

MODEL PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI DI INDUSTRI PENGOLAHAN BUAH CARICA (*CARICA PUBESCENS*)

A PRODUCTION PLANNING AND CONTROL MODEL IN THE CARICA FRUIT (*CARICA PUBESCENS*) PROCESSING INDUSTRY

Machfud* dan Abdurrafi

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Dramaga, PO Box 220, Bogor 16002
E-mail: machfud@apps.ipb.ac.id

Makalah: Diterima 25 November 2021; Diperbaiki 22 Februari 2022; Disetujui 15 Maret 2022

ABSTRACT

The competition in the carica fruit processing industry is increasing, so that efforts are needed to increase production efficiency through good production planning and control (PPC). CV XYZ is one of the carica fruit processing companies which has PPC problems. PPC activities done intuitively and not systematically causing a decision in PPC is ineffective and production process is inefficient. Those problems can be resolved by developing a PPC model in accordance with CV XYZ's business process. So, this research objective was to develop a PPC model at CV XYZ. The model consisted of four sub-models which were related to each other. The first sub-model was Sub-model of Demand Forecasting and the second sub-model was Sub-model of Carica Fruit Availability Forecasting. Those two sub-models used the Auto-regressive Integrated Moving Average (ARIMA). The third sub-model was Sub-model of Production and Packaging Planning using Integer Linear Programming (ILP). The fourth sub-model was Sub-model of Carica Fruit Inventory Control using Material Requirement Planning (MRP). PPC model can clarify the PPC system at CV XYZ and produce optimal plans. PPC model improves efficiency of total production cost up to 39.86% and total inventory cost up to 27.56%.

Keywords: carica industry, model, optimal, production planning and control

ABSTRACT

Persaingan dalam industri pengolahan buah *carica* semakin meningkat, sehingga diperlukan antara lain upaya peningkatan efisiensi produksi melalui perencanaan dan pengendalian produksi (P3) yang baik. CV XYZ merupakan salah satu perusahaan pengolahan buah *carica* yang memiliki masalah terkait P3. Aktifitas P3 di CV XYZ dilakukan secara tidak sistematis dan intuitif yang menyebabkan keputusan terkait P3 tidak efektif dan proses produksi berjalan tidak efisien. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan mengembangkan model P3 sesuai dengan karakteristik proses bisnis CV XYZ. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengembangkan model P3 di CV XYZ. Model yang dikembangkan terdiri dari empat submodel yang terkait satu sama lain. Submodel pertama adalah Submodel Prakiraan Permintaan dan submodel kedua adalah Submodel Prakiraan Ketersediaan Buah *Carica*. Kedua submodel tersebut menggunakan metode *Auto-regressive Inegrated Moving Average* (ARIMA). Submodel ketiga adalah Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi menggunakan pemodelan *Integer Linear Programming* (ILP). Submodel keempat adalah Submodel Pengendalian Persediaan Buah *Carica* menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP). Model P3 yang dikembangkan mampu memperjelas sistem P3 di CV XYZ serta menghasilkan rencana produksi yang optimal. Model P3 berhasil meningkatkan efisiensi biaya total produksi dan pengemasan sebesar 39,86% serta biaya total persediaan sebesar 27,56%.

Kata kunci: industri *carica*, model, optimal, perencanaan dan pengendalian produksi

PENDAHULUAN

Industri pengolahan buah *carica* di Kabupaten Wonosobo terus mengalami perkembangan. Hal ini didukung oleh jumlah wisat awan dan jumlah produksi buah *carica* yang meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo (2020a), jumlah pengunjung objek wisata di Kabupaten Wonosobo pada tahun 2015 sampai 2019 berturut-turut sebesar 818.275, 1.094.990, 1.099.432, 1.095.443 dan 1.324. 979 orang, serta

jumlah produksi buah *carica* pada tahun 2018 dan 2019 berturut-turut sebesar 13.480 dan 60.993 ton. Selain itu, sektor industri pengolahan menjadi penyumbang Product Domestic Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Wonosobo terbesar kedua setelah sektor pertanian, kehutanan dan perikanan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo, 2020b). Berdasarkan hal tersebut, industri pengolahan buah *carica* memiliki prospek yang sangat baik dan terus berkembang.

Berkembangnya industri pengolahan buah carica mengakibatkan persaingan antar perusahaan pengolahan buah carica meningkat. Di samping memperluas pasar, perusahaan perlu meningkatkan kinerja dari sisi operasional atau produksi untuk mengefisienkan biaya sehingga meningkatkan laba dan daya saing perusahaan (Olhager, 2012). Langkah pertama yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja produksi adalah dengan perencanaan dan pengendalian produksi (P3). Penerapan P3 akan memaksimalkan penggunaan sumber daya perusahaan dalam rangka menghasilkan produk untuk memenuhi permintaan konsumen namun tetap menjaga penggunaan biaya yang seminimal mungkin (Biswas dan Chakraborti, 2016). Fungsi tersebut membuat P3 menjadi proses penting dalam perusahaan karena menjadi ujung tombak dalam mengarahkan seluruh proses produksi agar berjalan lancar (Cheng dan Xiao-Bing, 2013).

CV XYZ merupakan salah satu perusahaan pengolahan buah carica di Kabupaten Wonosobo. Terdapat masalah yang dihadapi oleh CV XYZ terkait kegiatan P3 yaitu proses P3 dilakukan secara tidak sistematis dan intuitif. Perusahaan telah memiliki model P3 yang dikembangkan sendiri namun model tersebut belum memperhatikan aspek lainnya secara menyeluruh (permintaan, pengendalian persediaan, dan biaya). Selain itu model P3 perusahaan belum menggunakan teknik kuantitatif sehingga mengandalkan intuisi dalam melakukan perencanaan. Kompleksitas semakin tinggi karena perusahaan menghadapi beberapa kondisi antara lain: (1) jumlah permintaan dan ketersediaan buah carica yang fluktuatif, (2) terdapat target persediaan, (3) kapasitas produksi dan persediaan terbatas, serta (4) terdapat proses inkubasi sehingga produk yang dibuat tidak dapat langsung dikemas dan dijual.

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan suatu model sistematis yang dapat membantu kegiatan P3 di perusahaan. Pada akhirnya model P3 ini mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas serta memperjelas sistem P3 di CV XYZ sehingga meningkatkan daya saing perusahaan. Hingga saat ini belum terdapat penelitian yang mengembangkan model P3 di industri pengolahan buah carica secara sistematis dan menyeluruh. Beberapa penelitian yang telah dilakukan pada industri pengolahan buah carica antara lain strategi pengembangan industri pengolahan buah carica menggunakan analisis Strength, Weakness, Opportunity, and Threat (SWOT) (Mudrikah, 2017), analisis pengendalian persediaan bahan baku dengan metode deskriptif dan prakiraan penjualan dengan time series (Wijayanti (2018), serta penerapan Material Requirement Planning (MRP) untuk pengendalian persediaan bahan baku (Estifani *et al.*, 2019). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan

model P3 di industri pengolahan buah carica khususnya di CV XYZ.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

