

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perumusan model, penyelesaian secara numerik dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah merancang model optimasi matematis menggunakan pendekatan *bi-level programming* dalam permasalahan sistem pertanian di Indonesia. Model ini secara efektif menangkap struktur dua tingkat keputusan yang saling berkaitan:

- a. Fungsi Tujuan Tingkat Atas

Fungsi tujuan tingkat atas bertujuan untuk untuk memaksimalkan total hasil produksi pangan. Tujuan ini merupakan cerminan dalam menjamin ketahanan pangan (*food security*), stabilitas pasokan untuk industri, dan pemenuhan target produksi nasional.

- b. Fungsi Tujuan Tingkat Bawah

Fungsi tujuan pada tingkat bawah bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan finansial bersih (laba) dari kegiatan pertanian padi, tebu dan jagung, dengan tetap memperhatikan batasan dari tingkat atas.

Dengan demikian, model yang dikembangkan mampu merepresentasikan hubungan timbal balik antara kebijakan makro tingkat atas dan keputusan mikro di tingkat bawah.

2. Penelitian ini telah merumuskan formulasi fungsi tujuan dan kendala. Secara eksplisit, formulasi fungsi tujuan dan kendala sebagai berikut:

$$\max z = \sum_{i=1}^3 p_i \cdot x_i$$

$$\max z = \sum_{i=1}^3 (r_i - c_i) \cdot x_i$$

$$\text{S.t } \sum_{i=1}^3 (w_i \cdot x_i) \leq w$$

$$\sum_{i=1}^3 (l_i \cdot x_i) \leq L$$

$$t_i \leq \sum_{i=1}^3 (p_i \cdot x_i)$$

$$w \leq w_{tersedia}$$

$$l \leq l_{maksimum}$$

$$\sum_{i=1}^3 x_i = x_{total}$$

$$w, l, x_1, x_2, x_3 > 0$$

3. Penelitian ini terbukti dapat menjadi salah satu acuan strategi yang efektif untuk mendukung prinsip ekonomi hijau dalam sektor pertanian di Indonesia. solusi dari model matematis menunjukkan bahwa untuk mencapai tujuan ekonomi hijau, konfigurasi sistem pertanian yang optimal adalah:
 - a. Luas panen optimal untuk tanaman padi adalah 10.468.368,63 *ha*.
 - b. Luas panen optimal untuk tanaman jagung adalah 2.768.287,83 *ha*.
 - c. Luas panen optimal untuk tanaman tebu adalah 267.109,54 *ha*.
 - d. Penggunaan air sebesar 59.880.632.338,60 m^3 atau sekitar 46,34% dari total air yang tersedia, sedangkan penggunaan pupuk kimia sebesar 7.890.297.107,22 *kg* atau sekitar 88,63 % dari total pupuk kimia yang tersedia.
 - e. Nilai fungsi tujuan tingkat bawah (keuntungan) sebesar Rp 65.287.400.000.000 dan fungsi tujuan tingkat atas (produksi) sebesar 72.670.600 *ton*.

Temuan ini membuktikan adanya keseimbangan antara keuntungan finansial yang signifikan dengan pencapaian produksi pangan yang tinggi, tanpa melampaui daya dukung sumber daya yang tersedia.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan, baik untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya:

1. Saran untuk Penelitian Selanjutnya
 - a. Penelitian dapat diperluas dengan menambahkan variabel lain, seperti biaya distribusi, fluktuasi harga pasar, atau dampak perubahan iklim, agar model lebih representatif terhadap kondisi nyata.

- b. Pendekatan bi-level programming yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan metode optimasi lain seperti *multi-objective optimization* atau *stochastic programming* untuk mengakomodasi ketidakpastian pada sektor pertanian.
- c. Studi kasus dapat diperluas tidak hanya pada komoditas padi, jagung, dan tebu, tetapi juga melibatkan komoditas strategis lainnya seperti kedelai atau hortikultura, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar kebijakan pertanian yang lebih komprehensif.

Dengan adanya saran ini, diharapkan penelitian lanjutan dapat memberikan kontribusi yang lebih besar, baik dalam ranah akademik maupun praktis, sehingga pendekatan optimasi bi-level benar-benar dapat digunakan sebagai instrumen dalam mendukung ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan di Indonesia

