

Optimasi Komposisi Kandungan Nutrisi Pakan Ikan Buatan dengan Menggunakan *Fuzzy Linear Programming*

Vera Devani

Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN SUSKA Riau
JL.HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: veradevani@gmail.com

ABSTRAK

Pakan ikan harus mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan ikan. Kandungan nutrisi yang harus dimuat dalam pakan ikan yaitu protein, lemak, karbohidrat dan lemak. Dengan menggunakan metode *Fuzzy Linear Programming* dapat diketahui kebutuhan bahan baku dan nutrisi, kebutuhan ideal bahan baku dan nutrisi, penambahan yang diizinkan pada bahan baku dan nutrisi serta biaya yang diperlukan untuk pembuatan pakan ikan buatan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kandungan nutrisi dalam 100 kg pakan ikan buatan yaitu 19,50 kg protein, 4,09 kg lemak, 17,02 kg karbohidrat, 9,75 kg serat dengan biaya Rp 98.795 serta dapat mengurangi biaya sebesar Rp 2.519,40 (2,50%) jika dibandingkan menggunakan *Linear Programming*.

Kata Kunci: *Fuzzy Linear Programming*, *Linear Programming*, Pakan Buatan

Pendahuluan

Keberhasilan dari suatu usaha budidaya ikan sangat ditentukan oleh tiga faktor yakni *breeding* (bibit), *feeding* (pakan), dan *management*. Jika dilihat dari total biaya produksi dalam usaha budidaya ikan maka kontribusi pakan adalah yang paling tinggi yakni sekitar 60% [3].

Pakan memiliki peranan yang sangat penting sebagai sumber energi untuk pemeliharaan tubuh, pertumbuhan dan perkembangbiakan ikan. Oleh sebab itu nutrisi yang terkandung dalam pakan ikan harus benar-benar terkontrol dan memenuhi kebutuhan dari ikan tersebut. Pemberian pakan ikan yang sesuai akan menghindarkan ikan dari berbagai serangan penyakit, khususnya penyakit nutrisi. Penyakit nutrisi dapat dihindari dengan pemberian kombinasi pakan alami dan pakan buatan dengan komposisi yang lengkap.

Biaya pakan pada budidaya ikan air tawar sangat tinggi. Peternak ikan harus melakukan penghematan pada komponen biaya pakan. Untuk menghemat biaya tersebut, peternak ikan dapat membuat pakan ikan sendiri dengan memanfaatkan sisa limbah, seperti kepala udang/ikan, bungkil kelapa sawit, bungkil kacang tanah, ampas tahu, dan lain sebagainya.

Linear Programming merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Permasalahan pada *Linear Programming*, dimodelkan secara tetap dengan menggunakan parameter-parameter yang umum digunakan. Pada *Linear Programming* keberadaan data dan formulasi yang digunakan sudah bersifat tertentu dan pasti.

Pada *Fuzzy Linear Programming*, akan dicari nilai fungsi objektif yang akan dioptimalkan

sesuai dengan pembatas yang dimodelkan menggunakan himpunan *fuzzy*. Fungsi tujuan pada *Linear Programming* tidak lagi benar-benar maksimum atau minimum karena ada beberapa hal yang perlu mendapat pertimbangan. Tanda pada pembatas pada kasus maksimasi dan minimasi tidak lagi bermakna *crisp* secara matematis, namun sedikit mengalami pelanggaran makna. Hal ini disebabkan karena adanya beberapa yang perlu dipertimbangkan dalam sistem yang mengakibatkan pembatas tidak dapat didekati secara tegas.

Penelitian dengan menggunakan metoda *Fuzzy Linear Programming* sudah banyak dilakukan terutama di bidang manufaktur. Penelitian tentang aplikasi *Fuzzy Linear Programming* untuk produksi bola lampu [8]. Metode perencanaan produksi yang digunakan adalah metode *Fuzzy Linear Programming* dengan metode simpleks. Dengan menggunakan *Fuzzy Linear Programming* dapat diperoleh nilai optimum jumlah produk bola lampu yang diproduksi sesuai permintaan pasar dan sesuai dengan keterbatasan sumber daya produksi. Sumber daya yang diteliti adalah kapasitas produksi, waktu kerja, dan bahan baku. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan jumlah bahan baku dan waktu kerja.

