	-	-
Onde-Onde	>=10%	-
Pastel	>=10%	-
Pisang Bolen	>=5%	-
Pizza ½ Bulan	-	>=20%
Polos Pandan	-	>=20%
Ragout Puff	>=20%	>=20%
Risoles	-	>=5%
Roti Tawar	>=5%	>= 15%
Roti Tawar Gandum	>=10%	>=20%
Semir Coklat	-	>=15%
Sisir Blue Band	>=5%	-
Sobek Polos	-	>=20%
Sobek Warna	>=10%	-
Soes	>=20%	>=5%
Sushi Roll	-	>=15%
Zuppa-zuppa	-	>=20%
Coklat Konde	>=10%	>=10%
Kismis	-	>=15%
Nanas	>=20%	>=20%

Jenis	Kenaikan	Penurunan
Kacang Hijau	-	>=5%
Srikaya	>=5%	>=20%
Susu Strusel	-	>=5%
Susu Jagung	-	>=5%
Keju Susu	>=15%	-
Keju Coklat	>=10%	>=15%
Susu Kismis	-	-
Coklat Kacang	>=20%	>=10%
Kacang Susu	>=20%	>=20%
Kopi Susu	-	>=20%
Polo Coklat	-	-
Polo Blueberry	>=5%	-
Polo Strawberry	>=15%	-
Polo Srikaya	-	>=5%
Coklat Monster	>=10%	>=20%
Coklat Krim	-	>=10%
Coklat	-	>=10%
Pisang Coklat	>=5%	>=20%
Pisang Keju	-	>=5%
Kopi Kismis	>=5%	-
Vla Keju	>=15%	-
Keju Krim	>=15%	>=15%
Baso Sapi	>=10%	>=20%
Keju	>=10%	-
Pizza	>=5%	-
Smoked Beef	>=5%	-
Ayam Mayo	>=5%	>=5%
Kornet Keju	-	>=5%
Ayam Lempur	-	>=10%
Sosis Perahu	-	>=10%
Sosis Gulung	-	>=15%
Danny Boy	-	>=5%
Abon Sapi	>=15%	>=20%
Ulat Krim	-	-

Tabel 8. Analisis sensitivitas untuk parameter harga jual

Jenis	Kenaikan	Penurunan
5 Rasa	$\geq 10\%$	-
Cheese Puff	$\geq 10\%$	$\geq 10\%$
Cheese Roll	-	-
Chiffon Ketan	$\geq 15\%$	-
Chiffon Pandan	$\geq 10\%$	$\geq 10\%$
Donat Coklat	$\geq 5\%$	$\geq 10\%$
Donat Gula	-	$\geq 5\%$
Donat Keju	$\geq 5\%$	-
Donat Kombi	-	$\geq 15\%$
Horn	$\geq 5\%$	$\geq 15\%$
Kasur 10	$\geq 10\%$	$\geq 15\%$
Kasur 9	-	$\geq 10\%$
Kepang Coklat	$\geq 5\%$	$\geq 20\%$
Kroket	$\geq 5\%$	$\geq 5\%$
Mamon Cake	$\geq 10\%$	$\geq 5\%$
Noah	-	-
Onde-Onde	-	-
Pastel	-	-
Pisang Bolen	-	$\geq 5\%$
Pizza $\frac{1}{2}$ Bulan	-	-
Polos Pandan	-	-
Ragout Puff	-	-
Risoles	$\geq 5\%$	-
Roti Tawar	-	$\geq 5\%$
Roti Tawar Gandum	-	$\geq 10\%$
Semir Coklat	-	-
Sisir Blue Band	-	$\geq 5\%$
Sobek Polos	-	-
Sobek Warna	-	$\geq 10\%$
Soes	$\geq 5\%$	$\geq 15\%$
Sushi Roll	-	$\geq 20\%$
Zuppa-zuppa	-	-
Coklat Konde	-	$\geq 15\%$
Kismis	-	-
Nanas	-	-

