

PERANCANGAN MODEL PERSEDIAAN BAHAN BAKU UBI UNGU PADA PRODUKSI KERIPIK UBI UNGU DENGAN METODE SIMULASI SISTEM DINAMIS

DESIGN OF PURPLE SWEET POTATO INVENTORY MODEL IN PURPLE SWEET POTATO CHIPS PRODUCTION WITH DYNAMIC SYSTEM SIMULATION

Iphov Kumala Sriwana^{1)*}, Nofi Erni²⁾ dan Rusydiana Abdullah³⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul

³⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul
Jl. Arjuna Utara No. 9 Kebon Jeruk, Jakarta Barat
Email: iphov.kumala@esaunggul.ac.id,

Makalah: Diterima 20 Mei 2020; Diperbaiki 15 Juli 2020; Disetujui 30 Juli 2020

ABSTRACT

Purple Sweet Potato is one of agricultural product that has been cultivated in Indonesia with high productivity. One of the processed products from purple sweet potatoes is snacks. It is the part of Fast Moving Consumer Good (FMCG) sector. The intense competition between snack industry players involves in the fluctuating demand on purple sweet potatoes chips. The uncertain demand for purple sweet potatoes chips causes a mismatch between supply of purple sweet potatoes and the actual needs. Therefore, this study was conducted to handle fluctuating demands by using dynamic system simulations to get maximum profit. Problem solving was done through two stages, namely designing optimal forecasting models and designing inventory models using dynamic system simulations. The dynamic system model consisted of two sub-models, namely the inventory sub-model and inventory costs. Inventory sub-models were analyzed based on the demand for the amount of production of purple sweet potato chips and purple sweet potato supply, using four scenarios, where scenario 1 was done without policy changes, scenario 2 used inventory control, scenario 3 used probabilistic model P and scenario 4 performed a combination of demand forecast adjustment and probabilistic model P. The simulation results in 28 periods produced different benefits from each scenario. The highest profit was obtained when planning production with scenario 4, which was a combination of forecasting method with P model with a service level of 90%, with a profit of Rp 195,288,659,301 ± 20,447,754,235. Scenario 4 can produced the highest profit because it could plan raw material optimally so that there were no high savings costs.

Keywords: dynamic systems, inventory system, purple sweet potato, forecasting, probabilistic

ABSTRAK

Ubi ungu merupakan salah satu tanaman yang dibudidayakan di Indonesia dengan produktivitas yang cukup tinggi. Salah satu pangan olahan dari ubi ungu adalah makanan ringan yang merupakan bagian dari sektor industri *Fast Moving Consumer Good* (FMCG). Persaingan antar pelaku industri makanan ringan yang semakin ketat berdampak kepada fluktuasi permintaan produk keripik ubi ungu. Ketidakpastian permintaan mengakibatkan sering terjadinya ketidaksesuaian antara persediaan bahan baku ubi ungu dan kebutuhan aktualnya. Penelitian ini bertujuan untuk menangani permintaan ubi ungu yang berfluktuasi dengan menggunakan simulasi sistem dinamis agar diperoleh keuntungan yang maksimum. Penyelesaian permasalahan dilakukan melalui dua tahap yaitu perancangan model peramalan yang optimal dan perancangan model persediaan menggunakan simulasi sistem dinamis. Model sistem dinamis terdiri dari 2 sub model yaitu sub model persediaan dan sub model biaya persediaan. Sub model persediaan dianalisis berdasarkan permintaan jumlah produksi keripik ubi ungu dan supply ubi ungu, dengan menggunakan 4 skenario, dimana skenario 1 dilakukan tanpa perubahan kebijakan, skenario 2 menggunakan pengendalian persediaan, skenario 3 menggunakan model probabilistik model P dan skenario 4 melakukan gabungan antara penyesuaian peramalan permintaan dan probabilistik model P. Hasil simulasi dalam 28 periode menghasilkan keuntungan yang berbeda dari setiap skenarionya. Keuntungan tertinggi diperoleh bila melakukan perencanaan produksi dengan skenario 4, yang merupakan gabungan antara metode peramalan dengan model P dengan *service level* 90%, dengan keuntungan sebesar Rp 195.288.659.301 ± 20.447.754.235. Skenario 4 dapat menghasilkan profit yang tertinggi karena dapat merencanakan kebutuhan material dengan optimal sehingga tidak ada biaya simpan yang tinggi.

Kata kunci: ubi ungu, peramalan, sistem persediaan probabilistik, sistem dinamis

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang membudidayakan ubi ungu dengan hasil yang cukup

tinggi (Ticoalu *et al.*, 2016). Ubi ungu merupakan salah satu tanaman umbi umbian yang termasuk dalam kelompok ubi jalar. Menurut (Kementerian Pertanian, 2018), produksi ubi jalar Tahun 2018

adalah sebesar 1.914.244 Ton. Jumlah produksi yang melimpah tersebut sudah banyak dimanfaatkan untuk berbagai jenis pangan olahan. (Ticoalu *et al.*, 2016) menyampaikan bahwa berbagai jenis pangan olahan dari ubi jalar dan atau ubi ungu dapat digunakan untuk bahan makanan pokok dengan cara direbus atau dijadikan tepung dan diolah menjadi makanan ringan seperti keripik.

Keripik pada umumnya disajikan dalam kemasan dan termasuk dalam kategori barang konsumsi (*Consumer Goods*). Permintaan produk keripik ubi ungu mempunyai fluktuasi yang tinggi dan menurut (Safitri dan Mukaram, 2018), penyebabnya adalah karena terjadi fluktuasi pada pertumbuhan PDB subsektor industri barang konsumsi. Dampak yang terjadi karena fluktuasi permintaan produk tersebut adalah terjadinya ketidakpastian pada pengendalian persediaan bahan baku (ubi ungu), sementara itu, periode lama waktu penanaman ubi ungu yaitu 4 bulan serta karakteristik ubi ungu setelah panen memiliki umur simpan yang singkat. Lama umur panen dan karakteristik dari bahan baku ubi ungu tersebut menjadi variabel penting yang harus diperhatikan dalam pengendalian persediaan bahan baku yang optimal.

Hasil peramalan sangat berdampak terhadap jumlah persediaan, sehingga harus dirancang model peramalan ubi ungu yang tepat karena peramalan merupakan salah satu teknik perencanaan produksi yang cukup efektif dalam menentukan jumlah produksi keripik ubi ungu yang harus dibuat dan berdampak terhadap biaya, baik biaya simpan maupun biaya pengiriman. (Kosasih *et al.*, 2017) telah membuktikan bahwa model peramalan yang tepat, berdampak terhadap penghematan biaya distribusi (pengiriman), dimana besarnya penghematan biaya pengiriman produk sebesar 63,49%. Pengurangan biaya kirim tersebut sangat berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan (Sriwana dan Djatna, 2012).

