

**PENDUGAAN MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK
SMOOTHING SPLINE MENGGUNAKAN PENDEKATAN
PWLS
(Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai
E-BISTER)**

SKRIPSI

oleh :
LISA CHOFIFI
155090500111028



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**PENDUGAAN MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK
SMOOTHING SPLINE MENGGUNAKAN PENDEKATAN
PWLS
(Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai
E-BISTER)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika

oleh :
LISA CHOFIFI
155090500111028



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PENDUGAAN MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK
***SMOOTHING SPLINE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN**
PWLS
(Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai
E-BISTER)

oleh:
LISA CHOFIFI
155090500111028

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 10 Desember 2018
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika

Dosen Pembimbing

Dr. Adji Achmad Rinaldo F., S.Si., M.Sc.
NIP. 198109082005011002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIP. 197603281999032001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : LISA CHOFIFI
NIM : 155090500111028
PROGRAM STUDI : STATISTIKA
SKRIPSI BERJUDUL :

**PENDUGAAN MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK
SMOOTHING SPLINE MENGGUNAKAN PENDEKATAN
PWLS**

**(Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai
E-BISTER)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

- 1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.**
- 2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung resiko.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Desember 2018
yang menyatakan,

Lisa Chofifi
NIM. 155090500111028

**PENDUGAAN MODEL REGRESI SEMIPARAMETRIK
SMOOTHING SPLINE MENGGUNAKAN PENDEKATAN
PWLS
(Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai
E-BISTER)**

ABSTRAK

Analisis regresi semiparametrik merupakan kombinasi antara regresi parametrik dan regresi nonparametrik. Analisis regresi semiparametrik ini muncul karena adanya kasus-kasus pemodelan yang hubungan antar peubahnya selain ada yang linier juga ada yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya. Regresi semiparametrik menggunakan *smoothing spline* merupakan salah satu alat yang memiliki fleksibilitas yang tinggi dan membahas secara keseluruhan dari bentuk regresi. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Weighted Least Square* (PWLS) pada variabel niat untuk menggunakan inovasi E-BISTER. Penelitian ini menggunakan kuesioner sebagai alat bantu untuk mengumpulkan data. Banyak responden yang terlibat ditentukan menggunakan metode *proportional sampling* dengan teknik *accidental* yaitu sebanyak 96 mahasiswa aktif Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Hasil penelitian menunjukkan pendugaan model regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan PWLS merupakan penduga model yang baik untuk kasus penelitian ini karena keragaman data yang dapat dijelaskan oleh model sebesar 67,78946% sedangkan 32,21054% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain.

Kata Kunci: Analisis Regresi Semiparametrik, *Smoothing Spline*, PWLS, Niat Menggunakan Inovasi

repository.ub.ac.id

**ESTIMATION OF MODEL IN SEMIPARAMETRIC
SMOOTHING SPLINE REGRESSION USING PWLS
APPROACH**
**(Case Study in Intention Variable to Use E-BISTER Battery
Innovation)**

ABSTRACT

Semiparametric regression analysis is a combination of parametric regression and nonparametric regression. Semiparametric regression analysis arises because there are cases of modeling where the relationships between variables other than linear are also unknown in the form of the regression curve. Semiparametric regression using smoothing spline is a tool that has high flexibility and discusses the whole form of regression. The purpose of this study was to apply semiparametric smoothing spline regression analysis using the Penalized Weighted Least Square (PWLS) approach to the intention variable to use E-BISTER innovation. This study uses a questionnaire as a tool to collect data. Many of the respondents involved were determined using proportional sampling methods with accidental techniques, namely 96 active students of the Faculty of MIPA Universitas Brawijaya. The results of the study indicate that the semiparametric regression smoothing spline model using PWLS is a good predictor of the model for this study because the diversity of data that can be explained by the model is 67.78946% while the remaining 32.21054% is influenced by other variables.

Keywords: Semiparametric Regression Analysis, Smoothing Spline, PWLS, Intention to Use Innovation

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dan membuat penelitian yang berjudul “Pendugaan Model Regresi Semiparametrik *Smoothing Spline* Menggunakan Pendekatan PWLS (Studi Kasus pada Niat untuk Menggunakan Inovasi Baterai E-BISTER)”.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis temui, namun berkat bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak, akhirnya segala hambatan tersebut dapat teratasi. Untuk itulah penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Papa, Mama, Mbak Ila, Mbak Iin, Adek Fais dan seluruh keluarga besar atas cinta, kasih sayang, doa, motivasi dan dukungannya.
2. Bapak Dr. Adji Achmad Rinaldo Fenandes, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
3. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS selaku dosen penguji I atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
4. Teman-teman seperjuangan Statistika Universitas Brawijaya 2015, tim *spliners* (Siwi dan Safan), tim yang selalu ada untuk mengingatkan (Galuh, Citra dan Siwi) dan tim KKU-PSBM yang telah banyak memberikan semangat dan motivasi selama kegiatan skripsi.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun karena penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini belum sempurna. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Malang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Analisis Regresi Parametrik.....	5
2.1.1. Pendugaan Parameter pada Regresi Parametrik.....	6
2.2. Asumsi Analisis Regresi.....	6
2.2.1. Kenormalan Sisaan.....	6
2.2.2. Homoskedastisitas.....	7
2.2.3. Linieritas.....	8
2.3. Analisis Regresi Semiparametrik.....	10
2.3.1. Pendugaan Model pada Regresi Semiparametrik.....	10
2.4. Pemilihan Parameter Penghalus Optimal.....	17
2.5. Koefisien Determinasi.....	17
2.6. Pengukuran Variabel Penelitian.....	18
2.7. Pemeriksaan Instrumen Penelitian.....	19
2.7.1. Uji Validitas Instrumen Penelitian.....	19
2.7.2. Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian.....	20
2.8. Variabel Penelitian.....	21
2.8.1. Niat untuk Menggunakan Inovasi.....	21
2.8.2. Persepsi Manfaat.....	22
2.8.3. Persepsi Kemudahan Penggunaan.....	23
2.8.4. Motivasi.....	23
2.9. Baterai E-BISTER.....	24

BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Sumber Data Penelitian	27
3.1.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.1.2. Populasi dan Sampel.....	27
3.1.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Penelitian.....	29
3.1.4. Uji Coba Instrumen Penelitian.....	31
3.2. Metode Analisis Data	33
3.2.1. Langkah-Langkah Mendapatkan Data	33
3.2.2. Langkah-Langkah Analisis Regresi Semiparametrik .	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Uji Asumsi Linieritas.....	37
4.2. Model Semiparametrik	40
4.2.1. Pendugaan Model Parametrik	40
4.2.2. Pendugaan Model Semiparametrik	41
4.3. Uji Asumsi Sisaan	46
4.3.1. Uji Asumsi Normalitas Sisaan	46
4.3.2. Uji Asumsi Homoskedastisitas	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

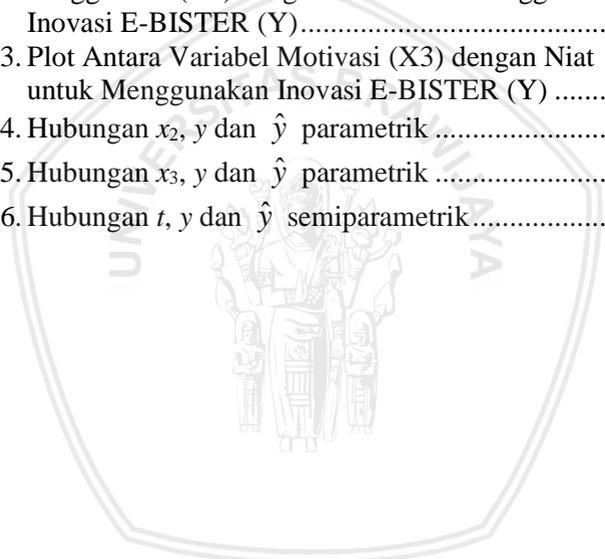
DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Pemingkatan Skala <i>Likert</i>	19
Tabel 3.1. Jumlah Mahasiswa di Setiap Angkatan	27
Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Obyek Penelitian	29
Tabel 3.3. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test I</i>	31
Tabel 3.4. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test II</i>	32
Tabel 4.1. Uji Linieritas <i>Ramsey Reset Test</i>	39
Tabel 4.2. Optimasi GCV	41
Tabel 4.3. Nilai \hat{d} dan \hat{c}	41
Tabel 4.4. Hasil <i>Breusch-Pagan test</i>	46



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Diagram Hubungan Antar Variabel Prediktor dan Variabel Respon.....	21
Gambar 2.2. Ilustrasi Perakitan baterai E-BISTER	24
Gambar 3.1. Diagram Alir Perolehan Data.....	35
Gambar 3.2. Diagram Air Analisis Regresi Semiparametrik	36
Gambar 4.1. Plot Antara Variabel Persepsi Manfaat (X1) dengan Variabel Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y)	37
Gambar 4.2. Plot Antara Variabel Persepsi Kemudahan Penggunaan (X2) dengan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y).....	38
Gambar 4.3. Plot Antara Variabel Motivasi (X3) dengan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y)	38
Gambar 4.4. Hubungan x_2 , y dan \hat{y} parametrik	44
Gambar 4.5. Hubungan x_3 , y dan \hat{y} parametrik	44
Gambar 4.6. Hubungan t , y dan \hat{y} semiparametrik.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1. Kisi-kisi Intrumen Penelitian (Variabel, Indikator dan Item)	53
Lampiran 2. Kuesioner Penelitian.....	57
Lampiran 3. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test</i> I	61
Lampiran 4. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test</i> II	64
Lampiran 5. <i>Source Code</i> Uji Linieritas	67
Lampiran 6. <i>Source Code</i> Regresi Semiparametrik <i>Smoothing Spline</i> menggunakan PWLS	68
Lampiran 7. <i>Source Code</i> Uji Asumsi Sisaan	73
Lampiran 8. <i>Output</i> Uji Linieritas.....	74
Lampiran 9. <i>Output</i> Hasil Parametrik	75
Lampiran 10. <i>Output</i> Nilai \hat{d} dan \hat{c}	79
Lampiran 11. <i>Output</i> Hasil Semiparametrik	82
Lampiran 12. <i>Output</i> Uji Asumsi Klasik	85
Lampiran 13. Uraian Deskripsi Kegiatan <i>The 3rd International Young Inventors Award</i> 2016	86





BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, berbagai metode statistika banyak mengalami perkembangan. Salah satunya yaitu analisis regresi. Analisis regresi merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor (Hardle, 1990). Analisis regresi memiliki beberapa asumsi yang harus terpenuhi, salah satunya adalah asumsi linieritas.