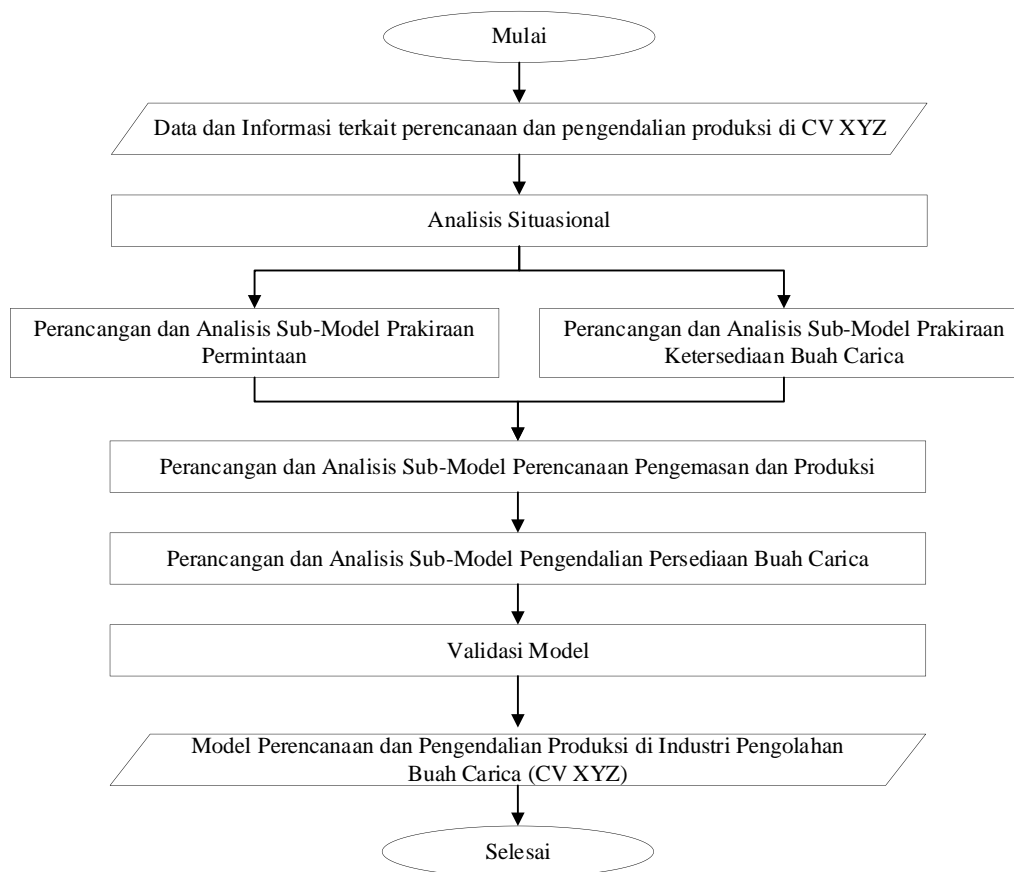
Penelitian dilakukan dengan pendekatan sistem. Sistem adalah suatu entitas yang terdiri atas bagian-bagian yang berkaitan satu sama lain yang bekerja untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sedangkan pendekatan sistem adalah pendekatan analisis organisatoris yang menggunakan ciri-ciri sistem sebagai tolak analisis. Oleh karena itu dalam pendekatan sistem, penyelesaian masalah dilakukan dengan menganalisis seluruh faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan suatu sistem untuk mendapatkan solusi terbaik (Marimin, 2017).

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data terkait sistem P3 di CV XYZ, kemudian melakukan analisis situasional untuk mengetahui kondisi aktual secara objektif dan menyeluruh. Analisis kebutuhan dan identifikasi sistem dilakukan dalam analisis situasional. Model P3 yang dikembangkan memiliki 4 submodel yaitu: (1) Submodel Prakiraan Permintaan, (2) Submodel Prakiraan Ketersediaan Buah Carica, (3) Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi, serta (4) Submodel Pengendalian Persediaan Buah Carica. Submodel pertama dan kedua menggunakan metode Auto-regressive Integrated Moving Average (ARIMA). Submodel ketiga menggunakan pemodelan Integer Linear Programming. Submodel keempat menggunakan metode Material Requirements Planning (MRP).

Antar Submodel memiliki keterkaitan satu sama lain. Keluaran (*output*) Submodel Prakiraan Permintaan dan Submodel Prakiraan Ketersediaan Buah Carica akan menjadi masukan (*input*) bagi Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi. Keluaran Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi akan menjadi masukan bagi Submodel Pengendalian Persediaan Buah Carica. Kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Analisis Situasional CV XYZ

Analisis situasional dilakukan untuk memahami masalah secara objektif dan menyeluruh terkait sistem P3 di CV XYZ. Analisis terdiri dari analisis bahan baku utama yaitu buah carica, analisis kondisi perusahaan dan produk yang dihasilkan, analisis proses produksi, analisis sistem pembelian buah carica, dan analisis sistem P3. Analisis sistem P3 dilakukan menggunakan BPMN untuk mengidentifikasi aliran proses bisnis dan pelaku utama. Menurut SAP (2016), BPMN adalah notasi grafis standar untuk menggambarkan aliran dalam proses bisnis sehingga memudahkan dalam proses analisis suatu system.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan dari pelaku utama agar model yang dihasilkan dapat menyelesaikan permasalahan secara efektif. Hasil analisis kebutuhan diinterpretasikan ke dalam diagram kotak gelap (*black-box diagram*) untuk mengidentifikasi masukan dan keluaran model. Masukan terdiri dari masukan terkendali, masukan tidak terkendali, dan masukan lingkungan. Keluaran terdiri dari keluaran dikehendaki dan keluaran tidak dikehendaki. Keluaran tidak dikehendaki akan masuk kembali menjadi masukan terkendali melalui manajemen pengendalian (Marimin, 2017).

Perancangan dan Analisis Submodel Prakiraan Permintaan dan Submodel Prakiraan Ketersediaan Buah Carica

Submodel Prakiraan Permintaan dan Submodel Ketersediaan Buah Carica dikembangkan menggunakan metode ARIMA. Metode ini dipilih karena lebih fleksibel dibanding metode prakiraan yang lain karena dapat digunakan pada berbagai pola data (*stasioner, trend, musiman*) (Kolker, 2012; Anand, 2014). Dengan demikian, metode ini dapat digunakan untuk semua kemungkinan pola data yang akan muncul pada data permintaan dan data ketersediaan buah carica. Tahapan prakiraan dengan

metode ARIMA menurut Montgomery *et al.* (2008) yaitu identifikasi model, estimasi parameter, diagnostik model, dan prakiraan.

Perancangan dan Analisis Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi

Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi dikembangkan menggunakan pemodelan *Integer Linear Programming* (ILP). Model ILP dipilih karena keputusan jumlah produksi, jumlah pengemasan, dan jumlah persediaan berupa bilangan bulat (*integer*). Berbeda dengan model dasarnya yaitu *Linear Programming* (LP) dimana keputusan yang dihasilkan berupa bilangan riil. Pemodelan ILP sama dengan pemodelan menggunakan LP hanya saja terdapat kendala tambahan bahwa variabel keputusan harus berupa *integer* (Hillier dan Lieberman, 2015).

Perancangan dan Analisis Submodel Pengendalian Persediaan Buah Carica

Pengendalian persediaan buah carica dilakukan menggunakan metode *Material Requirement Planning* (MRP). MRP berfungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dengan biaya persediaan seminimal mungkin (Susanti, 2020). MRP telah banyak digunakan di industri dan memberikan banyak keuntungan antara lain kegiatan pengendalian

persediaan menjadi lebih mudah, menghemat biaya persediaan, hingga meminimalkan permasalahan pengendalian bahan baku (Sarkar *et al.*, 2013). Teknik *lot sizing* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Lot for Lot* (LFL), *Economic Order Quantity* (EOQ), *Periode Order Quantity* (POQ) dan *Fixed Period Requirement 2 Periode* (FPR 2). Beberapa teknik *lot sizing* digunakan karena perlunya analisis masing-masing teknik terhadap karakteristik pengadaan buah *carica* dan umur simpan buah *carica*.

Validasi Model

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran model telah memenuhi kebutuhan dari tujuan dibuatnya model tersebut. Teknik validasi yang digunakan adalah *face validity*. *Face validity* dilakukan dengan meminta bantuan pakar untuk menilai apakah model yang dikembangkan telah benar dan memenuhi kebutuhan dari dikembangkannya model tersebut (Sargent, 2013). Validasi model akan dilakukan oleh pelaku utama dalam kegiatan P3 di CV XYZ. Model akan dipresentasikan kepada pelaku utama tersebut kemudian dinilai apakah model telah mampu memenuhi kebutuhan atau tidak. Parameter penilaian sesuai dengan hasil analisis kebutuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Situasional di CV XYZ

Komoditas Buah Carica

Buah *carica* (*Carica pubescens*) merupakan buah khas Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. Tidak semua lokasi di Kabupaten Wonosobo dan Dataran Tinggi Dieng dapat ditumbuhi oleh tanaman *carica*. Tanaman *carica* tumbuh dengan baik di Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo. Pertumbuhan tanaman *carica* juga dipengaruhi oleh ketinggian lokasi penanaman. Semakin tinggi lokasi penanaman maka kualitas buah *carica* yang dihasilkan semakin baik (Laily *et al.*, 2012). Kenampakan buah *carica* dapat dilihat pada Gambar 2.