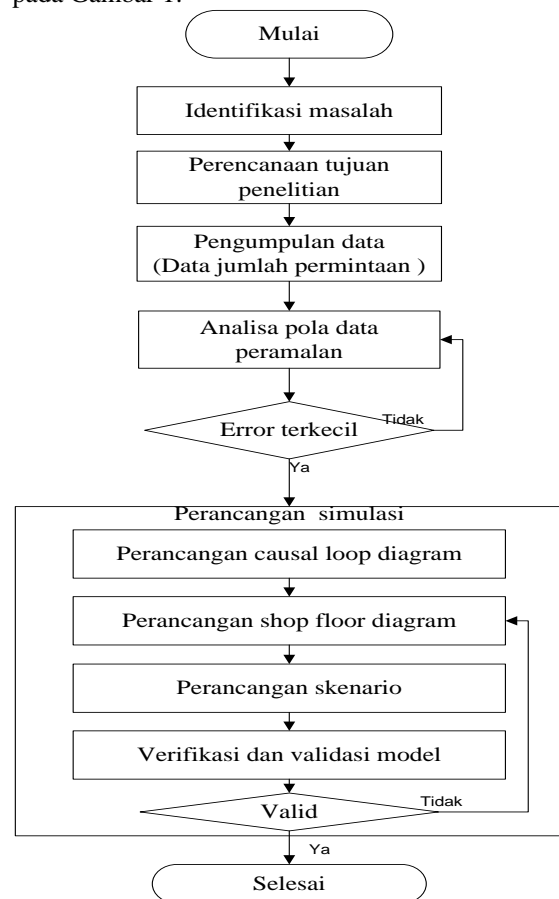
Aktivitas peramalan ubi ungu yang baik, dapat berpengaruh terhadap jumlah persediaan ubi ungu di PT.XYZ. Persediaan ubi ungu pada PT. XYZ dilakukan untuk menjaga keberlanjutan proses produksi agar dapat mengirimkan permintaan konsumen dengan tepat waktu. Jumlah persediaan yang direncanakan harus ditentukan dengan optimal karena jumlah persediaan yang berlebih dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Kerugian tersebut terjadi karena tingginya biaya simpan, ubi ungu yang kadaluarsa, membusuk atau kemungkinan produk tidak terjual sehingga terjadi penumpukan di gudang.

Untuk menghadapi permasalahan fluktuasi permintaan produk keripik ubi ungu, maka penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk merancang model persediaan ubi ungu dan keripik ubi ungu yang optimal melalui perancangan model sistem dinamis agar diperoleh keuntungan yang maksimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui 2 tahapan, dimana tahap ke-1 melakukan analisa jumlah kebutuhan produk keripik ubi ungu dengan menggunakan metode peramalan dan tahap ke-2 melakukan perancangan model persediaan dengan menggunakan simulasi sistem dinamis. Penentuan jumlah kebutuhan keripik ubi ungu dilakukan dengan menggunakan metode peramalan, yang merupakan tahap awal dalam penelitian. Data yang digunakan adalah data historis permintaan keripik ubi ungu di PT.XYZ dari Januari 2017 hingga April 2019. Penyelesaian metode peramalan dilakukan dengan menggunakan minitab 17. Hasil dari analisa peramalan, digunakan untuk menentukan jumlah persediaan, agar diperoleh jumlah persediaan yang optimal

Analisa simulasi dilakukan dengan menggunakan sistem dinamis. Simulasi sistem dinamis diawali dengan perancangan *causal loop diagram*, melakukan perancangan *shop floor diagram* dan melakukan verifikasi dan validasi model. Hal ini diselesaikan dengan menggunakan software *Powersim Studio 10*. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian simulasi sistem dinamis persediaan ubi ungu pada produksi keripik ubi ungu

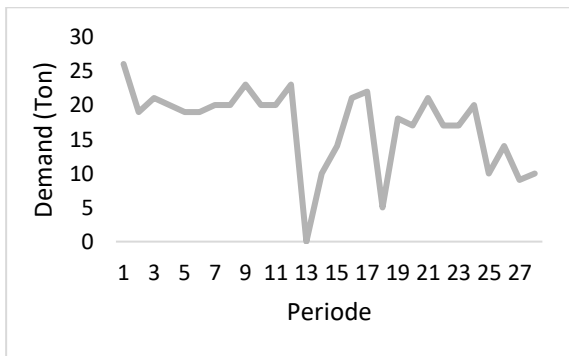
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data pada periode Januari 2017 sampai April 2019 di PT.XYZ, ditemukan banyak gap atau selisih antara keripik ubi ungu yang diproduksi dengan permintaan keripik ubi ungu, berupa *Lost Sales* dan *Over Stock*. Kedua kendala tersebut menimbulkan biaya persediaan. *Lost Sales* pada 28 periode berjumlah 53 Ton dengan rata-rata per bulan 2 Ton. *Over Stock* pada 28 periode berjumlah 151 Ton dengan rata-rata per bulan 5 Ton. Angka ini cukup tinggi apabila dikonversikan ke dalam rupiah dan biaya tersebut ditimbulkan dari biaya persediaan.

Permasalahan biaya persediaan tersebut harus. Untuk menghindari biaya persediaan yang tinggi, maka dilakukan simulasi sistem dinamis, dengan tujuan untuk menentukan nilai optimal dari sistem persediaan yang sudah ada sehingga mendapatkan suatu skenario kebijakan yang menghasilkan biaya persediaan minimum. Hal ini dilakukan dengan menggunakan beberapa tahapan penelitian berikut :

Tahap 1. Peramalan

Permintaan keripik ubi ungu di PT.XYZ yaitu permintaan dari *sales* terhadap jumlah produksi dari keripik ubi ungu untuk selanjutnya di jual pada *retail*. Plot data pergerakan permintaan dapat dilihat pada grafik *time series* pada Gambar 2.

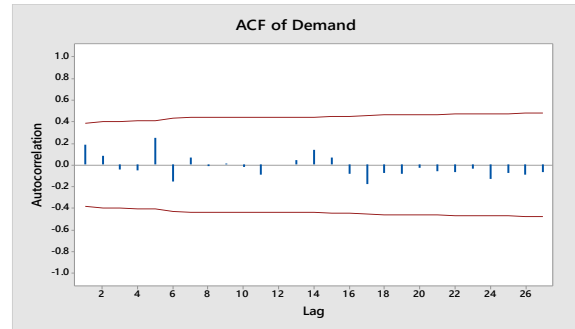


Gambar 2. Grafik *time series* permintaan keripik ubi ungu

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa permintaan keripik ubi ungu mengalami penurunan yang cukup signifikan pada periode 13 (Jan-18) dengan nilai 0 Ton dan 18 (Jun-18) dengan nilai 5 Ton. Penurunan ini terjadi karena persediaan keripik ubi ungu di gudang distribusi masih banyak. Penuhnya jumlah persediaan di gudang, disebabkan karena pergerakan rantai pasok pada hilir (*retail*) lambat. Banyak produk yang lambat terjual pada bulan sebelumnya sehingga produk menumpuk di gudang. Jika data pada periode 13 dan 18 diabaikan, plot data permintaan berfluktuasi disekitar nilai rata-rata namun memiliki *trend* menurun.

Untuk menemukan bentuk pola data yang tepat, dilakukan uji autokorelasi. Uji autokorelasi

bertujuan untuk mengetahui besaran korelasi antara data waktu (t) dengan waktu sebelumnya (t-1). Menurut (Nugraha dan Suletra, 2017), apabila hasil uji autokorelasi antara data ke t dan data ke t-1 dengan besaran korelasi cukup tinggi kemudian bertahap menurun, hal ini menunjukkan bahwa data *time-series* berpola tren, sedangkan apabila pola data autokorelasi turun mendekati nol secara cepat, pada umumnya setelah lag kedua atau ketiga maka data bersifat stasioner. Hasil uji autokorelasi untuk permintaan keripik ubi ungu dapat dilihat pada Gambar 3.