Metode yang banyak digunakan dalam uji linieritas adalah metode *Regression Specification Error Test* (RESET). Menurut Wu dan Zhang (2006), apabila hubungan antar variabel tidak memenuhi asumsi linieritas, atau antara respon dengan prediktor memiliki hubungan yang tidak linier, maka alternatif yang dapat digunakan yaitu model regresi nonparametrik. Apabila pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon tidak diketahui bentuknya, maka analisis regresi nonparametrik merupakan pendekatan regresi yang sesuai digunakan. Sedangkan analisis regresi yang apabila bentuk kurva regresi diketahui maka pendekatan model regresi tersebut dinamakan model regresi parametrik.

Terdapat beberapa pendekatan regresi nonparametrik, salah satunya yaitu *spline* (Eubank, 1999). Pendekatan *spline* baik untuk regresi nonparametrik karena memiliki fleksibilitas yang tinggi dan mampu menangani pola hubungan data yang perilakunya berubah-ubah pada setiap interval tertentu. Regresi *smoothing spline* membahas secara keseluruhan dari bentuk regresi. Oleh karena itu peneliti menggunakan regresi *smoothing spline* yang memiliki fleksibilitas tinggi pada pola data dan tidak memiliki batasan pada tiap daerah, dengan mencari parameter penghalus yang sesuai.

Selain pendekatan parametrik dan nonparametrik, analisis regresi juga memiliki pendekatan semiparametrik. Analisis regresi semiparametrik ini merupakan kombinasi antara regresi parametrik dan regresi nonparametrik. Kombinasi ini dimaksudkan bahwa dalam analisis regresi semiparametrik memuat sekaligus model regresi

parametrik dan model regresi nonparametrik. Analisis regresi semiparametrik ini muncul karena adanya kasus-kasus pemodelan yang hubungan antar peubahnya selain ada yang linier juga ada yang tidak diketahui bentuk kurva regresinya (Wibowo dkk., 2013).

Secara umum *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Least Square* (PLS). Namun PLS tidak cukup fleksibel dalam mengakomodir permasalahan asumsi yang tidak terpenuhi, sehingga alternatif yang dapat digunakan adalah *Penalized Weighted Least Square* (PWLS). Penelitian terdahulu oleh Ghafar (2017) telah dilakukan penerapan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* dengan menggunakan penalti dan tanpa penalti pada data tingkat kemiskinan di Jawa Timur. Kemudian penelitian tentang pendugaan fungsi dalam analisis *path* nonparametrik pada studi kepuasan mahasiswa dalam berbelanja *online* telah diteliti oleh Anggini (2018), dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa pendugaan koefisien analisis *path* dengan metode PWLS lebih baik dibanding PLS. Pada penelitian ini peneliti bermaksud untuk memadukan penelitian tersebut dalam kasus terapan yaitu meneliti penerapan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan PWLS. Regresi nonparametrik dengan pendekatan PWLS dikembangkan dari pendugaan berbasis *Ordinary Least Square* (OLS) dengan menambahkan *Penalty* yang dapat mengontrol parameter penghalus dalam *smoothing spline*, serta menambahkan pembobot berupa invers matriks varian-kovarian *random error* yang disimbolkan dengan Σ^{-1} (Fernandes, dkk., 2018).

Pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi mengakibatkan kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik, menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Dikutip dari Metrotvnews.com (Artanti, 2016), Direktur Utama PLN Sofyan Basir mengatakan bahwa PLN masih berusaha memenuhi kebutuhan listrik Indonesia dengan program *Fast Track Program* (FTP) II meskipun sedikit terhambat. Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan program kerja ESDM yang bertujuan untuk mengantisipasi masalah-masalah yang dihadapi negara terkait

energi. Dengan adanya program kerja tersebut mendorong penulis untuk membuat suatu inovasi yaitu baterai dengan bahan ekstrak dari kombinasi tanaman alur (*Suaeda maritima*) dan kaktus centong (*Opuntia ficus-indica*) dengan nama produk E-BISTER.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstrak tanaman alur dan kaktus centong merupakan konduktor yang baik karena terdapat kandungan mineral yang berupa senyawa elektrolit didalamnya (Das dkk., 2015 dan Chiteva dan Wairagu, 2013). E-BISTER dirakit dalam bentuk *accumulator* dan telah diuji dengan lampu LED untuk mengetahui kemampuan kerja dan daya tahannya. Produk ini perlu diperkenalkan kepada masyarakat agar dapat diterapkan oleh masyarakat sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.

Penelitian ini menggunakan variabel yang mempengaruhi niat seseorang untuk menggunakan inovasi E-BISTER yang merupakan perkembangan dari teori *Technology Acceptance Model* oleh Fred D. Davis. Variabel tersebut yaitu persepsi manfaat, persepsi kemudahan penggunaan, dan motivasi. Variabel-variabel prediktor tersebut merupakan variabel yang tidak dapat diukur secara langsung atau merupakan variabel laten, maka diperlukan alat ukur yang dapat menggambarkan variabel secara tepat dan presisi. Oleh karena itu, diperlukan pengumpulan data berupa kuesioner menggunakan skala *likert* sebagai instrumen penelitian. Dengan hasil yang diperoleh akan diterapkan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan PWLS.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Weighted Least Square* (PWLS) pada variabel niat untuk menggunakan inovasi E-BISTER?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah menerapkan analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Weighted Least Square* (PWLS) pada variabel niat untuk menggunakan inovasi E-BISTER.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan minimal berskala interval.
2. Data melibatkan satu variabel respon yaitu niat untuk menggunakan inovasi E-BISTER, serta tiga variabel prediktor yaitu persepsi manfaat, persepsi kemudahan penggunaan, dan motivasi.
3. Antar variabel prediktor bersifat aditif.
4. Orde polinomial *spline* yang digunakan yaitu orde *spline* linier ($m = 2$).
5. Variabel prediktor persepsi kemudahan penggunaan (X_2) diasumsikan linier.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pendekatan hubungan nonlinier menggunakan regresi nonparametrik.
2. Mendapatkan fungsi kurva regresi semiparametrik pada variabel niat untuk menggunakan inovasi E-BISTER.
3. Memahami dan mengetahui penerapan regresi semiparametrik *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Weighted Least Square* (PWLS).
4. Memberikan kontribusi yang positif dalam pengembangan keilmuan statistika.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Regresi Parametrik

Secara luas analisis regresi diartikan sebagai suatu analisis tentang ketergantungan suatu variabel terhadap variabel lain yaitu membuat pendugaan dari nilai rata-rata variabel respon dengan diketahuinya nilai variabel prediktor (Basuki, 2016). Analisis regresi diantaranya memiliki tiga kegunaan, yaitu:

1. Sebagai deskripsi dari kasus data yang diteliti, regresi menjelaskan kasus data melalui suatu model hubungan bersifat numerik.
2. Sebagai pengendalian, regresi digunakan untuk melakukan pengendalian terhadap suatu kasus yang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh.
3. Sebagai pendugaan, model regresi juga digunakan untuk melakukan pendugaan variabel respon.

Persamaan regresi linier berganda sebagai berikut.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

di mana,

Y_i : nilai variabel respon dalam amatan ke- i

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: parameter regresi

X_{ji} : konstanta yang diketahui, yaitu nilai variabel prediktor ke- j dari amatan ke- i

ε_i : suku galat yang bersifat acak

Analisis regresi memiliki beberapa pendekatan untuk menduga model regresi parametrik dan regresi nonparametrik. Budiantara (2006) menyebutkan bahwa regresi parametrik digunakan ketika pola hubungan variabel respon dan variabel prediktor diketahui bentuknya, sedangkan bila polanya tidak diketahui maka pendekatan nonparametrik lebih sesuai untuk menyelesaikan masalah jika data tidak linier.

2.1.1. Pendugaan Parameter pada Regresi Parametrik

Dalam upaya mencari persamaan garis yang paling tepat (yang menghasilkan galat yang kecil), pendugaan parameter regresi dapat dibayangkan sebagai upaya memilih model yang membuat jumlah kuadrat simpangan / galat terhadap pengamatan menjadi sekecil-kecilnya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga parameter adalah *Ordinary Least Square* (OLS).

Persamaan (2.1) dapat dituliskan dalam bentuk matriks berikut.

$$\underline{y} = \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta} + \underline{\varepsilon} \quad (2.2)$$

untuk mendapatkan penduga bagi parameter, galat terlebih dahulu dikuadratkan

$$\begin{aligned} RSS &= \underline{\varepsilon}^T \underline{\varepsilon} = (\underline{y} - \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta})^T (\underline{y} - \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta}) \\ &= \underline{y}^T \underline{y} - \underline{\beta}^T \underline{\mathbf{X}}^T \underline{y} - \underline{y}^T \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta} + \underline{\beta}^T \underline{\mathbf{X}}^T \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta} \\ &= \underline{y}^T \underline{y} - 2\underline{\beta}^T \underline{\mathbf{X}}^T \underline{y} + \underline{\beta}^T \underline{\mathbf{X}}^T \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta} \end{aligned}$$

Kemudian diturunkan terhadap parameter yang ingin diduga

$$\frac{\partial RSS}{\partial \underline{\beta}} = -2\underline{\mathbf{X}}^T \underline{y} + 2\underline{\mathbf{X}}^T \underline{\mathbf{X}}\underline{\beta} = 0$$

$$\underline{\mathbf{X}}^T \underline{y} = \underline{\mathbf{X}}^T \underline{\mathbf{X}}\underline{\hat{\beta}}$$

$$\underline{\hat{\beta}} = (\underline{\mathbf{X}}^T \underline{\mathbf{X}})^{-1} \underline{\mathbf{X}}^T \underline{y} \quad (2.3)$$

(Weisberg, 2005)

2.2. Asumsi Analisis Regresi

Analisis regresi memerlukan pemenuhan beberapa asumsi yang mendasari pendugaan parameter dengan pendekatan OLS. Berikut adalah beberapa asumsi analisis regresi berdasarkan Gujarati (2004).

2.2.1. Kenormalan Sisaan

Model regresi yang baik memiliki sisaan berdistribusi normal, karena diharapkan nilai tengah sisaan sebesar nol. Salah satu metode untuk menguji kenormalan sisaan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* yang merupakan salah satu bagian dari *goodness of fit*. Prosedur uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut.

a. Hipotesis

$H_0 : F_N(X) = F_0(X)$ (Sisaan berdistribusi normal) vs

$H_1 : F_N(X) \neq F_0(X)$ (Sisaan tidak berdistribusi normal)

b. Statistik Uji *Kolmogorov-Smirnov*

$$D_N = \sup(|F_N(X) - F_0(X)|) \tag{2.4}$$

di mana,

D_N : selisih mutlak maksimum antara fungsi sebaran empiris dan fungsi sebaran normal

$F_N(X)$: fungsi peluang kumulatif pengamatan

$F_0(X)$: fungsi peluang kumulatif distribusi normal

c. Pengambilan Keputusan

Terima H_0 jika statistik uji $D_N \leq D_{tabel}$ maka sisaan berdistribusi normal.

