

Optimasi Produksi Tanaman Padi dan Jagung di Kabupaten Pesisir Selatan Menggunakan Metode Fungsi Penalti Eksterior

Emmelia Safani^{#1}, Devni Prima Sari^{*2}

[#]*Student of Mathematics Departement Universitas Negeri Padang, Indonesia*

^{*}*Lecturer of Mathematics Departement Universitas Negeri Padang, Indonesia*

¹emmeliasafani2020@gmail.com

²devniprimasari@fmipa.unp.co.id

Abstract — Planted area, harvested area, and the average production of rice and maize in Pesisir Selatan Regency in 2010-2018 fluctuated, thus affecting agricultural conditions and the economy of the community and government. Therefore, it is necessary to have an optimal planting area, harvest area, and average production of rice and maize. The purpose of this study was to determine the form of a mathematical model and the results of the solution to optimize the production of rice and maize in Pesisir Selatan Regency with the exterior penalty function method. This research method explains the basic concept of the n -order polynomial regression method for the mathematical model of nonlinear programming problems and solving nonlinear programming problems with the exterior penalty function method. The exterior penalty function method converts a constrained nonlinear problem into a constrained one. The data used are secondary data obtained from the publication of the Pusat Statistics Agency for Pesisir Selatan Regency in 2010-2018. The optimal result of the exterior penalty function method for rice plant area is 66.667 Ha, the planted area of maize is 16.667 Ha, and the average total production of rice and maize is 236,56 Kw/Ha.

Keywords — Production of Rice and Corn, Polynomial Regression Method, Exterior Penalty Function Method.

Abstrak — Luas tanam, luas panen, dan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan pada tahun 2010-2018 mengalami fluktuatif, sehingga mempengaruhi kondisi pertanian dan perekonomian masyarakat dan pemerintah. Oleh sebab itu, perlu adanya luas tanam, luas panen, dan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung yang optimal. Penelitian ini bertujuan membentuk model matematika dan hasil penyelesaian optimasi produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dengan metode fungsi penalti eksterior. Metode penelitian ini menjelaskan konsep dasar metode regresi polinomial berorde n untuk model matematika dari masalah pemrograman nonlinear dan penyelesaian masalah pemrograman nonlinear dengan metode fungsi penalti eksterior. Metode fungsi penalti eksterior mengubah masalah nonlinear berkendala menjadi tak berkendala. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari publikasi Badan Pusat Statistik Kabupaten Pesisir Selatan Tahun 2010-2018. Hasil optimal dari metode fungsi penalti eksterior untuk luas tanam tanaman padi sebesar 66667 Ha, luas tanam tanaman jagung sebesar 16667 Ha, dan rata-rata produksi total dari tanaman padi dan jagung adalah 236,56 Kw/ha.

Kata kunci — Produksi Tanaman Padi dan Jagung, Metode Regresi Polinomial, Metode Fungsi Penalti Eksterior.

PENDAHULUAN

Optimasi adalah suatu proses untuk menemukan nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi tujuan dengan cara meminimalkan fungsi tujuan dan mempertimbangkan beberapa kendala yang diberikan [1],[2]. Berdasarkan data luas tanam, luas panen dan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dari BPS Kabupaten Pesisir Selatan tahun 2010-2018 bahwa luas tanam dan luas panen tanaman padi dan jagung mengalami fluktuasi seperti pada tabel 1 berikut [3]:

TABEL I
DATA JUMLAH LUAS PANEN, LUAS TANAM, DAN RATA-RATA PRODUKSI TANAMAN PADI DAN JAGUNG DI KABUPATEN PESIR SELATAN TAHUN 2010-2018

Tahun	Padi			Jagung		
	Luas Tanam (Ha)	Luas Panen (Ha)	Rata-rata Produksi (Kw/Ha)	Luas Tanam (Ha)	Luas Panen (Ha)	Rata-rata Produksi (Kw/Ha)
2010	55655	53335	47,43	9218	9610	57,45
2011	57268	53445	46,66	11005	9359	89,59
2012	58913	54038	48,37	12697	12008	82,47