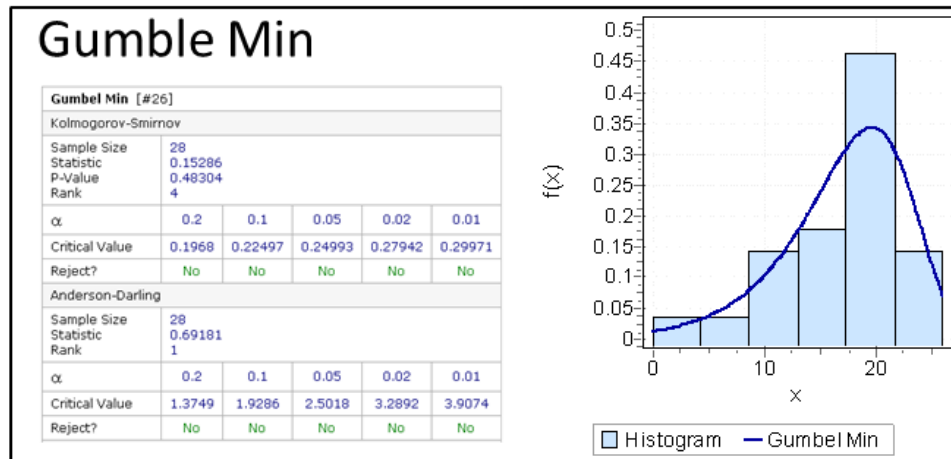
Gambar 3. Uji autokorelasi permintaan keripik ubi ungu

Uji autokorelasi pada permintaan ubi kayu, dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa pergerakan pola data Grafik ACS tidak secara cepat mendekati nol, sehingga pola data ini menunjukkan unsur *trend*. Setelah diketahui pola dari data yang dimiliki, langkah selanjutnya dilakukan *fit distribution*. *Fit distribution* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya jenis distribusi yang sesuai dengan distribusi data yang ada. Hasil dari *Fit distribution* dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil *goodness of fit test*, pola distribusi yang paling mendekati pola data permintaan keripik ubi ungu ialah distribusi *Gumble Min* dengan nilai $\alpha=4,637$ dan $\beta=19,641$. Distribusi ini paling cocok karena nilai P-Value yang paling besar diantara distribusi yang lain dengan nilai 0,48304 pada metode uji statistika *Kolmogorov-Smirnov* dan 0,69181 pada metode uji statistika *Anderson-Darling*

Tahap 2. Perancangan Model Simulasi Sistem Dinamis

Simulasi sistem dinamis persediaan ubi ungu merupakan suatu model yang dirancang dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik. Model ini dibuat berdasarkan identifikasi permasalahan yang dituangkan ke dalam diagram sebab akibat (*causal loop*), diformulasikan dalam diagram alir (*stock and flow*) dan disimulasikan dengan menggunakan *software Powersim Studio* versi 10.



Gambar 4. Grafik *probability plot Gumble Min* hasil *goodness of fit test* terbaik

Alasan digunakannya simulasi sistem dinamis adalah untuk meminimasi biaya persediaan karena permasalahan persediaan merupakan suatu permasalahan sistem yang cukup kompleks dengan melibatkan berbagai komponen dan variabel di dalamnya yang saling berinteraksi dan terintegrasi. Adapun tujuan dari perancangan simulasi sistem dinamis keripik ubi ungu adalah untuk mengantisipasi fluktuasi dari ubi ungu sehingga mampu memenuhi kebutuhan produksi keripik ubi ungu dengan biaya persediaan yang paling minimum. Dalam pembuatan model sistem dinamis persediaan ubi ungu digunakan beberapa asumsi berikut :

- Umur panen rata-rata ubi ungu 4 bulan dan dianggap konstan.
- Rendemen produksi hasil keripik ubi ungu dari ubi ungu sebesar 30% dan dianggap konstan.
- Produksi keripik ubi ungu dilaksanakan langsung setelah ubi ungu di panen sehingga tidak menimbulkan biaya simpan ubi ungu.
- Kapasitas lahan dan produksi dianggap sudah mencukupi kebutuhan setiap bulannya.

Biaya pesan yang konstan tidak diperhitungkan dalam pemodelan karena menghasilkan nilai yang sama pada setiap skenario sehingga dianggap nol rupiah.

Model yang disimulasikan terbagi menjadi dua sub model yaitu sub model persediaan dan biaya persediaan. Sub model persediaan dianalisis berdasarkan permintaan jumlah produksi keripik ubi ungu dan supply dari ubi ungu. Sub sistem biaya persediaan terdiri dari biaya beli, biaya simpan dan biaya kekurangan. Sub model yang dimaksud adalah sebagai berikut :

Sub Model Persediaan

Sub model persediaan dipengaruhi oleh variabel *sales*, *historical sales*, stok yang diinginkan, penyesuaian stok, jumlah *order* ubi ungu, produksi keripik ubi ungu dan persediaan keripik ubi ungu. Konstanta yang dijadikan sebagai input bagi model

adalah *Lead Time*, *Production Yield*, *Maximum Order*, *Safety Stock*, *Forecasting* dan *Demand*. Variabel *Demand* dijadikan sebagai *random number* sesuai plot distribusi data permintaan pada masa lampau. Variabel *forecasting* dijadikan input data hasil peramalan yang sudah ditetapkan. Variabel *Service Level* dijadikan input sebagai penentuan jumlah *safety stock* dan *reorder point*. Variabel *Lead Time* sebesar 4 bulan menunjukkan waktu penanaman ubi ungu hingga panen. Variabel *Production Yield* menunjukkan persentase jumlah keripik ubi ungu yang dihasilkan dari ubi ungu hasil produksi

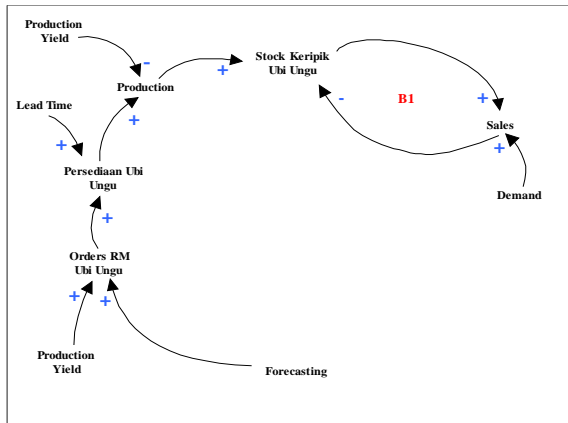
Skenario yang dilakukan pada sub model persediaan adalah skenario tanpa perubahan kebijakan, skenario pengendalian persediaan menggunakan penyesuaian peramalan permintaan, probabilistik model P dan gabungan antara penyesuaian peramalan permintaan dan probabilistik model P. Random number menjadi input data permintaan keripik ubi ungu. Random number yang dipakai sesuai distribusi permintaan hasil *goodness of fit test*, data permintaan keripik ubi ungu yaitu distribusi *Gumble Min* dengan nilai $\alpha=4,637$ dan $\beta=19,641$.

Skenario Tanpa Perubahan Kebijakan

Skenario ini menempatkan *order* ubi ungu sesuai dengan jumlah *order* dari permintaan sales pada masa lampau tanpa melihat stok aktual yang tersedia. Skenario ini menempatkan *order* ubi ungu sesuai dengan data historis perusahaan. Hubungan sebab akibat antar variabel pada skenario tanpa perubahan kebijakan digambarkan dengan diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) pada Gambar 5. Formulasi untuk diagram alir dilakukan sesuai data yang ada pada Tabel 1 dan diagram alir dapat dilihat pada Gambar 6.