Buah *carica* memiliki biji di tengahnya yang diselubungi oleh selaput biji berwarna putih bening. Selaput biji ini memiliki rasa seperti markisa dan enak dikonsumsi secara langsung dibandingkan daging buahnya. Selaput biji buah *carica* digunakan sebagai bahan baku utama larutan gula, Jus, dan Sirup *Carica*. Kenampakan biji dan selaput biji buah *carica* dapat dilihat pada Gambar 3.

Batang tanaman *carica* memiliki kenampakan yang mirip dengan batang pohon pepaya. Batang tanaman *carica* memiliki bintil seperti pada batang tanaman pepaya. Daun tanaman *carica* memiliki bentuk yang mirip dengan daun tanaman pepaya dengan tulang daun menjari, tetapi daun tanaman *carica* memiliki jumlah yang lebih banyak dan lebih rimbun. Kenampakan tanaman *carica* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2. Buah carica



Gambar 3. Biji dan selaput biji buah carica



Gambar 4. Tanaman carica

Kondisi CV XYZ dan Produk yang Dihasilkan

CV XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan buah *carica*. CV XYZ berdiri pada tanggal 21 Juni 2001 dan merupakan salah satu pelopor industri pengolahan buah *carica* di Kabupaten Wonosobo. Berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2016 tentang Besaran Jumlah Tenaga Kerja dan Nilai Investasi untuk Klasifikasi Usaha Industri, CV XYZ termasuk dalam industri menengah. CV XYZ memiliki tenaga kerja berjumlah 51 orang dan diperkirakan memiliki nilai investasi < Rp1 milyar (tidak termasuk tanah dan bangunan). CV XYZ telah memiliki beberapa sertifikat untuk meningkatkan daya saing perusahaan antara lain PIRT, Halal MUI, HACCP, ISO 9001:2015, dan Indikasi Geografis.

Produk utama CV XYZ adalah produk olahan buah *carica*. Beberapa produk olahan buah *carica*

tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan tahapan prosesnya, produk olahan buah *carica* terdiri dari produk antara dan produk jadi. Produk antara adalah produk yang telah melewati masa inkubasi selama 7 hari tetapi belum dikemas serta berfungsi mengatasi ketersediaan buah *carica* yang fluktuatif. Produk jadi adalah produk antara yang sudah dikemas ke dalam kardus dan siap dijual. Produk antara (*family*) dan produk jadi yang diproduksi oleh CV XYZ dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Produk olahan buah carica di CV XYZ

Proses Produksi Olahan Buah Carica

Proses produksi di CV XYZ dibagi menjadi 2 tahap yaitu proses produksi produk antara (proses

produksi) dan proses produksi produk jadi (proses pengemasan). Proses produksi akan menghasilkan persediaan produk antara yang nantinya produk antara ini akan dikemas menjadi produk jadi melalui proses pengemasan. Proses pengemasan akan menghasilkan persediaan produk jadi untuk memenuhi permintaan konsumen.

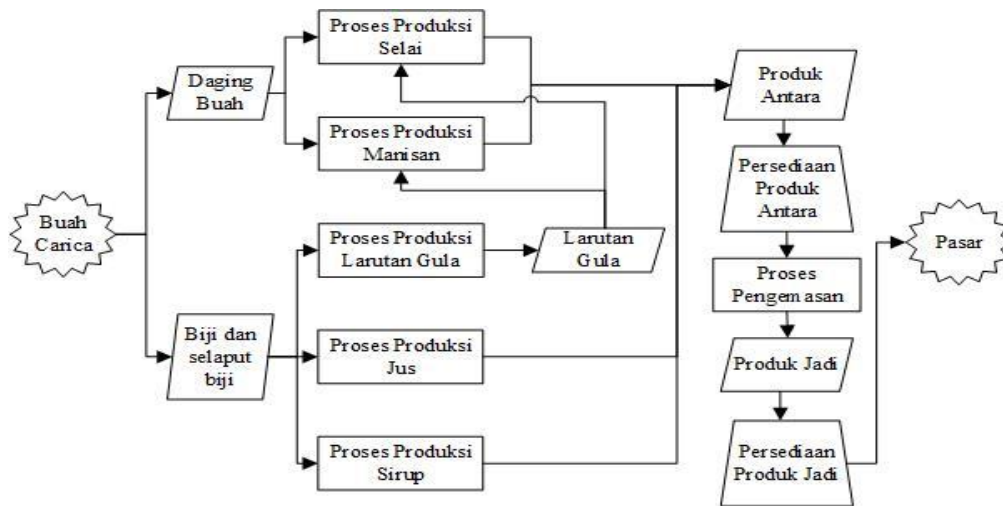
Karakteristik unik dalam proses pengolahan buah *carica* adalah terdapat proses inkubasi pada tahapan proses produksi. Produk-produk antara yang telah diproduksi tidak dapat langsung dimasukkan dalam persediaan produk antara tetapi harus diinkubasi terlebih dahulu untuk memastikan produk tidak ada cacat dan kontaminasi. Proses inkubasi berlangsung selama 7 hari dimulai pada hari berikutnya setelah produksi. Produk antara yang telah melalui proses inkubasi baru dapat dimasukkan dalam persediaan produk antara. Sebagai contoh, produk yang diproduksi hari ini (periode 1) akan diinkubasi selama periode 2-8 dan baru akan menjadi produk antara pada periode ke-9. Skema sistem produksi di CV XYZ dapat dilihat pada Gambar 6.

Sistem Pembelian Bahan Baku Buah Carica

Buah *carica* merupakan bahan baku utama dalam proses produksi di CV XYZ sehingga ketersediaan buah *carica* perlu dikelola dengan baik. Pembelian buah *carica* menjadi tanggung jawab bagian pengadaan buah *Carica*.

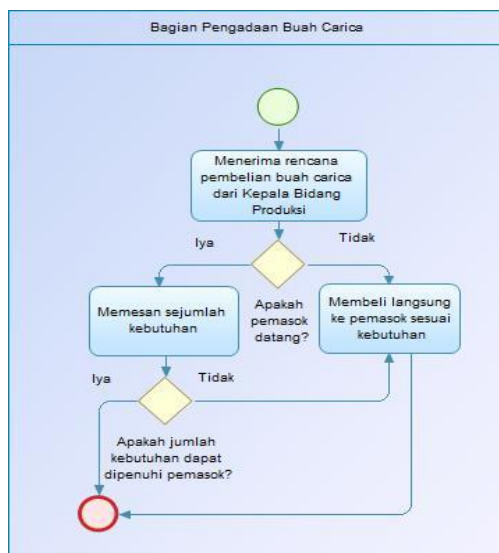
Tabel 1. Produk antara (*family*) dan produk jadi

No	Produk Antara (<i>Family</i>)	Produk Jadi
1	Manisan <i>carica</i> kemasan <i>cup</i> 130 g (mini)	a. Mini uraian/eceran b. Kemasan plastik isi 6 pcs (mini 6 plastik) c. Kemasan kardus isi 6 pcs (mini 6) d. Kemasan kardus isi 8 pcs (mini 8) e. Kemasan kardus isi 12 pcs (mini 12)
2	Manisan <i>carica</i> kemasan <i>cup</i> 240 g (mangkok)	a. Mangkok uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 6 pcs (mangkok 6) c. Kemasan kardus isi 12 pcs (mangkok 12) d. Kemasan kardus isi 24 pcs (mangkok 24)
3	Manisan <i>carica</i> kemasan <i>jar</i> 350 g (gelas)	a. Gelas uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 6 pcs (gelas 6) c. Kemasan kardus isi 12 pcs (gelas 12)
4	Manisan <i>carica</i> kemasan <i>pouch</i> 240 g (bantal)	a. Bantal uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 24 pcs (bantal 24)
5	Jus <i>carica</i> kemasan <i>cup</i> 130 g (jus mini)	a. Jus mini uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 24 pcs (jus mini 24)
6	Jus <i>carica</i> kemasan botol pet (jus pet)	a. Jus pet uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 12 pcs (jus pet 12)
7	Sirup <i>carica</i> (sirup)	a. Sirup uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 12 pcs (sirup 12)
8	Selai <i>carica</i> (selai)	a. Selai uraian/eceran b. Kemasan kardus isi 12 pcs (selai 12)