2.2.2. Homoskedastisitas

Heteroskedastisitas merupakan keadaan di mana ragam *random error* tidak menyebar secara normal. Menurut Gujarati (2004), dapat diartikan bahwa setiap variabel prediktor memiliki ragam galat yang konstan, yaitu sebesar σ^2 . Untuk menguji kehomogenan ragam galat dapat menggunakan uji *Breusch-Pagan* (Kutner dkk., 2015). Pengujian ini diasumsikan galat saling bebas, berdistribusi normal dan ragam galat σ_i^2 dengan dipengaruhi level dari variabel prediktor (X) seperti persamaan berikut ini:

$$\ln \hat{\sigma}_i^2 = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 X_i \tag{2.5}$$

Pada praktiknya ragam galat σ_i^2 tidak dapat diketahui sehingga diperlukan pendugaan terhadap ragam galat σ_i^2 . Jumlah kuadrat sisaan ($\hat{\epsilon}_i^2$) dapat digunakan sebagai penduga bagi ragam galat σ_i^2 sehingga persamaan (2.5) dapat dituliskan sebagaimana persamaan (2.6).

$$\ln \hat{\varepsilon}_i^2 = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 X_i \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan (2.6) dapat diketahui bahwa $\hat{\varepsilon}_i^2$ akan meningkat maupun menurun tergantung γ_1 pada X_i . Ragam galat akan konstan jika $\gamma_1 = 0$ sehingga pengujian hipotesis uji *Breusch-Pagan* yaitu:

$$H_0: \gamma_1 = 0$$

$$H_1: \gamma_1 \neq 0$$

Statistik uji yang digunakan χ_{BP}^2 seperti pada persamaan (2.7):

$$\chi_{BP}^2 = \frac{JKR^*}{\left(\frac{JKS}{n}\right)} \sim \chi_1^2 \quad (2.7)$$

di mana,

JKR^* : jumlah kuadrat regresi antara sisaan ($\hat{\varepsilon}$) dan variabel prediktor (X)

JKS : jumlah kuadrat sisaan regresi antara variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X)

Keputusan menerima H_0 jika statistik uji χ_{BP}^2 lebih kecil daripada titik kritis $\chi_{\alpha(1)}^2$ sehingga tidak terdapat heteroskedastisitas.

(Gujarati, 2004)

2.2.3. Linieritas

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui hubungan linier antara dua atau lebih variabel. Salah satu syarat menggunakan regresi nonparametrik adalah hubungan antar variabel tidak memenuhi asumsi linieritas, atau antara respon dengan prediktor memiliki hubungan yang tidak linier (Wu dan Zhang, 2006). Menurut Gujarati (2004), salah satu metode dalam uji linieritas adalah metode *Regression Specification Error Test* (RESET). Dalam pendekatannya RESET menggunakan OLS (*Ordinary Least Square*) untuk

meminimumkan jumlah dari *error* yang dikuadratkan dari setiap observasi. Statistik uji untuk RESET adalah sebagai berikut.

- a. Persamaan regresi sederhana dengan menggunakan satu variabel prediktor, yaitu:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Pendugaan parameter dengan pendekatan OLS kemudian diperoleh pendugaan sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$$

Kemudian melakukan perhitungan R_1^2 yang pertama seperti berikut.

$$R_1^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.8)$$

- b. Lalu dilakukan OLS untuk persamaan regresi kedua yaitu:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 x_{it} + \alpha_2 \hat{y}_i^2 + \varepsilon_i$$

Kemudian melakukan perhitungan R_2^2 yang kedua.

- c. Pengujian bentuk hubungan variabel prediktor dan respon linier atau nonlinier yaitu:

Hipotesis:

$$H_0 : \alpha_2 = 0 \text{ vs}$$

$$H_1 : \alpha_2 \neq 0$$

Statistik uji mengikuti sebaran F sebagai berikut.

$$F = \frac{(R_2^2 - R_1^2)/1}{(1 - R_2^2)/(n - (p + 1))} \quad (2.9)$$

Keputusan menolak H_0 jika statistik uji $F > F_{(1-\alpha, 2, n-(p+1))}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ (0,05) maka hubungan antara variabel prediktor dan respon adalah nonlinier.

2.3. Analisis Regresi Semiparametrik

Dalam analisis regresi tidak semua peubah penjelas dapat didekati dengan pendekatan parametrik, karena tidak adanya informasi tentang bentuk hubungan antara variabel prediktor dan variabel responnya, sehingga harus dilakukan pendekatan nonparametrik. Menurut Purnomo dkk. (2008), dengan menggabungkan pendekatan parametrik dan nonparametrik dalam suatu pendekatan regresi akan didapatkan suatu model semiparametrik. Persamaan semiparametrik linier sederhana dituliskan sebagai berikut.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + f(t_i) + \varepsilon_i \quad (2.10)$$

dengan,

y_i : respon pada pengamatan ke- i

x_i : prediktor pada pengamatan ke- i untuk komponen parametrik

t_i : prediktor pada pengamatan ke- i untuk komponen non-parametrik

$f(t_i)$: fungsi nonparametrik yang tidak diketahui bentuknya

ε_i : galat yang memiliki rata-rata 0 dan ragam σ^2

2.3.1. Pendugaan Model pada Regresi Semiparametrik

Pada analisis regresi semiparametrik, pendugaan fungsi dapat dilakukan dengan menduga parameter. Pendugaan parameter dilakukan dengan menggunakan metode PWLS (*Penalized Weighted Least Square*).

$\tilde{f}(t_i)$ pada persamaan 2.10 adalah bentuk kurva atau fungsi regresi yang tidak diketahui. Dengan *random error* ($\underline{\varepsilon}$) diasumsikan berdistribusi normal *N-variat* dengan *mean* $E(\underline{\varepsilon}) = \underline{0}$ (vektor berukuran n) dan matriks varian-kovarian $Var(\underline{\varepsilon}) = \underline{\Sigma}$ (matriks berukuran $n \times n$) (Fernandes, dkk., 2018).

Apabila data (t_i, y_i) dengan $i = 1, 2, \dots, n$ mengikuti model regresi nonparametrik, bentuk fungsinya berubah menjadi seperti berikut (Fernandes, dkk., 2018).

$$\tilde{f} = \mathbf{T}\tilde{d} + \mathbf{V}\tilde{c} \quad (2.11)$$

\mathbf{T} adalah matriks berukuran $(n) \times (m)$, dimana m adalah orde polinomial *spline*. Dalam penelitian ini dibatasi penggunaan $m = 2$ (orde *spline* linier). Matriks \mathbf{T} dijabarkan seperti berikut.

$$\mathbf{T}_{\ell i} = \begin{bmatrix} \langle \eta_{\ell i 1}, \phi_{\ell i 1} \rangle & \langle \eta_{\ell i 1}, \phi_{\ell i 2} \rangle \\ \langle \eta_{\ell i 2}, \phi_{\ell i 1} \rangle & \langle \eta_{\ell i 2}, \phi_{\ell i 2} \rangle \\ \vdots & \vdots \\ \langle \eta_{\ell i n}, \phi_{\ell i 1} \rangle & \langle \eta_{\ell i n}, \phi_{\ell i 2} \rangle \end{bmatrix}_{n \times 2} \quad (2.12)$$

dengan

$$\langle \eta_i, \phi_j \rangle = \frac{t_i^{j-1}}{(j-1)!} \quad (2.13)$$

$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; \ell = 1, 2, \dots, p$

\tilde{d} adalah vektor berukuran $m = 2$ yang dinyatakan seperti berikut.

$$\tilde{d} = (d_1, d_2)^T$$

\mathbf{V} adalah matriks berukuran $(n) \times (n)$ sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_{\ell i} = \begin{bmatrix} \langle \xi_{\ell i 1}, \xi_{\ell i 1} \rangle & \langle \xi_{\ell i 1}, \xi_{\ell i 2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{\ell i 1}, \xi_{\ell i n} \rangle \\ \langle \xi_{\ell i 2}, \xi_{\ell i 1} \rangle & \langle \xi_{\ell i 2}, \xi_{\ell i 2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{\ell i 2}, \xi_{\ell i n} \rangle \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \xi_{\ell i n}, \xi_{\ell i 1} \rangle & \langle \xi_{\ell i n}, \xi_{\ell i 2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{\ell i n}, \xi_{\ell i n} \rangle \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (2.14)$$

dengan

$$\langle \xi_i, \xi_s \rangle = \int_a^b \frac{(t_i - u)_+^{m-1} (t_s - u)_+^{m-1}}{((m-1)!)^2} du \quad (2.15)$$

$s = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, n$

dengan $(x_i - u)_+^{m-1} = (x_i - u)^{m-1}$ untuk $x_i - u \geq 0$ dapat ditulis $x_i \geq u$ dan $(x_i - u)_+^{m-1} = 0$ untuk $x_i - u < 0$ atau dapat ditulis $x_i < u$. Jika $a \leq u \leq b$, dan $a = \min(x_i)$, maka berlaku $x_i \geq u$, sehingga $(x_i - u)_+^{m-1} = (x_i - u)^{m-1}$.

