

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Sebagai negara yang agraris, beras merupakan bahan makanan utama yang dihasilkan dan merupakan makanan pokok di Indonesia. Semakin pesatnya perkembangan jumlah penduduk di Indonesia, berpengaruh pada persediaan beras yang harus ditingkatkan dengan cara pengelolaan pertanian yang baik sehingga diperoleh produksi padi yang tinggi. Pada produksi padi, pengelolaan nutrisi atau unsur hara memegang peranan penting terutama pada pengelolaan pupuk.

Pemberian pupuk yang kurang tepat dapat berakibat buruk bagi hasil panen. Oleh karena itu, petani membutuhkan kombinasi takaran pupuk yang tepat seperti *Nitrogen* (N), *Phosphorus* (P), dan *Kalium* (K) untuk memperoleh hasil panen yang tinggi dan meminimalkan biaya pengeluaran untuk pupuk. Salah satu solusi yang diberikan adalah dengan mengkombinasikan jumlah pemberian pupuk yang optimal.

Penyelesaian masalah pertanian telah dipelajari dalam beberapa studi dengan metode *Goal Programming* (Romero, 1986). Pada penelitian sebelumnya telah dibahas pendekatan *Fuzzy Goal Programming* dalam manajemen hara (Ardiana, 2011) dan aplikasi pendekatan *Fuzzy Goal Programming* pada perencanaan produksi *aggregate* (Sesiana, 2011). Pada skripsi ini akan diformulasikan model kombinasi pupuk dan manajemen hara dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan (Chih-Sheng dan Ching-Gung, 1997) dengan dua variabel tingkat pencapaian untuk model *Fuzzy Goal Programming* (FGP) dengan beberapa tujuan dan kendala. Ketidajelasan anggaran untuk pupuk dari petani dan hasil panen padi, maka diformulasikan model dengan toleransi berdasarkan model *Fuzzy Goal Programming*. Toleransi dalam hal ini, yaitu batasan penurunan atau kenaikan maksimal atau minimal dari target yang telah ditentukan.

Dalam *Goal Programming* umum, parameter masalah perlu didefinisikan secara tepat. Dalam masalah perencanaan pertanian, nilai dari beberapa parameter mungkin tidak diketahui persis atau didefinisikan samar. Kesamaran dapat bersumber dari sifat *fuzzy* dari informasi. Konsep *fuzzy* dianggap dapat menggambarkan situasi nyata yang sebenarnya terjadi.

Banyuwangi merupakan daerah yang maju dalam hasil pertanian terutama padi (Anonymous, 2010). Untuk lebih meningkatkan hasil pertanian Dinas Pertanian Banyuwangi memberikan rekomendasi, terutama masalah dosis pupuk. Rekomendasi dosis pupuk didapat dari hasil uji tanah. Masalah pengelolaan unsur hara dalam skripsi ini, akan dicari gabungan kombinasi pupuk yang optimal sehingga dicapai hasil panen maksimal dengan biaya minimal. Untuk lebih memperjelas pendekatan *Fuzzy Goal Programming* (FGP) pada masalah di lapangan, pada skripsi ini dibahas optimalisasi kombinasi pupuk untuk perencanaan hasil pertanian padi di Desa Kembiritan Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang dibahas sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian pada masalah kombinasi pupuk dalam perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi ?
2. Bagaimana hasil kombinasi pupuk yang optimal dalam perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi dengan menggunakan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Data yang digunakan adalah data rekomendasi pupuk dari Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi tahun 2012 berdasarkan hasil uji tanah.
2. Komoditas yang diteliti hanya tanaman padi.
3. Jenis pupuk yang digunakan hanya pupuk anorganik yaitu N-P-K dan campuran dari ketiganya.
4. Model diformulasikan dengan toleransi berdasarkan model *Fuzzy Goal Programming*.

1.4 Asumsi

Asumsi dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Diasumsikan faktor-faktor lain meliputi iklim, irigasi, penggunaan insektisida, dan penyebaran hama bersifat stabil/tetap.
2. Diasumsikan jenis padi tidak mempengaruhi hasil panen padi.
3. Diasumsikan persediaan pupuk dalam kondisi stabil/normal.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Menerapkan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian pada masalah kombinasi pupuk dalam perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi.
2. Menghasilkan kombinasi pupuk yang optimal dalam perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi digunakan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Linear Programming*

Pemrograman linear (*Linear Programming*) adalah sebuah metode matematis yang berkarakteristik linear untuk menemukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan terhadap satu susunan kendala. Pemrograman linear merupakan salah satu teknik *Operations Research*, teknik ini telah menjadi dasar pengembangan teknik *Operations Research* yang lain seperti *Goal Programming*. Model pemrograman linear mempunyai tiga unsur utama, yaitu:

a. Variabel keputusan

Variabel keputusan adalah variabel persoalan yang akan mempengaruhi nilai tujuan yang akan dicapai. Di dalam proses pemodelan, penemuan variabel keputusan tersebut harus dilakukan terlebih dahulu sebelum merumuskan fungsi tujuan dan kendala-kendalanya.

b. Fungsi tujuan

Dalam model pemrograman linear, tujuan yang akan dicapai harus diwujudkan ke dalam sebuah fungsi matematika linear. Selanjutnya, fungsi itu dimaksimalkan atau diminimumkan terhadap kendala-kendala yang ada.

c. Fungsi kendala

Ada tiga macam kendala, yaitu:

- 1) Kendala berupa pembatas
- 2) Kendala berupa syarat
- 3) Kendala berupa keharusan

Ketiga macam kendala tersebut akan selalu dijumpai di dalam setiap susunan kendala kasus pemrograman linear, baik sejenis maupun gabungan dari ketiganya.

Model matematis pemrograman linear berbeda dengan bentuk fungsi matematika pada model optimasi umumnya, model matematis pemrograman linear memiliki struktur tertentu yang bersifat baku agar realitas dijelaskan dengan baik oleh model atau agar realitas itu dapat dibaca langsung melalui fungsi-fungsi matematika yang mewakili model.

Struktur model matematis teknik pemrograman linear diawali oleh fungsi tujuan yaitu sebuah fungsi matematika yang mencerminkan tujuan model. Fungsi tujuan itu harus diminimumkan atau dimaksimumkan terhadap suatu susunan kendala sehingga di dalam fungsi tujuan harus muncul pernyataan mengenai arah tujuan tersebut. Oleh karena itu, hanya ada dua kemungkinan fungsi tujuan, yaitu:

1. Maksimumkan $Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$
2. Minimumkan $Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Dalam hal ini, notasi Z digunakan untuk menandai nilai fungsi tujuan, nilai Z bergantung pada nilai X_1, X_2, \dots, X_n yang berfungsi sebagai variabel bebas. Pemaksimuman atau meminimuman fungsi tujuan terhadap fungsi kendala akan menghasilkan penyelesaian optimal, yaitu nilai variabel keputusan X_j yang memenuhi seluruh fungsi matematika kendala dan membuat nilai fungsi tujuan menjadi ekstrem. Nilai variabel keputusan X_j tersebut secara langsung dikendalikan oleh kapasitas kendala, yaitu parameter fungsi kendala yang ditempatkan di sisi sebelah kanan tanda pertidaksamaan atau persamaan kendala. Oleh karena itu, kapasitas kendala sering disebut dengan nilai ruas kanan (*Right Hand Side*).

Kendala adalah fungsi matematika yang mengendalikan nilai variabel keputusan. Abstraksi realitas di dalam model pemrograman linear mengendaki pembatasan terhadap setiap penyelesaian yang bernilai negatif. Oleh karena itu, model pemrograman linear selalu dilengkapi dengan kendala yang menggiring penyelesaian ke arah bilangan positif (*non negativity constraints*). Dengan kata lain, seluruh bilangan harus dikendalikan agar bernilai positif.

(Siswanto, 2007).

2.2 Goal Programming

Goal Programming merupakan perluasan dari model program linear, sehingga seluruh asumsi, notasi, formulasi model matematis, prosedur perumusan model dan penyelesaiannya tidak berbeda. Perbedaannya hanya terletak pada sepasang variabel deviasional yang akan muncul di fungsi tujuan dan di fungsi-fungsi kendala, selain itu perbedaannya terletak pada struktur dan penggunaan fungsi tujuan. Dalam program linear fungsi tujuannya hanya satu tujuan,

sedangkan dalam *Goal Programming* semua tujuan (satu atau lebih) digabungkan dalam sebuah fungsi tujuan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengekspresikan tujuan dalam bentuk kendala tujuan (*goal constraint*), memasukkan variabel deviasional dalam kendala untuk mencerminkan seberapa jauh tujuan itu dicapai, dan menggabungkan variabel deviasional dalam fungsi tujuan.

Di dalam program linear tujuannya dapat memaksimalkan atau meminimumkan, sedangkan dalam *Goal Programming* tujuannya hanya untuk meminimumkan penyimpangan-penyimpangan dari tujuan-tujuan tertentu. Ini berarti semua masalah *Goal Programming* adalah masalah minimasi, karena penyimpangan-penyimpangan dari tujuan-tujuan itu diminimalkan, sebuah model *Goal Programming* dapat menyelesaikan beragam tujuan dengan dimensi atau satuan ukuran yang berbeda. Program linear berusaha mengidentifikasi solusi optimum dari dari suatu himpunan solusi layak, sedangkan *Goal Programming* mencari titik yang saling memuaskan dari sebuah persoalan dengan beberapa tujuan.