Loop B1 yang ada pada Gambar 5 menyatakan bahwa semakin banyak penjualan (*sales*) maka semakin sedikit stok keripik ubi ungu. Hubungan yang terjadi pada *loop B1* adalah *feedback* negatif

yang memiliki sifat memperlambat (*balancing*). Skenario 1 menempatkan *order* ubi ungu sesuai dengan data historis perusahaan dan menempatkan *order* ubi ungu tanpa melihat stok aktual yang tersedia.



Gambar 5. Diagram sebab akibat skenario tanpa perubahan kebijakan

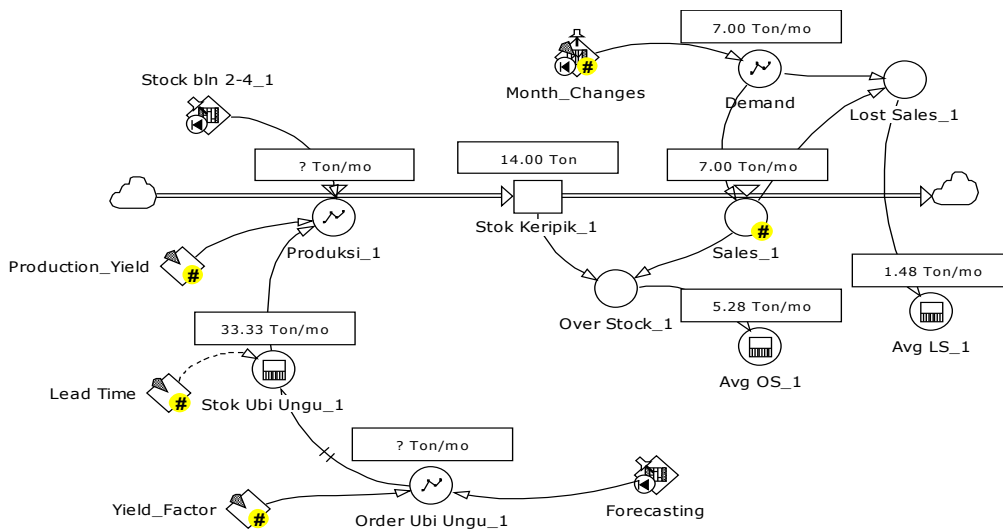
Skenario Penyesuaian Peramalan Permintaan

Skenario ini menempatkan *order* ubi ungu sesuai dengan *forecasting* tanpa melihat stok aktual

yang ada. Model simulasi pada skenario ini sama dengan skenario tanpa perubahan kebijakan (skenario 1). Perbedaannya terletak pada penggunaan metode *forecasting* yang tepat dengan mencari nilai *error* terkecil pada data historis permintaan sebelumnya.

Berdasarkan data permintaan keripik ubi ungu, digunakan beberapa metode peramalan *time series* yaitu metode *naïve*, *moving average*, *single exponential smoothing*, *DES Brown*, *MDE Holt* dan regresi linier. Persediaan empat bulan ke depan, merupakan data yang diprediksi oleh model-model peramalan tersebut. Nilai kesalahan (*error*) digunakan sebagai kriteria untuk membandingkan keakuratan hasil peramalan. Metode kesalahan yang digunakan adalah *MSE (Mean Squared Error)*, *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)* dan *MAE (Mean Absolute Error)*.

Rekapitulasi data nilai rata-rata *error* tiap metode peramalan digunakan untuk mengetahui validitas dari metode yang digunakan. Hasil rekapitulasi data nilai rata-rata *error* dapat dilihat pada Tabel 1. Metode regresi linier merupakan metode peramalan terbaik karena menghasilkan nilai terkecil pada semua metode perhitungan *error* dengan *MSE* 26,43; *MAPE* 22,96 dan *MAE* 3,71.



Gambar 6. Diagram alir skenario tanpa perubahan kebijakan

Tabel 1. Rekapitulasi *error* hasil peramalan permintaan

Metode Peramalan	MSE	MAPE	MAE	Catatan
Naif (<i>Naïve</i>)	71,53	34,32	5,87	
<i>Moving Average</i>	43,41	23,55	4,61	
<i>Single Exponential Smoothing</i>	43,01	30,47	3,95	$\alpha = 0,3$
<i>DES Brown</i>	40,82	33,53	4,99	$\alpha = 0,1$
<i>MDE Holt</i>	50,76	32,55	4,82	$\alpha = \beta = 0,3$
Regresi Linier	26,43	22,96	3,71	

Dalam menentukan metode peramalan terbaik, kriteria yang perlu dipertimbangkan adalah besarnya nilai kesalahan peramalan, yaitu nilai residual atau selisih antara nilai aktual dengan nilai prediksi. Dari pengamatan selisih nilai aktual dengan nilai estimasi dari peramalan tersebut, diketahui bahwa besarnya residual tidak merata atau terpaut sangat jauh antara residual satu dengan residual yang lain. Pada situasi seperti itu digunakan MAE sebagai ukuran akurasi untuk menentukan metode peramalan terbaik untuk empat bulan mendatang.

Berdasarkan nilai kesalahan terkecil MAE, metode regresi linier merupakan metode peramalan terbaik karena menghasilkan nilai MAE terkecil, yaitu sebesar 3,71. Nilai MAE dipilih nilai terkecil dikarenakan semakin kecil nilai MAE, maka nilai ramalan semakin mendekati nilai aktualnya. Selain itu, metode regresi linier juga menghasilkan nilai terkecil pada dua metode perhitungan *error* lainnya yaitu dengan nilai MSE 26,43 dan MAPE 22,96.

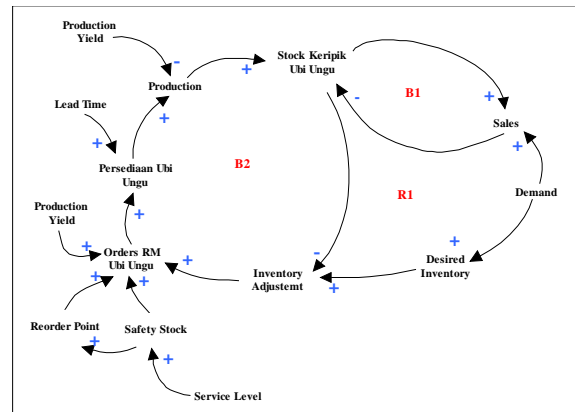
Skenario Probabilistic Model P

Menurut (Salvendy, 2007), sistem persediaan model P melakukan pemesanan yang bersifat regular dengan mengikuti suatu periode yang tetap (mingguan, bulanan, dsb). Model ini sesuai dengan kondisi persediaan ubi ungu dimana ubi ungu membutuhkan waktu penanaman hingga panen yang relatif tetap yaitu 4 bulan. Model P memberikan keputusan untuk menanam ubi ungu dengan melihat kondisi persediaan pada periode sekarang dan begitu pula seterusnya pada setiap bulan mendatang. Model persediaan yang memiliki *Lead Time* yang konstan dan lama seperti penanaman ubi ungu ini tidak akan tepat bila menggunakan metode lain seperti model Q yang memiliki periode pemesanan yang bervariasi dengan jumlah order yang sama. Jika menggunakan model Q, persediaan akan mengalami penumpukan pada saat melakukan pembelian untuk mencukupi persediaan selama 4 bulan dan akan mengalami kekurangan selama *Lead Time* jika ternyata produksi lebih besar dari yang diperhitungkan.

