

LAPORAN PENELITIAN



JUDUL PENELITIAN

Model Perencanaan Produksi dengan mempertimbangkan Formulasi Produk pada Industri Pakan Ruminansia Skala Kecil-Menengah

TIM PENELITIAN

NAMA KETUA : Sazli Tuter Risyahadi STP., MT, MSi
ANGGOTA 1 : Prof. Dr. Ir. Yuli Retnani MSc
ANGGOTA 2 : Dr. Ir. Heri A Sukria MScAgr
ANGGOTA 3 : Dr. Indah Wijayanti STP., MSi

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

FEBRUARI

2022

RINGKASAN

Prospek Industri pakan ruminansia skala kecil-menengah dipandang tepat untuk dikembangkan ketersediaan bahan baku lokal yang banyak dan tersebar sedangkan lokasi peternakan ruminansia pun tersebar luas sehingga industri pakan kecil-menengah yang terdesentralisasi dirasa lebih efektif untuk dikembangkan. Untuk memaksimalkan peluang tersebut perlu pengelolaan perencanaan produksi dengan baik sehingga efisiensi dan efektivitas tercapai yaitu membuat produk pakan berkualitas prima dan aman pada biaya yang serendah mungkin. Oleh sebab itu formulasi dan perencanaan produksi pakan berperan penting dalam hal ini.

Namun demikian terdapat beberapa permasalahan dalam industri pakan skala kecil dan menengah salah satunya yaitu perencanaan produksi yang belum terintegrasi dengan anggota rantai pasoknya. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini memodelkan perencanaan produksi terintegrasi dengan formulasi pakan baik dengan kemampuan pasokan bahan maupun permintaan produk pakan yang mempertimbangkan variasi sumber bahan baku pakan. Penelitian telah menggunakan model perencanaan mixed-integer linear programming (MILP) dengan output yang dihasilkan pada tahapan ini berupa model matematis perencanaan produksi yang relevan horizon periode perencanaan. Model akan membantu membuat keputusan optimal seperti apa dan berapa yang akan diproduksi dalam periode bulanan lalu disimpan. Lalu menentukan apa dan berapa produk diproduksi.

Penelitian dilakukan berlangsung di CV. XYZ unit bisnis koperasi peternak di Klaten merupakan pabrik pakan ruminansia skala menengah. Luaran penelitian ini yaitu model optimasi yang diharapkan dapat memberikan manfaat kepada industri pakan skala kecil menengah untuk memaksimalkan keuntungan dengan membuat keputusan yang tepat terkait perencanaan produksi konsentrat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model memiliki fungsi tujuan maksimasi keuntungan dengan dua pembatas utama yaitu pembatas kebutuhan nutrisi setiap jenis ternak ruminansia dan pembatas ketersediaan bahan pakan pada periode perencanaan. Dengan menggunakan model optimasi yang dikembangkan dengan parameter yang ada di koperasi CV XYZ maka diputuskan selama periode perencanaan produksi bulan Januari 2022, konsentrat sapi perah berkisar sebanyak 350 ton dan konsentrat sapi potong sebanyak 527 ton dengan keuntungannya sebesar 838 juta rupiah. Analisis sensitifitas menunjukkan bahwa perubahan harga produk 10%-30% akan mempengaruhi jumlah produksi konsentrat sapi potong namun tidak merubah produksi konsentrat sapi perah.

LATAR BELAKANG

Produksi pakan ternak pada 2020 tumbuh sekitar 5–6 persen dibandingkan realisasi pada 2019. Kalangan pelaku industri pakan menyebutkan potensi produksi pada 2021 bisa lebih dari 20,67 juta ton. Ketua Umum Gabungan Pengusaha Makanan Ternak (GPMT) mengemukakan proyeksi positif tersebut dipacu dengan potensi peningkatan konsumsi protein hewani dari aktivitas peternakan. Adapun sekitar 70% dari total biaya produksi merupakan biaya pakan dan penyediaan pakan yang merupakan faktor utama dalam peningkatan produktifitas ternak.

Industri pakan memegang peran penting dalam hal ini. Namun demikian ketersediaan bahan baku pakan lokal sangat tersebar dengan kapasitas sumber pasokan yang kecil sehingga perlu pengembangan pabrik pada skala-skala kecil atau menengah. Selain itu lokasi peternakan ruminansia pun tersebar luas sehingga industri pakan cenderung terdesentralisasi. Berdasarkan hal-hal tersebut industri pakan ruminansia skala kecil-menengah dipandang tepat untuk dikembangkan.

Untuk memaksimalkan peluang tersebut, industri pakan skala kecil menengah harus mengelola perencanaan produksinya dengan baik sehingga efisiensi dan efektivitas. Tujuan utama dari pabrik pakan adalah membuat produk pakan bernutrisi dan aman pada biaya yang serendah mungkin sehingga dapat memaksimalkan keuntungannya. Sejalan dengan keinginan konsumen yang tentunya mencari produk pakan dengan harga murah namun memberikan nutrisi maksimal untuk kinerja ternaknya. Oleh sebab itu formulasi pakan berperan penting dalam industri pakan.