(Siswanto, 2007).

2.3 Model *Goal Programming*

Di dalam model *Goal Programming* menghadirkan sepasang variabel deviasional yang berfungsi untuk menampung penyimpangan atau deviasi yang akan terjadi pada ruas kiri suatu persamaan kendala terhadap nilai ruas kanannya. Agar deviasinya minimum, artinya nilai ruas kiri suatu persamaan kendala sebisa mungkin mendekati nilai ruas kanannya maka variabel deviasional itu harus diminimumkan di dalam fungsi tujuan.

Apabila pada model pemrograman linear kendala-kendala fungsional menjadi pembatas bagi usaha pemaksimalan atau meminimuman fungsi tujuan, maka pada model *Goal Programming* kendala-kendala itu merupakan sarana untuk mewujudkan sasaran yang hendak dicapai. Sasaran dalam hal ini dinyatakan sebagai nilai konstan pada ruas kanan kendala. Mewujudkan suatu sasaran berarti mengusahakan agar nilai ruas kiri suatu persamaan kendala sama dengan nilai ruas kanannya.

Oleh karena itu, kendala-kendala di dalam model *Goal Programming* selalu berupa persamaan dan dinamakan kendala tujuan. Di samping itu, sebuah kendala tujuan selalu ditandai oleh kehadiran variabel deviasional sehingga setiap kendala tujuan pasti memiliki variabel deviasional.

Ada tiga jenis fungsi tujuan dalam *Goal Programming*, yaitu:

- Fungsi tujuan digunakan jika variabel deviasional dalam suatu masalah tidak dibedakan menurut prioritas atau bobot,

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \theta_i^- + \theta_i^+, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

- Fungsi tujuan digunakan dalam suatu masalah dengan urutan tujuan tetapi variabel deviasional di dalam setiap tingkat prioritas memiliki kepentingan yang sama,

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m P_k (\theta_i^- + \theta_i^+), \quad k = 1, 2, \dots, K.$$

- Fungsi tujuan tergantung pada situasi permasalahannya. Tujuan-tujuan diurutkan dan variabel deviasional pada setiap tingkat prioritas dibedakan dengan menggunakan bobot yang berlainan,

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m w_{ki} P_k (\theta_i^- + \theta_i^+), \quad k = 1, 2, \dots, K.$$

Keterangan:

θ_i^+ : variabel deviasional positif

θ_i^- : variabel deviasional negatif

P_k : *Preemptive priority factor* (suatu sistem urutan yang menunjukkan banyaknya tujuan dalam model)

w_{ki} : bobot yang diberikan

(Siswanto, 2007).

2.4 *Fuzzy Goal Programming*

Pada bagian ini, akan dijelaskan perbedaan tipe dari jenis tujuan *fuzzy* dan model umum *Fuzzy Goal Programming*, fungsi keanggotaan berdasarkan tujuan *fuzzy* dan toleransi dari model *Fuzzy Goal Programming*.

2.4.1 Jenis tujuan dan model umum *Fuzzy Goal Programming*

Pada model *Fuzzy Goal Programming*, ada dua tipe dari tujuan *fuzzy*, yaitu:

a. $z_k(x) \gtrsim b_k$ (2.1)

Pembuatan keputusan akan terpenuhi untuk nilai yang lebih kecil dari b_k sampai nilai penyimpangan yang ditandai dengan batas toleransi.

b. $z_k(x) \lesssim b_k$ (2.2)

Pembuatan keputusan akan terpenuhi untuk nilai yang lebih besar dari b_k sampai nilai penyimpangan yang ditandai dengan batas toleransi.

$z_k(x)$ ($k = 1, 2, \dots, K$), dengan x adalah variabel keputusan, b_k adalah level aspirasi dari k -th tujuan kendala. Simbol " \gtrsim " bentuk *fuzzy* dari " \geq " dan " \lesssim " bentuk *fuzzy* dari " \leq ".

Model umum dari *Fuzzy Goal Programming*, yaitu: diberikan nilai x yang memenuhi

$$\begin{aligned} z_k(x) &\gtrsim b_k, & k = 1, 2, \dots, K_1, \\ z_k(x) &\lesssim b_k, & k = 1, 2, \dots, K_2 \end{aligned}$$

dengan kendala: $Ax \leq B$
 $x \geq 0$

A adalah koefisien model kendala dan B adalah nilai RHS (*right hand side*).

2.4.2 Fungsi keanggotaan dari tujuan *fuzzy*

Definisi dari batas toleransi minimal berdasarkan tujuan *fuzzy* (2.1) dan batas toleransi maksimal berdasarkan tujuan *fuzzy* (2.2), fungsi keanggotaan ditulis dalam pembuatan keputusan *fuzzy*. Batas toleransi bergantung pada pembuat keputusan dan konteks pembuatan keputusan.

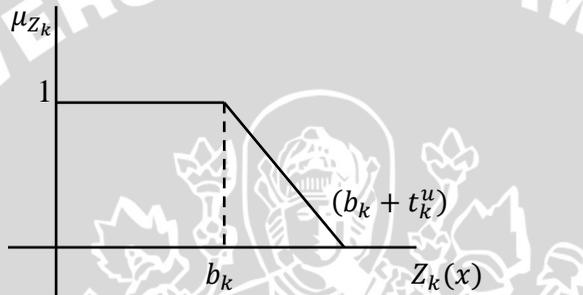
1. Jika t_k^l menjadi batas toleransi minimal untuk pencapaian kepuasan dari b_k dari k -th tujuan *fuzzy* $z_k(x) \gtrsim b_k$, maka fungsi keanggotaan dapat ditulis menjadi:

$$\mu_{z_k}(x) = \begin{cases} 1, & Z_k(x) \geq b_k \\ \frac{Z_k(x) - (b_k - t_k^l)}{t_k^l}, & b_k - t_k^l \leq Z_k(x) < b_k \\ 0, & Z_k(x) < b_k - t_k^l \end{cases}$$

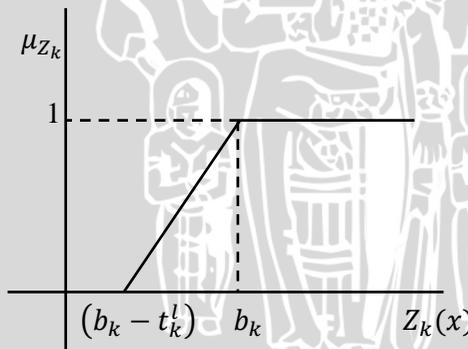
2. Jika t_k^u menjadi batas toleransi maksimal untuk pencapaian kepuasan dari b_k dari k-th tujuan fuzzy $Z_k(x) \lesssim b_k$, maka fungsi keanggotaan dapat ditulis menjadi:

$$\mu_{Z_k}(x) = \begin{cases} 1, & Z_k(x) \leq b_k \\ \frac{(b_k + t_k^u) - Z_k(x)}{t_k^u}, & b_k < Z_k(x) \leq b_k + t_k^u \\ 0, & Z_k(x) > b_k + t_k^u \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan yang sesuai dengan dua jenis tujuan fuzzy dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Fungsi keanggotaan $Z_k(x) \lesssim b_k$



Gambar 2.2 Fungsi keanggotaan $Z_k(x) \gtrsim b_k$
(Sharma dan Jana, 2009).

2.4.3 Konsep Fuzzy Goal Programming

Model *Fuzzy Goal Programming* berhubungan dengan masalah pembuatan keputusan yang memiliki jenis tujuan $z_k(x) \gtrsim b_k$ dan $z_k(x) \lesssim b_k$. Ada beberapa kasus dari jenis tujuan *fuzzy*, yaitu:

1. Jika $z_k(x) \gtrsim b_k$ memenuhi, maka variabel deviasional negatif θ_i^- akan bernilai nol dan nilai derajat keanggotaan akan bernilai 1
2. Jika $z_k(x) \gtrsim b_k$ tidak memenuhi, maka variabel deviasional negatif θ_i^- akan bernilai tidak nol dan nilai derajat keanggotaan akan bernilai $[0,1)$.
3. Jika $z_k(x) \lesssim b_k$ memenuhi, maka variabel deviasional positif θ_i^+ akan bernilai nol dan nilai derajat keanggotaan akan bernilai 1.
4. Jika $z_k(x) \lesssim b_k$ tidak memenuhi, maka variabel deviasional positif θ_i^+ akan bernilai tidak nol dan nilai derajat keanggotaan akan bernilai $[0,1)$.

Menurut Hannan (1981), dalam pencapaian goal digunakan γ yang didefinisikan sebagai variabel tingkat pencapaian. Variabel γ berlaku untuk mewakili tingkat pencapaian goal secara keseluruhan. Adapun tingkat pencapaian masing-masing goal untuk dua goal dapat ditunjukkan dengan variabel γ_1 dan γ_2 .