Jenis	Kenaikan	Penurunan
Kacang Hijau	$\geq 5\%$	-
Srikaya	-	$\geq 5\%$
Susu Strusel	-	-
Susu Jagung	$\geq 15\%$	-
Keju Susu	-	$\geq 20\%$
Keju Coklat	-	$\geq 15\%$
Susu Kismis	-	-
Coklat Kacang	-	-
Kacang Susu	-	-
Kopi Susu	-	-
Polo Coklat	-	-
Polo Blueberry	-	$\geq 10\%$
Polo Strawberry	-	$\geq 20\%$
Polo Srikaya	$\geq 10\%$	-
Coklat Monster	-	$\geq 10\%$
Coklat Krim	-	-
Coklat	-	-
Pisang Coklat	-	$\geq 10\%$
Pisang Keju	$\geq 10\%$	-
Kopi Kismis	-	$\geq 5\%$
Vla Keju	-	$\geq 15\%$
Keju Krim	-	$\geq 15\%$
Baso Sapi	-	$\geq 15\%$
Keju	-	$\geq 15\%$
Pizza	-	$\geq 5\%$
Smoked Beef	-	$\geq 10\%$
Ayam Mayo	-	$\geq 5\%$
Kornet Keju	$\geq 5\%$	-
Ayam Lemper	$\geq 15\%$	-
Sosis Perahu	$\geq 15\%$	-
Sosis Gulung	-	-
Danny Boy	$\geq 5\%$	-
Abon Sapi	-	$\geq 15\%$
Ulat Krim	-	-

Dari Tabel 8 di atas dapat dilihat rentang kenaikan dan penurunan yang menyebabkan keputusan jumlah produksi saat ini tidak lagi optimal. Sebagai contoh untuk produk 5 rasa, jumlah produksi saat ini tidak lagi optimal ketika harga jual naik mulai dari 10%.

Kesimpulan

Model *multi-product newsvendor problem* mampu menentukan jumlah produksi optimal untuk masing-masing jenis roti yang dijual. Ketentuan penjualan roti saat ini yang mengizinkan beberapa roti dapat dijual kembali lebih dari satu 1 hari/1 siklus penjualan memiliki keuntungan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ketentuan bila produk hanya dapat dijual selama 1 hari dengan menggunakan model *multi-product newsvendor problem*. Diperbolehkannya roti dapat dijual lebih dari 1 siklus/1 hari membuat kualitas roti yang dibeli oleh konsumen

berkurang. Hal ini merupakan hal yang tidak baik bagi keberlangsungan bisnis jangka panjang toko roti X.

Melalui penelitian ini disarankan toko roti X menggunakan ketentuan bahwa roti hanya dapat dijual selama 1 hari/1 siklus saja dan menggunakan keputusan jumlah produksi harian menggunakan hasil dari *multi-product newsvendor problem*. Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan model *robust optimization* yang mempertimbangkan jika pemilik bisnis menginginkan hasil terburuk yang mungkin dapat terjadi.

Daftar Pustaka

- Birge J.R. & Louveaux, F. (2011). *Introduction to Stochastic Programming*. (2nd ed.). New York: Springer.
- Choi, T.M. (Eds.). (2012). *Handbook of Newsvendor problems: Model, Extensions*

- and Applications (International Series in Operations Research & Management Science, Vol 176)*. New York: Springer.
- Janaldo, W. (2017). Perencanaan Produksi Makanan Jadi Pada Unit Usaha Makanan Coop Space Unpar untuk Mengurangi Ongkos Total. *Skripsi Jurusan Teknik Industri*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Putri A. S. (2019). *Peran UMKM dalam Perekonomian Indonesia*, [Online], Diakses dar:
<https://www.kompas.com/skola/read/2019/12/20/120000469/peran-umkm-dalam-perekonomian-indonesia?page=all> [2020, 2 Februari].
- Qin, Y., Wang, R., Vakharia, A.J., Chen, Y., & Seref, M.M.H. (2011). The Newsvendor problem: Review and Direction for Future Research. *European Journal of Operational Research*, 213, 361-374.
- Setiawan, F., Ariningsih, P.K., & Widya, S. (2018). Usulan Model Robust Newsvendor problem untuk Multi Produk dan Mempertimbangkan Permintaan Diskrit (Studi Kasus: Toko Roti X di Bandung). *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 17 (1): 78-87.
- Turken, N., Tan, Y., Vakharia, A.J., Wang, L., Wang, R. & Yenipazarli, A. (2012). The Multi-product newsvendor problem: Review, Extensions, and Direction for Future Research. Dalam T.M. Choi (Eds.), *Handbook of Newsvendor problems: Model, Extensions and Applications*. New York: Springer.
- Winston, W. L. (1994). *Operations Research Applications and Algorithms* (3rd ed.). California: Wadsworth Publishing Company.
- Zhai, J., Yu, H. & Sun, C. (2018). Robust Optimization for the Newsvendor problem with Discrete Demand. *Mathematical Problems in Engineering*, 9(07), 1-12.