Pada proses formulasi, permasalahan yang dihadapi yaitu seringkali pabrik menggunakan informasi mengenai standar bahan baku pakan yang ketersediaannya tidak mempertimbangkan kemampuan supplier. Oleh sebab itu, jumlah dan jenis produk pakan yang diproduksi sangat bergantung pada ketersediaan pasokan. Setidaknya ada 4 jenis produk pakan konsentrat yaitu sapi perah, sapi potong, sapi dara dan sapi pedet.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya model perencanaan produksi dan formulasi pakan terintegrasi baik dengan pasokan maupun permintaan serta mempertimbangkan variasi sumber bahan baku pakan. Dengan model tersebut akan mendukung penerapan industri dengan *precision production* pada industri pakan. Model tersebut yang mempunyai kelebihan sebagai berikut :

1. Dapat mengakomodir kompleksitas dalam perencanaan produksi industri pakan seperti banyaknya jumlah dan jenis produk, banyaknya jumlah dan jenis bahan baku pakan, permintaan yang harus dipenuhi serta pasokan yang berfluktuatif.
2. Model integrasi antara manajemen produksi dan formulasi pakan akan memberikan keuntungan maksimal bahan baku pakan yang lebih konsisten, biaya bahan baku lebih murah, perencanaan lebih akurat dan ketelusuran lebih baik. .

Model perencanaan produksi yang akan dikembangkan berbasis Mix Integer Linear Programming (MILP) dengan fungsi tujuan maksimasi profit serta fungsi pembatas kemampuan pasokan supplier dan syarat kecukupan nutrisi setiap produk konsentrat.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam rangka integrasi perbaikan kualitas manajemen rantai pasok pada industri pakan. Kajian [1] dapat menjadi teladan karena telah melakukan formulasi produk pakan baik menggunakan teknik linear maupun stochastic programming berbagai level probabilitas dengan mengetahui rata-rata dan standar deviasi setiap jenis nutrisi di berbagai supplier. Dengan menggunakan simulasi formulasi tersebut, membantu supplier untuk melakukan perbaikan-perbaikan kualitas dengan tepat. Secara umum penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi antara manajemen rantai pasok dan formulasi pakan akan memberikan keuntungan kualitas bahan baku pakan yang lebih konsisten, biaya bahan baku lebih murah, perencanaan lebih akurat, ketelusuran lebih baik dan memperbaiki kinerja supplier. Namun demikian, penelitian [1] hanya fokus pada aspek kualitas saja, belum menggambarkan model optimasi produksi pada horizon perencanaan tertentu yang terintegrasi baik dengan distributor maupun supplier.

Kajian mengenai model integrasi perencanaan produksi dan distribusi dengan mempertimbangkan stokastik telah dilakukan oleh [2] pada rantai pasok industri pengolahan susu. Model yang dikembangkan telah mempertimbangkan variabilitas bahan baku susu segar maupun permintaan aneka produk susu. Pemodelannya yaitu *two-stage stochastic mixed integer linear programming* bisa sebagai teladan dalam pengembangan model. Namun demikian karakteristik pabrik pakan berbeda dengan industri susu karena variabilitas baik jumlah, jenis dan kualitas lebih banyak pada pengadaan bahan baku sedangkan industri susu lebih banyak pada variasi produk jadinya. Selain itu, model masih terlalu rumit sehingga tidak sesuai dengan karakteristik industri pakan kecil menengah

Kajian dari [3] telah membandingkan tiga metode formulasi yaitu least cost, maximum-profit dan model stochastic untuk memaksimalkan keuntungan pabrik pakan. Kajian menunjukkan bahwa pendekatan maximum-profit dan stochastic yang menggunakan variasi data produksi dan pasar akan memberikan keputusan kapasitas yang lebih ekonomis serta fleksibilitas yang lebih meningkat. Namun demikian penelitian [3] hanya fokus optimasi keuntungan dipabrik pakan belum terintegrasi dengan pasokan dan distribusi dalam suatu rantai pasok industri pakan.