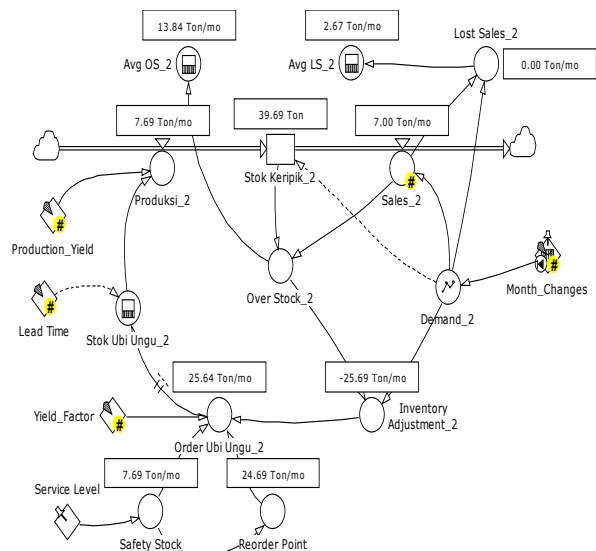
Lost sales berarti konsumen tidak menunggu sampai barang tersedia. Konsumen akan pergi dan mencari barang kebutuhannya di tempat lain sehingga nilai kerugian ini setara dengan keuntungan yang diperoleh ketika menjual barang tersebut.

Model P merumuskan adanya *safety stock* dan *reorder point*. *Reorder point* didapatkan dari rata-rata permintaan terdahulu ditambahkan dengan *safety stock*. *Safety stock* diperoleh dari deviasi permintaan terdahulu dikalikan dengan *service level*. Nilai *service level* menghasilkan nilai Z Tabel sebagai faktor pengali pada standar deviasi. Semakin tinggi persentase *service level*, semakin tinggi nilai Z, semakin banyak pula *safety stock* yang harus disiapkan. Saat melakukan pemesanan, harus melihat stok aktual dan jumlah *order* saat periode tersebut dilakukan berdasarkan kekurangan stok aktual agar kembali pada stok maksimum. Dalam simulasi,

Service level dijadikan input variabel bebas yang dicari guna mendapatkan *reorder point* dan *safety stock* yang optimum dengan pertimbangan penentuan biaya persediaan yang minimum. Hubungan sebab akibat antar variabel pada skenario Probabilistik Model P digambarkan dengan diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) pada Gambar 7, disimulasikan berdasarkan diagram alir pada Gambar 8 dan formulasinya dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Diagram sebab akibat skenario Probabilistik Model P



Gambar 8. Diagram alir skenario Probabilistik Model P

Loop B2 yang ada pada Gambar 7, menggunakan variabel perantara yaitu *Inventory Adjustement* yang menyatakan selisih antara *Desired Inventory* atau *Demand* pada periode tersebut dengan stok aktual keripik ubi ungu. Semakin banyak stok aktual maka semakin sedikit *Inventory Adjustement*. Semakin sedikit *Inventory Adjustement*, maka semakin sedikit jumlah *order*. Variabel *Inventory Adjustement* pada *loop B2* menghasilkan hubungan *feedback* negatif yang memiliki sifat memperlengah (*balancing*).

Tabel 2. Formulasi model skenario Probabilistik Model P

No	Variabel	Formula	Definisi
1.	Over Stock	'Stok Keripik' / 1 - Sales	Selisih antara stok dengan sales yang berarti kelebihan persediaan
2.	Inventory Adjust	Demand - 'Over Stock'	Fungsi koreksi dari stok yang kita inginkan dengan stok aktual yang ada.
3.	Order Ubi Ungu_2	IF('Inventory Adjustment' > 'Reorder Point', 'Reorder Point', MAX('Inventory Adjustment', 'Safety Stock')) / Yield_Factor	Fungsi gabungan IF dan MAX guna memperoleh jumlah order ubi ungu yang optimal dengan melihat stok yang ada dan yang diinginkan dengan adanya batasan maksimum order dan safety stock.
4.	Safety Stock	6 * ((Ton/mo) * IF('Service Level'=50,0, IF('Service Level'=60,0.253, IF('Service Level'=70,0.524, IF('Service Level'=80,0.842, IF('Service Level'=90,1.282,1.645))))))	6 = Standar Deviasi permintaan 28 periode pada penelitian ini. Fungsi If berfungsi sebagai konversi nilai persentase service level menjadi nilai Z-Tabel. Service Level yang dimasukkan ke dalam simulasi ialah 50%, 60%, 70%, 80%, 90% dan 95%
5.	Reorder Point	17 * ((Ton/mo) + 'Safety Stock'	17 = Rata-rata permintaan 28 periode pada penelitian ini

Loop R1 menyatakan demand memberikan pengaruh positif terhadap desired inventory dan desired inventory memberikan pengaruh positif terhadap inventory adjustment. Hubungan yang terjadi pada loop ini adalah feedback positif yang memiliki sifat memperkuat (reinforcing).

Formulasi yang ada pada Tabel 2, melakukan Inventory Adjustment yaitu penentuan jumlah pemesanan ubi ungu berdasarkan stok keripik ubi ungu aktual pada periode tersebut, reorder point dan safety stock. Skenario ini memiliki variabel bebas yaitu service level yang dapat diganti guna mencari kebijakan apa yang paling optimal. Service level mempengaruhi jumlah safety stock dan reorder point. Semakin tinggi persentase service level, maka semakin tinggi jumlah safety stock dan reorder point.

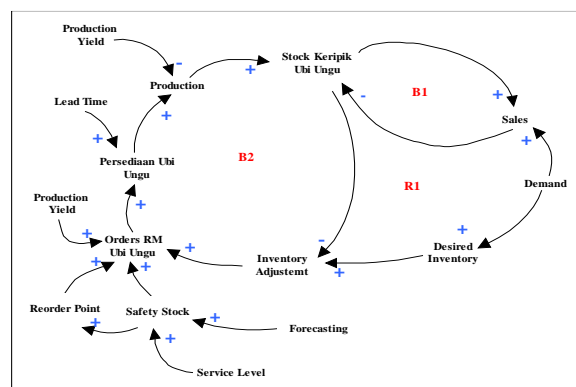
Service level pada penelitian ini merupakan suatu besaran nilai kapabilitas persediaan atau seberapa banyak persediaan yang harus disediakan untuk mencukupi semua kebutuhan permintaan yang fluktuasi. Semakin besar service level maka persediaan semakin banyak sehingga semakin banyak permintaan yang dapat terpenuhi.

Service level yang digunakan untuk simulasi sebesar 90%. Nilai ini digunakan karena menghasilkan profit yang paling maksimum sesuai hasil simulasi pada Tabel 3.

Skenario Penggabungan Penyesuaian Peramalan Permintaan dengan Probabilistik Model P

Skenario penggabungan metode peramalan dengan model P dilakukan untuk memperoleh skenario yang paling optimal. Hubungan sebab akibat antar variabel pada skenario penggabungan penyesuaian peramalan permintaan dengan probabilistik Model P digambarkan dengan diagram sebab akibat (causal loop diagram) pada Gambar 9 dan disimulasikan berdasarkan diagram alir pada Gambar 10. Variabel peramalan ditambahkan pada

input jumlah order ubi ungu pada skenario ini untuk menggantikan fungsi dari jumlah order maksimum pada setiap periodenya.