Penelitian lainnya tentang aplikasi *Fuzzy Linear Programming* dalam optimalisasi produksi [11]. Aplikasi *Fuzzy Linear Programming* digunakan untuk mengoptimalkan produksi jamu dan menentukan biaya produksi di PT Nyonya Meneer Semarang.

Penelitian di bidang manufaktur yang lain tentang aplikasi *Fuzzy Linear Programming* (FLP) dan simulasi Arena 10.0 untuk mengoptimalkan *production planning* [9]. Pada penelitian ini, hasil perhitungan optimasi menggunakan *Linear Programming* (LP) dan *Fuzzy Linear Programming*

(FLP) diperoleh jumlah tiang pancang dan taing listrik yang diproduksi serta keuntungan optimum.

Penelitian tentang optimasi kandungan nutrisi pada pakan ikan sebelumnya telah dilakukan [2]. Metoda yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *Goal Programming*. Variabel keputusan yang digunakan adalah enam (6) jenis bahan baku pakan ikan buatan, sedangkan fungsi pembatas kandungan nutrisi berupa protein, karbohidrat, dan lemak. Variabel respon (fungsi tujuan) yang diminimumkan adalah biaya dan batas atas kandungan nutrisi serta memaksimumkan batas bawah kandungan nutrisi.

Sebagai kelanjutan dari penelitian tersebut, dengan menggunakan metoda *Fuzzy Linear Programming* diteliti 8 (delapan) jenis bahan baku pakan ikan buatan dengan fungsi pembatas yaitu kandungan nutrisi berupa protein, karbohidrat, lemak, dan serat serta ketersediaan bahan baku pakan ikan buatan. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk menentukan kebutuhan bahan baku dan nutrisi, menentukan kebutuhan ideal bahan baku dan nutrisi, menentukan penambahan yang diizinkan pada bahan baku dan nutrisi sertamenentukan biaya optimal dan selisih biaya untuk pembuatan pakan ikan buatan jika dibandingkan dengan menggunakan *Linear Programming*.

Tinjauan Pustaka

Pakan Buatan

Pakan adalah pakan yang dibuat dengan formulasi tertentu berdasarkan pertimbangan kebutuhannya [3]. Pakan merupakan sumber energi dan materi bagi pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup. Zat yang terpenting dalam pakan adalah protein. Pakan berkualitas adalah pakan yang kandungan protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitaminnya seimbang.

Pakan buatan adalah campuran dari berbagai sumber bahan baku yang disusun secara khusus berdasarkan komposisi yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai pakan [1]. Pakan buatan adalah makanan ikan yang dibuat dari campuran bahan-bahan alami dan atau bahan olahan yang selanjutnya dilakukan proses pengolahan serta dibuat dalam bentuk tertentu sehingga tercipta daya tarik (merangsang) ikan untuk memakannya dengan mudah dan lahap[4]. Definisi lain mengatakan pakan buatan (*artificial feed*) adalah pakan yang sengaja disiapkan dan dibuat [7].

Jenis pakan ikan berdasarkan kontribusinya dalam menghasilkan penambahan berat badan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu [7]:

1. Pakan tambahan (*supplementary feed*), yaitu pakan yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan ikan selain pakan alami. Kontribusi pakan tambahan hanya

menghasilkan penambahan berat badan kurang dari 50%.

2. Pakan lengkap (*complete feed*), yaitu pakan yang diberikan untuk menggantikan seluruh kebutuhan makanan ikan. Kontribusi pakan lengkap menghasilkan penambahan berat badan lebih dari 50%.

Untuk mencukupi kebutuhan pakan ikan, cara yang paling praktis adalah dengan menggunakan pakan buatan. Beberapa keunggulan menggunakan pakan buatan adalah:

1. Lebih mudah diperoleh dalam jumlah cukup, tepat waktu, dan berkesinambungan.
2. Lebih tahan lama, minimum selama satu musim.
3. Kandungan gizinya dapat diatur dan disesuaikan dengan kebutuhan ikan yang akan diberikan makan.
4. Bentuk dan ukuran pakan buatan dapat diatur sesuai dengan ukuran ikan atau umur ikan.
5. Daya tahan di dalam air dapat diatur dan disesuaikan dengan kebiasaan makan ikan.
6. Bau, rasa, dan warna dapat diatur sehingga akan lebih menarik ikan-ikan yang diberi makan.