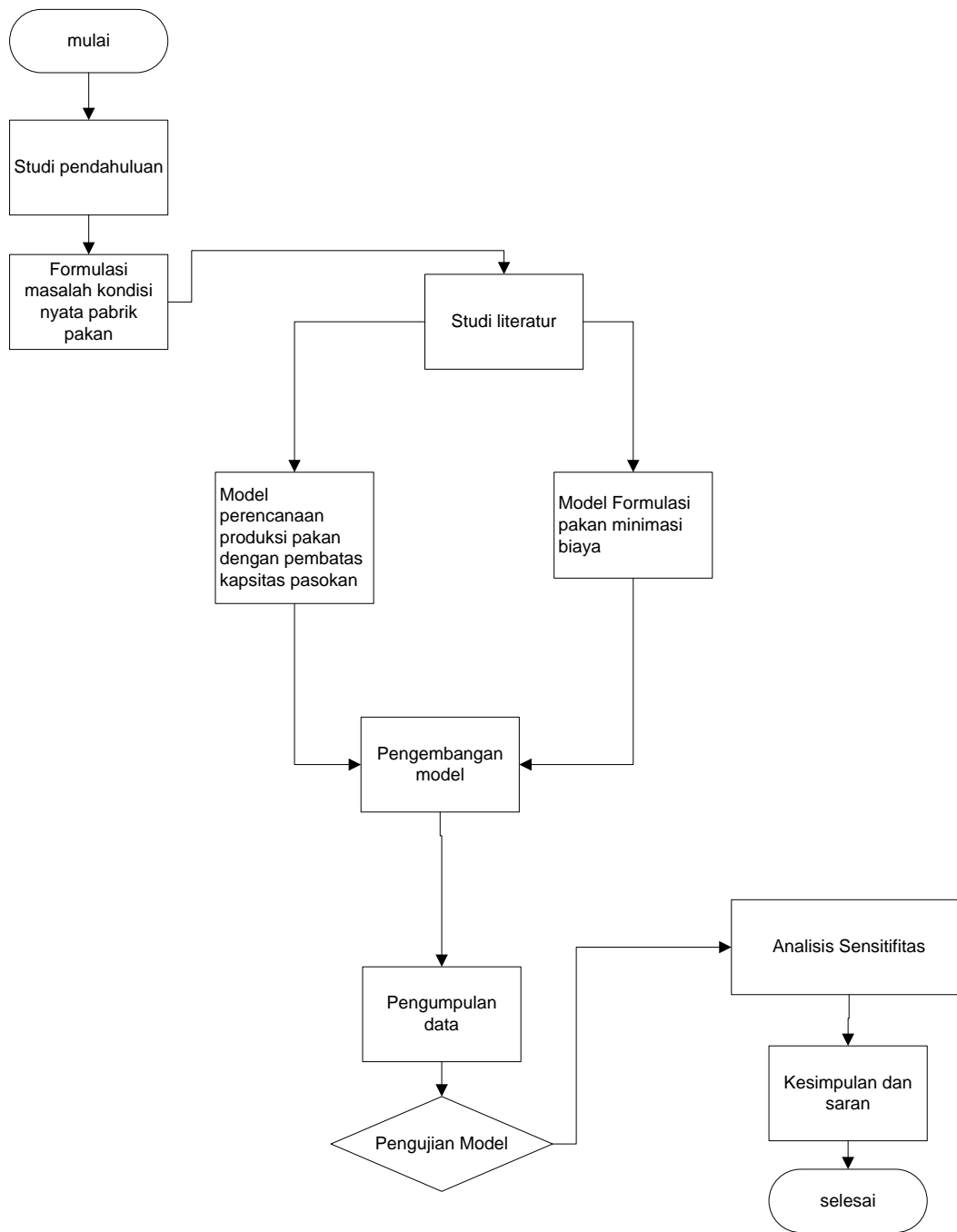
Penelitian [4] telah mengembangkan model multi periode multi produk Closed-Loop Rantai dengan pendekatan Multi-stage stochastic untuk merancang dan merencanakan rantai pasok pada kondisi tidak pasti. Tujuan dari model yang dikembangkan yaitu minimasi biaya sekaligus memaksimalkan keuntungan. Secara umum model yang dikembangkan berdasarkan mixed-integer linear programming dapat dijadikan teladan dalam pengembangan model di industri pakan.

Penelitian [5] telah menggunakan linear programming untuk melakukan perencanaan produksi pakan ayam broiler dan [6] telah melakukan optimasi formula produk pakan yang optimal sehingga biaya bahan baku rendah namun syarat nutrisi terpenuhi. Kedua penelitian tersebut menjadi acuan dalam mengoptimasi model perencanaan produksi yang mempertimbangkan formula produk.

METODOLOGI

Diagram alir menunjukkan bagaimana tahapan penyelesaian masalah dengan konsep atau model yang akan dikembangkan. Tahap awal dengan melakukan studi bertujuan mengetahui hubungan antar parameter dan variable. Berikut adalah tahapan secara rinci :

1. Melakukan studi pendahuluan dengan mendeskripsikan lingkup kajian penelitian dengan pengumpulan data yang diperoleh dari dokumen-dokumen tertulis dan wawancara langsung pada pihak pabrik pakan. Pabrik Pakan yang untuk menjadi sampel studi kasus ada dua lokasi yaitu CV. XYZ berlokasi di Klaten. Dari tahapan ini akan dihasilkan gambaran yang lengkap mengenai sistem produksi di pabrik pakan tersebut.
2. Melakukan identifikasi terhadap model acuan yang diperoleh dari studi literatur dan menyesuaikannya dengan batasan dan asumsi yang digunakan, komponen-komponen biaya yang digunakan, dan variabel keputusan yang dipakai.
3. Melakukan karakterisasi sistem nyata di pabrik pakan, menentukan variabel yang masuk dalam model dan memformulasikan model matematis. Model acuan [2] yang merupakan model perencanaan produksi dan distribusi pada rantai pasok industri susu yang akan diadaptasi ke kasus industri pakan dengan dilengkapi model formulasi pakan dari [3]. Dari tahapan ini akan menghasilkan *influenced diagram* atau *rich picture diagram* yang menggambarkan hubungan-hubungan detail setiap variabel
4. Mengkonfigurasi model perencanaan untuk rantai pasok industri pakan dengan mixed-integer linear programming (MILP). Output yang dihasilkan pada tahapan ini berupa model matematis perencanaan produksi yang relevan dalam horizon periode perencanaan. Model akan membantu membuat keputusan optimal seperti apa, berapa dan kapan melakukan produksi.
5. Melakukan analisis sensitifitas untuk mengetahui seberapa jauh perubahan perencanaan produksi dan kriteria performansi terhadap perubahan parameter seperti rata-rata dan simpangan baku nutrisi bahan baku pakan. Hasil yang diperoleh dalam tahapan ini adalah robustness dari model yang dikembangkan