Memaksimalkan nilai keanggotaan dirumuskan dengan menggunakan dua variabel sebagai berikut.

Max $w_1\gamma_1 + w_2\gamma_2$
dengan kendala

$$\begin{aligned} \frac{Z_k(x)}{t_k} - \theta_k^+ + \theta_k^- &\cong \frac{b_k}{t_k} \\ \frac{(B_k + \sigma_k) - (Ax)_k}{\sigma_k} &\geq \gamma_2 \\ \frac{(Ax)_k + (B_k - \sigma_k)}{\sigma_k} &\geq \gamma_2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q}{t_k^l} &\geq \frac{Y_p}{t_k^l} \\ \gamma_1 - \theta_1^+ + \theta_1^- &\leq 1 \\ \gamma_2 - \theta_2^+ + \theta_2^- &\leq 1 \end{aligned}$$

$$0 \leq \gamma_1 \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_2 \leq 1$$

$$x_n, \theta_k^+, \theta_k^- \geq 0$$

- A : koefisien dari kendala
 B_k : nilai *Right Hand Side* dari model
 σ_k : toleransi untuk RHS kendala
 t_k : toleransi

(Chih-Sheng dan Ching-Gung, 1997).^G

2.5 Model Pengelolaan Unsur Hara

2.5.1 Indeks, variabel, dan parameter

Ada beberapa indeks, variabel, dan parameter yang berpengaruh pada model pengelolaan unsur hara, yaitu:

- n : indeks pupuk $n \in \{1, 2, \dots, N\}$
 q : indeks unsur hara $q \in \{1, 2, \dots, Q\}$
 X_n : berat pupuk kombinasi n (kg)
 C_n : harga pupuk X_n per kg
 A_n^q : berat unsur hara q dalam pupuk X_n (kg)
 L^q : batas minimal unsur hara q
 U^q : batas maksimal unsur hara q
 T : perkiraan total pengeluaran untuk pupuk
 Y : hasil panen padi per unit dalam n kali masa tanam
 Y_p : hasil panen padi per unit dalam satu kali masa tanam

2.5.2 Tujuan dan kendala model pengelolaan unsur hara

Model tujuan pada pengelolaan unsur hara sebagai berikut.

- a. Memaksimalkan hasil panen padi
 Memaksimalkan hasil panen padi merupakan hal yang diharapkan dapat dicapai untuk memaksimalkan hasil pertanian. Estimasi dari hasil panen padi merupakan salah satu cara yang baik untuk mengukur produktivitas padi. Hasil panen tidak hanya bergantung pada pemberian pupuk saja tetapi juga bergantung pada beberapa faktor lain yang dalam hal ini dianggap stabil atau diabaikan. Akibatnya, tidak mudah untuk menemukan sebuah gambaran yang nyata dari fungsi untuk hasil panen padi. Ada beberapa ketidakjelasan pada perkiraan hasil panen dan akan menjadi tepat

apabila diekpresikan dalam *fuzzy*, maka untuk memaksimalkan hasil panen padi dapat dibuat model matematikanya sebagai berikut.

$$f(\sum_{n=1}^N A_n^1 X_n, \sum_{n=1}^N A_n^2 X_n, \dots, \sum_{n=1}^N A_n^q X_n) \geq Y, \quad (2.4)$$

dimana f adalah fungsi dari 3 pupuk.

b. Meminimalkan biaya pengeluaran untuk pupuk

Total biaya pengeluaran dari pembelian jenis-jenis pupuk yang berbeda seharusnya kurang dari anggaran yang tersedia untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan biaya yang terjangkau. Model matematika untuk meminimalkan biaya pengeluaran pupuk sebagai berikut.

$$\sum_{n=1}^N C_n X_n \leq T \quad (2.5)$$

Model kendala pada pengelolaan unsur hara sebagai berikut.

a. Kebutuhan unsur hara

Kebutuhan unsur hara berperan cukup penting yang berhubungan dengan produksi padi. Kelebihan atau kekurangan unsur hara dalam kombinasi pupuk akan mengakibatkan dampak negatif pada produksi padi. Jadi diperlukan suatu batas minimal dan batas maksimal dalam pemberian unsur hara dalam kombinasi pupuk yang didefinisikan sebagai berikut.

i. Batas minimal adalah jumlah paling sedikit atau minimal pemberian unsur hara dalam kombinasi pupuk yang seharusnya dilakukan untuk menjamin hasil panen yang maksimal, maka didefinisikan model matematika sebagai berikut.

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \geq L^q, \quad q = 1, 2, \dots, Q \quad (2.6)$$

ii. Batas maksimal adalah jumlah paling banyak atau maksimal pemberian unsur hara dalam kombinasi pupuk untuk menghindari kelebihan unsur hara, maka didefinisikan model matematika sebagai berikut.

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \leq U^q, \quad q = 1, 2, \dots, Q \quad (2.7)$$

b. Penggunaan unsur hara pada setiap masa tanam

Kandungan hara pada setiap pupuk kombinasi diharapkan dapat memenuhi hasil panen pada setiap masa panen.

$$X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q \geq Y_p, \quad q = 1, 2, \dots, Q \quad (2.8)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

(Sharma dan Jana, 2009).

2.5.3 Model pengelolaan unsur hara dengan *Fuzzy Goal Programming*

Persamaan (2.4) sampai dengan (2.8) dimasukkan dalam persamaan (2.3) menjadi sebagai berikut.

Max $w_1\gamma_1 + w_2\gamma_2$

dengan kendala

$$\frac{f(\sum_{n=1}^N A_n^1 X_n, \sum_{n=1}^N A_n^2 X_n, \dots, \sum_{n=1}^N A_n^q X_n)}{t_1^l} - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq \frac{Y}{t_1^l}$$

$$\frac{\sum_{n=1}^N C_n X_n}{t_2^u} + \theta_2^- - \theta_2^+ \leq \frac{T}{t_2^u}$$

$$\frac{\sum_{n=1}^N A_n^q X_n + (L^q - \sigma_k)}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

$$\frac{(U^q + \sigma_k) - \sum_{n=1}^N A_n^q X_n}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

$$\frac{X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q}{t_1^l} \geq \frac{Y_p}{t_1^l}$$

$$\gamma_1 + \theta_k^- - \theta_k^+ \leq 1$$

$$\gamma_2 + \theta_k^- - \theta_k^+ \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_1 \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_2 \leq 1$$

$$x_n, \theta_k^+, \theta_k^- \geq 0$$

$$w_1 + w_2 = 1$$

w_1 : bobot untuk memaksimalkan hasil panen padi

w_2 : bobot untuk meminimumkan biaya pengeluaran untuk pupuk

(Chih-Sheng dan Ching-Gung, 1997).

2.6 Pupuk

Pupuk merupakan kunci dari kesuburan tanah karena berisi satu atau lebih unsur untuk menggantikan unsur yang telah habis terisap tanaman. Jadi, memupuk berarti menambah unsur hara ke dalam tanah dan tanaman. Secara umum pupuk dibagi dalam dua kelompok berdasarkan asalnya, yaitu:

- Pupuk anorganik seperti urea (pupuk N), TSP atau SP 36 (pupuk P), KCl (pupuk K),

- b. pupuk Organik seperti pupuk kandang, kompos, humus, dan pupuk hijau,
- c. pupuk hayati/pupuk mikrobiologis/*biofertilizer* adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup. Contohnya, pupuk hayati mikoriza.

(Sastrahidayat, 2011 dan Lingga dan Marsono, 2002).

2.7 Unsur Hara

Unsur hara adalah senyawa organik dan anorganik yang terkandung dalam tanah atau dengan kata lain nutrisi yang terkandung dalam tanah. Unsur hara sangat dibutuhkan oleh tanah dan merupakan komponen penting dalam pertumbuhan tanaman. Unsur hara terbagi dalam unsur makro dan unsur mikro. Kegunaan unsur-unsur hara bagi tanaman, yaitu:

1. *Nitrogen* (N)

Peranan utama nitrogen bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Selain itu, nitrogen berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis. Tanah yang kekurangan nitrogen akan menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tersendat-sendat. Daun menjadi hijau muda, terutama daun yang sudah tua, lalu berubah menjadi kuning. Selanjutnya daun mengering mulai dari bawah ke bagian atas, jaringannya mati, mengering, lalu meranggas.

2. *Phosphorus* (P)

Unsur phosphorus bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu, phosphorus berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi dan pernapasan, serta mempercepat pemasakan biji dan buah. Tanah yang kekurangan phosphorus akibatnya adalah warna daun seluruhnya berubah terlalu tua dan sering tampak mengilap kemerahan.

3. *Kalium* (K)

Fungsi utama Kalium adalah membantu pembentukan protein dan karbohidrat, memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Selain itu, kalium merupakan sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan

dan penyakit tanaman. Tanaman yang tumbuh pada tanah yang kekurangan unsur kalium akan memperlihatkan gejala seperti daun mengerut terutama pada daun tua walaupun tidak merata, kemudian pada daun akan timbul bercak-bercak merah cokelat, daun akan mengering dan mati.

(Lingga dan Marsono, 2002).