Linear Programming

Penerapan *Linear Programming* pada umumnya meliputi permasalahan pengalokasian sumber daya yang terbatas pada aktivitas yang saling bersaing untuk menghasilkan solusi yang optimal [5]. Pada *Linear Programming*, permasalahan di modelkan secara tetap dengan menggunakan parameter-parameter yang umum digunakan dan keberadaan data serta informasi yang digunakan juga sudah bersifat tertentu, pasti dan tidak menimbulkan ambiguitas [6].

Model matematis dari *Linear Programming* adalah sebagai berikut [10]:

Maksimumkan (minimumkan):

$$Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &\leq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &\leq b_2 \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &\leq b_m \\ X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n &\geq 0 \end{aligned}$$

dimana:

- X_j : variabel keputusan
- a_{ij} : koefisien teknologi
- c_j : koefisien fungsi tujuan
- b_i : koefisien sisi kanan

Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar[6]. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika *Fuzzy* merupakan suatu logikayang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran

(fuzzyness) antara benar atau salah [6]. Dalam teori Logika Fuzzy suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar kebenaran dan kesalahan itu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika Fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1.

Beberapa alasan mengapa orang menggunakan Logika Fuzzy, antara lain [6]:

1. Konsep Logika Fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika Fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika Fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika Fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika Fuzzy dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Fuzzy Linear Programming

Model Linear Programming klasik adalah [6]:

Maksimumkan:

$$f(x) = c^T x$$

Pembatas:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

dengan $c, x \in R^n, b \in R^m, A \in R^{n \times m}$

Minimumkan:

$$f(x) = c^T x$$

Pembatas:

$$Ax \geq b$$

$$x \geq 0$$

dengan $c, x \in R^n, b \in R^m, A \in R^{n \times m}$.

A, b, c adalah bilangan *crisp*, tanda \leq untuk kasus maksimasi dan tanda \geq untuk kasus minimasi juga bermakna *crisp*, demikian juga perintah maksimumkan dan minimumkan merupakan bentuk imperatif tegas.

Fungsi keanggotaan untuk model keputusan himpunan fuzzy dapat dinyatakan sebagai berikut [6]:

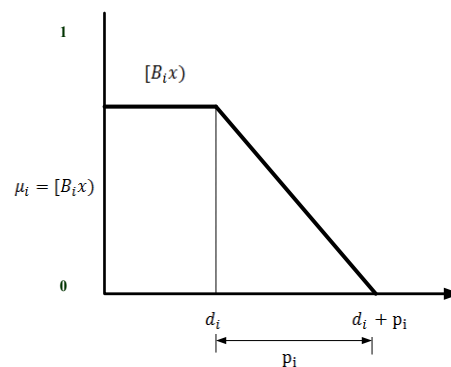
$$\max_{x \geq 0} \mu_D[Bx] = \max_{x \geq 0} \min_i \{ \mu_i[B_i x] \}$$

Terlihat bahwa $\mu_i(B_i x) = 0$ jika batasan ke-i benar-benar dilanggar. Sebaliknya, $\mu_i(B_i x) = 1$ jika batasan ke-i benar-benar dipatuhi (atau sama halnya dengan batasan yang bernilai tegas). Nilai $\mu_i(Bx)$ akan naik secara monoton pada selang $[0,1]$.

$$\mu_i[B_i x] = \begin{cases} 1; & \text{jika } B_i x \leq d_i \\ \in [0,1]; & \text{jika } d_i < B_i x \leq d_i + p_i \\ 0; & \text{jika } B_i x > d_i + p_i \end{cases}$$

$i = 0,1,2,3, \dots, m$.

Gambar 1 menunjukkan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy [6].