Gambar 9. Diagram sebab akibat skenario penggabungan penyesuaian peramalan permintaan dengan probabilistik model P

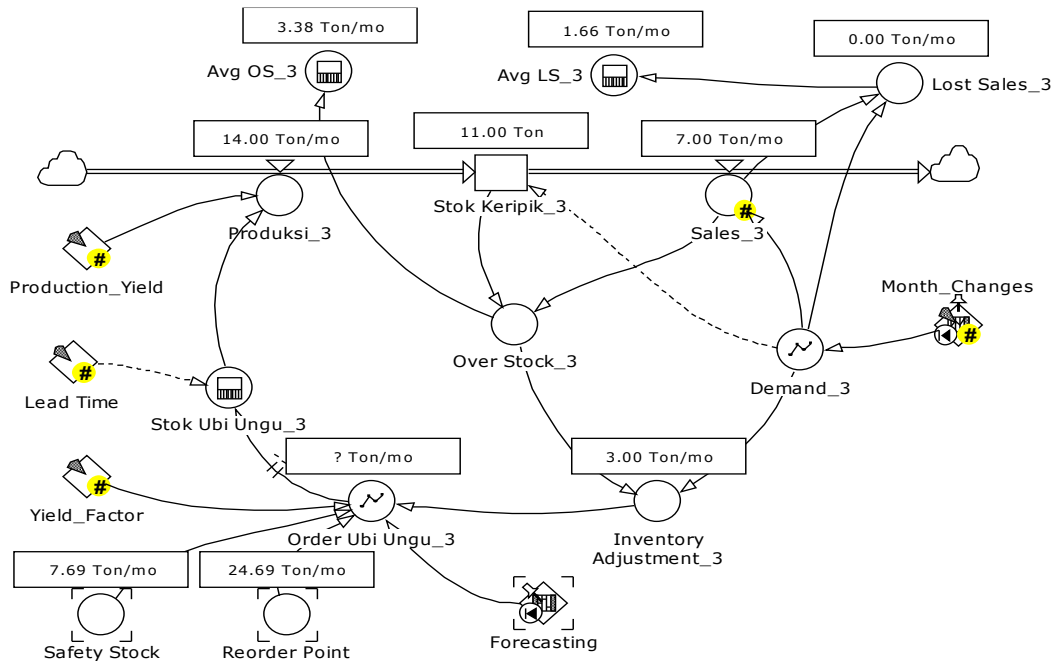
Formulasi Skenario dengan cara menggabungkan metode peramalan dengan model P (skenario 4), dapat dilihat pada Tabel 4.

Perbedaan formulasi model pada skenario 4 dengan skenario 3 (probabilistik model P) adalah pada saat penetapan jumlah order. Penetapan jumlah order ditetapkan sebagai berikut :

- Jika permintaan saat periode tertentu dikurangi stok aktual periode tersebut ditambah dengan forecasting lebih besar dari Reorder Point model P, maka jumlah order sama dengan forecasting pada 4 bulan yang akan datang.
- Jika permintaan saat periode tertentu dikurangi stok aktual periode tersebut lebih kecil dari safety stock, maka jumlah order sama dengan safety stock.

Tabel 3. Data penetapan *service level* yang paling optimal

Service Level	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
95	182,466,658,660	196,411,102,960	107,407,767,156	201,134,547,464
90	182,466,658,660	196,411,102,960	61,041,323,396	204,232,170,308
80	182,466,658,660	196,411,102,960	96,099,457,420	161,662,304,150
70	182,466,658,660	196,411,102,960	148,635,902,265	137,251,637,731
60	182,466,658,660	196,411,102,960	129,578,347,539	108,396,726,908
50	182,466,658,660	196,411,102,960	90,477,770,600	115,633,326,840



Gambar 10. Diagram alir skenario penggabungan penyesuaian peramalan permintaan dengan probabilistik model P

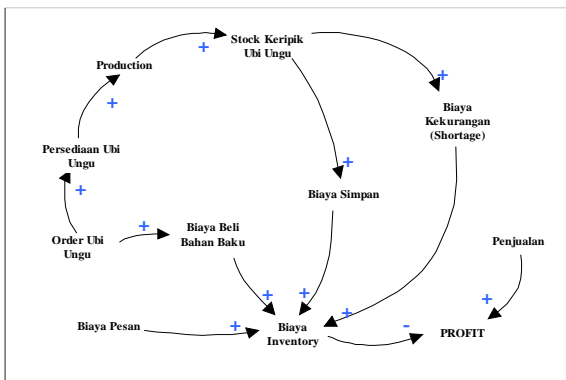
Tabel 4. Formulasi model skenario penggabungan penyesuaian peramalan permintaan dengan probabilistik model P

No	Variabel	Formula	Definisi
1.	Order Ubi Ungu_3	IF('Inventory Adjustment_2'+ Forecasting > 'Reorder Point', Forecasting, MAX('Inventory Adjustment_3', 'Safety Stock')) /Yield_Factor	Hampir sama dengan Order UbiUngu_2. Menggabungkan fungsi IF dan MAX guna memperoleh jumlah order ubi ungu yang optimal. Hanya pada order ubi ungu, Maksimum order diganti dengan forecasting dari historical demand.
2.	Forecasting	Konstanta	Nilai Forecasting pada skenario ini sama dengan skenario 2 (Probabilistik Model P)
3.	Safety Stock	Konstanta	Nilai Safety Stock pada skenario ini sama dengan skenario 3 (Probabilistik Model P)
4.	Reorder Point	Konstanta	Nilai Reorder point pada skenario ini sama dengan skenario 3 (Probabilistik Model P)

Jika permintaan saat periode tertentu dikurangi stok aktual periode tersebut lebih kecil dari stok maksimum model P dan lebih besar dari *safety stock*, maka jumlah *order* sama selisih dari sales dan stok aktualnya.

Sub Model Biaya Persediaan

Sub model biaya persediaan digunakan untuk mengetahui biaya persediaan yang dihasilkan oleh setiap skenario sehingga bisa membandingkan biaya pada masing-masing skenario. Hubungan sebab akibat antar variabel pada sub model biaya persediaan digambarkan dengan diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) pada Gambar 11, disimulasikan berdasarkan diagram alir pada Gambar 12 dan formulasi model dapat dilihat pada Tabel 6.



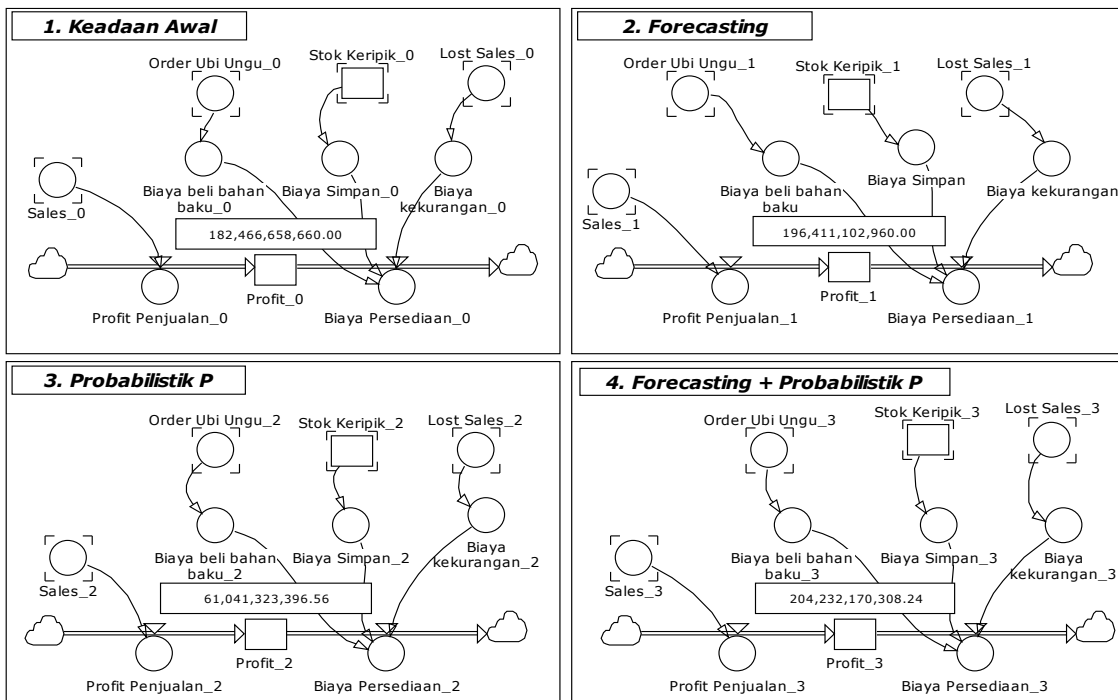
Gambar 11. Diagram sebab akibat model biaya persediaan