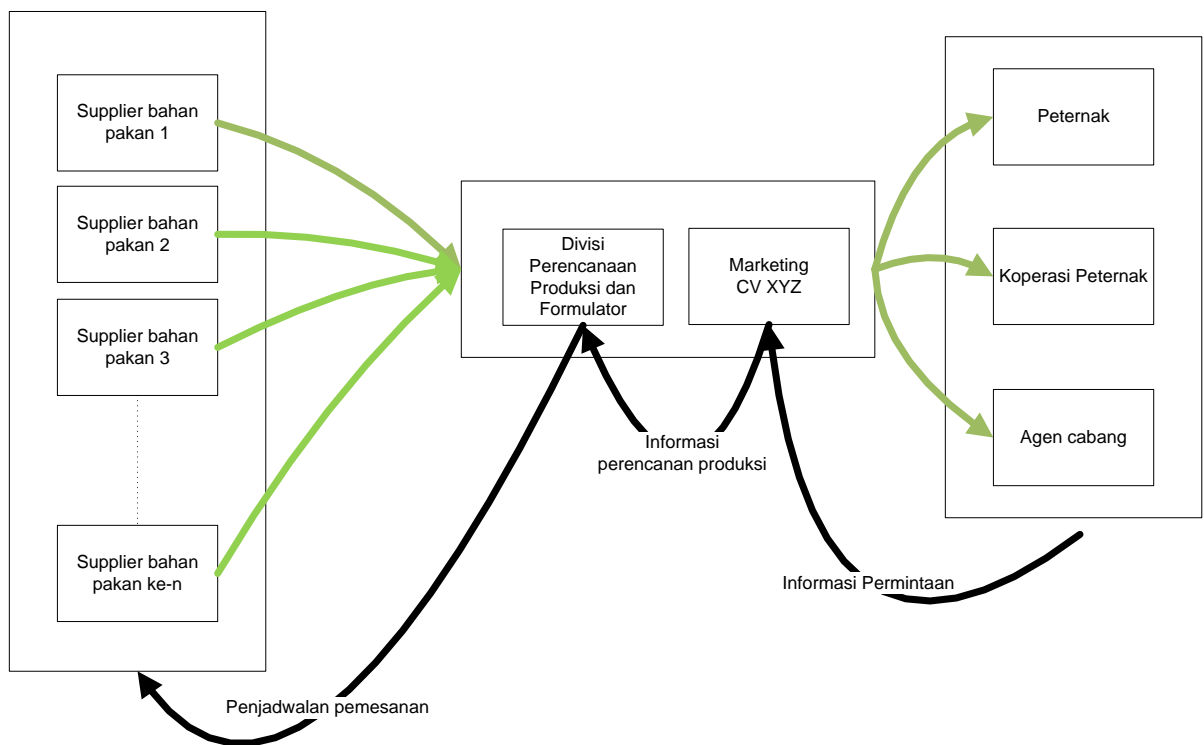
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sistem produksi di pabrik pakan ruminansia CV. XYZ

Produk berupa konsentrat sapi dengan 2 jenis yaitu sapi potong dan sapi perah. Setiap produk konsentrat memiliki syarat kecukupan nutrisi tertentu sesuai standar yang ditentukan oleh CV XYZ dengan mempertimbangkan SNI. Bahan baku pakan diambil dari berbagai supplier yang diketahui kapasitasnya. Pembeli konsentrat terdiri dari 3 kategori yaitu peternak langsung, koperasi peternak dan agen cabang.

Berdasarkan aspek sistemik, akan dibentuk model matematis perencanaan produksi yang memiliki karakteristik struktural penentuan jumlah produksi setiap jenis produk konsentrat yang dimiliki oleh industri dalam periode tertentu. satu unit pengolahan milik koperasi dan satu periode penjadwalan. Pasar terdiri dari peternak langsung sapi perah, agen cabang distributor dan koperasi peternak tradisional dan industri rumah tangga. Berikut adalah Gambar 2 yang menunjukkan hubungan antar pelaku dalam sistem pasokan yang akan dimodelkan. Hubungan antar pelaku ditunjukkan dengan aliran uang, aliran informasi dan aliran produk.