Gambar 1 Fungsi Keanggotaan

$$\mu_i[x] = \begin{cases} 1; & \text{jika } B_i x \leq d_i \\ 1 - \frac{B_i x - d_i}{p_i}; & \text{jika } d_i < B_i x \leq d_i + p_i \\ 0; & \text{jika } B_i x > d_i + p_i \end{cases}$$

$i = 0,1,2,3, \dots, m$.

p_i adalah toleransi interval yang diperbolehkan untuk melakukan pelanggaran baik pada fungsi objektif maupun batasan. Sehingga untuk mencari λ -cut dapat dihitung sebagai $\lambda = 1 - t$, dengan:

$$d_i + t p_i = \text{ruas kanan batasan ke-i}$$

Dengan demikian diperoleh bentuk Linear Programming baru sebagai berikut [6]:

Maksimumkan:

$$\lambda$$

Pembatas:

$$\lambda p_i + B_i x \leq d_i + p_i$$

$i = 0,1,2,3, \dots, m$

$$x \geq 0$$

Metode Penelitian

Pada penelitian ini, data diperoleh melalui survey di lapangan dan studi literatur. Data yang digunakan adalah jenis bahan baku pakan ikan buatan, ketersediaan setiap jenis bahan baku, harga perkg setiap jenis bahan baku, kandungan nutrisi, persentase kebutuhan nutrisi, dan persentase

minimum kandungan nutrisi. Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan variabel
 Pada pendefinisian variabel ini dilakukan penguraian variabel-variabel keputusan.
2. Formulasi model *Linear Programming* dengan konsep *fuzzy* $t = 0$ dan $t = 1$.
 Setelah dilakukan pendefinisian variabel keputusan, maka dilanjutkan dengan memformulasikan model *Linear Programming* dengan konsep *fuzzy* $t = 0$ dan $t = 1$ dengan fungsi tujuan minimasi.
2. Formulasi model *Fuzzy Linear Programming*
 Setelah memformulasikan model *Linear Programming* kemudian dilanjutkan dengan memformulasikan model *Fuzzy Linear Programming* dengan fungsi tujuan maksimasi.
3. Mencari solusi optimal
 Langkah berikutnya adalah pengolahan data untuk mencari solusi yang optimal dari formulasi *Linear Programming* dengan konsep *fuzzy* $t = 0$ dan $t = 1$ dengan menggunakan *software QM 2.1*. sedangkan untuk *Fuzzy Linear Programming* dengan menggunakan *software Lindo 6.1*.

Hasil dan Pembahasan

Model *Linear Programming*

Variabel keputusan adalah simbol matematika yang menggambarkan tingkatan aktivitas. Variabel keputusan untuk model *Linear Programming* untuk bahan baku pakan ikan buatan adalah sebagai berikut:

- X_1 : Kandungan nutrisi tepung jagung
- X_2 : Kandungan nutrisi tepung kepala udang
- X_3 : Kandungan nutrisi tepung bekicot
- X_4 : Kandungan nutrisi ampas tahu
- X_5 : Kandungan nutrisi dedak padi
- X_6 : Kandungan nutrisi bungkil kelapa
- X_7 : Kandungan nutrisi tepung galek
- X_8 : Kandungan nutrisi tepung beras

Fungsi tujuan merupakan hubungan matematika linear yang menjelaskan tujuan dalam terminologi variabel keputusan. Fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah mengoptimalkan biaya.

Formulasi model matematik *Linear Programming* pada penelitian ini adalah:

Minimumkan:

$$Z = 2.500X_1 + 4.000X_2 + 1.000X_3 + 1.500X_4 + 2.000X_5 + 1.500X_6 + 3.500X_7 + 4.000X_8$$

Pembatas:

- *Protein*
 $0,095X_1 + 0,5374X_2 + 0,5429X_3 + 0,2350X_4 + 0,1135X_5 + 0,1709X_6 + 0,0245X_7 + 0,1558X_8 \geq 20$
- *Lemak*