Persamaan (2.15) untuk $m = 2$ (linier) dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \langle \xi_i, \xi_S \rangle &= \int_a^b (t_i - u)(t_s - u) du \\ &= \int_a^b [t_i t_s - t_i u - t_s u + u^2] du \\ &= t_i t_s u - \frac{1}{2} t_i u^2 - \frac{1}{2} t_s u^2 + \frac{1}{3} u^3 \Big|_a^b \end{aligned}$$

Untuk $t \in [0,1]$, diperoleh $\langle \xi_i, \xi_S \rangle = t_i t_s - \frac{1}{2}(t_i + t_s) + \frac{1}{3}$

\underline{c} adalah vektor berukuran n yang dinyatakan seperti berikut.

$$\underline{c} = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T$$

Berdasarkan model $\underline{f} = \underline{Td} + \underline{Vc}$, model regresi nonparametrik untuk orde polinomial *spline* m adalah sebagai berikut.

$$f(x_i) = \sum_{j=1}^m \frac{t_i^{j-1}}{(j-1)!} d_j t_i^{j-1} + \sum_{s=1}^n c_{is} \int_a^b \frac{(t_i - u)_+^{m-1} (t_s - u)_+^{m-1}}{((m-1)!)^2} du \quad (2.16)$$

Bentuk kurva regresi nonparametrik tidak diketahui bentuknya, tetapi f diasumsikan mulus (*smooth*) untuk mendapatkan pendugaan kurva regresi f pada model regresi nonparametrik dengan asumsi $E(\varepsilon) = 0$ dan $Var(\varepsilon) = \Sigma$. Pendekatan *smoothing spline* untuk memperoleh pendugaan kurva regresi nonparametrik dapat diselesaikan dengan meminimumkan optimasi PWLS sebagai berikut (Fernandes, 2015).

$$\min = \left\{ n^{-1} (\underline{y} - \underline{f})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{f}) + \lambda \int_0^1 (f^{(m)}(x))^2 dx \right\} \quad (2.17)$$

dengan $\underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ dan $\underline{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$

di mana,

$$\underline{f} = (f(t_1), f(t_2), \dots, f(t_n)) \quad (2.18)$$

Optimasi PWLS pada persamaan (2.17) mempertimbangkan dua parameter penghalus sebagai pengontrol antara *goodness of fit* (ruas pertama) dan *roughness penalty* (ruas kedua). Pada optimasi PWLS tersebut λ merupakan parameter penghalus (*smoothing parameter*) yang mengontrol antara *goodness of fit* dan *roughness penalty*. Penguraian optimasi PWLS di atas menjadi *goodness of fit*

$$R(f) = n^{-1} (\underline{y} - \underline{f})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{f}) \quad (2.19)$$

dan *roughness penalty*

$$J(f) = \lambda_i \int_0^1 \left(\sum_{\ell=1}^p f_i^{(m)}(t_{\ell i}) \right)^2 dt_{\ell i} \quad (2.20)$$

Optimasi PWLS pada persamaan (2.71) dapat diselesaikan dengan cara penguraian komponen *penalty*

$$\lambda_i \int_0^1 \left(\sum_{\ell=1}^p f_i^{(m)}(t_{\ell i}) \right)^2 dt_{\ell i} = \underline{c}_i^T \underline{\Lambda} \underline{V}_i \underline{c}_i \quad (2.21)$$

dan *Goodness of fit*

$$n^{-1} (\underline{y} - \underline{f})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{f}) = n^{-1} (\underline{y} - \underline{T}\underline{d} - \underline{V}\underline{c})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{T}\underline{d} - \underline{V}\underline{c}) \quad (2.22)$$

Penyelesaian optimasi PWLS pada persamaan (2.17) untuk mencapai keadaan yang optimal berdasarkan *goodness of fit* (2.19) dan *roughness penalty* (2.20) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \min & \left\{ n^{-1} (\underline{y} - \underline{f})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{f}) + \lambda_i \int_0^1 \left(\sum_{\ell=1}^p f_i^{(m)}(x_{\ell i}) \right)^2 dx_{\ell i} \right\} \\ & = \min \left\{ n^{-1} (\underline{y} - \underline{T}\underline{d} - \underline{V}\underline{c})^T \underline{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \underline{T}\underline{d} - \underline{V}\underline{c}) + \underline{c}^T \underline{\Lambda} \underline{V}\underline{c} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \min \left\{ \left((\underline{y} - \mathbf{T}\underline{d} - \mathbf{V}\underline{c})^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T}\underline{d} - \mathbf{V}\underline{c}) + \underline{c}^T n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{V}\underline{c} \right) n^{-1} \right\} \\
 &= \min \left\{ \left[\begin{array}{l} \underline{y}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} - \underline{y}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} - \underline{y}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V}\underline{c} - \underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + \\ \underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V}\underline{c} - \underline{c}^T \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \underline{c}^T \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + \underline{c}^T \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V}\underline{c} + \underline{c}^T n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{V}\underline{c} \end{array} \right] n^{-1} \right\} \\
 &= \min \left\{ \left[\begin{array}{l} \underline{y}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} - 2\underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} - 2\underline{c}^T \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + \underline{d}^T \mathbf{T}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V}\underline{c} + \\ \underline{c}^T \mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + \underline{c}^T (\mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{V})\underline{c} \end{array} \right] n^{-1} \right\} \\
 &= \min \{ Q(\underline{c}, \underline{d}) \} \tag{2.23}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian optimasi persamaan (2.23) untuk memperoleh \underline{c} dan \underline{d} dengan cara melakukan turunan parsial $Q(\underline{c}, \underline{d})$ terhadap \underline{c} dan \underline{d} sama dengan nol sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q(\underline{c}, \underline{d})}{\partial \underline{c}} &= 0 \\
 -2\mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + 2\mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + 2(\mathbf{V}^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{V})\hat{\underline{c}} &= 0 \\
 \mathbf{V}^T \left\{ -\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + [\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{I}] \hat{\underline{c}} \right\} &= 0 \\
 -\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + [\boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{I}] \hat{\underline{c}} &= 0 \tag{2.24}
 \end{aligned}$$

Diketahui bahwa $\hat{\mathbf{U}} = \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \mathbf{V} + n\boldsymbol{\Lambda}$ sehingga diperoleh persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 -\hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \underline{y} + \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \mathbf{T}\underline{d} + \hat{\mathbf{U}} \hat{\underline{c}} &= \hat{0} \\
 \hat{\mathbf{U}} \hat{\underline{c}} &= \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T}\underline{d}) \\
 \hat{\underline{c}} &= \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T}\underline{d}) \tag{2.25}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya turunan parsial terhadap \underline{d} menghasilkan:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q(\underline{c}, \underline{d})}{\partial \underline{d}} &= 0 \\
 -\mathbf{T}^T \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \underline{y} + \mathbf{T}^T \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \mathbf{T}\hat{\underline{d}} + \mathbf{T}^T \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} \mathbf{V}\hat{\underline{c}} &= 0 \tag{2.26}
 \end{aligned}$$

$$-\mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \hat{d} + \mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} \left\{ \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T} \hat{d}) \right\} = \underline{0}$$

$$-\mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \hat{d} + \mathbf{T}^T \left[\hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} \right] \hat{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T} \hat{d}) = \underline{0}$$

Diketahui bahwa $\hat{\mathbf{U}} = \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n \Lambda \mathbf{I}$ dan $\hat{\mathbf{V}} = \hat{\Sigma} (\hat{\mathbf{U}} - n \Lambda \mathbf{I})$ sehingga diperoleh persamaan berikut.

$$\mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} = \hat{\Sigma} (\hat{\mathbf{U}} - n \Lambda \mathbf{I}) \hat{\mathbf{U}}^{-1}$$

$$\mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} = \hat{\Sigma} (\mathbf{I} - n \Lambda \hat{\mathbf{U}}^{-1})$$

$$\hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} = \mathbf{I} - n \Lambda \hat{\mathbf{U}}^{-1} \quad (2.27)$$

Kemudian persamaan (2.27) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.26) untuk mendapatkan persamaan berikut.

$$-\mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} + \mathbf{T}^T \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \hat{d} + \mathbf{T}^T \left[\mathbf{I} - n \Lambda \hat{\mathbf{U}}^{-1} \right] \hat{\Sigma}^{-1} (\underline{y} - \mathbf{T} \hat{d}) = \underline{0}$$

$$-n \Lambda \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} + n \Lambda \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \hat{d} = \underline{0}$$

$$n \Lambda \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \hat{d} = n \Lambda \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} \quad (2.28)$$

Pada kedua ruas persamaan (2.28) dikalikan dengan $(n \Lambda)^{-1}$ diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\hat{d} = \left(\mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \right)^{-1} \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} \quad (2.29)$$

Substitusikan persamaan (2.29) pada persamaan (2.27) sehingga diperoleh persamaan yaitu:

$$\hat{\underline{c}} = \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \left[\underline{y} - \mathbf{T} \left(\mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \right)^{-1} \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \underline{y} \right]$$

$$\hat{\underline{c}} = \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \left[\mathbf{I} - \mathbf{T} \left(\mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T} \right)^{-1} \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \right] \underline{y} \quad (2.30)$$

Estimator regresi nonparametrik dapat ditulis menjadi persamaan berikut.

$$\hat{f}_{\lambda} = \mathbf{A}_{\lambda} \underline{y} \quad (2.31)$$

di mana,

$$\mathbf{A}_\lambda = \mathbf{T}(\mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} + \mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \left[\mathbf{I} - \mathbf{T}(\mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \right] \quad (2.32)$$

$$\mathbf{U} = \Sigma^{-1} \mathbf{V} + n \mathbf{\Lambda} \quad (2.33)$$

$$\mathbf{\Lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \mathbf{I} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \lambda_2 \mathbf{I} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \lambda_n \mathbf{I} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (2.34)$$

Dengan \mathbf{I} merupakan matriks identitas dengan ukuran $n \times n$.

Untuk persamaan regresi semiparametrik, persamaan (2.10) menghasilkan persamaan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$\tilde{y} = \mathbf{x} \tilde{\beta} + \tilde{f} + \tilde{\varepsilon} \quad (2.35)$$

dengan mengganti β dan f dengan masing-masing estimasi didapatkan

$$\hat{y} = \mathbf{x} \hat{\beta} + \hat{f} + \varepsilon$$

$$\tilde{y} - \mathbf{x} \hat{\beta} = \hat{f} + \varepsilon$$

Jika $\tilde{z} = \tilde{y} - \mathbf{x} \hat{\beta}$ maka \hat{f} memiliki persamaan

$$\hat{f}_\lambda = \mathbf{A}_\lambda \tilde{z} \quad (2.36)$$

Dengan modifikasi persamaan (2.31) dan (2.36) maka diperoleh

$$\hat{f}_\lambda = \mathbf{T}(\mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \tilde{z} + \mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \left[\mathbf{I} - \mathbf{T}(\mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^\top \hat{\mathbf{U}}^{-1} \hat{\Sigma}^{-1} \right] \tilde{z} \quad (2.36)$$

di mana,

\hat{f}_λ : vektor penduga fungsi *smoothing spline*

\mathbf{T} : matriks T penyusun model nonparametrik *spline*

$\hat{\mathbf{U}}$: penduga matriks U dengan $\hat{\mathbf{U}} = \hat{\Sigma}^{-1} \mathbf{V} + n \mathbf{\Lambda}$

\tilde{z} : vektor z dengan $\tilde{z} = \tilde{y} - \mathbf{x} \hat{\beta}$

\mathbf{V} : matriks V penyusun model nonparametrik *spline*

$\hat{\Sigma}^{-1}$: penduga matriks pembobot (varian-kovarian)

2.4. Pemilihan Parameter Penghalus Optimal

Parameter penghalus menunjukkan pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva. Jika bernilai besar maka estimasi fungsi yang diperoleh akan semakin mulus, sedangkan jika bernilai kecil maka estimasi fungsi yang diperoleh akan semakin kasar (Eubank, 1999). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memilih parameter penghalus adalah *Generalized Cross Validation* (GCV). Pemilihan parameter yang optimal menjadi salah satu hal yang penting, karena berkaitan dengan perolehan estimator *spline* yang optimal (Howell, 2007). Jika nilai parameter pemulus sangat kecil (λ mendekati nol) maka penduga *spline* akan sangat kasar, sedangkan jika parameter pemulus sangat besar (λ mendekati tak terhingga) maka penduga *spline* akan sangat mulus. Pemilihan parameter pemulus yang optimal menggunakan metode GCV (*Generalized Cross Validation*). Menurut Fernandes, dkk. (2016), pemilihan parameter pemulus yang optimal berdasarkan pendekatan PWLS pada persamaan (2.37).

$$GCV = \frac{MSE(\lambda)}{\left(n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_\lambda)\right)^2} \tag{2.37}$$

$$GCV = \frac{n^{-1} \underline{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}_\lambda)^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}_\lambda) \underline{y}}{\left(n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_\lambda)\right)^2}$$

Dengan \mathbf{A}_λ didapatkan dari persamaan (2.32) dan \mathbf{A} dari persamaan (2.34).