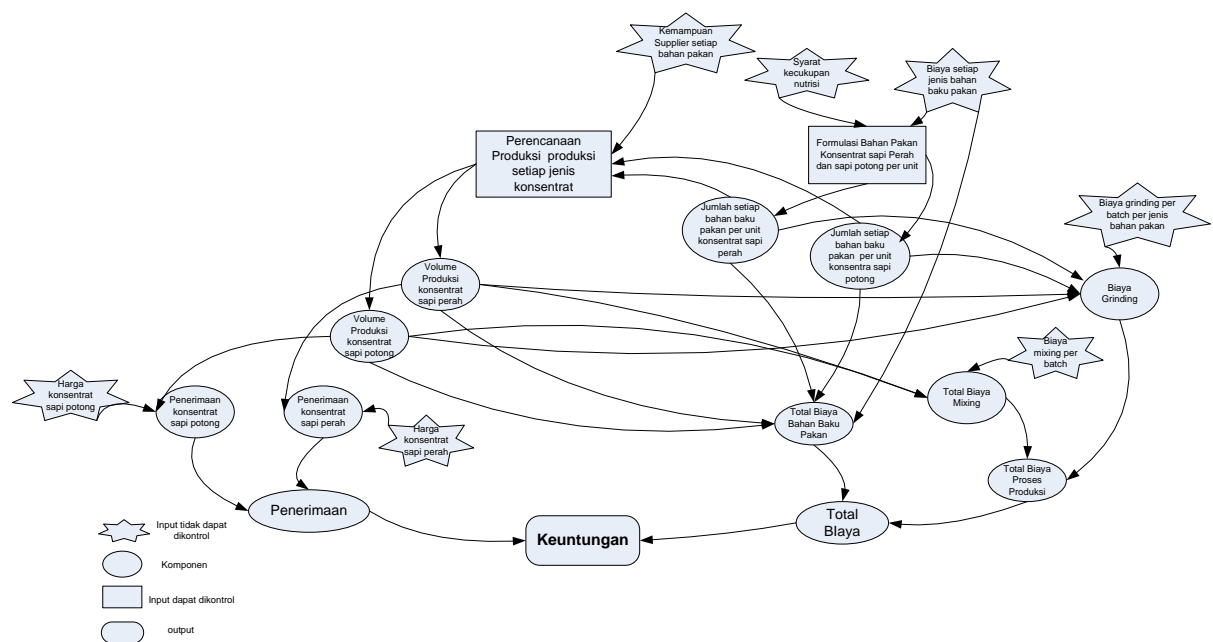


Gambar 2. Skema Hubungan Rantai Pasok CV XYZ

2. Karakterisasi sistem nyata di pabrik pakan,

Bahasan mengenai karakterisasi meliputi aspek sistemik dan komponen model yang akan dikembangkan. Aspek sistemik meliputi aspek struktural, aspek fungsional, batasan dan lingkungan sistem. Sedangkan komponen model terdiri dari kriteria performansi dan penjelasan variabel yang masuk model sehingga akan ditentukan mana yang variabel keputusan, parameter dan persamaan pembatas model. Untuk membantu pemahaman hubungan logis antar komponen model maka digunakan *influence diagram*.

CV XYZ menentukan jumlah setiap bahan pakan, berasal dari Rancangan Anggaran Belanja (RAB) Tahunan. RAB Tahunan dari perkiraan pemesanan marketing, lalu dikirim ke formulator, dan direncanakan setiap bulan. Lalu pengadaan mencari supplier darimanapun untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pakan per bulan. Proses tersebut belum melibatkan kapasitas supplier sehingga ada potensi tidak memperoleh bahan dan berdampak pada keuntungan perusahaan.



Gambar 3. Influence Diagram Keuntungan CV XYZ

3. Formulasi model

Variabel yang sudah diidentifikasi dan dibedakan mana yang menjadi input terkontrol, input tidak terkontrol dan komponen, lalu dibentuk model matematika berdasarkan hubungan logis setiap variabel. Dalam memformulasikan model serta mempermudah mendapatkan solusi maka diperlukan asumsi-asumsi yang ditetapkan. Model menggunakan perencanaan produksi mixed-integer linear programming (MILP). Notasi-notasi dan variabel yang akan digunakan untuk pengembangan model terdiri dari notasi indeks, notasi parameter dan notasi variable keputusan.

Asumsinya sebagai berikut

- Kapasitas pemasok setiap bahan pakan diketahui dengan pasti
- Syarat kecukupan nutrisi menggunakan SNI
- Kandungan nutrisi bahan diketahui dan bersifat deterministik

- d. Permintaan dan harga pasar diketahui dan bersifat deterministika
- e. Periode perencanaan dalam waktu yang statik

Identifikasi variable

Tabel 1. Simbol parameter dan variable keputusan dalam model

Notasi Indeks	Keterangan
$i \in I$: Jenis produk konsentrat yang akan diproduksi ($i_1, i_2, i_3 \dots I$)
$j \in J$: Jenis bahan baku pakan yang akan digunakan ($j_1, j_2, j_3 \dots J$)
$k \in K$: Jenis nutrisi bahan pakan ($k_1, k_2, k_3 \dots K$)

Notasi Parameter	Keterangan
S_j	Kemampuan supplier memasok bahan pakan j
N_{ik}	Syarat minimal nutrisi jenis k untuk setiap produk konsentrat ke i
T_{kj}	Kandungan nutrisi jenis k untuk bahan baku pakan ke j
CO_j	Biaya bahan baku pakan jenis ke j per kg
H_i	Harga produk pakan konsentrat ke i
CM_i	Biaya proses grinding dan mixing per kg produk
Notasi Variabel keputusan	
X_i	: Jumlah produksi jenis konsentrat ke i per sak
A_{ij}	: kebutuhan bahan pakan j untuk produk konsentrat ke I per kg

Model Matematika

Model matematika lengkap yang telah dikembangkan Fungsi tujuan : Max Z

Maksimasi Keuntungan

$$MAX \text{ profit} = \sum_{i=1}^I H_i \cdot X_i - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J CO_j \cdot A_{ij} \cdot X_i - \sum_{i=1}^I CM_i \cdot X_i$$

Pembatas formulasi pakan

$$\sum_{i=1}^I \sum_j^K A_{ij} \cdot T_{kj} \cdot X_i \geq N_{ik} \text{ (minimal persyaratan nutrisi)}$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_j^K A_{ij} \cdot T_{kj} \cdot X_i \leq N_{ik} \text{ (maksimal persyaratan nutrisi)}$$

Pembatas Kapasitas Supplier

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J A_{ij} \cdot X_i \leq S_j$$

4. Implementasi model

Dalam implementasi model diinputkan data kedalam model berupa kapasitas supplier setiap jenis bahan pakan per bulan, harga bahan pakan, kecukupan nutrisi sebagai ukuran kualitas mutu CV XYZ, harga produk konsentrat dan biaya proses produksi.