Gambar 6. Skema sistem produksi di CV XYZ

Bagian pengadaan buah *Carica* melakukan pembelian sesuai rencana yang telah dibuat oleh kepala bidang produksi. Proses bisnis pembelian buah *carica* digambarkan dengan BPMN yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. BPMN untuk pembelian buah carica di CV XYZ

Sistem Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Sistem P3 di CV XYZ dianalisis dengan BPMN yang dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan BPMN, pelaku-pelaku dalam sistem P3 adalah bagian toko, bagian produksi yang terdiri dari kepala bidang produksi dan manajer produksi, serta bagian pengadaan buah *carica*. Kepala bidang produksi bertanggung jawab atas aktivitas utama dalam sistem P3 yaitu membuat perencanaan produksi, pengemasan, dan pembelian buah *carica*. Karena hal

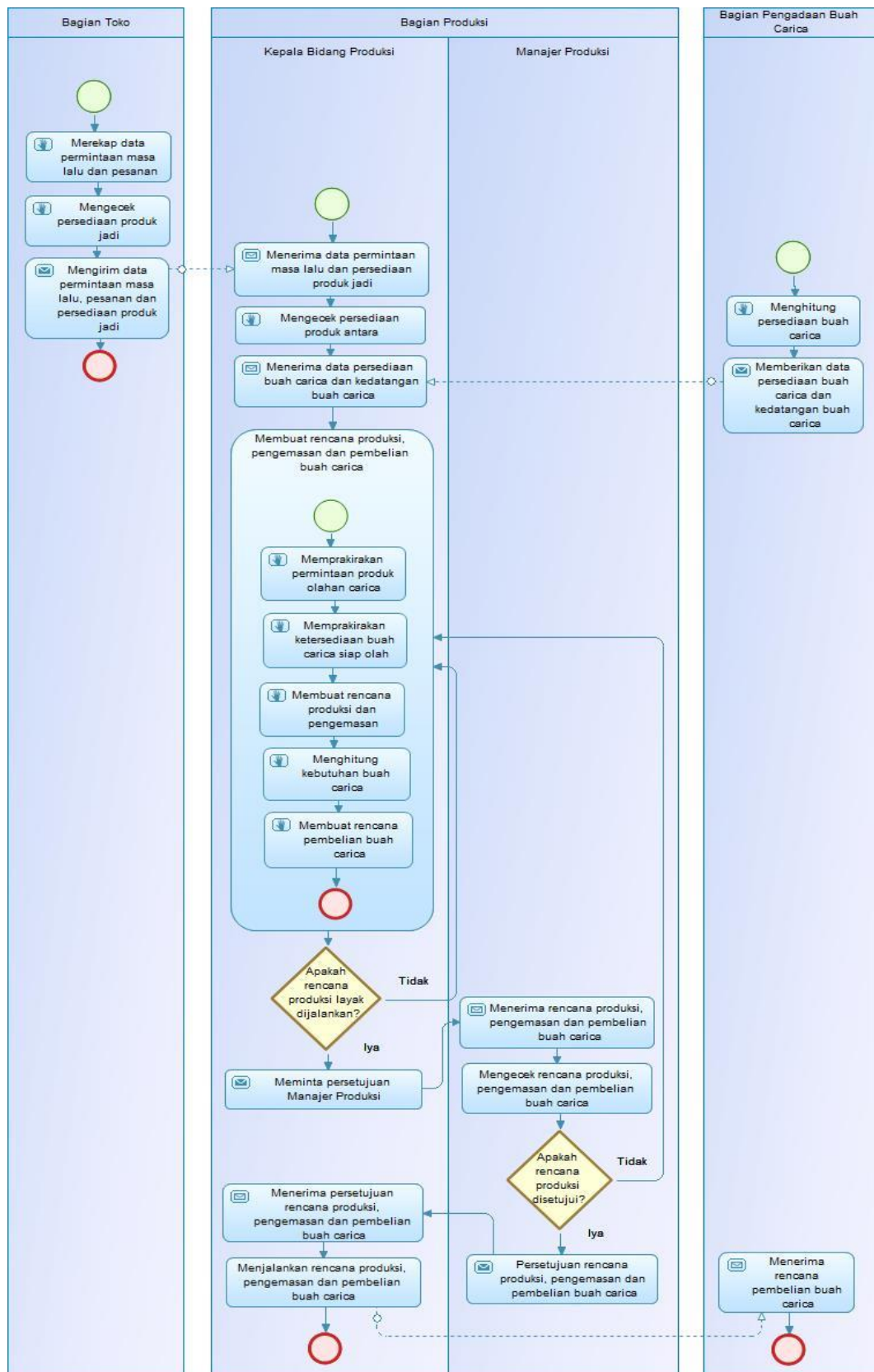
tersebut, kepala bidang produksi menjadi pelaku utama dalam sistem P3.

Perencanaan dan pengendalian produksi di CV XYZ terdiri dari beberapa tahap yaitu memprakirakan permintaan, memprakirakan ketersediaan buah *carica*, membuat rencana produksi dan pengemasan, menghitung kebutuhan bahan baku, serta membuat rencana pembelian buah *carica*. Rencana produksi juga memperhatikan proses inkubasi pada proses produksi dimana produksi hari ini dilakukan untuk memenuhi permintaan pada periode ke-9. Perencanaan dilakukan setiap hari secara intuitif dan tidak ada prosedur yang pasti dalam melakukan perencanaan.

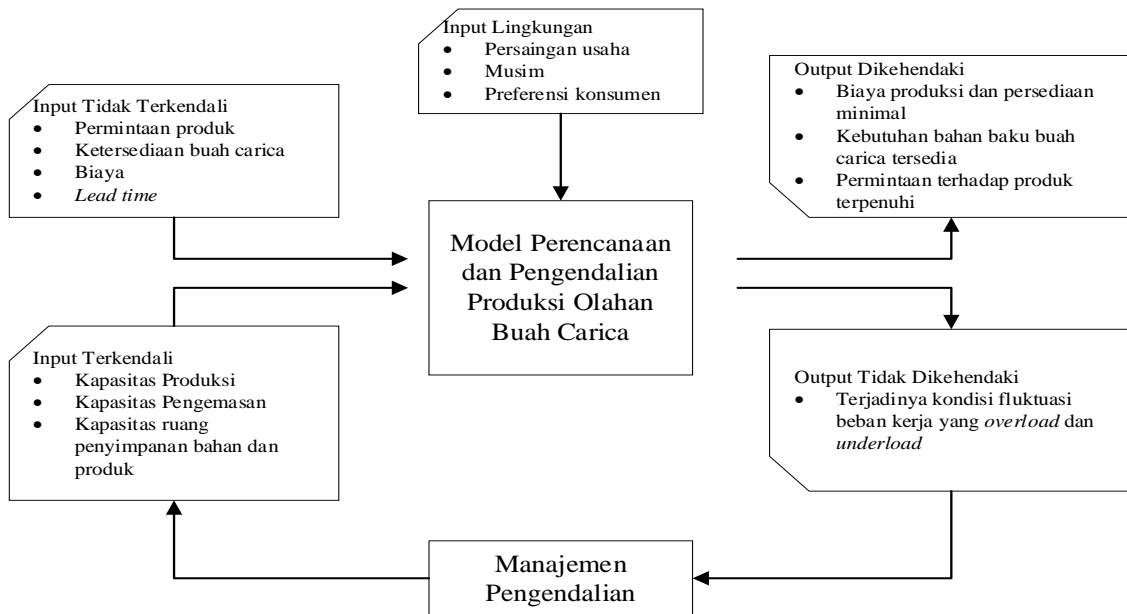
Analisis kebutuhan dilakukan terhadap kepala bidang produksi sebagai pelaku utama dalam sistem. Berdasarkan analisis kebutuhan, kepala bidang produksi menginginkan kegiatan p3 dapat dilaksanakan dengan lebih sistematis dan kuantitatif. Selain itu mampu meningkatkan efisiensi produksi, memenuhi permintaan, serta ketersediaan buah *carica* terjaga untuk memenuhi rencana produksi. Hasil analisis kebutuhan tersebut diinterpretasikan ke dalam diagram kotak gelap (*black-box diagram*). Diagram kotak gelap untuk model P3 di CV XYZ dapat dilihat pada Gambar 9.