2.5. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi adalah koefisien yang mengukur proporsi total variansi y yang dapat dijelaskan oleh x (Green, 2008). Koefisien determinasi dapat dilambangkan dengan R^2 . Nilai R^2 berada pada selang antara 0 dan 1. Jika koefisien tersebut mendekati angka 1 maka variabel prediktor hampir memberikan semua informasi untuk memprediksi variabel respon atau merupakan indikator yang menunjukkan semakin kuatnya kemampuan menjelaskan perubahan

variabel prediktor terhadap variabel respon (Sembiring, 1995). Besarnya R^2 dapat dihitung dengan persamaan (2.38).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.38)$$

di mana,

\hat{y}_i : penduga respon pada pengamatan ke- i

\bar{y} : rata-rata variabel respon

y_i : respon pada pengamatan ke- i

R^2 : koefisien determinasi

2.6. Pengukuran Variabel Penelitian

Variabel adalah karakteristik, sifat atau atribut dari suatu objek (subjek) penelitian, yang relevan dengan permasalahan yang akan diselidiki, dilakukan pengukuran terhadapnya, dan harus memiliki suatu nilai (*value*), di mana nilainya bervariasi antara objek yang satu dengan lainnya (Solimun dkk., 2018). Pada umumnya penelitian yang dilakukan di lapang sering melibatkan variabel yang tidak dapat diukur secara langsung atau disebut dengan variabel laten (*unobservable*). Variabel laten tersebut menggunakan bantuan alat ukur yang disebut dengan kuesioner yang diperoleh dari instrumen penelitian dengan memperhatikan tinjauan secara konseptual dan studi empiris. Selanjutnya peneliti menyusun indikator-indikator penyusun variabel sesuai definisi konseptual dan operasionalnya. Kemudian dari setiap item pada masing-masing indikator instrumen penelitian diperoleh data variabel laten. Data yang diperoleh dari setiap item tersebut disamakan dengan variabel manifes atau variabel *observable* (Solimun, 2010).

Salah satu metode yang digunakan dalam memperoleh data variabel laten adalah metode rata-rata skor. Metode rata-rata skor merupakan metode dengan cara menghitung rata-rata pada skor dari indikator masing-masing variabel laten yang telah dijumlahkan. Pada

kuesioner menggunakan beberapa macam skala yang dapat memudahkan dalam mendapatkan data. Penelitian ini menggunakan skala *likert* yaitu skala untuk mengukur variabel-variabel di bidang sosial. Skala *likert* menjabarkan variabel menjadi dimensi yang kemudian akan dibentuk indikator-indikator yang dapat dijadikan pedoman untuk membuat item instrumen penelitian. Terdapat lima alternatif jawaban pada skala *likert* seperti berikut.

Tabel 2.1. Pemeringkatan Skala *Likert*

Alternatif Jawaban	Skor
Sangat Tidak Setuju (STS)	1
Tidak Setuju (TS)	2
Netral (N)	3
Setuju (S)	4
Sangat Setuju (SS)	5

2.7. Pemeriksaan Instrumen Penelitian

Hasil kuesioner yang diperoleh akan menghasilkan data yang akurat apabila telah terpenuhi validitas dan reliabilitasnya. Berikut merupakan penjelasan mengenai pemeriksaan validitas dan reliabilitas.

2.7.1. Uji Validitas Instrumen Penelitian

Validitas menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur itu mengukur apa yang ingin diukur (Effendi & Tukiran, 2017). Penelitian ini menggunakan kuesioner di dalam pengumpulan data penelitian, maka kuesioner yang disusun harus mengukur apa yang ingin diukur. Kuesioner merupakan salah satu alat ukur yang tidak dapat diketahui nilainya secara langsung. Kuesioner sebagai instrumen penelitian harus valid terlebih dahulu jika ingin menghasilkan data yang representatif sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian validitas instrumen penelitian ini menggunakan *corrected item-total correlation* dengan persamaan berikut (Azwar, 1992):

$$r_{i(x-i)} = \frac{r_{ix}S_x - S_i}{\sqrt{S_x^2 + S_i^2 - 2r_{ix}S_iS_x}} \quad (2.39)$$

di mana,

$r_{i(x-i)}$: koefisien korelasi dari item ke- i dengan total skor semua item kecuali item ke- i

r_{ix} : koefisien korelasi dari item dengan total skor

S_x : standar deviasi dari total skor

S_i : standar deviasi dari item ke- i

Menurut Masrun dalam Solimun (2010), kriteria item dari instrumen penelitian tersebut sudah valid adalah apabila dihasilkan koefisien korelasi positif dan $\geq 0,3$. Apabila item dalam instrumen penelitian tersebut sudah valid dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan reliabilitas instrumen penelitian.

2.7.2. Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian

Menurut Effendi dan Tukiran (2017), reliabilitas adalah indeks yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan. Dengan kata lain, reliabilitas menunjukkan konsistensi suatu alat pengukur di dalam mengukur suatu gejala yang sama. Dalam penelitian ini digunakan analisis reliabilitas yaitu *internal consistency* dengan melihat nilai koefisien *Alpha Cronbach's*. Apabila nilai $\alpha \geq 0,6$ maka kuesioner dikatakan reliabel (Malhotra dalam Solimun dkk., 2017). Berikut ini adalah rumus *cronbach's alpha*:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_j^2}{S_t^2} \right) \quad (2.40)$$

di mana,

r_{11} : koefisien *cronbach's alpha*

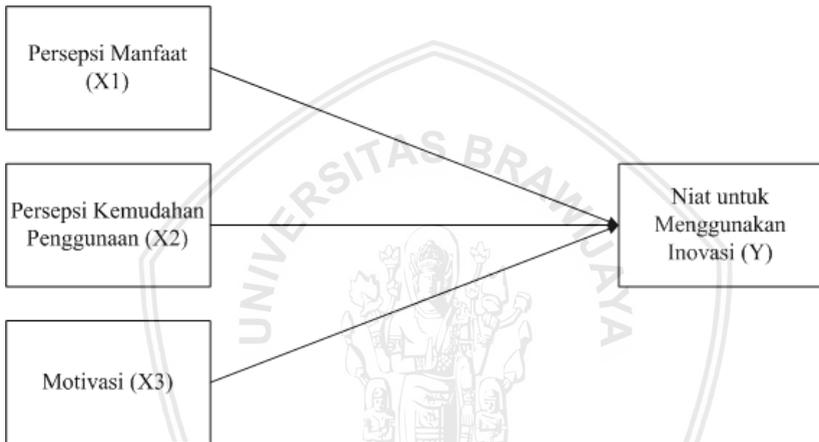
n : banyaknya item dalam satu variabel

S_j^2 : ragam skor setiap item

S_t^2 : ragam skor total item

2.8. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terkait dengan inovasi baterai E-BISTER. Inovasi ini merupakan perkembangan energi listrik ramah lingkungan dengan sumber daya baru dan terbarukan. Baterai E-BISTER ini berbahan baku kombinasi ekstrak tanaman alur (*Sueda maritima*) dan kaktus centong (*Opuntia ficus-indica*) yang kemudian dimasukkan kedalam rangkaian kotak-kotak *accumulator*. Berikut adalah diagram hubungan antar variabel prediktor dan variabel respon.



Gambar 2.1. Diagram Hubungan Antar Variabel Prediktor dan Variabel Respon

Berdasarkan Gambar 2.1, variabel X_1 , X_2 , dan X_3 merupakan variabel prediktor sedangkan Y merupakan variabel respon.

2.8.1. Niat untuk Menggunakan Inovasi

Perilaku niat adalah seseorang yang memiliki kecenderungan untuk beraksi dan menjadi faktor penting untuk memprediksi perilaku konsumen. *Theory of reasoned action* (TRA) yang dikembangkan oleh Fishbein & Azjen secara umum menjelaskan perilaku niat seseorang untuk melakukan atau tidak melakukan suatu perilaku ditentukan oleh sikap dan norma-norma subjektif seseorang (Wahab, 2008). Teori tersebut membantu untuk menjelaskan perilaku niat seseorang terkait dengan inovasi. Menurut Shiau (2014), perilaku niat

(behavioral intention) adalah metode paling baik untuk memprediksi perilaku individu. Fred D. Davis (1989) mengembangkan TRA menjadi *technology acceptance model* (TAM).

Model penerimaan teknologi (TAM) merupakan salah satu teori tentang penggunaan sistem teknologi informasi yang dapat digunakan untuk menjelaskan penerimaan individual terhadap penggunaan sistem teknologi informasi. Davis (1989) mendefinisikan niat perilaku sebagai suatu keinginan seseorang untuk melakukan perilaku tertentu. Perilaku didefinisikan sebagai tindakan yang dilakukan oleh seseorang, dalam konteks penggunaan sistem teknologi informasi sebagai penggunaan sesungguhnya dari teknologi. Dalam TAM, perilaku niat (*behavioral intention*) menggunakan sistem yang bergantung pada dua faktor, yaitu sikap terhadap penggunaan sistem (*attitude towards using*) dan persepsi kegunaan sistem (*perceived usefulness*).