Data biaya yang ada pada Tabel 6, terdiri dari biaya pembelian bahan baku berasal dari data harga ubi ungu di pasar. Biaya simpan didapatkan dari harga jual keripik ubi ungu dikalikan 10%. Biaya kekurangan didapatkan dari nilai keuntungan bersih yang diperoleh jika keripik ubi ungu dijual

Tahap 4. Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi bertujuan untuk membuktikan apakah model yang telah dibuat sudah benar. Dalam penelitian ini, teknik verifikasi yang digunakan adalah *Animation*, dimana jalannya operasi dari model tersebut dapat dilihat secara langsung selama simulasi tersebut dijalankan. Verifikasi dilakukan dengan melihat satuan-satuan dan formulasinya sudah sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil formulasi pada model dengan perhitungan manual.

Validasi bertujuan untuk melihat apakah output dari model yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang diinginkan dan sistem nyata. Validasi pada pemodelan ini dilakukan dengan membandingkan tingkah laku model dengan sistem nyata (*quantitative behaviour pattern comparison*) yaitu dengan uji statistika *One Sample T-Test*. *One sample T-Test* merupakan teknik analisis untuk membandingkan satu variabel bebas.



Gambar 12. Diagram alir model biaya persediaan keripik ubi ungu

Teknik ini digunakan untuk menguji apakah nilai tertentu berbeda secara signifikan atau tidak dengan rata-rata sebuah sampel. Uji ini dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil prakiraan dengan data aktual.

$$T - \text{Hitung} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

Dimana :

- \bar{x} : Rata-rata data yang akan diuji
 μ_0 : Nilai acuan
 s : Standar Deviasi
 n : banyaknya data

T-Tabel : Sesuai dengan signifikansi yang dituju

Kriteria penarikan kesimpulan dengan uji *One Sample T-Test* adalah :

- Jika $T\text{-Hitung} \leq T\text{-Tabel}$, maka $H_0 : \mu = \mu_0$, Berarti data uji tidak berbeda nyata dengan data acuan
- Jika $T\text{-Hitung} > T\text{-Tabel}$, maka $H_1 : \mu \neq \mu_0$: Data uji berbeda nyata dengan data acuan

Validasi dilakukan dengan mencoba simulasi dengan input *demand* menggunakan *random number*

sebanyak 6 kali replikasi yang dibandingkan dengan *demand* pada kondisi aktual. Hasil replikasi dan aktual demand terdapat pada Tabel 7.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pada keadaan nyata menggunakan data aktual permintaan dengan keadaan simulasi menggunakan random number berdistribusi *Gambel Min*. Validasi membandingkan output *profit* pada setiap skenario dengan input 1 aktual *demand* dan 6 *random number*. Hasil perhitungan *One Sample T-Test* dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil Simulasi dan Saran Kebijakan

Simulasi dilaksanakan dengan memasukan *random number* pada *demand* yang sama pada 4 skenario yang diteliti. Simulasi dilaksanakan dengan 4 kali replikasi. Nilai yang dibandingkan ialah nilai akhir *profit* selama 28 periode (bulan). Berdasarkan hasil simulasi, *profit* maksimum didapatkan apabila simulasi dilakukan dengan menggunakan skenario yang ke-4 yaitu dengan metode penggabungan peramalan dengan pengendalian persediaan probabilistik model P dengan *service level* 90%.

Tabel 7. Data *profit* hasil simulasi seluruh skenario dengan *Demand* dari *Random Number* dan Aktual

Input Demand	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Aktual	182,466,658,660	196,411,102,960	61,041,323,396	204,232,170,308
<i>Rand 1</i>	181,311,103,300	190,633,325,200	94,062,523,461	191,289,281,508
<i>Rand 2</i>	113,711,101,540	225,299,992,360	198,109,013,916	217,047,815,413
<i>Rand 3</i>	159,355,546,060	204,788,881,300	116,023,235,666	163,035,815,538
<i>Rand 4</i>	163,688,880,400	196,699,991,860	69,527,946,263	204,043,281,508
<i>Rand 5</i>	134,511,102,820	181,677,770,140	73,103,234,575	178,920,881,645
<i>Rand 6</i>	178,999,991,680	199,588,880,800	90,088,479,393	206,901,192,542
<i>Rata-rata</i>	155,262,954,300	199,781,473,610	106,819,072,212	193,539,711,359
StDev	26,407,931,973	14,813,738,565	47,725,460,994	19,953,683,362

- $T - \text{Hitung Skenario 1} = \frac{155.262.954.300 - 182.466.658.660}{\frac{26.407.931.973}{\sqrt{6}}}$

$T - \text{Hitung Skenario 1} = 2,52$

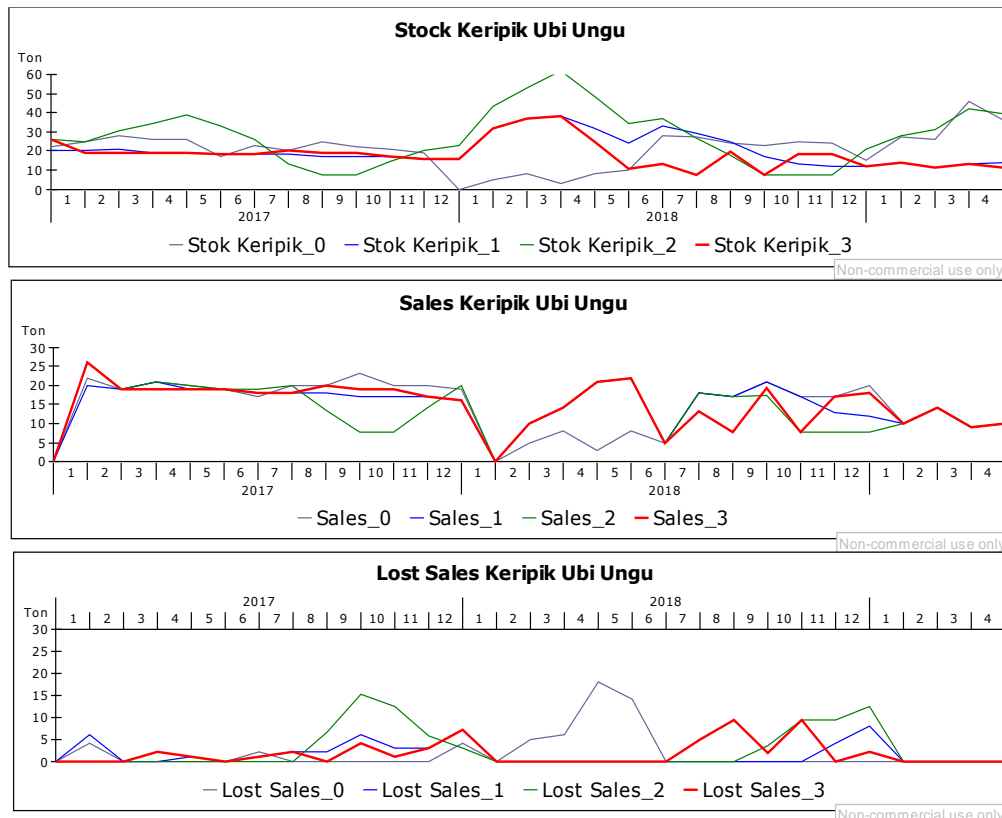
$T - \text{Tabel (Signifikansi 95\%, df : 5)} = 2,57$