2013	58188	54868	49,09	14341	13248	79,28
2014	57839	61061	51,38	12938	14208	75,8
2015	62434	62327	50,92	13505	12916	84,31
2016	58925	53096	50,89	21263	19846	79,69
2017	62259	67567	55,79	21264	20829	81,19
2018	70712	72395	48,75	17564	18109	74,82

Hubungan antara luas tanam, luas panen, dan rata-rata produksi tanaman padi berdasarkan Tabel 1 bahwa tahun 2011 luas tanam meningkat, luas panen menurun, dan rata-rata produksi menurun, tahun 2014 luas tanam menurun, luas panen meningkat, dan rata-rata produksi meningkat, dan tahun 2018 luas tanam menurun, luas panen meningkat, dan rata-rata produksi menurun. Sedangkan tanaman jagung, tahun 2010 dan tahun 2018 luas tanam menurun, luas panen meningkat, dan rata-rata produksi menurun, namun tahun 2011 dan tahun 2017 luas tanam meningkat, luas panen menurun, dan rata-rata produksi meningkat. Sehingga hubungan antara luas tanam, luas panen, dan rata-rata produksi yang dilihat dari data Tabel 1 belum ada luas tanam dan luas panen, dan rata-rata produksi yang optimal. Oleh sebab itu, perlu adanya perhitungan yang bisa membantu pemerintah dan petani di Kabupaten Pesisir Selatan dalam menentukan luas tanam dan luas panen yang minimum dan menghasilkan rata-rata produksi yang maksimum. Optimasi produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dapat dilakukan dengan model riset operasi karena dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan dengan hasil optimal.

Riset operasi merupakan suatu penerapan dari metode-metode ilmiah dengan kegunaan untuk memecahkan masalah kompleks yang timbul pada waktu dilaksanakan pengelolaan seperti pada mesin-mesin, bahan-bahan logistik, keuangan, bidang industri, perdagangan, sektor negara dan pertahanan serta bidang pertanian [4]. Masalah optimasi terbagi menjadi optimasi tanpa kendala dan optimasi dengan kendala [5]. Teknik optimasi masalah nonlinear berkendala dibagi menjadi metode langsung seperti metode pencarian acak, metode pencarian heuristik, metode pendekatan kendala, dan metode arah layak kemudian metode tidak langsung seperti transformasi variabel dan metode fungsi penalti [6]. Metode fungsi penalti adalah suatu metode numerik yang digunakan untuk mengubah masalah optimasi dengan kendala menjadi masalah tanpa kendala dengan menambahkan fungsi penalti pada fungsi tujuannya [7]. Metode fungsi penalti dibagi lagi menjadi dua, yaitu metode fungsi penalti eksterior dan metode fungsi penalti interior [1]. Metode fungsi penalti interior ialah metode yang digunakan untuk mengubah masalah optimasi kendala nonlinear ke masalah optimasi tak kendala dengan membentuk fungsi penalti dari masalah optimasi dasar ditambah dengan fungsi kendala-kendalanya dikalikan dengan parameter penalti [7].

Menurut [8] Metode fungsi penalti eksterior adalah suatu bentuk dari fungsi tambahan dimana fungsi tujuan ditambahkan dengan fungsi penalti. Jika $a(x)$ ialah fungsi penalti, dimana:

$$a(x) = \sum_{i=1}^m [\text{maks}\{0, g_i(x)\}]^p + \sum_{i=1}^l |h_i(x)|^p$$

dan fungsi $f(x)$ merupakan fungsi tujuan, maka diperoleh z yang merupakan fungsi tambahan, sehingga bentuk umum dari masalah fungsi penalti eksterior, yaitu:

$$z = f(x) + \mu_k \sum_{i=1}^m [\text{maks}\{0, g_i(x)\}]^p + \mu_k \sum_{i=1}^l |h_i(x)|^p$$

Berdasarkan [9] algoritma yang digunakan dari metode fungsi penalti eksterior yang dapat menyelesaikan masalah meminimalkan $f(x)$ untuk kendala $g(x) \leq 0, h(x) = 0$, dan $x \in X$ sebagai berikut:

1. Menentukan titik awal x_1 , parameter penalti $\mu_1 > 0$, skalar penalti $\beta > 1, \epsilon > 0$, dan $k = 1$
2. Membentuk fungsi tujuan dari masalah optimasi tak kendala dalam bentuk $z = f(x) + \mu_k \alpha(x)$
3. Menentukan penyelesaian untuk masalah meminimalkan z , yaitu x_k^*

Penelitian ini juga menggunakan metode regresi polinomial orde- n untuk mengetahui fungsi tujuan. Regresi polinomial ialah suatu model regresi linear yang dibentuk melalui penjumlahan pengaruh variabel prediktor (X) dengan dipangkatkan meningkat sampai berorde ke- n . Secara umum bentuk model regresi polinomial sebagai berikut [9]:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_nX^n + \epsilon$$

Tujuan penelitian ini adalah untuk membentuk model matematika dan penyelesaiannya dengan metode fungsi penalti eksterior pada tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan. Sehingga dapat berguna bagi pemerintah Kabupaten Pesisir Selatan agar memperoleh luas tanam dan hasil produksi yang optimal.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan variabel bebasnya adalah luas tanam tanaman padi dan jagung dan variabel terikatnya adalah rata-rata produksi total tanaman padi dan jagung. Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data sekunder yang didapatkan secara online dari BPS Kabupaten Pesisir Selatan dari tahun 2010-2018. Data yang diambil untuk penelitian ini bersifat kuantitatif berbentuk angka.

Penelitian ini menjelaskan konsep dasar metode regresi polinomial berorde n untuk fungsi tujuan dari masalah pemrograman nonlinear dan penyelesaian dari masalah pemrograman nonlinear menggunakan metode fungsi penalti eksterior. Selanjutnya diterapkan model nonlinear pada lahan tanam tanaman padi dan jagung di Kabupaten

Pesisir Selatan dan cara penyelesaiannya dengan metode fungsi penalti eksterior melalui langkah-langkah berikut:

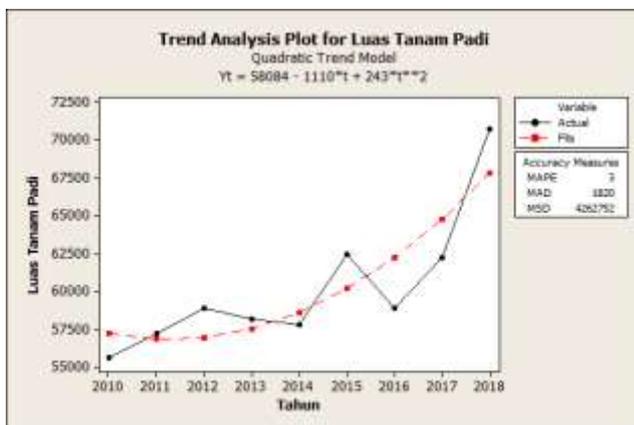
- a. Membentuk fungsi tujuan dengan metode regresi polinomial dan fungsi kendala
- b. Menerapkan model nonlinear pada rata-rata produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan
 - 1) Membentuk model fungsi tujuan dengan metode fungsi penalti eksterior
 - 2) Menyelesaikan masalah dengan metode fungsi penalti eksterior
- c. Menarik kesimpulan

Penelitian ini menggunakan Software Matlab untuk memperoleh rata-rata produksi tanaman padi dan jagung yang optimal menggunakan algoritma dari metode fungsi penalti eksterior.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Membentuk Fungsi Tujuan dengan Metode Regresi Polinomial dan fungsi kendala

Masalah pada penelitian ini merupakan masalah pemrograman nonlinear, sehingga fungsi tujuan yang akan dibentuk berupa fungsi nonlinear berorde n . Sebelum membentuk fungsi tujuan dengan metode regresi polinomial, data Tabel 1 di uji dengan analisis trend untuk melihat data Tabel 1 linear atau nonlinear. Analisis trend yang tepat adalah analisis trend yang memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD terkecil. Berikut merupakan gambar untuk memperlihatkan bahwa data Tabel 1 merupakan nonlinear.