- $0,0195X_1 + 0,0665X_2 + 0,0418X_3 + 0,0540X_4 + 0,1215X_5 + 0,0944X_6 + 0,0143X_7 + 0,0120X_8 \geq 4$
- *Karbohidrat*
 $0,7172X_1 + 0,3045X_3 + 0,2692X_4 + 0,2862X_5 + 0,2377X_6 + 0,7612X_7 + 0,3473X_8 \geq 20$
- *Serat*
 $0,0537X_1 + 0,1461X_2 + 0,0105X_3 + 0,1703X_4 + 0,2446X_5 + 0,3040X_6 + 0,0460X_7 + 0,1073X_8 \geq 10$
- *Tepung jagung*
 $X_1 \leq 10$
- *Tepung kepala udang*
 $X_2 \leq 5$
- *Tepung bekicot*
 $X_3 \leq 20$
- *Ampas tahu*
 $X_4 \leq 20$
- *Dedak padi*
 $X_5 \leq 15$
- *Bungkil kelapa*
 $X_6 \leq 15$
- *Tepung galek*
 $X_7 \leq 10$
- *Tepung beras*
 $X_8 \leq 5$
- $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0$

Model *Linear Programming* dengan Konsep Logika *Fuzzy*

Dengan menggunakan konsep Logika *Fuzzy*, maka terdapat dua kemungkinan nilai toleransi untuk kandungan nutrisi, yaitu:

1. Nilai $t = 0$, mengindikasikan bahwa bahan baku pada pakan ikan buatan tidak membutuhkan penambahan kandungan nutrisi.
2. Nilai $t = 1$, mengindikasikan bahwa bahan baku pada pakan ikan buatan membutuhkan penambahan kandungan nutrisi.

Dengan adanya nilai toleransi interval ini, maka persamaan pembatas (*constrains*) untuk setiap kandungan nutrisi akan mengalami perubahan yaitu ditambahkan dengan nilai pembatas *Fuzzy*.

Berdasarkan fungsi tujuan dan pembatas (*constrains*) persamaan di atas, maka Model *Linear Programming* dengan konsep Logika *Fuzzy* untuk pakan ikan buatan adalah:

Minimumkan:

$$Z = 2.500X_1 + 4.000X_2 + 1.000X_3 + 1.500X_4 + 2.000X_5 + 1.500X_6 + 3.500X_7 + 4.000X_8$$

Pembatas:

- $0,095X_1 + 0,5374X_2 + 0,5429X_3 + 0,2350X_4 + 0,1135X_5 + 0,1709X_6 + 0,0245X_7 + 0,1558X_8 \geq 20 - t$
- $0,0195X_1 + 0,0665X_2 + 0,0418X_3 + 0,0540X_4 + 0,1215X_5 + 0,0944X_6 + 0,0143X_7 + 0,0120X_8 \geq 4 - 0,2t$

$$\begin{aligned}
 &0,7172X_1 + 0,3045X_3 + 0,2692X_4 + 0,2862X_5 + \\
 &0,2377X_6 + 0,7612X_7 + \\
 &0,3473X_8 \geq 20 - t \\
 &0,0537X_1 + 0,1461X_2 + 0,0105X_3 + 0,1703X_4 + \\
 &0,2446X_5 + 0,3040X_6 + 0,0460X_7 + \\
 &0,1073X_8 \geq 10 - 0,5t \\
 &X_1 \leq 10 - 0,5t \\
 &X_2 \leq 5 - 0,25t \\
 &X_3 \leq 20 - tX_4 \leq 20 - t \\
 &X_5 \leq 15 - 0,75t \\
 &X_6 \leq 15 - 0,75t \\
 &X_7 \leq 10 - 0,5t \\
 &X_8 \leq 5 - 0,25t \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan software QM 2.1 diperoleh output model Linear Programming dengan konsep Logika Fuzzy (t = 0, λ =1) adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Output Model Linear Programming dengan Konsep Logika Fuzzy (t = 0, λ =1)