Konsep milik Fred D. Davis ini yang digunakan untuk memaknai niat menggunakan sebagai kecenderungan perilaku seseorang menggunakan secara penuh produk inovasi baterai E-BISTER.

2.8.2. Persepsi Manfaat

Persepsi manfaat (*perceived usefulness*) merupakan kadar atau tingkat sebuah inovasi dipersepsikan dapat memberikan pengaruh positif dalam kesejahteraan seseorang. Menurut Wibowo dalam Rochmawati & Ilfitriah (2016), persepsi manfaat adalah suatu ukuran dimana penggunaan teknologi dipercaya akan mendatangkan manfaat bagi penggunaannya. Wijaya dalam Ahmad & Pambudi (2014) menyebutkan bahwa *perceived usefulness* ini dapat diukur dari beberapa faktor berikut.

1. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan produktifitas pengguna.
2. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan kinerja pengguna.
3. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan efisiensi proses yang dilakukan pengguna.

repository.ub.ac.id

Penelitian oleh Pikkarainen dkk. (2004) dalam Rochmawati & Ilfitriah (2016) menunjukkan bahwa manfaat yang dirasakan memiliki efek langsung pada usai penggunaan layanan *internet banking*, nasabah menggunakan layanan perbankan *online* karena menemukan bahwa menggunakan situs web perbankan meningkatkan produktivitas kegiatan perbankan mereka dan sistem tersebut dirasakan berguna oleh nasabah untuk melakukan transaksi keuangan. Sehingga dapat dikatakan bahwa persepsi manfaat berpengaruh positif dalam perilaku seseorang.

2.8.3. Persepsi Kemudahan Penggunaan

Persepsi kemudahan penggunaan adalah bagaimana seseorang belajar untuk mengoperasikan atau menggunakan teknologi atau sistem informasi baru (Davis, 1989). Konsep persepsi kemudahan untuk menggunakan (*perceived ease of use*) oleh Davis ini mirip dengan konsep kompleksitas (*complexity*) oleh Rogers.

Menurut Rogers (1983), kompleksitas merupakan tingkat sebuah inovasi dipersepsikan sulit untuk dipahami atau digunakan. Beberapa inovasi mudah dipahami oleh sebagian besar anggota sistem sosial, dan sebagian yang lain sulit dipahami sehingga akan lambat diterima. Tingkat penerimaan terhadap sebuah produk akan tinggi jika konsumen merasakan adanya kemudahan penggunaan produk yang ditawarkan oleh produk inovatif. Penelitian oleh Lawson-Body, dkk. (2014) menunjukkan bahwa kompleksitas berpengaruh negatif terhadap niat menggunakan suatu layanan *e-government*. Sehingga semakin rendah persepsi tentang kemudahan penggunaan maka akan semakin tinggi niat seseorang untuk mengadopsi layanan tersebut.

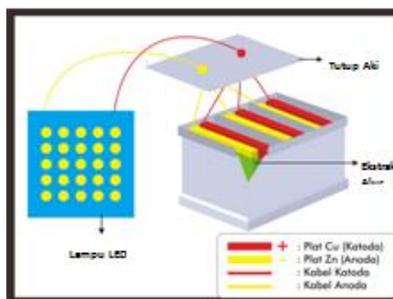
2.8.4. Motivasi

Motivasi merupakan suatu kecenderungan untuk beraktivitas yang dimulai dengan adanya dorongan dalam diri dan diakhiri dengan penyesuaian (Mangkunegara & Anwar, 2007). Motivasi akan tumbuh dikarenakan adanya kebutuhan dan kepuasan serta ketidakseimbangan. Motivasi yang tumbuh akan menjadi dorongan untuk mencapai tujuan dalam memenuhi kebutuhan atau pencapaian keseimbangan.

Menurut Setiadi (2003), motivasi adalah hal yang menyebabkan, menyalurkan dan mendukung perilaku masyarakat atau suatu pendorong masyarakat untuk berperilaku tertentu. Penelitian oleh Utama dkk. (2007) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara motivasi petani dengan adopsi atau menerima teknologi legowo. Dijelaskan juga bahwa apabila motivasi kerja petani meningkat, maka kecenderungan menerapkan teknologi legowo pada usahatani padi sawah akan meningkat. Sehingga semakin tinggi motivasi seseorang untuk menggunakan maka akan semakin tinggi niat seseorang untuk menggunakan suatu teknologi. Kekuatan pendorong merupakan motivasi yang dapat diklasifikasikan menjadi motivasi internal yang berasal dari dalam diri individu yang dipengaruhi oleh keyakinan, pengetahuan dan kemauan; dan motivasi eksternal yang dipengaruhi oleh lingkungan, kebiasaan dan pola pikir masyarakat.

2.9. Baterai E-BISTER

Baterai E-BISTER merupakan produk inovasi biolistrik yang berbentuk baterai basah (*accumulator*) yang berbahan tanaman. Tanaman yang digunakan sebagai bahan baku adalah kombinasi antara 500 gram tanaman alur (*Suaeda maritima*) dan 500 gram kaktus centong (*Opuntia ficus-indica*). Alasan penggunaan tanaman ini adalah karena terdapat kandungan beberapa mineral elektrolit seperti Ca, Fe, Mg, K, dan F. Hal ini sesuai dengan sumber dari beberapa penelitian salah satunya penelitian penelitian tentang kandungan mineral elektrolit pada kaktus dan alur oleh Das dkk. (2015) dan Chiteva (2013).



Gambar 2.2. Ilustrasi Perakitan baterai E-BISTER

Tahapan dalam perakitan baterai E-BISTER adalah merangkai pasta elektrolit alur dan kaktus centong pada wadah *accumulator* bekas sepeda motor kapasitas 12 volt yang sebelumnya sudah dibersihkan. Tahap ini dilakukan dengan mengemas pasta alur dan kaktus centong secara praktis dan efisien. Elektroda yang digunakan yaitu seng (Zn) sebagai anoda (elektroda negatif) dan tembaga (Cu) sebagai katoda (elektroda positif). Dalam tahap ini dihasilkan rangkaian *accumulator* bertegangan yang diukur dengan Avometer kemudian diuji pada lampu LED. Hasilnya, energi sebesar 6 volt telah tersedia dan setidaknya memiliki daya tahan selama 9 jam. Gambar 2.2 merupakan ilustrasi perakitan baterai E-BISTER yang diuji pada lampu LED.





BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh melalui kuesioner yang disebarakan kepada mahasiswa aktif angkatan 2015 sampai 2017 Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Mahasiswa sebagai agen perubahan (*agent of change*) dipercaya sebagai pengambil keputusan inovasi dianggap cukup menjelaskan instrumen penelitian ini. Data yang didapatkan melalui kuesioner bertujuan untuk pemodelan variabel niat seseorang untuk menggunakan inovasi E-BISTER yang dipengaruhi oleh tiga variabel prediktor yaitu persepsi manfaat, persepsi kemudahan penggunaan, dan motivasi.

3.1.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama satu bulan yaitu bulan November 2018. Lokasi penelitian ini adalah Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

3.1.2. Populasi dan Sampel

Unit sampel dalam penelitian ini adalah mahasiswa aktif angkatan 2015 sampai 2018 Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Sedangkan populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa aktif Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Tabel 3.1. Jumlah Mahasiswa di Setiap Angkatan

No.	Angkatan	Jumlah Mahasiswa
1.	2015	528
2.	2016	623
3.	2017	608
4.	2018	697
Total		2456

Penentuan ukuran sampel dengan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat toleransi 10%. Rumus Slovin ditulis dalam rumus berikut (Solimun dkk., 2018):

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

di mana,

n : ukuran sampel

N : ukuran populasi

e : tingkat kesalahan yang masih bisa ditolerir (penelitian ini menggunakan 10%)

Berdasarkan rumus Slovin, maka ukuran sampel pada penelitian ini dihitung seperti berikut.

$$n = \frac{2456}{1 + 2456(0,1)^2} = 96,087637 \approx 96$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa ukuran minimal sampel sebanyak 96 responden. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *proportional accidental sampling* dan *accidental sampling* digunakan sebagai teknik penentuan sampel. *Proportional accidental sampling* adalah teknik pengambilan proporsi untuk memperoleh sampel yang representatif, pengambilan sampel dari setiap strata atau wilayah ditentukan seimbang atau sebanding dalam masing-masing strata dan *accidental sampling* merupakan teknik penentuan sampel berdasarkan kebetulan, yaitu siapa saja yang secara kebetulan bertemu dengan peneliti dapat digunakan sebagai sampel (Arikunto, 1988 dalam Solimun dkk., 2018). Penentuan pemilihan sampel adalah sebagai berikut.

$$n_h = \frac{\text{PopulasiSampel}}{\text{JumlahPopulasi}} \times \text{UkuranSampel}$$

Berdasarkan rumus tersebut maka pengambilan sampel untuk setiap angkatan di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut.

$$\text{Angkatan 2015 : } n_{2015} = \frac{528}{2456} \times 96 = 20,56026 \approx 21$$

$$\text{Angkatan 2016 : } n_{2016} = \frac{623}{2456} \times 96 = 24,35179 \approx 24$$

$$\text{Angkatan 2017 : } n_{2017} = \frac{608}{2456} \times 96 = 23,76547 \approx 24$$

$$\text{Angkatan 2018 : } n_{2018} = \frac{697}{2456} \times 96 = 27,24429 \approx 27$$

Sehingga dari perhitungan tersebut didapatkan sampel yang ditetapkan untuk masing-masing angkatan seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Obyek Penelitian

No.	Angkatan	Populasi	Sampel
1.	2015	528	21
2.	2016	623	24
3.	2017	608	24
4.	2018	697	27
Jumlah		2456	96

3.1.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Penelitian

Definisi operasional variabel yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persepsi Manfaat (X_1)

Persepsi manfaat atau *perceived usefulness* merupakan suatu ukuran dimana penggunaan teknologi dipercaya akan mendatangkan manfaat bagi penggunanya dengan indikator yang disesuaikan dan mengacu pada studi Wijaya dalam Ahmad & Pambudi (2014) yaitu:

a. Kegunaan inovasi, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER memiliki nilai tambah dan dapat mendatangkan manfaat bagi penggunanya.