$T - \text{Hitung Skenario 1} < T - \text{Tabel}$

Terima H_0 : Data Simulasi tidak berbeda nyata dengan data aktual

Tabel 8. Hasil validasi uji *One Sample T-Test*

Skenario	T-Hitung	T-Tabel	Hasil
1	2.52		VALID
2	0.56	2.57	VALID
3	2.35	(Signifikansi 95%, df: 5)	VALID
4	1.31		VALID



Gambar 13. Grafik hasil simulasi stok, sales dan lost sales keripik ubi ungu

Berdasarkan hasil simulasi, biaya persediaan terkecil didapatkan menggunakan skenario yang ketiga yaitu dengan metode penggabungan penyesuaian peramalan permintaan dengan Probabilistik Model P. Output dari simulasi ini ialah membandingkan data stok keripik ubi ungu, data sales keripik ubi ungu dan data lost sales keripik ubi ungu yang dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 14. Ketiga data tersebut merupakan komponen yang memberikan pengaruh pada biaya total persediaan sehingga dapat membandingkan metode apa yang paling optimum yang memberikan nilai biaya persediaan terkecil.

Hasil simulasi pada keempat skenario dalam 28 periode menghasilkan profit sebesar :

- Skenario 1: Rp 164.627.769.550 ± 34.285.714.728
- Skenario 2: Rp 192.149.992.000 ± 12.596.729.059
- Skenario 3: Rp 81.695.545.923 ± 19.385.551.550
- Skenario 4: Rp 195.288.659.301 ± 20.447.754.235

Skenario yang paling optimum ialah skenario yang keempat yaitu gabungan antara kedua metode forecasting dengan model P dengan yang menghasilkan profit maksimum. Forecasting pada skenario ini menggunakan metode regresi linier yang merupakan metode peramalan permintaan terbaik yang menghasilkan nilai MAE terkecil sebesar 3,71.

Saran kebijakan yang dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan jumlah penanaman ubi ungu untuk produksi keripik ubi ungu pada 4 bulan yang akan datang antara lain :

- Tentukan *Safety Stock* dan *Reorder Point* dengan menggunakan data permintaan pada masa lalu.
- Jika permintaan dikurangi stok aktual ditambah dengan forecasting pada suatu periode tertentu yang sama (missalkan periode saat ini) lebih besar dari *Reorder Point* model P, maka jumlah order sama dengan forecasting pada 4 bulan yang akan datang.
- Jika permintaan saat periode tertentu dikurangi stok aktual periode tersebut lebih kecil dari *safety stock*, maka jumlah order sama dengan *safety stock*
- Jika permintaan saat periode tertentu dikurangi stok aktual periode tersebut lebih kecil dari *Reorder Point* model P dan lebih besar dari *safety stock*, maka jumlah order sebanyak selisih dari sales dan stok aktualnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Persediaan produk keripik ubi ungu menjadi salah satu permasalahan yang terjadi pada PT.XYZ, sehingga seringkali menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Beberapa permasalahan yang terjadi yaitu ubi ungu yang tidak bisa disimpan terlalu lama, memiliki waktu penanaman yang cukup lama yaitu 4

bulan, terjadinya dan fluktuasi permintaan keripik ubi ungu mengakibatkan terjadinya *over stock* atau *lost sales* jika terjadi kesalahan dalam *order* ubi ungu. Penelitian ini merancang sebuah model untuk mengendalikan tingkat persediaan yang berfluktuasi. Perancangan model tersebut dilakukan dengan menggunakan simulasi sistem dinamis. Model sistem dinamis yang dikembangkan telah dapat mendeskripsikan kondisi persediaan ubi ungu dengan berbagai skenario kebijakan.

Profit terbesar diperoleh pada saat perusahaan menggunakan skenario 4, yaitu sebesar Rp 195.288.659.301 ± 20.447.754.235 dan profit terkecil diperoleh apabila perusahaan menggunakan skenario 3, dengan profit sebesar Rp 81.695.545.923 ± 19.385.551.550

Skenario yang paling optimal ialah skenario yang keempat yaitu gabungan antara kedua metode *forecasting* dengan pengendalian persediaan probabilistic model P dengan *service level* 90% yang menghasilkan *profit* maksimum diantara nilai *service level* lainnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, untuk menghindari permasalahan mengenai persediaan di PT.XYZ, sebaiknya dilakukan analisa peramalan dan persediaan secara bersama sama, dengan memperhatikan tingkat *service level*.

Saran

Untuk kajian lebih lanjut, sebaiknya mencoba memasukkan variabel pemanfaatan lain dari ubi ungu agar penanaman ubi ungu tidak terlalu dibatasi sehingga biaya *overstock* ubi ungu bisa dimasukkan dalam model. Penelitian ini dapat digunakan untuk mengukur kinerja sales dan marketing produk keripik ubi ungu untuk

menghilangkan kelebihan stok atau meredam fluktuasi pasar, sehingga penelitian lanjutan dapat melakukan penggabungan analisa persediaan dengan pengukuran kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pertanian. 2018. *Produksi Ubi Jalar Menurut Provinsi, 2014 - 2018*. Jakarta.
- Kosasih W, Sriwana IK, dan Salim Y. 2017. Evaluasi sistem distribusi industri kecil menengah menggunakan metode. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 5(3) : 139–147.
- Nugraha EY dan Suletra IW. 2017. Analisis metode peramalan permintaan terbaik produk oxycan pada PT. Samator Gresik, *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*,9.
- Safitri AM dan Mukaram. 2018. Pengaruh ROA, ROE, dan NPM terhadap pertumbuhan laba pada perusahaan sektor industri barang konsumsi yang terdaftar di bursa efek Indonesia. *Jurnal Riset Bisnis dan Investasi*. 4(1) : 25–39.
- Salvendy G. 2007. *Handbook of Industrial Engineering Technology and Operations Management*. Third Edit. Edited by G. Salvendy. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, INC.
- Sriwana IK dan Djatna T. 2012. Sinkronisasi penjaminan kinerja rantai pasok agroindustri tebu. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22(1) : 58–65.
- Ticoalu GD, Yunianta, dan Maligan JM. 2016 Pemanfaatan ubi ungu (*Ipomoea Batatas*) sebagai minuman berantosianin dengan proses hidrolisis enzimatis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 4(1) :. 46–55.