Variable	Status	Value
Tepung jagung (X1)	Basic	4.7097
Tepung kepala udang (X2)	Basic	1.495
Tepung bekicot (X3)	Basic	20.
Ampas tahu (X4)	Basic	20.
Dedak padi (X5)	Basic	5.5301
Bungkil kelapa (X6)	Basic	15.
Tepung gaplek (X7)	NONBasic	0.
Tepung beras (X8)	NONBasic	0.
surplus 1	NONBasic	0.
surplus 2	Basic	0.1952
surplus 3	NONBasic	0.
surplus 4	NONBasic	0.
slack 5	Basic	5.2903
slack 6	Basic	3.505
slack 7	NONBasic	0.
slack 8	NONBasic	0.
slack 9	Basic	9.4699
slack 10	NONBasic	0.
slack 11	Basic	10.
slack 12	Basic	5.
Optimal Value (Z)		101,314.4

Dengan menggunakan software QM 2.1 diperoleh output model Linear Programming dengan konsep Logika Fuzzy (t = 1, λ =0) adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Output Model Linear Programming dengan Konsep Logika Fuzzy (t = 1, λ =0)

Variable	Status	Value
Tepung jagung (X1)	Basic	4.4742
Tepung kepala udang (X2)	Basic	1.4202
Tepung bekicot (X3)	Basic	19.
Ampas tahu (X4)	Basic	19.
Dedak padi (X5)	Basic	5.2536
Bungkil kelapa (X6)	Basic	14.25
Tepung gaplek (X7)	NONBasic	0.
Tepung beras (X8)	NONBasic	0.
surplus 1	NONBasic	0.
surplus 2	Basic	0.1854
surplus 3	NONBasic	0.
surplus 4	NONBasic	0.
slack 5	Basic	5.0258
slack 6	Basic	3.3298
slack 7	NONBasic	0.
slack 8	NONBasic	0.
slack 9	Basic	8.9964
slack 10	NONBasic	0.
slack 11	Basic	9.5
slack 12	Basic	4.75
Optimal Value (Z)		96,248.7

Model Fuzzy Linear Programming

Langkah awal sebelum membuat model Fuzzy Linear Programming adalah mencari nilai p₀. Nilai p₀ adalah hasil dari pengurangan antara Z pada saat t=1 dan Z pada saat t = 0, sehingga diperoleh nilai p₀:

$$\begin{aligned}
 p_0 &= 101.314,4 - 96.248,7 \\
 &= 5.065,7
 \end{aligned}$$

Tujuan dari pembentukan model Fuzzy Linear Programming ini adalah untuk mencari nilai antara 0 dan 1 yang merupakan konsep dari logika Fuzzy yang memiliki nilai yang optimal. Pada Fuzzy Linear Programming, nilai tersebut dilambangkan dengan λ. Sehingga Formulasi umum dari model Fuzzy Linear Programming menjadi:

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimumkan } Z = \lambda$$

Pembatas:

$$\begin{aligned}
 &5.065,7\lambda + 2.500X_1 + 4.000X_2 + 1.000X_3 + 1.500X_4 \\
 &+ 2.000X_5 + 1.500X_6 + 3.500X_7 + 4.000X_8 \leq \\
 &101.314.4 \\
 &-\lambda + 0,0950X_1 + 0,5374X_2 + 0,5429X_3 + 0,2350X_4 \\
 &+ 0,1135X_5 + 0,1709X_6 + 0,0245X_7 + \\
 &0,1558X_8 \geq 19 \\
 &-0,2\lambda + 0,0195X_1 + 0,0665X_2 + 0,0418X_3 + \\
 &0,0540X_4 + 0,1215X_5 + 0,0944X_6 + 0,0143X_7 + \\
 &0,0120X_8 \geq 3,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &-\lambda + 0,7172X_1 + 0,3045X_3 + 0,2692X_4 + 0,2862X_5 \\
 &+ 0,2377X_6 + 0,7612X_7 + 0,3473X_8 \geq 19 \\
 &-0,5\lambda + 0,0537X_1 + 0,1461X_2 + 0,0105X_3 + \\
 &0,1703X_4 + 0,2446X_5 + 0,3040X_6 + 0,0460X_7 + \\
 &0,1073X_8 \geq 9,5 \\
 &-0,5\lambda + X_1 \leq 9,5 - 0,25\lambda + X_2 \leq 4,75 \\
 &-\lambda + X_3 \leq 19 - \lambda + X_4 \leq 19 - 0,75\lambda + X_5 \leq 14,25 - 0,75\lambda \\
 &+ X_6 \leq 14,25 - 0,5\lambda + X_7 \leq 9,5 - 0,25\lambda + X_8 \leq 4,75 \\
 &\lambda, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 \geq 0
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan *software Lindo* 6.1 diperoleh output sebagai berikut:

Tabel 3 Output Model *Fuzzy Linear Programming*

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14			
OBJECTIVE FUNCTION VALUE			
1)		0.4999983	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
T	0.499998	0.000000	
X1	4.591926	0.000000	
X2	1.457620	0.000000	
X3	19.499998	0.000000	
X4	19.499998	0.000000	
X5	5.391885	0.000000	
X6	14.624999	0.000000	
X7	0.000000	0.137550	
X8	0.000000	0.183636	
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	
2)	0.000000	0.000099	
3)	0.000000	-0.676434	
4)	0.190288	0.000000	
5)	0.000000	-0.238417	
6)	0.000000	-0.214209	
7)	5.158073	0.000000	
8)	3.417380	0.000000	
9)	0.000000	0.343380	
10)	0.000000	0.111569	
11)	9.233113	0.000000	
12)	0.000000	0.089339	
13)	9.749999	0.000000	
14)	4.875000	0.000000	
15)	4.591926	0.000000	
16)	1.457620	0.000000	
17)	19.499998	0.000000	
18)	19.499998	0.000000	
19)	5.391885	0.000000	
20)	14.624999	0.000000	
21)	0.000000	0.000000	
22)	0.000000	0.000000	
NO. ITERATIONS= 14			

Perbandingan kebutuhan nutrisi dan bahan baku pakan ikan buatan model *Linear Programming* dengan Konsep Logika *Fuzzy* untuk $t = 0$ ($\lambda = 1$) dan $t = 1$ ($\lambda = 0$) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kebutuhan Nutrisi dan Bahan Baku Pakan Ikan Buatan Model *Linear Programming* dengan Konsep Logika *Fuzzy* untuk $t = 0$ ($\lambda = 1$) dan $t = 1$ ($\lambda = 0$)

No.	Keterangan	Ketersediaan	Kebutuhan $t = 0, \lambda = 1$ (kg)	Kebutuhan $t = 1, \lambda = 0$ (kg)
1	Protein	20	20	19
2	Lemak	4	4,2	3,98
3	Karbohidrat	20	17,46	16,58
4	Serat	10	9,5	9,5
5	Tepung jagung	10	4,71	4,47
6	Tepung kepala udang	5	1,50	1,42
7	Tepung bekicot	20	20	19
8	Ampas tahu	20	20	19
9	Dedak padi	15	5,53	5,25
10	Bungkil kelapa	15	15	14,25

Kebutuhan nutrisi dan bahan baku pakan ikan buatan model *Fuzzy Linear Programming* dengan $\lambda = 0,5$ dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Kebutuhan Nutrisi dan Bahan Baku Pakan Ikan Buatan *Fuzzy Linear Programming* $\lambda = 0,5$

No.	Keterangan	Kebutuhan pada $\lambda = 0,5$ (kg)	Derajat Keanggotaan	Kebutuhan Ideal (kg)
1	Protein	19,50	1	19
2	Lemak	4,09	0,05	3,99
3	Karbohidrat	17,02	1	19
4	Serat	9,75	1	9,5
5	Tepung jagung	4,59	1	9,50
6	Tepung kepala udang	1,46	1	4,75
7	Tepung bekicot	19,50	1	19
8	Ampas tahu	19,50	1	19
9	Dedak padi	5,39	1	14,5
10	Bungkil kelapa	14,62	1	14,25

Berdasarkan Tabel 4 dan 5, dapat dilihat sumber daya yang jumlahnya berlebih dan berkurang. Untuk dapat mengetahui jumlah penambahan sumber daya yang ketersediaannya kurang adalah dengan menggunakan nilai λ . Nilai $\lambda = 0,5$ mengandung pengertian bahwa λ cut untuk setiap himpunan yang digunakan untuk mengimplementasikan setiap batasan sebesar 0,5. Dengan kata lain, skala terbesar $t = 1 - 0,5 = 0,5$, digunakan untuk menentukan besarnya penambahan terbesar dari setiap batasan yang diizinkan.