Perancangan dan Analisis Submodel Prakiraan Permintaan

Submodel prakiraan permintaan berfungsi memprakirakan banyaknya permintaan produk jadi pada periode tertentu. Perhitungan prakiraan dilakukan dalam satuan agregat sesuai jenis produk diantaranya (*family*), kemudian dilanjutkan dengan menghitung prakiraan produk jadi berdasarkan persentase alokasi permintaan produk jadi. Data yang digunakan adalah data historis permintaan produk olahan buah *carica* di CV XYZ periode 1 Januari 2019 sampai 23 Januari 2020.



Gambar 8. BPMN untuk sistem P3 di CV XYZ



Gambar 9. Diagram kotak gelap untuk model P3

Produk Sirup dan Selai tidak diprakirakan permintaannya karena produk tersebut hanya dibuat jika ada pesanan. Interval data adalah harian sehingga terdapat 388 data. Perancangan submodel prakiraan permintaan produk olahan buah *Carica* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik. Analisis prakiraan permintaan produk olahan buah *carica* dilakukan berdasarkan tahapan prakiraan dengan metode ARIMA yang dijelaskan oleh Montgomery *et al.* (2008) yaitu identifikasi model, estimasi parameter, diagnostik model, dan prakiraan.

Model ARIMA dipilih berdasarkan estimasi parameter, diagnostik model dengan *Ljung-Box* dan nilai MSE terkecil. Model ARIMA terpilih untuk masing-masing produk *family* dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil prakiraan permintaan produk *family* yang dalam hal ini ada produk mini dan mangkok dapat dilihat pada Tabel 3. Prakiraan produk jadi didapat dengan mengalokasikan prakiraan permintaan produk *family* berdasarkan persentase alokasi produk jadi. Persentase alokasi didapat dari rata-rata alokasi permintaan produk jadi setahun ke belakang. Hasil prakiraan produk jadi akan menjadi masukan bagi submodel perencanaan pengemasan dan produksi. Prakiraan dilakukan untuk 16 periode ke depan. Hasil prakiraan periode 1-8 menjadi masukan untuk subsubmodel perencanaan pengemasan, sedangkan hasil prakiraan periode 9-16 menjadi masukan untuk subsubmodel perencanaan produksi. Penjelasan terkait pemisahan menjadi 2 subsubmodel tersebut dapat dilihat pada Subbab perancangan dan analisis submodel perencanaan pengemasan dan produksi.

Tabel 2. Model ARIMA untuk produk family

Jenis Produk	Model ARIMA	MSE
Mini	(4,0,4)	1,25425
Mangkok	(1,0,1) *	0,764743
Gelas	(2,0,1) *	0,0517195
Bantal	(1,0,1) *	9 874 491
Jus Mini	(1,0,1)	1 562 286 992
Jus PET	(5,0,5)	13,8729

* = Menggunakan koefisien konstanta (μ)

Perancangan dan Analisis Submodel Prakiraan Ketersediaan Buah *Carica*

Ketersediaan buah *carica* yang siap untuk diolah di CV XYZ berfluktuatif. Ketersediaan ini perlu diprakirakan sebagai data masukan untuk perencanaan produksi. Metode prakiraan yang digunakan metode ARIMA. Data historis yang digunakan adalah data ketersediaan buah per hari dari periode 1 November 2019 hingga 23 Januari 2020. Model dikembangkan dengan bantuan perangkat lunak statistik. Tahapan prakiraan dengan metode ARIMA merujuk pada Montgomery *et al.* (2008) yaitu identifikasi model, estimasi parameter, diagnostik model dan prakiraan.

Model ARIMA terpilih untuk prakiraan ketersediaan buah *carica* siap olah adalah model ARIMA (3, 0, 3) tanpa menggunakan koefisien konstanta (μ) dengan MSE 140,515. Prakiraan dilakukan untuk 8 periode ke depan. Berdasarkan komposisi buah *carica* yaitu 62% merupakan daging buah dan 38% berupa biji buah, prakiraan ketersediaan daging buah yang dapat diolah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Prakiraan permintaan produk family (pcs)

Periode (Hari)	Mini	Mangkok	Periode (Hari)	Mini	Mangkok
1	588	229	9	395	236
2	402	230	10	608	237
3	636	231	11	780	237
4	769	232	12	466	238
5	449	233	13	442	239
6	463	234	14	759	239
7	776	235	15	643	240
8	618	235	16	395	241

Tabel 4. Prakiraan ketersediaan buah carica siap olah

Periode (Hari)	Prakiraan Ketersediaan Buah (kg)	Pembulatan Prakiraan Ketersediaan Buah (kg)	Prakiraan Ketersediaan Daging Buah Carica (kg)
1	219,34	220	83,60
2	264,59	265	100,70
3	216,00	216	82,08
4	240,28	241	91,58
5	248,03	249	94,62
6	218,37	219	83,22
7	249,41	250	95,00
8	233,67	234	88,92

Perancangan dan Analisis Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi

Submodel perencanaan pengemasan dan produksi terdiri atas 2 subsubmodel yaitu (1) Subsubmodel perencanaan pengemasan dan (2) Subsubmodel perencanaan produksi. Subsubmodel perencanaan produksi berfungsi menghitung rencana produksi pada periode 1-8, jumlah persediaan produk antara periode 9-16, rencana pengemasan periode 9-16, dan jumlah persediaan produk jadi periode 9-16. Pembagian periode perencanaan tersebut karena dalam proses produksi terdapat proses inkubasi yang berlangsung selama 7 hari dimulai pada hari berikutnya setelah produksi. Sebagai contoh, produk antara yang diproduksi hari ini (periode 1) akan diinkubasi selama periode 2-8 dan baru akan menjadi produk antara pada periode ke-9. Sehingga produksi pada hari ini (periode 1) dilakukan untuk memenuhi permintaan pada periode ke-9.

Perhitungan jumlah persediaan produk jadi periode 9 dan jumlah persediaan produk antara periode 9 membutuhkan data jumlah persediaan produk jadi periode 8 dan jumlah persediaan produk antara periode 8. Data tersebut mampu didapat jika rencana pengemasan periode 1-8 tersedia. Dikarenakan CV XYZ belum memiliki rencana pengemasan periode 1-8 maka dikembangkanlah subsubmodel perencanaan pengemasan untuk menghitung rencana pengemasan periode 1-8. Selain itu, subsubmodel tersebut berfungsi untuk menghitung kembali rencana pengemasan optimal dimana terdapat kemungkinan perbedaan antara rencana produksi dengan jumlah produksi aktual periode (-7)-0. Perbedaan jumlah produksi aktual

periode (-7)-0 mengharuskan rencana pengemasan periode 1-8 dihitung kembali.

Keluaran subsubmodel perencanaan pengemasan akan menjadi masukan bagi subsubmodel perencanaan produksi. Rencana pengemasan dan produksi dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi persediaan produk antara dan persediaan produk jadi. Submodel perencanaan pengemasan dan produksi diformulasikan dalam bentuk model *integer linear programming*.

Model Perencanaan Pengemasan

Indeks

- i : jenis produk antara, $i = 1, 2, \dots, I$
- j : jenis produk jadi, $j = 1, 2, \dots, J$
- t : periode (hari), $t = 1, 2, \dots, T$

Variabel Keputusan

- Y_{jt} : Jumlah produksi produk jadi j pada periode t (unit)
- N_{jt} : Jumlah persediaan produk jadi j pada periode t (unit)
- M_{it} : Jumlah persediaan produk antara i pada periode t (pcs)

Parameter

- c_j : Biaya produksi produk jadi j (Rp/unit)
- k_j : Biaya penyimpanan produk jadi j (Rp/unit)
- h_i : Biaya penyimpanan produk antara i (Rp/pcs)
- X_{jt-8} : Jumlah produksi produk antara i pada periode $t-8$ (pcs)
- Is_j : Jumlah isi produk jadi j (pcs/unit)

F_{jt} : Prakiraan permintaan produk jadi j pada periode t (unit)
 O_{jt} : Jumlah pesanan produk jadi j pada periode t (unit)
 Kec_j : Kecepatan pengemasan produk jadi j (menit/unit)
 JK : Jam kerja tersedia untuk pengemasan (menit/hari)
 kk_j : Ukuran kemasan produk jadi j (m^3 /unit)
 KG : Kapasitas gudang produk jadi (m^3)
 $Nmin_{jt}$: Persediaan minimal produk jadi j pada periode t (unit)