a. Data input

Tabel 2. Parameter kemampuan pasokan setiap jenis pakan dan harganya

j ke-	Simbol	Deskripsi	Jumlah (Kg)	Harga (Rp/Kg)
1	S_1	Kulit kopi	481580	1,000
2	S_2	Rice bran	616550	2,800
3	S_3	Wheat bran	336786	4,600
4	S_4	Onggok	126835	1,900
5	S_5	Gaplek	25909	3,100
6	S_6	Bungkil sawit	259360	2,225
7	S_7	CGF	38465	3175
8	S_8	Tetes	238400	2,710
9	S_9	Bungkil kopra (=bungkil kelapa)	12990	3,825
10	S_{10}	Tumpi jagung	207530	1,325
11	S_{11}	Kulit kacang	173105	1,000

Tabel 3. Parameter harga produk konsentrat, biaya proses dan syarat kecukupan nutrisi sesuai mutu CV.XYZ dalam 1 kg pakan konsentrat

Produk ke i	Harga produk (Hi)	Biaya proses (CMi)	demand (min) (kg)	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8
				Bahan kering (Min)	Kadar abu (maks)	Protein kasar (Min)	Lemak Kasar (Maks)	Kalsium (Ca.) (Min – maks)	Pospor maks	Serat Kasar (maks)	TDN (min)
Konsentrat sapi perah laktasi (i=1)	3000	10	350000	86	13.75	14.25	5	0.95-1.2	0.6	16	67.5
konsentrat sapi potong penggemukan (i=2)	2700	11	400000	86	14.6	11.8	7	0.8-1.2	0.6	16.2	65

Tabel 4. Parameter kandungan nutrisi dan biaya setiap bahan pakan (Tjk)

No	Bahan Pakan	BK	Abu	PK	LK	SK	BetaN	TDN	Ca	P
1	Kulit kopi	70	11.3	9.94	1.97	18.17	58.6	50.6	0.68	0.2
2	Rice bran	90.2	12.4	10	14.4	16.3	44.2	67.9	0.07	1.38
3	Wheat bran	87	1.8	12.6	1.7	2.6	81.3	68	0.07	0.36
4	Onggok	79.8	2.4	1.87	0.32	8.9	85.5	78.3	0.2	0.1
5	Gaplek	79.5	4.69	2.6	0.7	5.67	66.3	78.5	0.17	0.09
6	Bungkil sawit	90.9	4.6	18.7	2.8	20.2	53.7	79	0.27	0.66
7	CGF	94.6	4.5	32.3	10.2	17.3	35.7	75.4	0.20	0.55
8	Tetes	73	14.6	5.5	1	0.1	78.8	70.7	0.92	0.07
9	Bungkil kopra	89.8	7	23.5	2.8	16.8	49.9	78.7	0.07	0.65
10	Tumpi jagung	88.0	9.14	8.0	2.4	11.7	68.68	51.16	0.26	0.16
11	Kulit kacang	91.6	5.20	7.0	2.0	65.9	19.90	48.0	0.24	0.07

b. Solusi model

Berdasarkan optimasi dengan menggunakan Lingo versi 19 dengan syntax pada Lampiran 1, diperoleh hasil perencanaan produksi pada bulan Januari 2022 sebagai berikut

Tabel 5. Output hasil optimasi Perencanaan Produksi

No	Keterangan	Simbol	Hasil Optimasi
1	Produksi Konsentrat sapi perah	X_1	350.000
2	Produksi Konsentrat sapi potong	X_2	527.058
3	Keuntungan maksimum	Z	838.711.600

5. Analisis sensitifitas

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perubahan keuntungan dan rencana jumlah produksi jika terjadi perubahan harga produk

Tabel 6. Pengaruh kenaikan harga terhadap keputusan perencanaan produksi

No	Keterangan	Kenaikan Harga		
		10%	20%	30%
1	Produksi Konsentrat sapi perah (Kg)	350.000	350.000	350.000
2	Produksi Konsentrat sapi potong (Kg)	527.058	664.972	877.593

3	Keuntungan maksimum (Rp)	1.086.017.000	1.364.523.000	1.663.531.000
---	--------------------------	---------------	---------------	---------------

Tabel 7. Pengaruh penurunan harga terhadap keputusan perencanaan produksi

No	Keterangan	Penurunan Harga		
		10%	20%	30%
1	Produksi Konsentrat sapi perah	350.000	350.000	350.000
2	Produksi Konsentrat sapi potong	506.969	450.741	400.000
3	Keuntungan maksimum	595.198.900	358.064.200	141.084.600

Berdasarkan hasil analisis sensitifitas terhadap perubahan harga. Terlihat bahwa perubahan harga akan memengaruhi produksi konsentrat sapi potong sedangkan konsentrat sapi perah tidak mengalami perubahan jumlah produksi. Hal ini karena lebih menguntungkan memproduksi sapi potong dibandingkan dengan produksi sapi perah. Produksi konsentrat sapi perah lebih banyak membutuhkan nutrisi sehingga biaya produksi akan meningkat sedangkan perbedaan harga jual tidak terlalu signifikan. Model akan mengoptimasi jumlah konsentrat sapi potong sementara konsentrat sapi perah akan dibuat seminimal mungkin sepanjang terpenuhinya permintaan konsentrat sapi perah. Namun demikian, bahan pakan yang digunakan belum dilengkapi dengan premix dan vitamin hanya bahan pakan utama yang ada sehingga keuntungan real akan lebih rendah daripada hasil perhitungan optimasi. Setidaknya model sudah bisa menggambarkan hubungan-hubungan perencanaan produksi terhadap keuntungan yang diperoleh industri pakan kecil.