2.8 Kombinasi Pupuk

Kombinasi pupuk sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas hasil panen. Penggunaan pupuk tunggal kurang efektif karena hara yang dikandungnya hanya satu macam saja. Pemberian pupuk harus tepat tidak berlebihan ataupun kekurangan. Kelebihan pemberian pupuk menyebabkan terganggunya keseimbangan unsur-unsur hara dalam tanah, sedangkan pemberian pupuk yang terlalu sedikit menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik.

Pengkombinasian pupuk atau pupuk majemuk merupakan pupuk campuran yang sengaja dibuat oleh pabrik dengan cara mencampurkan dua atau lebih unsur hara. Pupuk majemuk ini sebenarnya sudah lama dibuat dengan mencampurkan pupuk-pupuk tunggal. Misalnya, pupuk nitrogen dicampurkan dengan pupuk phosphor menjadi pupuk NP, dan dicampurkan lagi dengan pupuk kalium menjadi NPK (Lingga dan Marsono, 2002).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum Daerah Studi

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Banyuwangi memiliki luas 5.782,50 km² dengan lahan persawahan sekitar 66.983 ha atau sekitar 11,58 % dari luas total. Kecamatan Genteng adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Banyuwangi yang memiliki lahan persawahan yang cukup luas sekitar 6.583 ha. Kabupaten Banyuwangi menjadi salah satu lumbung padi/pangan di Provinsi Jawa Timur. Di sektor pertanian komoditas utama yang dihasilkan adalah padi sebagai bahan makanan andalan (Anonymous, 2011).

3.2 Waktu dan Tempat Pengambilan Data

Data penelitian dalam skripsi ini diambil pada tanggal 4 Maret 2013 s/d 8 Maret 2013 di kelompok tani Desa Kembiritan Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi, Dinas pertanian Kabupaten Banyuwangi yang berlokasi di Jalan Jaksa Agung Suprpto nomor 80 Banyuwangi.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara wawancara langsung kepada kelompok tani dan PPL (Penyuluh Pertanian Lapangan) di desa yang bersangkutan untuk mendapat informasi yang lebih rinci tentang suatu permasalahan. Data primer yang didapatkan dari hasil wawancara (form wawancara lihat di lampiran 7) yaitu data tentang kombinasi pupuk pada kecamatan yang terkait, toleransi hasil panen padi, toleransi batas penggunaan hara, biaya pengeluaran untuk pupuk, toleransi biaya pengeluaran untuk pupuk.

Data sekunder didapatkan dengan pengumpulan data dan menggunakan data-data berupa arsip-arsip selama tahun 2012 (12 bulan) yang terdapat di Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi. Data-data sekunder yang didapatkan adalah data tentang rekomendasi kombinasi pupuk, harga pupuk, hasil produksi panen padi, pedoman pemakaian unsur hara pada tanah.

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian secara operasional yang dilakukan untuk membuat pengolahan kombinasi pupuk menjadi optimal, terdiri dari langkah-langkah berikut.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mencari penyebab timbulnya masalah-masalah dalam bidang pertanian, selanjutnya mencari pemecahan yang tepat dan memperbaiki proses pertanian.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang terjadi untuk mencari solusi yang tepat dalam menyelesaikannya.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan dengan mencari poin-poin dari permasalahan yang ditemukan dalam beberapa bidang pertanian. Tepatnya, perumusan masalah ini dilakukan setelah melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

4. Pengumpulan Data

Setelah merumuskan masalah, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan kombinasi pupuk dengan metode *Fuzzy Goal Programming*. Secara rinci, data yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

- Jumlah pupuk kombinasi n (X_n)
- Satuan harga pupuk dalam pupuk kombinasi X_n (C_n)
- Jumlah unsur hara q pada pupuk kombinasi X_n (A_n^q)
- Batas minimal unsur hara q dalam tanah (L^q)
- Batas maksimal unsur hara q dalam tanah (U^q)
- Estimasi total harga pupuk (T)
- Hasil panen padi per unit area (Y)
- Hasil panen padi per unit area dalam satu kali masa panen (Y_p)

5. Pengolahan Data

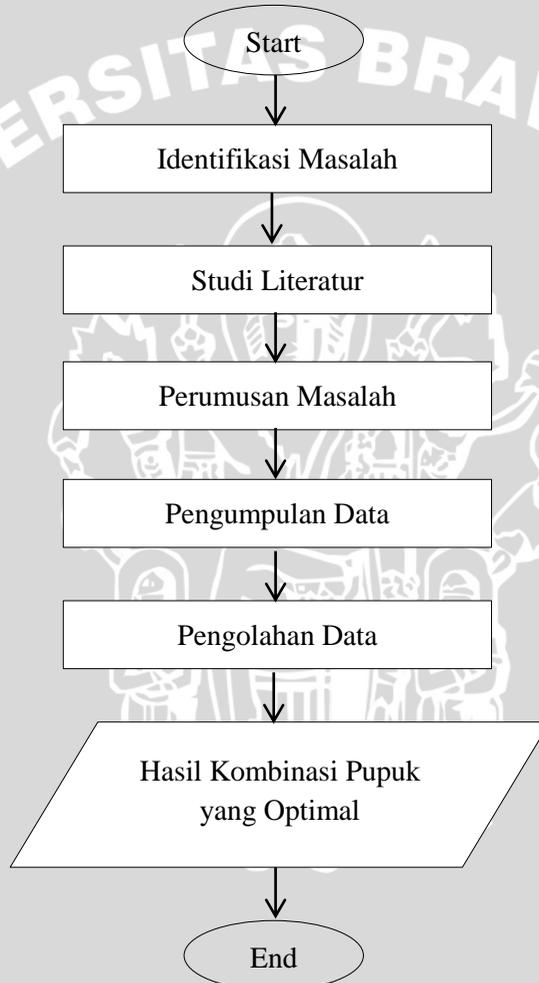
Memaksimalkan fungsi tujuan pertama hasil panen padi dan meminimumkan fungsi tujuan kedua biaya pengeluaran untuk pupuk dengan memasukkan data-data yang diperlukan. Setelah diperoleh nilai-nilai variabelnya dicari solusi yang paling optimal.

6. Interpretasi Numerik

Interpretasi optimalisasi kombinasi pupuk dengan metode *Fuzzy Goal Programming* dihitung menggunakan *software* LINGO 13.

7. Kesimpulan

Rancangan penelitian diuraikan dengan *flowchart* sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian

3.5 Analisis Data

Setelah semua data diperoleh, dilakukan beberapa langkah dalam analisis data, sebagai berikut.

1. Menentukan variabel keputusan

Terdapat 4 variabel keputusan yang menyatakan berat pupuk kombinasi (kg). Selanjutnya, akan diketahui berat setiap jenis pupuk dalam pupuk kombinasi sesuai dengan perbandingan berat yang terkandung terhadap berat pupuk kombinasi yang telah didapatkan. Variabel keputusan yang digunakan sebagai berikut.

X_1 : berat (kg) pupuk kombinasi 1

X_2 : berat (kg) pupuk kombinasi 2

X_3 : berat (kg) pupuk kombinasi 3

X_4 : berat (kg) pupuk kombinasi 4

2. Menentukan Fungsi Tujuan

Menentukan fungsi tujuan dengan cara memodelkan beberapa masalah menjadi beberapa model linear dan *Fuzzy Goal Programming*. Adapun fungsi tujuan sebagai berikut.

a. Rumusan *Fuzzy Goal Programming* untuk memaksimalkan hasil panen padi.

b. Rumusan *Fuzzy Goal Programming* untuk meminimalkan biaya pengeluaran untuk pupuk.

3. Menentukan Fungsi Kendala

Fungsi kendala dalam menyelesaikan model sebagai berikut.

a. Syarat batas penggunaan unsur hara.

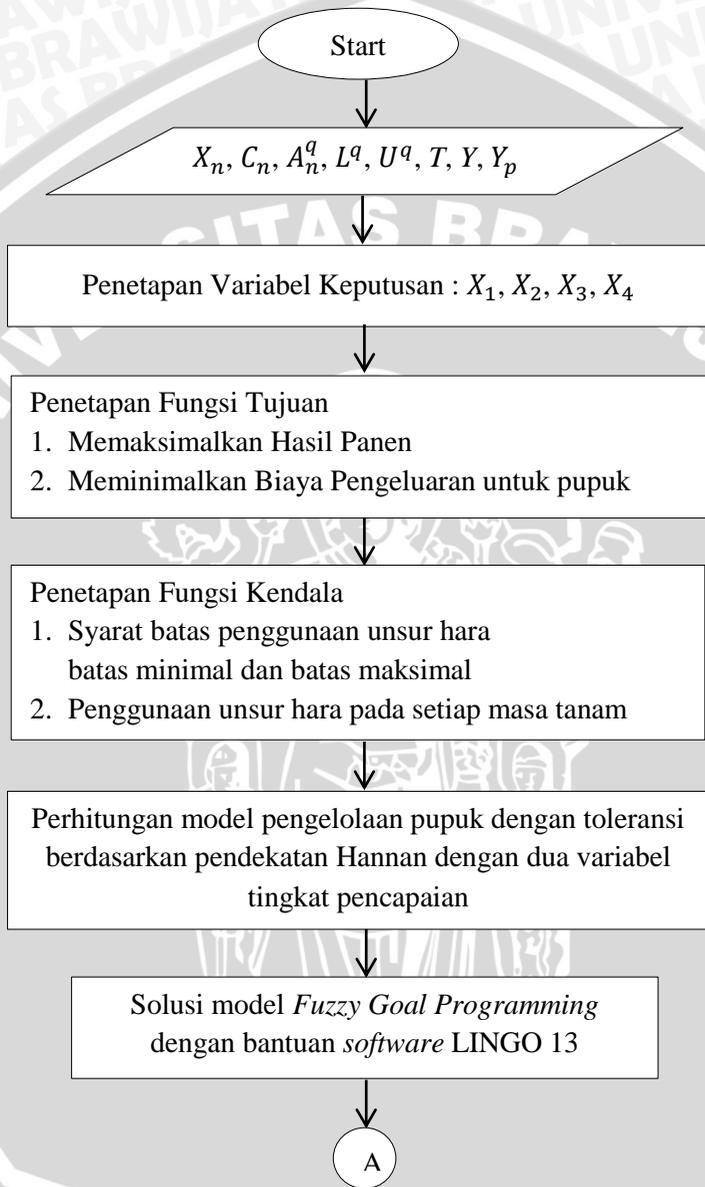
b. Penggunaan unsur hara pada setiap masa tanam.