Fungsi tujuan

$$Min TC_{pengemasan} = \sum_{t=1}^8 [\sum_{j=1}^{22} (c_j Y_{jt} + k_j N_{jt}) + \sum_{i=1}^8 (h_i M_{it})] \quad (1)$$

Kendala keseimbangan persediaan

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=1}^5 (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 1, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (2)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=6}^9 (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 2, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (3)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=10}^{12} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 3, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (4)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=13}^{14} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 4, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (5)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=15}^{16} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 5, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (6)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=17}^{18} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 6, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (7)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=19}^{20} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 7, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (8)$$

$$M_{it} = M_{it-1} + X_{it-8} - \sum_{j=21}^{22} (Isi_j Y_{jt}) ; \quad \text{untuk } i = 8, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (9)$$

$$N_{jt} = N_{jt-1} + Y_{jt} - \text{Max}\{F_{jt}, O_{jt}\} ; \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, 22 \quad (10)$$

$$t = 1, 2, \dots, 8$$

Kendala kapasitas pengemasan

$$\sum_{j=1}^{22} (Kec_j Y_{jt}) \leq JK ; \quad \text{untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (11)$$

Kendala kapasitas gudang produk jadi

$$\sum_{j=1}^{22} [kk_j N_{jt}] \leq KG ; \quad \text{untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (12)$$

Kendala persediaan minimal produk jadi

$$N_{j8} \geq Nmin_{j8} ; \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, 18 \quad (13)$$

Kendala nilai keputusan *non-negative* dan *integer*

$$Y_{jt} \geq 0 \quad \text{dan } integer; \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, 22 \quad (14)$$

$$t = 1, 2, \dots, 8$$

$$M_{it} \geq 0 \quad \text{dan } integer; \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, 8 \quad (15)$$

$$t = 1, 2, \dots, 8$$

$$N_{jt} \geq 0 \quad \text{dan } integer; \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, 22 \quad (16)$$

$$t = 1, 2, \dots, 8$$

Persamaan (1) merupakan fungsi tujuan dalam bentuk minimasi total biaya pengemasan. Biaya total pengemasan terdiri dari biaya produksi produk jadi j , biaya penyimpanan produk jadi j , dan biaya penyimpanan produk antara i . Perencanaan pengemasan dilakukan untuk periode 1 sampai 8.

Persamaan (2)-(9) merupakan fungsi kendala keseimbangan persediaan produk antara. Jumlah persediaan produk antara pada periode t sama dengan jumlah persediaan produk antara periode sebelumnya ditambah dengan jumlah produk antara yang diproduksi pada periode $t-8$ dikurangi dengan jumlah produk jadi yang diproduksi pada periode t . Jumlah produk jadi yang diproduksi pada periode t dikalikan terlebih dahulu dengan jumlah isi produk jadi tersebut untuk merubah satuan menjadi pcs.

Persamaan (10) merupakan fungsi kendala keseimbangan persediaan produk jadi. Jumlah persediaan produk jadi pada periode t sama dengan jumlah persediaan produk jadi pada periode $t-1$ ditambah dengan jumlah produk jadi yang diproduksi pada periode t dikurangi prakiraan permintaan produk jadi pada periode t . Dalam kendala ini perlu diperhatikan jumlah pesanan produk jadi pada periode t (O_{jt}). Jika jumlah pesanan lebih kecil dari prakiraan permintaan maka yang dipilih adalah nilai dari prakiraan permintaan. Jika jumlah pesanan lebih banyak dari prakiraan permintaan maka yang dipilih adalah jumlah pesanan.

Persamaan (11) memastikan bahwa waktu pengemasan tidak melebihi waktu yang tersedia. Persamaan (12) memastikan bahwa jumlah persediaan produk jadi tidak melebihi kapasitas gudang produk jadi. Persamaan (13) dibuat untuk memfasilitasi kebijakan perusahaan terkait jumlah persediaan minimal dari produk jadi. Persediaan minimal ditargetkan setiap akhir periode perencanaan (periode 8). Persamaan (14)-(16) memastikan bahwa seluruh keputusan lebih besar atau sama dengan 0 serta berupa bilangan bulat (*integer*).

Model Perencanaan Produksi

Indeks

i : jenis produk antara, $i = 1, 2, \dots, I$

j : jenis produk, $j = 1, 2, \dots, J$

t : periode (hari), $t = 1, 2, \dots, T$

Variabel Keputusan

X_{jt} : Jumlah produksi produk antara j pada periode t (pcs)

Y_{jt+8} : Jumlah produksi produk jadi j pada periode $t+8$ (unit)

N_{jt+8} : Jumlah persediaan produk jadi j pada periode $t+8$ (unit)

M_{jt+8} : Jumlah persediaan produk antara j pada periode $t+8$ (pcs)

Parameter

b_j : Biaya produksi produk antara j (Rp/pes)

c_j : Biaya produksi produk jadi j (Rp/unit)

i_j : Biaya penyimpanan produk jadi j (Rp/unit)

h_j : Biaya penyimpanan produk antara j (Rp/pes)

F_{jt+8} : Prakiraan permintaan produk jadi j pada periode $t+8$ (unit)

O_{jt+8} : Jumlah pesanan produk jadi j pada periode $t+8$ (unit)

Kec_j : Kecepatan pengemasan produk jadi j (menit/pes)

JK : Jam kerja tersedia untuk proses pengemasan (menit/hari)

kk_j : Ukuran kemasan produk jadi j (m³/unit)

kk_i : Ukuran kemasan produk antara i (m³/pes)

KG : Kapasitas gudang produk jadi (m³)

$Nmin_{jt+8}$: Persediaan minimal produk jadi j pada periode $t+8$ (unit)

pd_j : Jumlah pemakaian daging *carica* pada produk antara j (kg/pes)

DC_t : Jumlah daging *carica* yang tersedia pada periode t (kg)

KD : Kapasitas produksi daging *carica* (kg/hari)

FD_t : Prakiraan ketersediaan daging *carica* pada periode t (kg)

$KA1$: Kapasitas gudang produk antara untuk produk antara Mini, Mangkok dan Gelas (m³)

$KA2$: Kapasitas gudang produk antara untuk produk antara Bantal, Jus Mini, Jus PET, Sirup dan Selai (m³)

$Mmin_{jt+8}$: Persediaan minimal produk antara j pada periode $t+8$ (pcs)

Fungsi tujuan

$$Min TC_{produksi} = \sum_{t=1}^8 [\sum_{j=1}^{22} (c_j Y_{jt+8} + k_j N_{jt+8}) + \sum_{i=1}^8 (b_j X_{it} + h_i M_{it+8})] \quad (17)$$

Kendala keseimbangan persediaan

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=1}^5 (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 1, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (18)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=6}^9 (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 2, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (19)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=10}^{12} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 3, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (20)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=13}^{14} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 4, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (21)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=15}^{16} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 5, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (22)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=17}^{18} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 6, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (23)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=19}^{20} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 7, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (24)$$

$$M_{it+8} = M_{it+7} + X_{it} - \sum_{j=21}^{22} (Isi_j Y_{jt+8}) ; \text{ untuk } i = 8, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (25)$$

$$N_{jt+8} = N_{jt+7} + Y_{jt+8} - Max\{F_{jt+8}, O_{jt+8}\} ; \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, 22 \quad (26)$$

$$t = 1, 2, \dots, 8$$

Kendala pemakaian biji *carica*

$$\sum_{i=1}^8 (pb_i X_{it}) \leq \sum_{i=1}^8 \left(\frac{62}{38} pd_i X_{it} \right) ; \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (27)$$

Kendala buah *carica* di awal periode

$$\sum_{i=1}^8 (pd_i X_{i1}) = DC_0 \quad (28)$$

$$\sum_{i=1}^8 (pd_i X_{i2}) \geq DC_1 \quad (29)$$

Kendala prakiraan ketersediaan buah *carica* dan kapasitas produksi

$$\sum_{i=1}^8 (pd_i X_{it}) \leq Max\{DC_{t-1}, \{Min\{KD, FD_t\}\} ; \text{ untuk } t = 2 \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^8 (pd_i X_{it}) \leq Min\{KD, FD_t\} ; \text{ untuk } t = 3, 4, \dots, 8 \quad (31)$$