KESIMPULAN

Model linear programming yang dikembangkan telah dapat menentukan perencanaan produksi dengan memberikan keuntungan maksimal dalam satu periode perencanaan. Model pun telah mempertimbangkan berbagai faktor seperti permintaan setiap jenis produk konsentrat, kandungan nutrisi bahan pakan, syarat kandungan mutu produk, kapasitas pemasok, harga produk, biaya bahan baku pakan serta biaya proses pakan. Model linear programming yang dibuat dikombinasikan dengan quadratic programming karena variable keputusan formulasi produk menjadi parameter pada model perencanaan produksinya. Perubahan harga produk akan mempengaruhi rencana produksi konsentrat CV.XYZ

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Csikai, “Opportunities of integrating supply chain quality management and product development with formulation systems in compound feed manufacturing,” *Qual. Assur. Saf. Crop. Foods*, vol. 3, no. 2, pp. 82–88, 2011.
- [2] A. Guarnaschelli, H. E. Salomone, and C. A. Méndez, “A stochastic approach for integrated production and distribution planning in dairy supply chains,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 140, p. 106966, 2020.
- [3] A. F. Moss, G. Parkinson, T. M. Crowley, and G. M. Pesti, “Alternatives to formulate laying hen diets beyond the traditional least-cost model,” *J. Appl. Poult. Res.*, vol. 30, no. 1, p. 100137, 2021.
- [4] L. J. Zeballos, C. A. Méndez, A. P. Barbosa-Povoa, and A. Q. Novais, “Multi-period design and planning of closed-loop supply chains with uncertain supply and demand,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 66, pp. 151–164, 2014.
- [5] Solaja, Oluwasegun Abraham and Abiodun, Joachim Abolaji and Abioro, Matthew Adekunle and Ekpudu, Jonathan, Ehimen and Olasubulumi, Olajide Moses, Application of Linear Programming in Production Planning" MPRA Paper No. 98226, posted 13 Apr 2020
- [6] R. Sophia Porchelvi, J. Irine and R. Regupathi. Linear Programming method for Solving Optimized Nutrients Feed formulation in GIFT Tilapia R. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS) Volume 23, Issue 10, Ver. 2 (October. 2018) 28-33 e-ISSN: 2279-0837, p-ISSN: 2279-0845.*

LAMPIRAN

!MODEL PERENCANAAN PRODUKSI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN FORMULASI PRODUK;

!Fungsi Tujuan;

MAX=3000*X1+2700*X2-1000*A11*X1-2800*A12*X1-4600*A13*X1-1900*A14*X1-
3100*A15*X1-2225*A16
*X1-3175*A17*X1-2710*A18*X1-3825*A19*X1-1325*A110*X1-1000*A111*X1-
1000*A21*X2-2800*A22*X2-4600*A23*X2
-1900*A24*X2-3100*A25*X2-2225*A26*X1-3175*A27*X2-2710*A28*X2-3825*A29*X2-
1325*A210*X2-1000*A211*X2-10*X1-15*X2;

!FUNGSI PEMBATAK SUPPLIER

!supplier kulit kopi;

A11*X1+A21*X2<=481580;

!supplier rice bran;

A12*X1+A22*X2<=616550;

!Supplier wheat bran;

A13*X1+A23*X2<=336789;

!Supplier onggok;

A14*X1+A24*X2<=126835;

!supplier gaplek;

A15*X1+A25*X2<=25909;

!Supplier bungkil sawit;

A16*X1+A26*X2<=259360;

!supplier CGF;

A17*X1+A27*X2<=38465;

!supplier molasses;

A18*X1+A28*X2<=238400;

!supplier Bungkil Kopra;

A19*X1+A29*X2<=12990;

!supplier Tumpi Jagung;

A110*X1+A210*X2<=207530;

!supplier Kulit Kacang;

A111*X1+A211*X2<=173105;

!FUNGSI PEMBATAK FORMULASI ;

!Aij*Tkj<=Nik;

!Bahan kering;

!....konsentrat sapi perah;

A11*0.7+A12*0.902+A13*0.87+A14*0.798+A15*0.795+A16*0.909+A17*0.946+A18*0.73
+A19*0.898+A110*0.88+A111*0.916>=0.86;

!....konsentrat sapi potong;

A21*0.7+A22*0.902+A23*0.87+A24*0.798+A25*0.795+A26*0.909+A27*0.946+A28*0.73
+A29*0.898+A210*0.88+A211*0.916>=0.86;

!kadar abu;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.11+A12*0.124+A13*0.018+A14*0.024+A15*0.0469+A16*0.045+A17*0.0451+A18*0.146+A19*0.07+A110*0.0914+A111*0.052\leq 0.1375;$

!....konsentrat sapi potong;
 $A21*0.11+A22*0.124+A23*0.018+A24*0.024+A25*0.0469+A26*0.045+A27*0.0451+A28*0.146+A29*0.07+A210*0.0914+A211*0.052\leq 0.146;$

!protein kasar;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.0994+A12*0.1+A13*0.126+A14*0.0187+A15*0.0260+A16*0.187+A17*0.323+A18*0.055+A19*0.235+A110*0.0804+A111*0.07\geq 0.1425;$

