

**IMPLEMENTASI METODE *RESPONSE SURFACE* SEBAGAI UPAYA
OPTIMALISASI JUMLAH BINTIL AKAR PADA TANAMAN KEDELAI**



SKRIPSI

Disusun Oleh :
MUCHAMMAD AZIZ CHUSEN
24010210141041

DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2017

**IMPLEMENTASI METODE *RESPONSE SURFACE* SEBAGAI UPAYA
OPTIMALISASI JUMLAH BINTIL AKAR PADA TANAMAN KEDELAI**

Oleh:

MUCHAMMAD AZIZ CHUSEN

24010210141004

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Departemen Statistika

DEPARTEMEN STATISTIKA

FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2017

HALAMAN PENGESAHAN I

Judul : Implementasi Metode *Response Surface* Sebagai Upaya
Optimalisasi Jumlah Bintil Akar pada Tanaman Kedelai
Nama : Muchammad Aziz Chusen
NIM : 24010210141041

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir dan dinyatakan lulus pada tanggal 22
Maret 2017

Semarang, Maret 2017

Mengetahui

Ketua Departemen Statistika

FSM UNDIP



Drs. Tarno, M.Si
NIP. 196307061991021001

Panitia Penguji Tugas Akhir

Ketua,

Drs. Rukun Santoso, M.Si
NIP. 196502251992011001

HALAMAN PENGESAHAN II

Judul : Implementasi Metode *Response Surface* Sebagai Upaya
Optimalisasi Jumlah Bintil Akar pada Tanaman Kedelai

Nama : Muchammad Aziz Chusen

NIM : 24010210141041

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 22 Maret 2017

Semarang, Maret 2017

Dosen Pembimbing I



Drs. Rukun Santoso, M.Si
NIP. 196502251992011001

Dosen Pembimbing II



Rita Rahmawati, S.Si, M.Si
NIP. 198009102005012002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Implementasi Metode *Response Surface* sebagai Upaya Optimalisasi Jumlah Bintil Akar pada Tanaman Kedelai”.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Penulis sangat berharap setiap kekurangan yang ada dapat diperbaiki sehingga akan dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan karena bantuan beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Tarno, M.Si selaku Ketua Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Drs. Rukun Santoso, M.Si sebagai pembimbing I dan Ibu Rita Rahmawati, S.Si, M.Si sebagai pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahan dalam penulisan.
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
4. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sadar bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik dari berbagai pihak sangat penulis harapkan. Besar harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Maret 2017

Penulis

ABSTRAK

Metode *response surface* adalah suatu kumpulan dari teknik-teknik statistika dan matematika yang berguna untuk menganalisis permasalahan tentang beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas dari respon, serta bertujuan mengoptimalkan respon. Keberadaan metode *response surface* mampu membantu peneliti dalam melakukan improvisasi untuk mendapatkan hasil optimum secara tepat dan efisien. Pada percobaan ini digunakan data faktorial RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan dua faktor dan tiga taraf. Dua faktor yang dicobakan terdiri dari unsur kobalt dan ferum, dengan taraf berupa konsentrasi unsur dengan masing-masing yaitu kobalt (0 mg/L, 0,1 mg/L dan 0,2 mg/L) sedangkan ferum (0 mg/L, 1 mg/L dan 2 mg/L). Variabel responnya berupa jumlah bintil akar tanaman kedelai. Setelah dilakukan pengujian menggunakan metode *response surface* dihasilkan suatu model linear order pertama **Jumlah Bintil Akar Kedelai = 10,3 + 10,2 Ferum + 238,3 Kobalt – 1340,1 Kobalt² – 93 Ferum*(Kobalt²)**. Nilai konsentrasi pada saat ferum = 2 mg/L dan kobalt = 0,1 mg/L mampu menghasilkan pertumbuhan jumlah bintil akar tanaman kedelai yang optimum pada percobaan ini.

Kata kunci: Rancangan faktorial, *Response Surface*

ABSTRACT

Response surface method is a set of statistics and mathematical techniques, useful to analyze the issue of multiple independent variables that affect to the dependent variable of response, and aim to optimize the response. The existence of response surface method is able to assist researchers in conducting improvised to get optimum results accurately and efficiently. Experiment using the data factorial CRD (completely randomized design) with two factors and three levels. Two factors were tested consists of the elements cobalt and ferrum, with the level in the form of element concentrations are cobalt (0 mg / L, 0.1 mg / L and 0.2 mg / L), ferrum (0 mg / L, 1mg / L and 2mg / L). Response variable is the number of nodules roots of soybean crops. After testing the response surface method produced a linear model of the first order **Jumlah Bintil Akar Kedelai = 10,3 + 10,2 Ferum + 238,3 Kobalt – 1340,1 Kobalt² – 93 Ferum*(Kobalt²)**. With the value of concentration at ferrum = 2 mg/L and cobalt = 0.1 mg/L is able to generate growth in the number of nodules optimum soybean crop in these experiments.