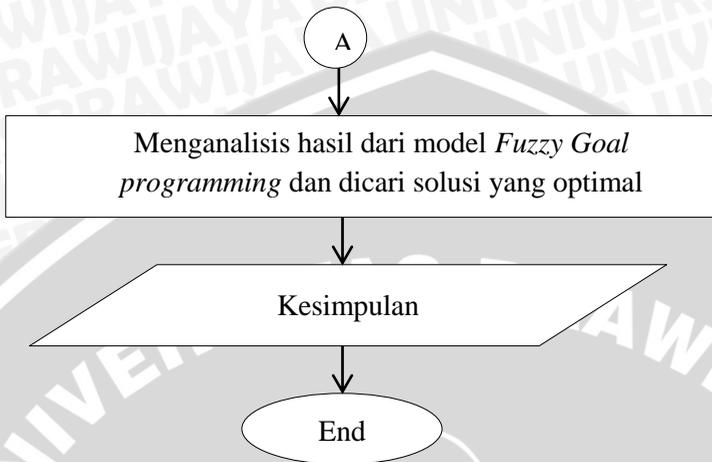
4. Penghitungan model pengelolaan kombinasi pupuk dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian.

5. Menyelesaikan model *Fuzzy Goal programming* dengan menggunakan *software* LINGO 13.

6. Setelah didapatkan hasilnya, dianalisis model dari *Fuzzy Goal programming* dan didapatkan hasil yang paling optimal dalam menyelesaikan masalah kombinasi pupuk untuk optimasi hasil panen padi dan minimasi biaya pengeluaran untuk pupuk.

Pengolahan data diuraikan dengan *flowchart* sebagai berikut.





Gambar 3.2 Diagram alir analisis data

3.6 *Software yang digunakan*

Pada skripsi ini, setelah dilakukan analisis data dan perhitungan, maka untuk implementasi program digunakan *software* LINGO 13.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertanian Padi di Kabupaten Banyuwangi

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Jawa Timur yang mempunyai luas wilayah terbesar, sehingga dengan adanya ketersediaan luas daerah tersebut, kesempatan untuk dijadikan sebagai lahan pertanian akan mempunyai peluang besar. Kabupaten Banyuwangi adalah lumbung padi nasional. Kapasitas produksinya merupakan yang terbesar di Jawa Timur dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sektor pertanian merupakan sektor ekonomi paling dominan bila diperhatikan berdasarkan struktur ekonomi Kabupaten Banyuwangi.

Besarnya potensi pertanian Kab. Banyuwangi ini tentu saja tak lepas dari kondisi ekologisnya yang sangat menguntungkan. Sekitar 183.396,34 ha dari luas wilayah ini adalah kawasan hutan, 66.152 ha persawahan dan 82.143,63 ha perkebunan. Untuk diketahui, jenis padi atau beras yang banyak dihasilkan dari daerah ini adalah IR-64 yang beraroma wangi. Beras jenis ini sangat laku di pasaran dan merupakan salah satu andalan kegiatan perdagangan Banyuwangi selama ini.

Kecamatan Genteng merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Banyuwangi yang mempunyai area sawah seluas 5.684 ha yang tergolong luas dibandingkan dengan area sawah kecamatan lain. Berdasarkan keterangan Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) Kecamatan Genteng, produksi sawah padi mencapai 7 ton/ha. Penggunaan pupuk anorganik tetap diterapkan sesuai kebutuhan hara tanah yang diuji terlebih dahulu dengan mengambil beberapa sampel tanah di area pertanian Genteng. Dari hasil uji tanah, Dinas Pertanian mempunyai beberapa rekomendasi pupuk kombinasi anorganik. Setiap pupuk kombinasi terdiri dari 3-4 jenis pupuk (lihat di lampiran 3).

Untuk setiap masa tanam padi, petani mempunyai anggaran sebesar Rp 900.000 dengan hasil panen rata-rata 4-7 ton per ha. Hasil terbesar yang pernah dicapai adalah 7 ton/ha. Batas penggunaan hara Nitrogen antara 50% - 125% per 100 kg, sedangkan hara Fosfat antara 30% - 45% per 100 kg, dan Kalium antara 15% - 30% per 100 kg.

4.2 Model Fungsi Tujuan *Fuzzy Goal Programming*

Tujuan-tujuan dari masalah kombinasi pupuk dengan *Fuzzy Goal Programming* ini multiobjektif yang saling bertentangan.

4.2.1 Memaksimalkan hasil panen padi

Fungsi tujuan yang pertama adalah memaksimalkan hasil panen padi pada setiap musim panen dengan hasil panen sebesar 7000 kg/ha. Petani menggunakan satu pupuk kombinasi untuk satu kali masa tanam. Hasil panen untuk empat pupuk kombinasi adalah sebesar 28000 kg/ha yaitu dalam empat kali masa panen. Toleransi yang digunakan sebesar 350 kg.

$$\frac{f(\sum_{n=1}^N A_n^1 X_n, \sum_{n=1}^N A_n^2 X_n, \dots, \sum_{n=1}^N A_n^q X_n)}{t_1^l} - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq \frac{Y}{t_1^l}$$

Tabel 4.1 Total kandungan hara tiap kombinasi pupuk

No	Kombinasi pupuk (kg/ha)	Total kandungan hara (kg)		
		N	P	K
1	248 Urea + 40 KCl + 160 Phonska	135,6	24	48
2	248 Urea + 50 KCl + 170 Phonska	137,1	25,5	55,5
3	250 Urea + 30 KCl + 150 Phonska	135	22,5	40,5
4	250 Urea + 50 KCl + 180 Phonska	139,5	27	57

$$f(\sum_{n=1}^N A_n^1 X_n, \sum_{n=1}^N A_n^2 X_n, \dots, \sum_{n=1}^N A_n^q X_n) - \theta_k^+ + \theta_k^- \geq Y \quad (4.1)$$

Dari persamaan (4.1) diperoleh,

$$135,6X_1 + 137,1X_2 + 135X_3 + 139,5X_4 + 24X_1 + 25,5X_2 + 22,5X_3 + 27X_4 + 48X_1 + 55,5X_2 + 40,5X_3 + 57X_4 - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq Y,$$

menjadi

$$207,6 X_1 + 218,1 X_2 + 198 X_3 + 223,5 X_4 - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq Y \quad (4.2)$$

Dengan memasukkan toleransi, persamaan (4.2) menjadi,

$$\frac{Z_1(x)}{t_1^l} - \theta_k^+ + \theta_k^- \geq \frac{b_1}{t_1^l}$$

$$\frac{207,6 X_1 + 218,1 X_2 + 198 X_3 + 223,5 X_4}{350} - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq \frac{28000}{350}$$

$$= 0,593 X_1 + 0,623 X_2 + 0,566 X_3 + 0,639 X_4 - \theta_1^+ + \theta_1^- \geq 80$$

4.2.2 Meminimalkan biaya pengeluaran pupuk

Fungsi tujuan yang kedua adalah meminimalkan biaya pengeluaran untuk pupuk setiap musim tanam padi dari biaya anggaran yang telah direncanakan oleh petani dengan biaya sebesar Rp 900.000. Toleransi yang digunakan adalah Rp 50.000.