Kendala kapasitas gudang produk antara

$$\sum_{i=1}^3 (kk_i M_{it+1}) + \sum_{i=1}^3 (kk_i X_{it-6} + kk_i X_{ji-5} + kk_i X_{it-4} + kk_i X_{it-3} + kk_i X_{it-2} + kk_i X_{it-1} + kk_i X_{it}) \leq KA1 ; \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (32)$$

$$\sum_{i=4}^8 (kk_i M_{it+1}) + \sum_{i=4}^8 (kk_i X_{it-6} + kk_i X_{it-5} + kk_i X_{it-4} + kk_i X_{it-3} + kk_i X_{it-2} + kk_i X_{it-1} + kk_i X_{it}) \leq KA ; \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (33)$$

Kendala kapasitas pengemasan

$$\sum_{j=1}^{22} (Kec_j Y_{jt+8}) \leq JK ; \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (34)$$

Kendala kapasitas gudang produk jadi

$$\sum_{j=1}^{22} [kk_j N_{jt+8}] \leq KG ; \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, 8 \quad (35)$$

Kendala persediaan minimal produk jadi

$$N_{j16} \geq Nmin_{j16} ; \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, 22 \quad (36)$$

Kendala persediaan minimal produk antara

$$M_{i16} \geq Mmin_{i16} ; \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, 8 \quad (37)$$

Kendala nilai keputusan *non-negative* dan *integer*

$$X_{it} \geq 0 \text{ dan } integer ; \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, 8, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (38)$$

$$Y_{jt+8} \geq 0 \text{ dan } integer ; \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, 22, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (39)$$

$$M_{it+8} \geq 0 \text{ dan } integer ; \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, 8, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (40)$$

$$N_{jt+8} \geq 0 \text{ dan } integer ; \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, 22, t = 1, 2, \dots, 8 \quad (41)$$

Persamaan (17) adalah fungsi tujuan dari model perencanaan produksi yaitu meminimalkan biaya total produksi. Biaya total produksi dipengaruhi oleh biaya produksi produk antara i dan produk jadi j serta biaya penyimpanan produk antara i dan produk

jadi j . Perencanaan produksi dilakukan untuk periode 1 sampai 8. Perlu diingat bahwa produk antara yang dibuat pada periode t harus melalui proses inkubasi selama 7 hari dimulai dari periode $t+1$, sehingga produk antara yang diproduksi pada periode t menjadi persediaan produk antara setelah melewati proses inkubasi yaitu pada periode $t+8$.

Persamaan (18)-(25) merupakan fungsi kendala keseimbangan persediaan produk antara dan persamaan (26) adalah fungsi kendala keseimbangan persediaan produk jadi. Persamaan tersebut memiliki pola yang sama dengan persamaan (2)-(10). Perbedaan hanya pada periodenya.

Persamaan (27) memastikan bahwa biji *carica* yang digunakan untuk membuat larutan gula, jus, atau sirup tidak melebihi biji *carica* yang tersedia. Persamaan (27) juga mempertimbangkan jumlah biji *carica* dalam 1 kg buah *carica* sebesar 0,62 kg dan jumlah daging *carica* sebesar 0,38 kg. Bobot kulit diabaikan karena sangat sedikit. Persamaan (28)-(29) adalah fungsi kendala untuk memastikan buah *carica* pada awal periode perencanaan harus diolah. Kendala ini hanya untuk periode 1 dan 2 karena maksimal umur simpan buah *carica* yang didatangkan oleh perusahaan adalah 2 hari.

Persamaan (30) merumuskan bahwa jumlah buah *carica* yang digunakan tidak boleh melebihi prakiraan ketersediaan buah *carica*. Jika prakiraan ketersediaan buah *carica* lebih besar dari kapasitas produksi maka model akan memilih untuk mengikuti

kapasitas produksi. Kemudian jika sisa daging *carica* dari periode sebelumnya melebihi kapasitas produksi maka mau tidak mau seluruh sisa daging *carica* tersebut harus diolah. Persamaan (31) memiliki konsep yang sama dengan persamaan (30) hanya tidak mempertimbangkan sisa persediaan daging buah karena pasti sudah diolah di periode sebelumnya.

Persamaan (32) dan (33) memastikan bahwa kapasitas gudang produk antara cukup untuk menyimpan produk antara sekaligus produk yang sedang diinkubasi. Persamaan (34) dan (35) juga untuk memastikan aktifitas produksi dan jumlah persediaan produk jadi tidak melebihi kapasitasnya. Persamaan (36) dan (37) dibuat untuk memfasilitasi kebijakan perusahaan terkait jumlah persediaan minimal dari produk jadi dan produk antara. Persediaan minimal ditargetkan setiap akhir periode perencanaan produksi (periode 16). Persamaan (38)-(41) fungsi agar seluruh keputusan lebih besar atau sama dengan 0 serta berupa bilangan bulat (*integer*).

Penyelesaian model dilakukan menggunakan perangkat lunak pemodelan optimasi. Sebagai gambaran, beberapa *output* variabel keputusan dari Submodel Perencanaan Pengemasan dan Produksi yaitu rencana pengemasan periode 1-8 dan rencana produksi periode 1-8 dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6l. Biaya yang dihasilkan oleh submodel perlu dibandingkan dengan biaya aktual yang dihasilkan oleh CV XYZ.

Tabel 5. Rencana pengemasan periode 1-8 (unit)

No	Jenis	Periode							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mini Uraian	-	65	14	17	10	10	131	-
2	Mini 6 Plastik	-	-	-	-	-	266	138	-
3	Mini 6	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Mini 8	-	-	-	-	-	-	125	-
5	Mini 12	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Mangkok Uraian	-	-	-	-	-	-	8	8
7	Mangkok 6	-	-	-	-	-	-	1	18
8	Mangkok 12	-	-	-	-	-	-	-	215
9	Mangkok 24	-	-	-	-	-	-	16	15
10	Gelas Uraian	-	-	-	-	-	1	3	-
11	Gelas 6	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Gelas 12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Bantal Uraian	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Bantal 24	-	-	-	-	-	-	14	-
15	Jus Mini Uraian	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Jus Mini 24	-	-	-	-	-	-	-	5
17	Jus PET Uraian	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Jus PET 12	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Sirup Uraian	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Sirup 12	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Selai Uraian	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Selai 12	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 6. Rencana produksi periode 1-8 (pcs)

No	Jenis	Periode							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mini	8	2	-	-	2	898	3800	2412
2	Mangkok	1565	142	-	-	17	91	-	-
3	Gelas	-	-	-	-	-	-	-	220
4	Bantal	-	-	-	-	-	36	-	-
5	Jus Mini	-	-	-	-	-	-	-	110
6	Jus PET	-	12	-	-	12	12	12	134
7	Sirup	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Selai	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 7. Perbandingan pengeluaran biaya submodel dan aktual

Jenis Biaya	Submodel (Rp)	Aktual (Rp)
Biaya pengemasan	4 133 770	4 489 505
Biaya produksi	21 334 884	37 857 199
Biaya total pengemasan dan produksi	25 468 622	42 346 704

Perbandingan biaya dilakukan pada periode yang sama. Perbandingan pengeluaran biaya submodel dan aktual dapat dilihat pada Tabel 7. Secara keseluruhan biaya yang harus dikeluarkan berdasarkan submodel perencanaan pengemasan dan Produksi sebesar Rp 25.468.622, sedangkan biaya pengemasan dan produksi aktual sebesar Rp 42.346 704. Submodel perencanaan pengemasan dan produksi mampu menghemat biaya sebesar Rp 16.878.082 atau 39,86%. Seperti yang telah dirumuskan pada submodel ini, keluaran rencana pengemasan dan produksi yang dihasilkan adalah atas dasar ketersediaan bahan baku buah *carica*, permintaan produk jadi dan kendala teknis/teknologi serta kebijakan manajemen berupa jumlah minimal persediaan produk jadi yang harus tersedia pada akhir periode perencanaan.