!....konsentrat sapi potong;
 $A21*0.0994+A22*0.1+A23*0.126+A24*0.0187+A25*0.0260+A26*0.187+A27*0.323+A28*0.055+A29*0.235+A210*0.0804+A211*0.07\geq 0.118;$

!Lemak kasar;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.0197+A12*0.144+A13*0.017+A14*0.0032+A15*0.0070+A16*0.028+A17*0.102+A18*0.01+A19*0.028+A110*0.0244+A111*0.02\leq 0.05;$

!....konsentrat sapi potong;
 $A21*0.0197+A22*0.144+A23*0.017+A24*0.0032+A25*0.0070+A26*0.028+A27*0.102+A28*0.01+A29*0.028+A210*0.0244+A211*0.02\leq 0.07;$

!Calcium;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.0068+A12*0.0007+A13*0.0007+A14*0.002+A15*0.0017+A16*0.0027+A17*0.00205+A18*0.0092+A19*0.0007+A110*0.0026+A111*0.0024\leq 0.095;$

!A11*0.0068+A12*0.0007+A13*0.0007+A14*0.002+A15*0.0017+A16*0.0027+A17*0.00205+A18*0.0092+A19*0.0007+A110*0.0026+A111*0.0024 $\geq 0.0095;$

!....konsentrat sapi potong;

$A21*0.0068+A22*0.0007+A23*0.0007+A24*0.002+A25*0.0017+A26*0.0027+A27*0.00205+A28*0.0092+A29*0.0007+A210*0.0026+A211*0.0024\leq 0.008;$

!A21*0.0068+A22*0.0007+A23*0.0007+A24*0.002+A25*0.0017+A26*0.0027+A27*0.00205+A28*0.0092+A29*0.0007+A210*0.0026+A211*0.0024 $\geq 0.008;$

!Pospor;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.002+A12*0.0138+A13*0.00360+A14*0.001+A15*0.0009+A16*0.00660+A17*0.00555+A18*0.00070+A19*0.0065+A110*0.0016+A111*0.0007\leq 0.006;$

!A11*0.002+A12*0.0138+A13*0.00360+A14*0.001+A15*0.0009+A16*0.00660+A17*0.00555+A18*0.00070+A19*0.0065+A110*0.0016+A111*0.0007 $\geq 0.004;$

!....konsentrat sapi potong;

$A21*0.002+A22*0.0138+A23*0.00360+A24*0.001+A25*0.0009+A26*0.00660+A27*0.00555+A28*0.00070+A29*0.0065+A210*0.0016+A211*0.0007\leq 0.006;$

!A21*0.002+A22*0.0138+A23*0.00360+A24*0.001+A25*0.0009+A26*0.00660+A27*0.00555+A28*0.00070+A29*0.0065+A210*0.0016+A211*0.0007 $\geq 0.004;$

!TDN;

!....konsentrat sapi perah;
 $A11*0.506+A12*0.679+A13*0.68+A14*0.783+A15*0.785+A16*0.79+A17*0.754+A18*0.707+A19*0.787+A110*0.5116+A111*0.48\geq 0.675;$

!....konsentrat sapi potong;
 $A21*0.506+A22*0.679+A23*0.68+A24*0.783+A25*0.785+A26*0.79+A27*0.754+A28*0.707+A29*0.787+A210*0.5116+A211*0.48\geq 0.65;$

!Serat Kasar;

!....konsentrat sapi perah;

$A_{11} \cdot 0.1817 + A_{12} \cdot 0.163 + A_{13} \cdot 0.026 + A_{14} \cdot 0.089 + A_{15} \cdot 0.0567 + A_{16} \cdot 0.202 + A_{17} \cdot 0.173 + A_{18} \cdot 0.001 + A_{19} \cdot 0.168 + A_{110} \cdot 0.117 + A_{111} \cdot 0.659 \geq 0.16;$

!...konsentrat sapi potong;

$A_{21} \cdot 0.1817 + A_{22} \cdot 0.163 + A_{23} \cdot 0.026 + A_{24} \cdot 0.089 + A_{25} \cdot 0.0567 + A_{26} \cdot 0.202 + A_{27} \cdot 0.173 + A_{28} \cdot 0.001 + A_{29} \cdot 0.168 + A_{210} \cdot 0.117 + A_{211} \cdot 0.659 \geq 0.162;$

!FUNGSI PEMBATAS;

$A_{11} + A_{12} + A_{13} + A_{14} + A_{15} + A_{16} + A_{17} + A_{18} + A_{19} + A_{110} + A_{111} = 1;$

$A_{21} + A_{22} + A_{23} + A_{24} + A_{25} + A_{26} + A_{27} + A_{28} + A_{29} + A_{210} + A_{211} = 1;$

$A_{11} \geq 0;$

$A_{12} \geq 0;$

$A_{13} \geq 0;$

$A_{14} \geq 0;$

$A_{15} \geq 0;$

$A_{16} \geq 0;$

$A_{17} \geq 0;$

$A_{18} \geq 0;$

$A_{19} \geq 0;$

$A_{110} \geq 0;$

$A_{111} \geq 0;$

$A_{21} \geq 0;$

$A_{22} \geq 0;$

$A_{23} \geq 0;$

$A_{24} \geq 0;$

$A_{25} \geq 0;$

$A_{26} \geq 0;$

$A_{27} \geq 0;$

$A_{28} \geq 0;$

$A_{29} \geq 0;$

$A_{210} \geq 0;$

$A_{211} \geq 0;$

$X_1 \geq 350000;$

$X_2 \geq 400000;$

END