Keywords: Factorial design, Response surface

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN I.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN II.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Percobaan Faktorial.....	5
2.2. Rancangan Faktorial RAL Dua Faktor.....	6
2.2.1. Model Linear Rancangan Faktorial Dua Faktor.....	7
2.2.2. Hipotesis.....	9
2.2.3. Estimasi Parameter Model Rancangan Faktorial RAL Dua Faktor.....	10
2.2.4. Analisis Statistik Rancangan Faktorial RAL Dua Faktor Penguraian Jumlah Kuadrat.....	15
2.3. Checking Model.....	21
2.4. Matriks.....	24
2.4.1. Matriks Kuadrat.....	25

2.4.2. Matriks Putaran	25
2.4.3. Matriks Segitiga	26
2.4.4. Matriks Identitas.....	26
2.4.5. Matriks Kebalikan (<i>Invers</i> Matriks).....	27
2.4.6. Matriks Diagonal.....	28
2.4.7. Penjumlahan Matriks.....	28
2.4.8. Perkalian Matriks.....	28
2.4.9. Minor Matiks.....	29
2.4.10. Kofaktor Matiks.....	29
2.4.11.Determinan Matriks.....	30
2.5. Metode <i>Response Surface</i>	30
2.6. Regresi Linear.....	38
2.6.1. Regresi Linear Berganda.....	38
2.6.2. Residual.....	42
2.6.3. <i>Ordinary Least Square</i>	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	47
3.1. Sumber Data.....	47
3.2. Metode Analisis	47
3.3. Diagram Alir Analisis Data.....	49
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Analisis Varian Percobaan Faktorial Dua Faktor RAL.....	51
4.1.1. Perhitungan untuk Menyusun Tabel Anova.....	51
4.1.2. Uji Normalitas, Homogenitas, dan Independensi Varian..	55
4.1.3. Hipotesis.....	59
4.2. Pencocokan Kurva Respon	62
4.3. Pembuatan Model Percobaan.....	67
4.4. Kurva Response Surface	71
BAB V KESIMPULAN.....	73

DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Layout</i> Data untuk Rancangan Faktorial RAL Dua Faktor	8
Tabel 2. Total Interaksi Faktor A dan Faktor B	9
Tabel 3. Analisis Varian Rancangan Faktorial Dua Faktor RAL.....	21
Tabel 4. Koefisien Kontras Ortogonal	33
Tabel 5. Koefisien Kontras $A_L B_L$	34
Tabel 6. Koefisien Kontras $A_L B_K$	35
Tabel 7. Koefisien Kontras $A_K B_L$	35
Tabel 8. Koefisien Kontras $A_K B_K$	36
Tabel 9. Analisis Variansi dengan Efek Linear dan Kuadrat	37
Tabel 10. Data jumlah bintil tanaman kedelai.....	52
Tabel 11. Total interaksi ferum dan kobalt	53
Tabel 12. Tabel Analisis Varian RAL.....	55
Tabel 13. Koefisien Kontras Ortogonal Ferum(A) dan Kobalt(B).....	62
Tabel 14. Koefisien Kontras $A_L B_L$ (Ferum Linear dan Kobalt Linear).....	63
Tabel 15. Koefisien Kontras $A_L B_K$ (Ferum Linear dan Kobalt Kuadrat).....	64

Tabel 16. Koefisien Kontras $A_K B_L$	
(Ferum Kuadrat dan Kobalt Linear).....	65
Tabel 17. Koefisien Kontras $A_K B_K$	
(Ferum Kuadrat dan Kobalt Kuadrat)	65
Tabel 18. Analisis Variansi dengan Efek Linear dan Kuadrat	
(Pada Faktor Ferum dan Kobalt)	66
Tabel 19. Perhitungan linear dan kuadrat faktor ferum, faktor kobalt dan	
interaksinya.....	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Analisis Data	49
Gambar 2. Grafik <i>Probability Plot of Residual</i>	55
Gambar 3. Plot Residual Terhadap Nilai Prediksi.....	56
Gambar 4. Plot Uji Homogenitas	57
Gambar 5. Plot Residual dan Urutan data	58
Gambar 6. Kurva <i>Response Surface</i> Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai	71
Gambar 7. Plot Kontur Dua Dimensi Jumlah Bintil Akar Tanaman Kedelai	71

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Output Analisis Varian Percobaan Faktorial Dua Faktor RAL dengan Software Minitab dan Exel.....	77
Lampiran 2. Output Analisis Regresi pada Faktor Ferum, Kobalt, Kobalt2 dan Ferum*Kobalt2 dengan Software Minitab.....	80
Lampiran 3. Input dan Output Program Pembuatan Kurva <i>Response</i> <i>Surface</i> dengan Software R.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang kedelai merupakan salah satu tanaman multiguna, yang digunakan sebagai pangan, pakan, maupun bahan baku industri. Kedelai adalah salah satu tanaman jenis polong-polongan yang menjadi bahan dasar makanan seperti kecap, tahu dan tempe. Ditinjau dari segi harga, kedelai merupakan sumber protein nabati yang murah. Kedelai merupakan sumber gizi yang baik bagi manusia, hal ini karena kedelai mengandung protein tertinggi bila dibandingkan dengan kacang-kacangan lainnya yaitu sebesar 35 sampai 38 persen (Adisarwanto, 2005).