Berdasarkan pada Tabel 5, maka penambahan yang diizinkan selain yang memiliki derajat keanggotaan bernilai 1. Dengan demikian, penambahan yang diizinkan hanya untuk nutrisi lemak, nilai derajat keanggotaan 0,05. Derajat

keanggotaan yang bernilai 1 tidak perlu dilakukan penambahan karena ketersediaan sudah mencukupi.

Kesimpulan

Dengan menggunakan metoda *Fuzzy Linear Programming* $\lambda = 0,5$ diperoleh:

1. Kebutuhan bahan baku pakan ikan buatan adalah:

No.	Keterangan	Kebutuhan (kg)
1	Tepung jagung	4,59
2	Tepung kepala udang	1,46
3	Tepung bekicot	19,50
4	Ampas tahu	19,50
5	Dedak padi	5,39
6	Bungkil kelapa	14,62

2. Kandungan nutrisi pada bahan baku pakan ikan buatan adalah:

No.	Keterangan	Kebutuhan (kg)
1	Protein	19,50
2	Lemak	4,09
3	Karbohidrat	17,02
4	Serat	9,75

3. Kebutuhan ideal setiap nutrisi dan bahan baku pakan ikan buatan adalah:

No.	Keterangan	Kebutuhan (kg)
1	Protein	19,50
2	Lemak	3,99
3	Karbohidrat	19
4	Serat	9,5
5	Tepung jagung	9,50
6	Tepung kepala udang	4,75
7	Tepung bekicot	19
8	Ampas tahu	19
9	Dedak padi	14,5
10	Bungkil kelapa	14,25

4. Penambahan yang diizinkan untuk nutrisi lemak sebesar 0, 1 kg.

5. Dengan menggunakan *Fuzzy Linear Programming* ($\lambda = 0,5$) biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp 98.795 (Rp 2.519,4 lebih kecil dibandingkan dengan hasil *Linear Programming*). Berarti dengan menggunakan metoda *Fuzzy Linear Programming* dapat meminimumkan biaya bahan baku pembuatan pakan ikan buatan sebesar 2,50%.

Daftar Pustaka

[1] Afrianto, E. dan Evi L. 2005. *Pakan Ikan*, Kanisius. Yogyakarta.

[2] Devani, V. dan Sri B. Optimasi Kandungan Nutrisi Pakan Ikan Buatan dengan Menggunakan *Multi Objective (Goal) Programming Model*. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*. Vol. 12, No. 2, Juni 2015, pp.255-261.

[3] Dharmawan, B. 2012. *Usaha Pembuatan Pakan Ikan Konsumsi*, Pustaka Baru Press. Yogyakarta.

[4] Djarijah, A. S. 1996. *Pakan Ikan Alami*. Kanisius, Yogyakarta.

[5] Hiller, F. S. dan Gerald J. L. 1990. *Pengantar Riset Operasi*. Erlangga. Jakarta.

[6] Kusumadewi, S. dan Hari P. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

[7] Mudjiman, A. 2011. *Pakan Ikan*. Penebar Swadaya. Depok.

[8] Suantio, H., A. Jabbar M. R., Ikhsan S. Aplikasi Fuzzy Linear Programming untuk Produksi Bola Lampu di PT XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU* Vol 2, No. 2, Juni 2013. pp. 42-46.

[9] Suseno, Ari Z. A. Aplikasi Fuzzy Linear Programming (FLP) dan Simulasi Arena 10.0 untuk Mengoptimalkan *Production Planning*. *J@TI Undip*. Vol. IX, No. 3, September 2014. Pp.147-150.

[10] Tarliah, T. dan Ahmad D. 2006. *Operations Research*. Sinar Baru. Bandung.

[11] Yulianto, A.W., Hardi S, dan Mashuri. Aplikasi Fuzzy Linear Programming Produksi dalam Optimalisasi Produksi. *UNNES Journal of Mathematics*. Vol. 1, No. 1. 2012. pp. 8-14.