2. Persepsi Kemudahan Penggunaan (X_2)

Persepsi kemudahan penggunaan atau *perceived ease of use* merupakan bagaimana seseorang belajar untuk mengoperasikan atau menggunakan teknologi atau sistem informasi baru. Indikator dari

variabel kemudahan penggunaan dimodifikasi dan mengacu pada studi Davis (1989) yaitu:

- a. Kemudahan mengumpulkan alat dan bahan, merupakan persepsi responden bahwa alat dan bahan inovasi baterai E-BISTER dapat mudah didapatkan.
 - b. Kemudahan membuat, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER dapat mudah dibuat atau dirakit.
 - c. Kemudahan menggunakan, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER dapat mudah diaplikasikan untuk kebutuhan sehari-hari.
3. Motivasi (X_3)

Motivasi merupakan hal yang menyebabkan, menyalurkan dan mendukung perilaku masyarakat atau suatu pendorong masyarakat untuk berperilaku tertentu. Indikator Motivasi dimodifikasi dan mengacu pada penelitian oleh Utama dkk. (2007) yaitu:

- a. Keyakinan, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER yakin dapat digunakan dalam selang waktu tertentu.
 - b. Keinginan menciptakan lingkungan yang maju, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER dapat digunakan untuk mencapai lingkungan yang maju.
 - c. Pengetahuan dan pola pikir, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER dapat membantu dalam perkembangan ilmu pengetahuan.
4. Niat untuk Menggunakan Inovasi (Y)

Niat untuk menggunakan inovasi merupakan perilaku seseorang yang memiliki kecenderungan untuk menerima sepenuhnya inovasi. Indikator niat untuk menggunakan inovasi dimodifikasi dan mengacu pada penelitian oleh Sholahuddin (2017) yaitu:

- a. Keinginan, merupakan keinginan responden untuk menerima sepenuhnya atau berniat untuk menggunakan inovasi baterai E-BISTER.
- b. Persepsi positif, merupakan persepsi yang positif dari responden tentang inovasi E-BISTER untuk menerima sepenuhnya inovasi tersebut.

- c. Menyarankan kepada orang lain, merupakan persepsi responden bahwa inovasi baterai E-BISTER dapat disarankan kepada orang lain.

3.1.4. Uji Coba Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang baik harus bersifat valid dan reliabel. Uji coba instrumen penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan instrumen yang layak digunakan sebagai alat penelitian. Uji coba instrumen yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan pada 30 mahasiswa Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

1. *Pilot Test*

Uji validitas dilakukan pada masing-masing item per-indikator dan uji reliabilitas dilakukan pada setiap variabel. Instrumen penelitian dikatakan valid dan reliabel apabila memiliki nilai *corrected item-total correlation* lebih besar atau sama dengan 0,3 dan nilai *cronbach's alpha* lebih besar atau sama dengan 0,6. Berikut merupakan ringkasan dari hasil *pilot test* pertama:

Tabel 3.3. Uji Validitas dan Reliabilitas *Pilot Test I*

Variabel	Indikator	Item	Item Tidak Valid	<i>Cronbach's Alpha</i>
Persepsi Manfaat (X ₁)	Kegunaan Inovasi (X1.1)	1,2,3, 4,5,6	-	0,725
Persepsi Kemudahan Penggunaan (X ₂)	Mudah untuk mengumpulkan alat dan bahan (X2.1)	7,8	-	0,641
	Mudah untuk membuat (X2.2)	9,10, 11	11	
	Mudah untuk menggunakan (X2.3)	12,13	13	
Motivasi (X ₃)	Keyakinan (X3.1)	14,15	14,15	0,666
	Keinginan menciptakan	16,17, 18	-	

	lingkungan yang maju (X3.2)			
	Pengetahuan dan pola pikir (X3.3)	19,20, 21	-	
Niat untuk Menggunakan Inovasi (Y)	Keinginan (Y1.1)	22,23, 24	-	0,900
	Persepsi Positif (Y1.2)	25,26	-	
	Menyarankan Kepada Orang Lain (Y1.3)	27,28, 29	-	

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat diketahui bahwa seluruh item pada variabel persepsi manfaat (X_1) dan niat untuk menggunakan inovasi (Y) telah valid dan reliabel, terbukti dengan nilai *corrected item-total correlation* yang bernilai lebih dari 0,3 dan nilai *cronbach's alpha* yang bernilai lebih dari 0,6. Pada variabel persepsi kemudahan penggunaan (X_2) dan motivasi (X_3), terdapat masing-masing dua item yang belum valid, terbukti dari nilai *corrected item-total correlation* yang kurang dari 0,3, sehingga untuk pernyataan yang tidak valid bisa dihapus.

Tabel 3.4. Uji Validitas dan Reliabilitas *Pilot Test II*

Variabel	Indikator	Item	Item Tidak Valid	<i>Cronbach's Alpha</i>
Persepsi Manfaat (X_1)	Kegunaan Inovasi (X1.1)	1,2,3, 4,5,6	-	0,725
Persepsi Kemudahan Penggunaan (X_2)	Mudah untuk mengumpulkan alat dan bahan (X2.1)	7,8	-	0,780
	Mudah untuk membuat (X2.2)	9,10, 11	-	

	Mudah untuk menggunakan (X2.3)	12,13	-	
Motivasi (X ₃)	Keinginan menciptakan lingkungan yang maju (X3.2)	16,17, 18	-	0,832
	Pengetahuan dan pola pikir (X3.3)	19,20, 21	-	
-Niat untuk Menggunakan Inovasi (Y)	Keinginan (Y1.1)	22,23, 24	-	0,900
	Persepsi Positif (Y1.2)	25,26	-	
	Menyarankan Kepada Orang Lain (Y1.3)	27,28, 29	-	

Tabel 3.4 di atas menunjukkan bahwa semua item telah valid dan reliabel. Hal tersebut menunjukkan bahwa item-item yang ada pada kuesioner telah layak digunakan untuk tahap pengumpulan data.

3.2. Metode Analisis Data

3.2.1. Langkah-Langkah Mendapatkan Data

Langkah-langkah hingga didapatkan data yang akan diolah dijabarkan sebagai berikut.

1. Menentukan lokasi dan waktu penelitian seperti pada sub bab 3.1.2
2. Menentukan populasi dan sampel penelitian seperti pada sub bab 3.1.3
3. Menentukan variabel, indikator dan item penelitian yang digunakan sesuai dengan sub bab 2.8
4. Merancang instrumen penelitian dari variabel yang telah ditentukan
5. Melakukan uji coba (*pilot test*) instrumen penelitian seperti pada sub bab 3.1.4

- repository.ub.ac.id
- Melakukan pemeriksaan validitas dan reliabilitas pada instrumen penelitian
 - Menormalisasikan data skala menjadi data dengan rentang nilai 0 sampai 1 dengan rumus berikut.

$$z_i = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)}$$

Kemudian menghitung rata-rata skala yang telah dinormalisasikan.

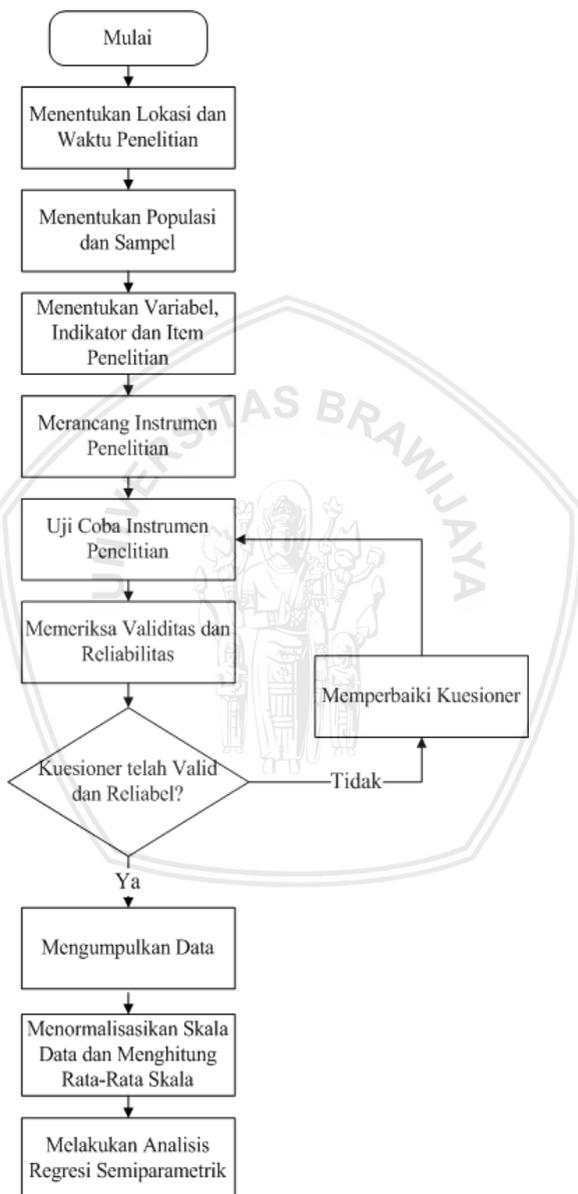
- Melakukan analisis regresi semiparametrik
- Langkah-langkah di atas dibentuk dalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2.2. Langkah-Langkah Analisis Regresi Semiparametrik

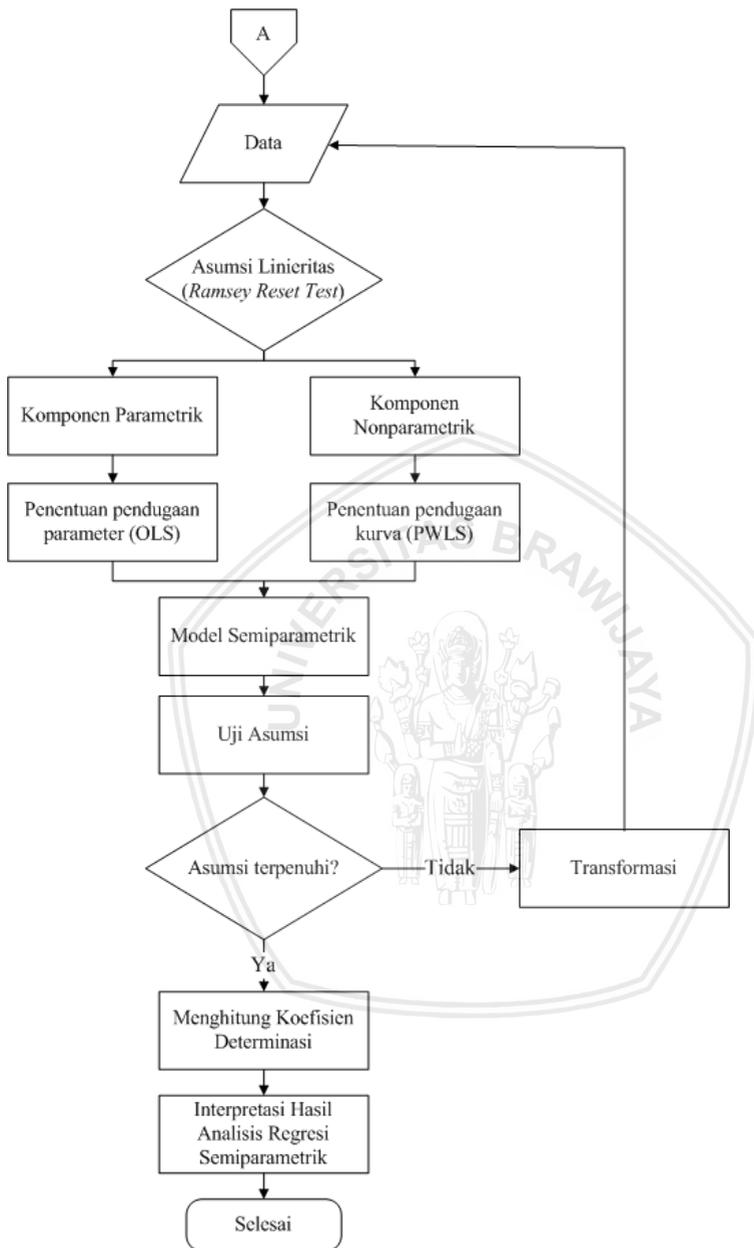
Langkah-langkah yang digunakan dalam Analisis Regresi Semiparametrik adalah sebagai berikut.