Kedelai merupakan tanaman asli daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2500 SM. Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antar negara yang terjadi pada awal abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Kedelai mulai dikenal di Indonesia sejak abad ke-16. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di Pulau Jawa, kemudian berkembang ke Bali, Nusa Tenggara, dan pulau-pulau lainnya. Kebutuhan kedelai di Indonesia setiap tahun selalu meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perbaikan pendapatan perkapita. Oleh karena itu, diperlukan suplai kedelai tambahan yang harus diimpor karena produksi dalam negeri belum dapat mencukupi kebutuhan tersebut (Fachruddin & Lisdiana, 2000).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistika (BPS) dinyatakan bahwa kebutuhan nasional untuk kedelai mencapai 2,2 juta ton per tahun. Namun demikian, baru 20 sampai 30 persen saja dari kebutuhan tersebut yang dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri. Sementara 70 sampai 80 persen kekurangannya, bergantung pada impor. Ketergantungan terhadap impor ini membuat instansi terkait sulit untuk mengontrol harga kedelai. Padahal kestabilan harga kedelai erat kaitannya dengan keberlangsungan usaha pengrajin tahu dan tempe di Indonesia (Purna *et al.*, 2009).

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen dari udara melalui aktifitas bakteri pemfiksasi nitrogen, yaitu bakteri *Rhizobium*. Bakteri ini terdapat dalam bintil akar, yaitu sel-sel akar tumbuhan yang mengandung bakteri pemfiksasi nitrogen. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses fiksasi nitrogen adalah leghemoglobin, yaitu suatu protein yang mengandung besi, berfungsi mengatur persediaan oksigen untuk respirasi bakteri *Rhizobium*, sehingga menghasilkan ATP (Adenosina Triphosfat) yang dapat digunakan dalam proses fiksasi nitrogen (Campbell *et al.*, 2003). Kobalt merupakan bagian dari kobalamin (vitamin B₁₂), yang merupakan prekursor koenzim vitamin B₁₂ yang berfungsi membantu aktifitas enzim metal malonil koenzim mutase dalam pembentukan leghemoglobin dalam bintil akar (Broughton, 1982). Ferum adalah salah satu unsur penyusun leghemoglobin. Ferum juga sebagai kofaktor enzim yang berperan dalam sintesis klorofil, yaitu pada tahap perubahan protoporfirin IX menjadi protoheme (Campbell *et al.*, 2003). Klorofil mempunyai peran yang sangat penting dalam proses fotosintesis, dan proses fotosintesis yang optimum dapat

meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, termasuk pertumbuhan bintil akar. Kobalt dan ferum merupakan unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah kecil, namun harus ada (Loveless, 1987). Kedua unsur hara ini kurang tersedia dalam tanah dan terkadang juga ada namun dalam bentuk terikat, sehingga perlu dilakukan penambahan kobalt dan ferum pada media tanaman agar kebutuhan tanaman kedelai terhadap kedua unsur hara ini tercukupi, terutama untuk meningkatkan laju pertumbuhan bintil akar (Khasanah, 2010).

Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penetapan konsentrasi kobalt dan ferum dalam jumlah yang tepat sehingga mampu mengoptimalkan proses fiksasi nitrogen, agar mampu meningkatkan laju pertumbuhan bintil akar pada tanaman kedelai. Pada proses pengoptimalan akan dilakukan dengan bantuan metode statistika yaitu menerapkan metode *response surface*, yang nantinya akan membantu dalam memodelkan secara matematika dari hasil penelitian yang telah dilakukan, kemudian dilakukan pembentukan visualisasi berdasarkan model matematika yang dihasilkan. Selanjutnya akan ditentukan konsentrasi kobalt dan ferum yang mampu menghasilkan pertumbuhan yang maksimal pada bintil akar tanaman kedelai tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, rumusan masalah yang diambil adalah bagaimana menentukan konsentrasi optimal kobalt dan ferum pada media tanam menggunakan metode *response surface*, sehingga mampu menghasilkan bintil akar pada tanaman kedelai secara maksimal.

1.3 Batasan Masalah

Dalam tulisan ini akan dibahas perihal optimalisasi menggunakan metode *response surface* pada data pertumbuhan jumlah bintil akar tanaman kedelai. Data yang digunakan terbatas pada rancangan faktorial dua faktor dengan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisa data dalam tulisan ini menggunakan program paket MINITAB, microsoft Exel dan program R.

1.4 Tujuan Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi kobalt dan ferum yang dibutuhkan dalam mengoptimalkan jumlah bintil akar pada tanaman kedelai menggunakan metode *response surface*.