Tabel 4.2 Harga pupuk yang beredar di Kabupaten Banyuwangi

No	Pupuk	Rumus kimia	Kandungan (per 100 kg)	Harga (Rp/kg)
1	Urea	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	N 45%	1.800
2	Phonska	NPK	N 15%	2.300
			P 15%	
			K 15 %	
4	KCl	K_2O	K 60%	2.200

Tabel 4.3 Harga pupuk kombinasi

No	Kombinasi pupuk (kg/ha)	Harga (Rp)	Harga (Rp/kg)
1	248 Urea + 40 KCl + 160 Phonska	902.400	2.014
2	248 Urea + 50 KCl + 170 Phonska	947.400	2.024
3	250 Urea + 30 KCl + 150 Phonska	861.000	2.002
4	250 Urea + 50 KCl + 180 Phonska	974.000	2.029

$$\sum_{n=1}^N C_n X_n - \theta_k^+ + \theta_k^- \leq T \quad (4.3)$$

Dari persamaan (4.3) diperoleh,

$$2014 X_1 + 2024 X_2 + 2002 X_3 + 2029 X_4 - \theta_2^+ + \theta_2^- \leq T \quad (4.4)$$

Dengan memasukkan toleransi, persamaan (4.4) menjadi,

$$\frac{Z_2(x)}{t_2^u} - \theta_k^+ + \theta_k^- \cong \frac{b_2}{t_2^u}$$

$$\frac{2014 X_1 + 2024 X_2 + 2002 X_3 + 2029 X_4}{50000} - \theta_2^+ + \theta_2^- \leq \frac{900000}{50000}$$

$$= 0,04028 X_1 + 0,04048 X_2 + 0,04004 X_3 + 0,04058 X_4 - \theta_2^+ + \theta_2^- \leq 18$$

4.3 Model Fungsi Kendala *Fuzzy Goal Programming*

4.3.1 Kebutuhan unsur hara

Kebutuhan unsur hara juga harus terpenuhi dalam setiap masa tanamnya. Tanah juga memiliki syarat batas minimal maupun maksimal dalam penggunaan unsur hara (lihat di lampiran 4 dan 5), karena kelebihan atau kekurangan unsur hara pada tanah berpengaruh pada kondisi tanah dan juga mempengaruhi hasil panen. Tabel 4.4 Syarat batas penggunaan hara

Pupuk	N (kg)	P (kg)	K (kg)
Min	50	30	15
Max	125	45	30

- a. Batas minimal adalah jumlah paling sedikit atau minimal pemberian unsur hara dalam kombinasi pupuk yang seharusnya dilakukan untuk menjamin hasil panen yang maksimal. Jumlah minimal menunjukkan kandungan hara yang harus diberikan untuk kondisi tanah dengan unsur hara yang tinggi. Toleransi yang diberikan adalah 0,5.

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \geq L^q \quad (4.5)$$

Dari persamaan (4.5) diperoleh,

$$135,6x_1 + 137,1x_2 + 135x_3 + 139,5x_4 \geq L^q$$

$$24x_1 + 25,5x_2 + 22,5x_3 + 27x_4 \geq L^q \quad (4.6)$$

$$48x_1 + 55,5x_2 + 40,5x_3 + 57x_4 \geq L^q$$

Dengan memasukkan toleransi, persamaan (4.6) menjadi,

$$\frac{(Ax)_k + (B_k - \sigma_k)}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

$$\frac{\sum_{n=1}^N A_n^q X_n + (L^q - \sigma_k)}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

Hara Nitrogen (N)

$$\frac{135,6 X_1 + 137,1 X_2 + 135 X_3 + 139,5 X_4 + (50 - 0,5)}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 271,2 X_1 + 274,2 X_2 + 270 X_3 + 279 X_4 + 99 \geq \gamma_2$$

Hara Fosfor (P)

$$\frac{24 X_1 + 25,5 X_2 + 22,5 X_3 + 27 X_4 + (30 - 0,5)}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 48 X_1 + 51 X_2 + 45 X_3 + 54 X_4 + 59 \geq \gamma_2$$

Hara Kalium (K)

$$\frac{48 X_1 + 55,5 X_2 + 40,5 X_3 + 57 X_4 + (15 - 0,5)}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 96 X_1 + 111 X_2 + 81 X_3 + 114 X_4 + 29 \geq \gamma_2$$

- b. Batas maksimal adalah jumlah paling banyak atau maksimal pemberian unsur hara dalam kombinasi pupuk untuk menghindari kelebihan unsur hara. Toleransi yang diberikan adalah 0,5.

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \leq U^q \quad (4.7)$$

Dari persamaan (4.7) diperoleh,

$$135,6x_1 + 137,1x_2 + 135x_3 + 139,5x_4 \leq U^q$$

$$24x_1 + 25,5x_2 + 22,5x_3 + 27x_4 \leq U^q \quad (4.8)$$

$$48x_1 + 55,5x_2 + 40,5x_3 + 57x_4 \leq U^q$$

Dengan memasukkan toleransi, persamaan (4.8) menjadi,

$$\frac{(B_k + \sigma_k) - (Ax)_k}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

$$\frac{(U^q + \sigma_k) - \sum_{n=1}^N A_n^q X_n}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

Hara Nitrogen (N)

$$\frac{(125 + 0,5) - 135,6 X_1 + 137,1 X_2 + 135 X_3 + 139,5 X_4}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 251 - 271,2 X_1 + 274,2 X_2 + 270 X_3 + 279 X_4 \geq \gamma_2$$

Hara Fosfor (P)

$$\frac{(45 + 0,5) - 24 X_1 + 25,5 X_2 + 22,5 X_3 + 27 X_4}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 91 - 48 X_1 + 51 X_2 + 45 X_3 + 54 X_4 \geq \gamma_2$$

Hara Kalium (K)

$$\frac{(30 + 0,5) - 48 X_1 + 55,5 X_2 + 40,5 X_3 + 57 X_4}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$= 61 - 96 X_1 + 111 X_2 + 81 X_3 + 114 X_4 \geq \gamma_2$$

4.3.2 Penggunaan unsur hara pada setiap masa tanam

Kandungan hara pada setiap pupuk kombinasi ditargetkan untuk memenuhi hasil panen pada tiap masa panen yaitu sebesar 7000 kg/ha. Toleransi yang digunakan adalah 350 kg.

$$\frac{X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q}{t_1^l} \geq \frac{Y_p}{t_1^l}$$

dengan $n = 1,2,3,\dots, N$

$$\frac{207,6 X_1}{350} \geq \frac{7000}{350}$$

$$\frac{218,1 X_2}{350} \geq \frac{7000}{350}$$

$$\frac{198 X_3}{350} \geq \frac{7000}{350}$$

$$\frac{223,5 X_4}{350} \geq \frac{7000}{350}$$

menjadi

$$0,593 X_1 \geq 20$$

$$0,623 X_2 \geq 20$$

$$0,566 X_3 \geq 20$$

$$0,639 X_4 \geq 20$$



4.4 Syarat-Syarat Lain

Syarat-syarat lain merupakan kondisi non negatif yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}X_1, X_2, X_3, X_4 &\geq 0 \\ \gamma_1 + \theta_1^- - \theta_1^+ &\leq 1 \\ \gamma_2 + \theta_2^- - \theta_2^+ &\leq 1 \\ 0 &\leq \gamma_1 \leq 1 \\ 0 &\leq \gamma_2 \leq 1 \\ \theta_1^-, \theta_2^-, \theta_1^+, \theta_2^+ &\geq 0\end{aligned}$$

4.5 Solusi Model *Fuzzy Goal Programming* dengan *Software LINGO 13*

Dengan menggunakan *software LINGO 13* (*Output* program lihat di lampiran 2) didapatkan penyelesaian dengan dua variabel, yaitu:

$$X_1 = 33,72681 = 33,73$$

$$X_2 = 32,50273 = 32,5$$

$$X_3 = 35,33569 = 35,34$$

$$X_4 = 31,29890 = 31,3$$

$$\gamma_1 = 1$$

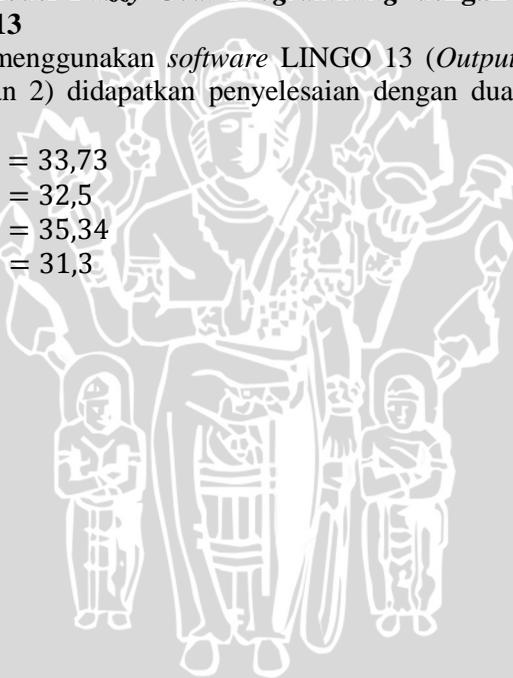
$$\gamma_2 = 1$$

$$\theta_1^- = 0$$

$$\theta_2^- = 0$$

$$\theta_1^+ = 0$$

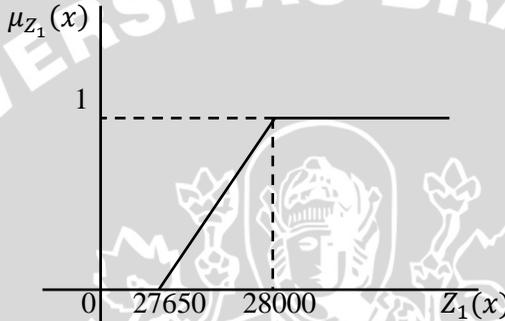
$$\theta_2^+ = 0$$



4.6 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

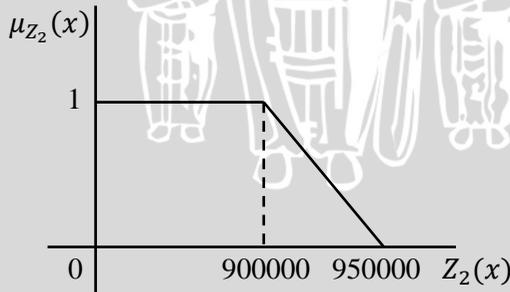
Fungsi keanggotaan untuk kedua tujuan model *Fuzzy Goal Programming* dapat ditunjukkan sebagai berikut.