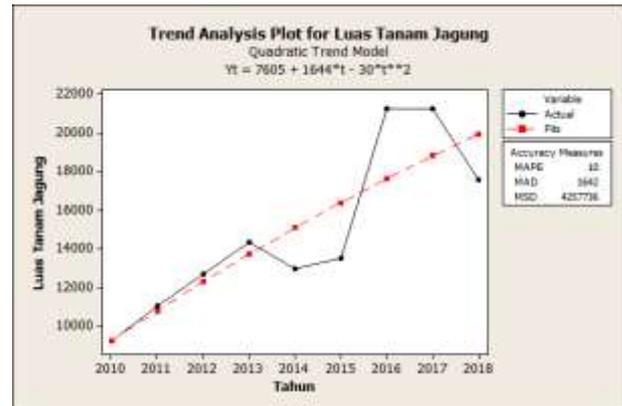


Gambar 1. Analisis Trend kuadratis Luas Tanam Tanaman Padi di Kabupaten Pesisir Selatan Tahun 2010-2018

Hasil analisis trend luas tanam tanaman padi di atas dapat ditabulasikan pada Tabel 2 sebagai berikut:

TABEL 2
HASIL ANALISIS TREND LUAS TANAMAN PADI (Ha) DI KABUPATEN PESISIR SELATAN TAHUN 2010-2018

Trend	MAPE	MAD	MSD
Linear	3%	2014	6290296
Kuadrat	3%	1820	4262752



Gambar 2. Analisis Trend kuadratis Luas Tanam Tanaman Jagung di Kabupaten Pesisir Selatan Tahun 2010-2018

Hasil analisis trend luas tanam tanaman jagung di atas dapat ditabulasikan pada Tabel 3 sebagai berikut:

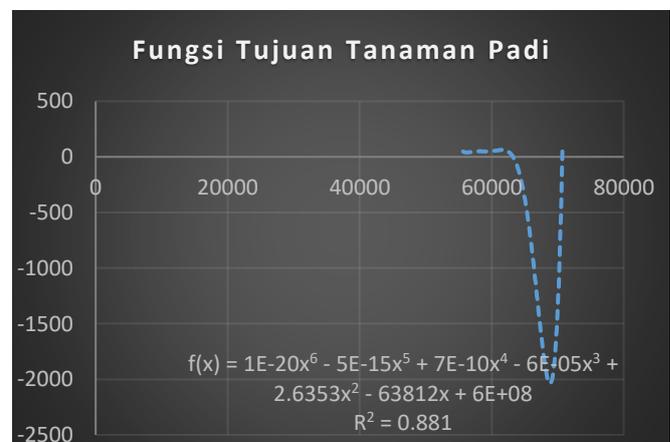
TABEL 3
HASIL ANALISIS TREND LUAS TANAMAN JAGUNG (Ha) DI KABUPATEN PESISIR SELATAN TAHUN 2010-2018

Trend	MAPE	MAD	MSD
Linear	10%	1685	4289258
Kuadrat	10%	1642	4257736

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa nilai MAPE, MAD, dan MSD yang paling kecil terdapat pada trend kuadratis. Oleh karena itu, data luas tanam tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dari tahun 2010-2018 membentuk pola trend kuadratis sehingga data Tabel 1 merupakan data nonlinear. Jadi, metode regresi polinomial berorde n dapat digunakan untuk membentuk fungsi tujuan dan penyelesaian fungsi tujuan tersebut dengan metode fungsi penalti eksterior.