Perancangan dan Analisis Submodel Pengendalian Persediaan Buah Carica

Submodel terakhir yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah submodel pengendalian persediaan buah *carica*. Metode yang digunakan dalam submodel ini adalah *Material Requirement Planning* (MRP). Submodel pengendalian buah *carica* akan memberikan rencana pengadaan buah *carica*. Rencana pengadaan buah *carica* yang dihasilkan akan berbeda yang tergantung pada teknik *lot sizing* yang digunakan. Alternatif teknik *lot sizing* yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah *Lot for Lot* (LFL), *Economic Order Quantity* (EOQ), *Periode Order Quantity* (POQ), dan *Fixed Periode Requirement 2 Periode* (FPR 2). Berdasarkan kesesuaian setiap alternatif terhadap karakteristik pengadaan buah *carica* dan umur simpan buah *carica*, teknik *lot sizing* yang terbaik. Terdapat beberapa komponen yang perlu diperhatikan dalam pengendalian persediaan buah *carica* dengan metode MRP yaitu biaya persediaan, jadwal produksi, catatan kondisi persediaan, dan struktur produk.

Biaya total persediaan yang dihasilkan oleh masing-masing teknik *lot sizing* dibandingkan satu

sama lain serta dibandingkan dengan biaya total persediaan aktual. Biaya total persediaan berdasarkan kondisi aktual dan teknik *lot sizing* dapat dilihat pada Tabel 9. Teknik POQ menghasilkan biaya total persediaan yang paling kecil yaitu sebesar Rp 78.014. Walaupun teknik POQ menghasilkan biaya persediaan yang paling kecil, rencana pengadaan buah *carica* dengan teknik POQ sangat sulit untuk direalisasikan karena umur simpan buah *carica* yang relatif pendek yaitu 2-3 hari. Frekuensi pengadaan menggunakan teknik POQ adalah 1 kali yang berarti kebutuhan buah *carica* selama 8 periode harus dipenuhi dalam 1 kali pengadaan. Permasalahan yang sama terjadi pada teknik EOQ. Berdasarkan pertimbangan umur simpan dan biaya total persediaan maka teknik FPR 2 adalah teknik yang paling optimal dimana biaya total persediaan yang dikeluarkan sebesar Rp 153.220. Teknik FPR 2 mampu menghemat biaya total persediaan sebesar Rp 58 280 (atau 27,56%) dibandingkan dengan kondisi pengadaan buah *carica* aktual di CV XYZ

Validasi Model

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran model telah memenuhi kebutuhan dari tujuan dibuatnya model tersebut. Teknik validasi yang digunakan adalah *face validity*. *Face validity* dilakukan dengan meminta bantuan pakar untuk menilai apakah model yang dikembangkan telah benar dan memenuhi kebutuhan pengguna. Jika model mampu memenuhi kebutuhan pengguna, maka model dapat dinyatakan valid (Sargent, 2013). Validasi dilakukan oleh kepala bidang produksi sebagai pelaku utama dalam sistem P3 di CV XYZ. Kepala bidang produksi akan menilai apakah model telah memenuhi kebutuhan pengguna atau perusahaan sesuai analisis kebutuhan. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 10 yang menunjukkan bahwa Model P3 mampu memenuhi seluruh kebutuhan pengguna. Oleh karena itu Model P3 telah tervalidasi dan dapat diimplementasikan di CV Yuasafood Berkah Makmur.

Tabel 8. Validasi model

No	Kebutuhan	Model P3	Validasi
1	Sistematis dan kuantitatif	Model P3 memiliki alur yang teratur, mempertimbangkan seluruh aspek yang mempengaruhi proses produksi, dan memberikan hasil secara kuantitatif.	✓
2	Biaya pengemasan, produksi, dan persediaan minimal	Model P3 mampu menghitung jadwal pengemasan, produksi, dan pembelian buah <i>carica</i> secara optimal sehingga meminimalkan biaya pengemasan, produksi, dan persediaan.	✓
4	Permintaan produk terpenuhi	Model P3 mempertimbangkan jumlah permintaan dan jumlah pesanan sehingga jumlah permintaan dan pesanan terpenuhi.	✓
4	Ketersediaan buah <i>carica</i> terkendali	Model P3 mampu menghitung rencana pembelian buah <i>carica</i> secara optimal sehingga ketersediaan buah <i>carica</i> dapat dikendalikan dengan biaya yang minimal.	✓

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model P3 untuk industri pengolahan buah *carica* khususnya di CV XYZ telah berhasil dikembangkan. Model P3 mampu memperjelas mekanisme sistem P3 di CV XYZ serta menghasilkan rencana produksi yang optimal sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Optimasi rencana produksi meningkatkan efisiensi biaya total produksi dan pengemasan sebesar 39,86% serta biaya total persediaan sebesar 27,56%.

Saran

Model P3 yang dikembangkan perlu diimplementasikan oleh CV XYZ untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas perusahaan yang pada akhirnya akan meningkatkan daya saing perusahaan. Penelitian lanjutan dapat dilakukan pada penerapan model P3 ini dalam Sistem Penunjang Keputusan (SPK) agar kegiatan P3 dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand M. 2014. An application of time series ARIMA forecasting model for predicting sugarcane production in India. *Studies in Business and Economics*. 9 (1): 81-94.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo. 2020a. *Kabupaten Wonosobo dalam Angka 2020*. Wonosobo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo. 2020b. Laju Pertumbuhan PDRB menurut Lapangan Usaha (Persen) 2012-2019 [Internet]. [diakses 2020 Mar 20]. Tersedia pada: <https://wonosobokab.bps.go.id/dynamictable/2020/02/28/559/-seri-2010-laju-pertumbuhan-pdrb-menurut-lapangan-usaha-persen-2012-2019.html>.
- Biswas S dan Chakraborty A. 2016. Importance of production planning and control in small manufacturing enterprises. *International Journal of Engineering Science Invention*. 5 (6): 61-64.
- Cheng W dan Xiao-Bing L. 2013. Integrated production planning and control: A multi-objective optimization model. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 6 (4): 815-830.
- Estifani, Mahfud Y, dan Purwanto H. 2019. Penerapan metode MRP (*Material Requirement Planning*) dengan pertimbangan *lot sizing* pada perencanaan dan pengendalian bahan baku (studi kasus pada produksi *carica home industry* Dwarawati di Desa Dieng Kulon Kecamatan Batur Kabupaten Banjarnegara). *Journal of Economics, Business, and Engineering*. 1 (1): 78-88.
- Heizer J, Render B, dan Munson C. 2017. *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Hillier FS dan Lieberman GJ. 2015. *Introduction to Operations Research, Tenth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [Kemenperin] Kementerian Perindustrian. 2016. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2016 tentang Besaran Jumlah Tenaga Kerja dan Nilai Investasi untuk Klasifikasi Usaha Industri. Jakarta: Kemenperin.
- Kolker A. 2012. *Healthcare Management Engineering: What Does This Fancy Term Really Mean?: The Use of Operations Management Methodology for Quantitative Decision-Making in Healthcare Settings*. New York: Springer.

- Laily AN, Suranto, dan Sugiyarto. 2012. Characterization of *Carica pubescens* in Dieng Plateau, Central Java based on morphological character, antioxidant capacity, and protein banding pattern. *Nusantara Bioscience*. 4 (1): 16-21.
- Marimin. 2017. *Sistem Pendukung Pengambilan Keputusan dan Sistem Pakar*. Bogor: IPB Press.
- Montgomery DC, Jennings CL, dan Kulahci M. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mudrikah A. 2017. Strategi Pengembangan Usaha Industri Kecil Olahan *Carica* (Studi Kasus pada UKM Gemilang di Kabupaten Wonosobo). [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Olhager J. 2013. Evolution of operations planning and control: from production to supply chains. *International Journal of Production Research*. 51 (23-24): 6836-6843.
- [SAP] System Analyse Programmentwicklung. 2016. *Business Process Modelling*. [Internet]. [diunduh 2020 Mar 24]. Tersedia pada: https://www.powerdesigner.biz/documentation/powerdesigner-16.6-documentation-en/business_process_modeling.pdf.
- Sargent RG. 2013. Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*. 7 (1): 12-24.
- Sarkar A, Das D, Chakraborty S, Biswas N. 2013. A simple case study of material requirement planning. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 9 (5): 55-64.
- Susanti HD. 2020. Application of material requirement planning method in raw materials planning on sardine product in PT. Blambangan Foodpackers Indonesia. *Food Research*. 4 (6): 2067-2072.
- Wijayanti R. 2018. Pengendalian persediaan bahan baku dan peramalan penjualan produk terhadap pencapaian laba perusahaan. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*. 5 (2): 134-147