$$\mu_{Z_1}(x) = \begin{cases} 1, & Z_1(x) \geq 28000 \\ \frac{Z_1(x) - 27650}{350}, & 27650 \leq Z_1(x) < 28000 \\ 0, & Z_1(x) < 27650 \end{cases}$$



Gambar 4.1 Fungsi keanggotaan Z_1

$$\mu_{Z_2}(x) = \begin{cases} 1, & Z_2(x) \leq 900000 \\ \frac{950000 - Z_2(x)}{50000}, & 900000 < Z_2(x) \leq 950000 \\ 0, & Z_2(x) > 950000 \end{cases}$$



Gambar 4.2 Fungsi keanggotaan Z_2

Didapatkan nilai fungsi keanggotaan untuk setiap fungsi tujuan, yaitu:

$$\mu_{Z_1}(x) = 1$$

$$\mu_{Z_2}(x) = 1$$

keterangan:

$\mu_{Z_1}(x)$ = Fungsi keanggotaan memaksimalkan hasil panen padi

$\mu_{Z_2}(x)$ = Fungsi keanggotaan meminimalkan biaya pupuk

4.7 Analisis Hasil

Hasil dari model penyelesaian pengelolaan kombinasi pupuk sebagai berikut.

$$X_1 = 33,72681 = 33,73$$

$$X_2 = 32,50273 = 32,5$$

$$X_3 = 35,33569 = 35,34$$

$$X_4 = 31,29890 = 31,3$$

$$\gamma_1 = 1$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\theta_1^- = 0$$

$$\theta_2^- = 0$$

$$\theta_1^+ = 0$$

$$\theta_2^+ = 0$$

$$Z_1(x) = 28083,468$$

$$Z_2(x) = 267970,6$$

$$\mu_{Z_1}(x) = 1$$

$$\mu_{Z_2}(x) = 1$$

$$X_1 : \text{berat (kg) pupuk kombinasi 1} = 33,73$$

$$X_2 : \text{berat (kg) pupuk kombinasi 2} = 32,5$$

$$X_3 : \text{berat (kg) pupuk kombinasi 3} = 35,34$$

$$X_4 : \text{berat (kg) pupuk kombinasi 4} = 31,3$$

Dari variabel keputusan yang diperoleh akan ditentukan campuran pupuk kombinasi yang optimal dengan cara mencari prosentase setiap pupuknya untuk empat kombinasi pupuk terhadap berat total pupuk dalam satu kombinasinya, yaitu:

Urea

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Urea (Kg)Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke-1 (Kg)}} \cdot X_1 + \frac{\text{Urea (Kg)Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke-2 (Kg)}} \cdot X_2 + \\
 &\frac{\text{Urea (Kg)Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke-3 (Kg)}} \cdot X_3 + \frac{\text{Urea (Kg)Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke-4 (Kg)}} \cdot X_4 \\
 &= \frac{248}{448} + \frac{248}{468} + \frac{250}{430} + \frac{250}{480} \\
 &= 72,74 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$

KCl

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{KCl (Kg)Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke-1 (Kg)}} \cdot X_1 + \frac{\text{KCl (Kg)Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke-2 (Kg)}} \cdot X_2 + \\
 &\frac{\text{KCl (Kg)Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke-3 (Kg)}} \cdot X_3 + \frac{\text{KCl (Kg)Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke-4 (Kg)}} \cdot X_4 \\
 &= \frac{40}{448} + \frac{50}{468} + \frac{30}{430} + \frac{50}{480} \\
 &= 12,21 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$

Phonska

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{Phonska (Kg)Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke-1 (Kg)}} \cdot X_1 + \frac{\text{Phonska (Kg)Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke-2 (Kg)}} \cdot X_2 + \\
 &\frac{\text{Phonska (Kg)Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke-3 (Kg)}} \cdot X_3 + \frac{\text{Phonska (Kg)Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke-4 (Kg)}} \cdot X_4 \\
 &= \frac{160}{448} + \frac{170}{468} + \frac{150}{430} + \frac{180}{480} \\
 &= 47,92 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penerapan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat pencapaian pada masalah kombinasi pupuk dalam perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi menghasilkan hasil panen padi yang dicapai dapat dimaksimalkan, yaitu sebesar 28083,468 kg/ha untuk empat kali masa panen dengan sekali masa panen, yaitu sebesar 7020,867 kg/ha dan biaya pengeluaran untuk pembelian pupuk dapat diminimalkan, yaitu sebesar Rp 267.970,6.
2. Hasil dari kombinasi pupuk yang optimal untuk perencanaan hasil panen padi di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi diselesaikan dengan bantuan *Software Lingo*. Dari *Software* tersebut didapat nilai variabel keputusan yang akan digunakan untuk mencari penyelesaian yang optimal dengan toleransi berdasarkan pendekatan Hannan dengan dua variabel tingkat kepuasan pada model *Fuzzy Goal Programming* dan diperoleh campuran pupuk kombinasi yang optimal adalah Urea 72,74 kg/ha, KCl 12,21 kg/ha, Phonska 47,92 kg/ha.

5.2 Saran

Saran dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Disarankan untuk menghitung kombinasi pupuk dengan metode yang lain seperti *Lexicographic Goal Programming*.
2. Disarankan menghitung kombinasi pupuk pada pupuk organik yang terkenal lebih murah dan memperbanyak jumlah kombinasi dari pupuknya.
3. Disarankan untuk menambah goal dan kendala untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2010. Info Banyuwangi. [http://www.google.com/ProfilKabupaten Banyuwangi.html](http://www.google.com/ProfilKabupatenBanyuwangi.html). Diakses pada tanggal 11 Maret 2013.
- Anonymous. 2011. Website Resmi Pemerintah Kabupaten Banyuwangi. [http://www.google.com/Revitalisasi pertanian mewujudkan banyuwangi sebagai lumbung pangan.html](http://www.google.com/RevitalisasiPertanianMewujudkanBanyuwangiSebagaiLambungPangan.html). Diakses pada tanggal 22 Maret 2013.
- Ardiana, Wardah Mega. 2011. *Pendekatan Fuzzy Goal Programming dalam Manajemen Hara*. Skripsi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Chih-Sheng Lee, C, Ching-Gung Wen, C. 1997. *Fuzzy Goal Programming Approach for Water Quality Management in A River Basin*. Fuzzy Sets and System 89, 181-192.
- Lingga, Pinus dan Marsono. 2002. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Romero, C. 1986. *A Survey of Generalized Goal Programming*. European Journal of Operational Research 25, 183-191.
- Sastrahidayat, Ika Rokhjatun. 1997. *Studi Rekayasa Teknologi Pupuk Hayati Mikoriza*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Sesiana, Nova. 2011. *Aplikasi Pendekatan Fuzzy Goal Programming pada Perencanaan Produksi Aggregate*. Skripsi FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Sharma, D.K., Jana, R.K. 2009. *Fuzzy Goal Programming Based Genetic Algorithm Approach to Nutrient Management for Rice Crop Planning*. International Journal of Production Economics, vol 121, 224-232.