Membentuk fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung dengan metode regresi polinomial berorde n menggunakan Microsoft Excel seperti berikut:

- 1) Fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman padi

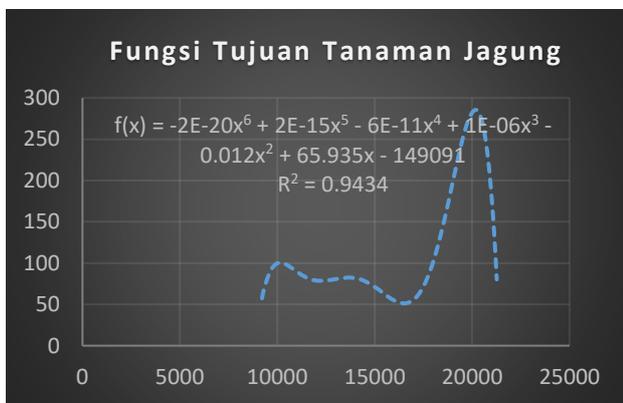


Gambar 3. Fungsi Tujuan Tanaman Padi

Berdasarkan Gambar 3 bahwa fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman padi merupakan regresi polinomial orde-6 yang memiliki R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,881 atau 88% mendekati 1 artinya variabel x yang merupakan luas tanam tanaman padi (Ha) mampu menjelaskan y yang merupakan rata-rata produksi tanaman padi (Kw/Ha) sebanyak $R^2 = 0,881$ dan diperoleh bentuk fungsi tujuan tanaman padi, yaitu:

$$f(x_1) = 600000000 - 63812x_1 + 2,6353x_1^2 - 0,00006x_1^3 + 0,0000000007x_1^4 - 0,0000000000000005x_1^5 + 0,000000000000000001x_1^6$$

2) Fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman jagung



Gambar 4. Fungsi Tujuan Tanaman Jagung

Berdasarkan Gambar 4 bahwa fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman jagung merupakan regresi polinomial orde-6 yang memiliki R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9434 atau 94% mendekati 1 artinya variabel x yang merupakan luas tanam tanaman jagung (Ha) mampu menjelaskan $f(x)$ yang merupakan rata-rata produksi tanaman jagung (Kw/Ha) sebanyak $R^2 = 0,9434$. sehingga diperoleh bentuk fungsi tujuan tanaman jagung, yaitu:

$$f(x_1) = -149091 + 65,935x_2 - 0,012x_2^2 + 0,000006x_2^3 - 0,00000000006x_2^4 + 0,0000000000000002x_2^5 - 0,0000000000000000002x_2^6$$

Berdasarkan fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung dapat diperoleh fungsi tujuan rata-rata produksi total yang merupakan penjumlahan dari fungsi tujuan rata-rata produksi tanaman padi dan jagung seperti bentuk model fungsi tujuan berikut:

$$f(x) = f(x_1) + f(x_2)$$

$$f(x) = \left(\begin{array}{l} 600000000 - 63812x_1 + 2,6353x_1^2 - 0,00006x_1^3 \\ + 0,0000000007x_1^4 - 0,0000000000000005x_1^5 \\ + 0,000000000000000001x_1^6 \end{array} \right)$$

$$+ \left(\begin{array}{l} -149091 + 65,935x_2 - 0,012x_2^2 + 0,000006x_2^3 \\ - 0,00000000006x_2^4 + 0,0000000000000002x_2^5 \\ - 0,0000000000000000002x_2^6 \end{array} \right)$$

$$f(x) = 599850909 - 63812x_1 + 65,935x_2 + 2,6353x_1^2 - 0,012x_2^2 - 0,00006x_1^3 + 0,00006x_2^3 + 0,0000000007x_1^4 - 0,00000000006x_2^4 - 0,0000000000000005x_1^5 + 0,0000000000000002x_2^5 + 0,000000000000000001x_1^6 - 0,0000000000000000002x_2^6$$

Pada penelitian ini fungsi kendala dibentuk dari luas tanam tidak boleh kecil dari luas panen minimum pada data yang telah diperoleh, sehingga fungsi kendala menjadi seperti berikut:

$$g_1(x) = 53096 \leq x_1$$

$$g_2(x) = 9359 \leq x_2$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

B. Menerapkan model nonlinear pada rata-rata produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dengan metode fungsi penalti eksterior

1) Membentuk model fungsi tujuan dengan metode fungsi penalti eksterior

Membentuk fungsi tujuan untuk masalah optimasi tak kendala yang cocok dengan bentuk umum masalah metode fungsi penalti eksterior, masalah optimasi pada model fungsi tujuan rata-rata produksi total dari tanaman padi dan jagung diubah menjadi masalah optimasi tak kendala menggunakan metode fungsi penalti eksterior melalui bentuk fungsi tujuan baru z dan dipilih $p = 6$ dikarenakan 6 ialah bilangan positif dimana fungsi penalti $\alpha(x)$ tetap termuat pada fungsi tujuan baru z setelah dideferensialkan, sehingga model fungsi tujuan dengan metode fungsi penalti eksterior menjadi

$$z = f(x) + \mu_k \alpha(x)$$

$$z = f(x) + \mu_k \sum_{i=1}^l [maks\{0, g_m(x)\}]^p$$

Berdasarkan Gambar 3 bahwa nilai $f(x) = 412,65$ dan $z = 7643966166161316$. Hal ini berarti rata-rata produksi total kedua tanaman padi dan jagung adalah 412,65 Kw/Ha dengan luas tanam tanaman padi sebesar 83333 Ha dan luas tanam tanaman jagung sebesar 16667 Ha.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model matematika untuk optimasi produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan, yaitu memaksimumkan fungsi tujuan

$$f(x_1) = -149091 + 65,935x_2 - 0,012x_2^2 + 0,000006x_2^3 - 0,0000000006x_2^4 + 0,000000000000002x_2^5 - 0,000000000000000002x_2^6$$

dengan kendala

$$g_1(x) = 53096 \leq x_1$$

$$g_2(x) = 9359 \leq x_2$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

2. Model matematika untuk optimasi produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dengan metode fungsi penalti eksterior, yaitu meminimumkan fungsi tujuan

$$z = 599850909 - 63812x_1 + 65,935x_2 + 2,6353x_1^2 - 0,012x_2^2 - 0,00006x_1^3 + 0,000006x_2^3 + 0,0000000007x_1^4 - 0,00000000006x_2^4 - 0,000000000000005x_1^5 + 0,0000000000000002x_2^5 + 0,000000000000000001x_1^6 - 0,000000000000000002x_2^6 + \mu_k ([maks\{0, x_1 - 53096\}]^6 + [maks\{0, x_2 - 9359\}]^6)$$

3. Hasil penyelesaian untuk optimasi produksi tanaman padi dan jagung di Kabupaten Pesisir Selatan dengan metode fungsi penalti eksterior diperoleh rata-rata produksi total dari tanaman padi dan jagung adalah 412,65 Kw/Ha dengan luas tanam tanaman padi sebesar 83333 Ha dan luas tanam tanaman jagung sebesar 16667 Ha.

REFERENSI

- [1] Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization: Theory and Practice, Fourth Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Refina Rintani, Arnellis, Dony Permana (2018). Optimasi Perencanaan Produksi Kerupuk Bawang Fajar Menggunakan Metode Goal Programming
- [3] Takdir Syaifuddin, Dedy. (2011). *Riset Operasi*. Malang: CV Citra Malang.
- [4] Badan Pusat Statistik. *Kabupaten Pesisir Selatan Dalam Angka 2019 dan 2014*. TersediaOnline: <http://pessselkab.bps.go.id>
- [5] Winston, W. L. (2003). *Operations Research : Application*. Boston: Duxbury Press.
- [6] Nurin Insani, Sativa. (2017). *Optimasi Tanaman pangan di Kota Magelang dengan Pemrograman Kuadratik dan Metode Fungsi Penalti Eksterior*. FMIPA UNY: Jurnal Matematika Vol 6 No 2.
- [7] Teguh Kurniawan, Daniel. (2008). *Penyelesaian Masalah Optimasi Nonlinear Berkendala dengan Metode Fungsi Penalti Eksterior*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [8] Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. (2006). *Nonlinear Programming*. USA: John Wiley & Sons.
- [9] Martini Leto, Maria. (2008). *Metode Fungsi Penalti Eksterior*. Yogyakarta: Universitas Sanata dharma.