Siswanto. 2007. *Operation Research, Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Input *Software* LINGO 13 dengan Dua Variabel Tingkat Kepuasan

```
max=0.5*G1+0.5*G2;  
0.593*x1+0.623*x2+0.566*x3+0.639*x4-A+B>=80;  
0.04028*x1+0.04048*x2+0.04004*x3+0.04058*x4-  
C+D<=18;  
271.2*x1+274.2*x2+270*x3+279*x4+99>=G2;  
48*x1+51*x2+45*x3+54*x4+59>=G2;  
96*x1+111*x2+81*x3+114*x4+29>=G2;  
251-271.2*x1+274.2*x2+270*x3+279*x4>=G2;  
91-48*x1+51*x2+45*x3+54*x4>=G2;  
61-96*x1+111*x2+81*x3+114*x4>=G2;  
0.593*x1>=20;  
0.623*x2>=20;  
0.566*x3>=20;  
0.639*x4>=20;  
x1>=0;  
x2>=0;  
x3>=0;  
x4>=0;  
G1-A+B<=1;  
G2-C+D<=1;  
G1>=0;  
G2>=0;  
G1<=1;  
G2<=1;  
A>=0;  
B>=0;  
C>=0;  
D>=0;  
END
```

Lampiran 2. Output *Software* LINGO 13 dengan Dua Variabel Tingkat Kepuasan

Global optimal solution found.
 Objective value:
 1.000000
 Infeasibilities:
 0.000000
 Total solver iterations:
 0

Model Class:
 LP

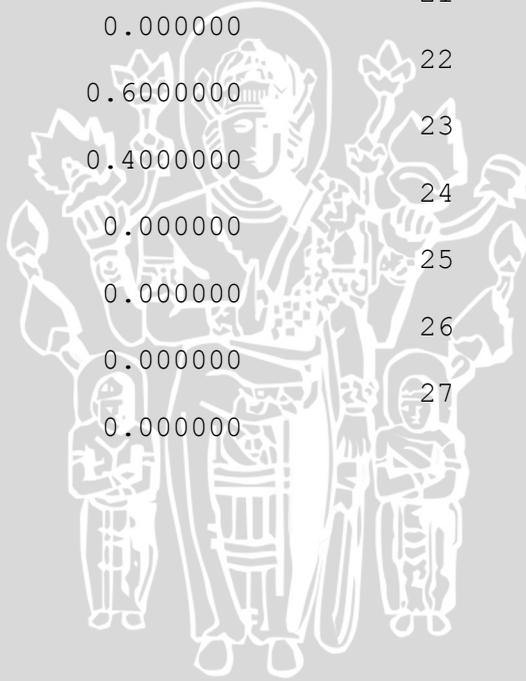
Total variables: 10
 Nonlinear variables: 0
 Integer variables: 0
 Total constraints: 27
 Nonlinear constraints: 0
 Total nonzeros: 66
 Nonlinear nonzeros: 0

Value	Reduced Cost	Variable
1.000000	0.000000	G1
1.000000	0.000000	G2
33.72681	0.000000	X1
32.50273	0.000000	X2
35.33569	0.000000	X3
31.29890	0.000000	X4

0.000000	0.000000	A
0.000000	0.000000	B
0.000000	0.000000	C
0.000000	0.000000	D

Slack or Surplus	Dual Price	Row
1.000000	1.000000	1
0.000000	0.000000	2
7.328507	0.000000	3
36270.81	0.000000	4
6564.873	0.000000	5
13244.94	0.000000	6
18053.39	0.000000	7
3343.099	0.000000	8
6785.395	0.000000	9
0.000000	0.000000	10
0.000000	0.000000	11
0.000000	0.000000	12
0.000000	0.000000	13
0.000000	0.000000	14
33.72681	0.000000	

32.10273	0.000000	15
35.33569	0.000000	16
31.29890	0.000000	17
0.000000	0.000000	18
0.000000	0.000000	19
1.000000	0.000000	20
1.000000	0.000000	21
0.000000	0.600000	22
0.000000	0.400000	23
0.000000	0.000000	24
0.000000	0.000000	25
0.000000	0.000000	26
0.000000	0.000000	27



**Lampiran 3. Data Rekomendasi Pupuk Kombinasi N, P, K dari
Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi**

No	Kecamatan	Rekomendasi pemupukan (kg/ha)			
		Target 7,0 t/ha			
		Urea	SP36	KCl	Phonska
1	Pesanggaran	248	0	40	160
2	Bangorejo	248	0	40	160
3	Purwoharjo	248	0	40	160
4	Tegaldlimo	248	0	40	240
5	Muncar	248	0	40	160
6	Cluring	248	0	40	160
7	Gambiran	248	0	40	160
8	Glenmore	248	0	40	160
9	Kalibaru	248	17	0	200
10	Genteng	248	0	40	160
11	Srono	248	0	40	160
12	Singojuruh	248	0	40	160
13	Rogojampi	248	0	40	160
14	Kabat	248	0	40	160
15	Songgon	248	0	40	160
16	Glagah	248	0	40	160
17	Banyuwangi	248	0	40	160
18	Giri	248	0	40	160
19	Wongsorejo	248	0	40	160
20	Sempu	248	0	40	160
21	Kalipuro	235	17	0	200
22	Siliragung	235	17	0	200
23	Tegalsari	248	0	40	160
24	Licin	248	0	40	160

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 4. Data Rekomendasi Pemupukan N (Urea) Menggunakan BWD (Bagan Warna Daun)

Pembacaan BWD	Dosis Pupuk N (7,0 t/ha)
	Pemupukan N ke 2 (21-28 hari)
$BWD \leq 3,0$	125
$BWD = 3,5$	100
$BWD \geq 4,0$	50

Lampiran 5. Data Rekomendasi Pemupukan P dan K Berdasarkan Status Hara P dan K Menggunakan PUTS (Perangkat Uji Tanah Sawah)

Status Hara P	Dosis Pupuk P (kg P_2O_5 /ha)
Rendah	40-45
Sedang	35-40
Tinggi	30-35
Status Hara K	Dosis Pupuk K (kg K_2O /ha)
Rendah	30
Sedang	20-30
Tinggi	15-20

Lampiran 6. Data Harga Eceran Tertinggi (HET) Pupuk Berdasarkan SK Pemerintah Kabupaten Banyuwangi

a. Pupuk Urea	: Rp. 1.800,- per kg;
b. Pupuk SP-36	: Rp. 2.000,- per kg;
c. Pupuk ZA	: Rp. 1.400,- per kg;
d. Pupuk NPK	: Rp. 2.300,- per kg;
e. Pupuk KCl	: Rp. 2.200,- per kg;
f. Pupuk Organik	: Rp. 500,- per kg;

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 7. Form Wawancara Pengambilan Data Primer

- **PPL (Penyuluh Pertanian Lapang) Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi**

1. Bagaimana kombinasi pupuk yang lain yang dapat diterapkan pada pertanian padi di Kecamatan Genteng jika didapat rekomendasi dari dinas pertanian untuk Kecamatan Genteng, yaitu 248 kg Urea, 40 kg KCl, dan 160 kg Phonska?
2. Berapa toleransi untuk hasil panen padi di Kecamatan Genteng jika didapatkan hasil panen sebesar 7 ton/ha?
3. Berapa toleransi maksimal dan minimal penggunaan unsur hara untuk pertanian padi di Kecamatan Genteng?
4. Berapa besar biaya pengeluaran untuk pupuk jika diketahui rekomendasi pupuk dari Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi?

- **Kelompok Tani Desa Kembiritan Kecamatan Genteng**

1. Berapa besar biaya pengeluaran yang digunakan untuk membeli pupuk untuk satu kali masa tanam?
2. Berapa toleransi yang diharapkan untuk biaya pengeluaran pupuk?

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 8. Surat Izin Pengambilan Data Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN MATEMATIKA

Jalan Veteran, Malang 65145, Indonesia
Telepon: +62-341-571142, Fax: +62-341-571142
E-mail: jurmatub@ub.ac.id <http://matematika.ub.ac.id>

Nomor : 163/UN10.9.4/PP/2013
Perihal : Ijin mengambil data penelitian

18 MAR 2013

Yth.
Kepala BPTP Jawa Timur
Jl. Karangploso 4
Malang

Sehubungan dengan Tugas Akhir mahasiswa kami :

Nama : Garnissa Harnum N.N.
NIM : 0910940053
Program Studi : Matematika
Judul TA : Optimasi Hasil Panen Padi Dengan Pendekatan Fuzzy Goal Programming Berbasis Algoritma Genetika

dengan ini kami sampaikan bahwa untuk keperluan Tugas Akhir tersebut, mohon yang bersangkutan dapat diijinkan untuk mengambil data kombinasi pupuk.

Demikian surat ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.



Ketua Jurusan,

Tembusan :
1. PD I FMIPA
2. Arsip

Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc
NIP. 196709071992031001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 9. Surat Keterangan Pengambilan Data di Dinas Pertanian Banyuwangi



PEMERINTAH KABUPATEN BANYUWANGI
DINAS PERTANIAN KEHUTANAN DAN PERKEBUNAN
Jalan Jaksa Agung Suprpto No. 80 - Telp. (0333) 421665

<http://www.banyuwangikab.go.id> E-Mail : dishutperpang@banyuwangikab.go.id
BANYUWANGI – Kode Pos 68425

SURAT KETERANGAN

Nomor : 521/ **729** /429.103/2013

Nama Instansi : Dinas Pertanian, Kehutanan dan Perkebunan Kab. Banyuwangi
Alamat : Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 80 Banyuwangi
Pihak terkait : Kepala Bidang Pertanian Tanaman Pangan

Menyatakan bahwa :

Nama : Garnissa Harnum NN
NIM : 0910940053
Judul TA : Aplikasi Kombinasi Pupuk Dengan Pendekatan Fuzzy Goal
Programming Berbasis Algoritma Genetika.

Telah menyelesaikan penelitian dan pengambilan data untuk kepentingan penyelesaian tugas akhir.

Banyuwangi, 4 Maret 2013

An. KEPALA DINAS PERTANIAN
KEHUTANAN DAN PERKEBUNAN
KABUPATEN BANYUWANGI
Kepala Bidang Pertanian Tanaman Pangan




Ir. PRATMADJA GUNAWAN
NIP. 19600202 198903 1 013

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