- Uji linieritas antara variabel prediktor dan variabel respon untuk menentukan komponen nonparametrik dengan persamaan 2.9
- Mengestimasi komponen parametrik $\hat{\beta}$ dengan metode OLS melalui persamaan 2.3
- Mengestimasi komponen nonparametrik \hat{f} dengan metode PWLS sebagai berikut
 - Menentukan parameter penghalus λ optimal dengan nilai minimum *Generalized Cross Validation* (GCV) dengan persamaan 2.37
 - Mengestimasi matriks \mathbf{T} dan \mathbf{V} dari persamaan 2.12 dan 2.14
 - Mengestimasi fungsi regresi \hat{f} dengan matriks \mathbf{T} dan \mathbf{V} dengan menggunakan metode PWLS sesuai persamaan 2.31
- Membuat model semiparametrik dari gabungan komponen parametrik dan nonparametrik dengan persamaan 2.35
- Uji asumsi normalitas sisaan dan homoskedastisitas sesuai pada persamaan 2.4 dan 2.7
- Menghitung koefisien determinasi dengan persamaan 2.38
- Menginterpretasi hasil analisis regresi semiparametrik

Langkah-langkah pada analisis regresi semiparametrik ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program R. Diagram alir metode analisis regresi semiparametrik dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1. Diagram Alir Perolehan Data



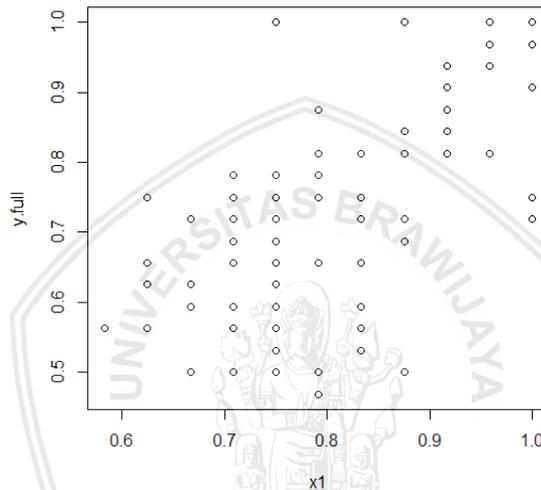
Gambar 3.2. Diagram Alir Analisis Regresi Semiparametrik

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

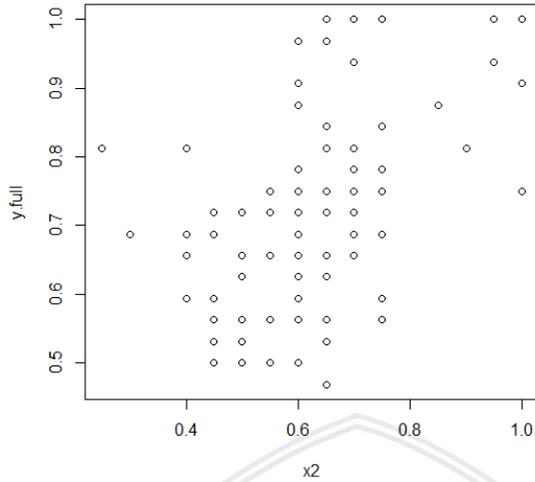
4.1. Uji Asumsi Linieritas

Uji linieritas dilakukan untuk memilah prediktor mana yang merupakan komponen parametrik dan nonparametrik. Linieritas antara variabel prediktor dan variabel respon dapat dilihat melalui plot sebaran.



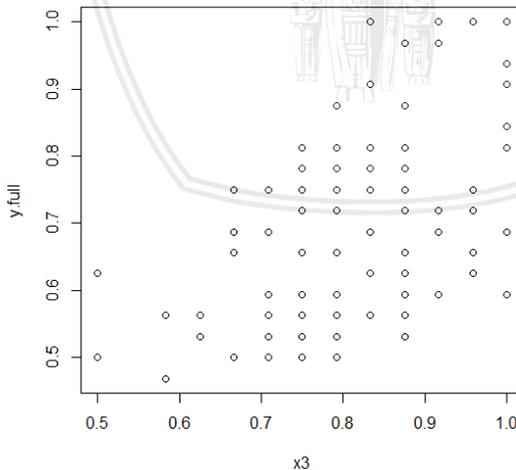
Gambar 4.1. Plot Antara Variabel Persepsi Manfaat (X1) dengan Variabel Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y)

Apabila dilihat melalui plot pada Gambar 4.1, pola sebaran data untuk variabel Persepsi Manfaat (X1) dan variabel Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y) secara sekilas dapat diidentifikasi bahwa terdapat pola yang cenderung acak, sehingga dapat diindikasikan bahwa pola hubungan X1 dengan Y tidak linier.



Gambar 4.2. Plot Antara Variabel Persepsi Kemudahan Penggunaan (X2) dengan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y)

Pada Gambar 4.2, plot tebaran data terlihat bahwa hubungan antara variabel Persepsi Kemudahan Penggunaan (X2) terhadap Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y) memiliki pola yang cenderung acak pula, sehingga dapat diindikasikan bahwa pola hubungan X2 dengan Y tidak linier..



Gambar 4.3. Plot Antara Variabel Motivasi (X3) dengan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y)

Berbeda dengan Gambar 4.1 dan 4.2, plot sebaran pada Gambar 4.3 menampilkan pola hubungan antara variabel Motivasi (X_3) dan variabel Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y) yang terlihat mengikuti sebuah pola linier dengan lebih jelas, karena polanya tidak acak seperti gambar 4.1 dan 4.2.

Menentukan linieritas melalui plot tidak cukup akurat, tentu perlu uji lebih lanjut, yaitu uji linieritas untuk memutuskan kebenaran hipotesis mengenai pola sebaran. Dengan menggunakan perangkat lunak R , metode yang digunakan untuk melakukan uji linieritas adalah dengan *Ramsey Reset Test*. Hasil uji linieritas pada setiap data dapat dilihat pada Lampiran 8, secara ringkas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Uji Linieritas *Ramsey Reset Test*

Data	<i>p-value</i>	Hubungan
$X_1 - Y$	0,025	Tidak Linier
$X_2 - Y$	0,038	Tidak Linier
$X_3 - Y$	0,323	Linier

Dengan tingkat kepercayaan 5% terlihat bahwa hubungan antara Persepsi Manfaat (X_1) terhadap Niat untuk Menggunakan Inovasi (Y) dan Persepsi Kemudahan Penggunaan (X_2) terhadap Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y) mengikuti sebaran nonlinier sehingga Persepsi Manfaat dan Persepsi Kemudahan Penggunaan merupakan prediktor nonparametrik yang akan lebih tepat apabila diolah dengan metode nonparametrik. Namun dalam penelitian ini, variabel X_2 diasumsikan linier terhadap variabel Y . Variabel X_1 sebagai komponen nonparametrik dimisalkan menjadi t dan variabel X_2 sebagai komponen parametrik tetap dimisalkan sebagai x_2 . Sedangkan hubungan antara Motivasi (X_3) terhadap Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER (Y) mengikuti sebaran linier sehingga Motivasi merupakan prediktor parametrik yang lebih tepat apabila didekati dengan metode parametrik dan variabel X_3 ini dimisalkan menjadi x_3 .

4.2. Model Semiparametrik

Model semiparametrik merupakan gabungan dari pendekatan parametrik dan nonparametrik dalam suatu pendekatan regresi. Dalam model semiparametrik, proses pencarian persamaan kedua pendekatan tersebut dilakukan secara parsial, baik dengan parametrik terlebih dahulu kemudian nonparametrik maupun sebaliknya.

4.2.1. Pendugaan Model Parametrik

Komponen parametrik diduga dengan menerapkan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Dari *running* program R didapatkan penduga parameter OLS berikut.

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} 0,02323739 \\ 0,38208246 \\ 0,54583783 \end{bmatrix}$$

Bentuk matriks di atas dapat ditulis dalam bentuk persamaan parametrik untuk x_2 dan x_3 seperti berikut.

$$\hat{y} = 0,02323739 + 0,38208246x_2 + 0,54583783x_3 \quad (4.1)$$

Persamaan (4.1) menunjukkan bahwa Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER memiliki rata-rata sebesar 0,02323739 saat Persepsi Kemudahan Penggunaan dan Motivasi konstan. Setiap kenaikan satu nilai dari Persepsi Kemudahan Penggunaan akan menaikkan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER sebesar 0,38208246 dengan Motivasi dianggap konstan. Setiap kenaikan satu nilai dari Motivasi akan menaikkan Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER sebesar 0,54583783 dengan Persepsi Kemudahan Penggunaan dianggap konstan.

Pendugaan untuk nilai y dapat dihitung dengan memanfaatkan persamaan (4.1). Sebagai contoh dengan memasukkan x_2 dan x_3 pada observasi pertama dengan nilai 0,75 dan 0,875 berturut-turut akan didapatkan \hat{y} berikut.

$$\hat{y} = 0,02323739 + 0,38208246(0,75) + 0,54583783(0,875)$$

$$\hat{y} = 0,7874073$$

Semua \hat{y} untuk tiap observasi didapatkan dengan cara yang sama dan dapat dilihat pada lampiran 9.

4.2.2. Pendugaan Model Semiparametrik

Setelah penduga komponen parametrik didapatkan, selanjutnya adalah melakukan pendugaan untuk komponen nonparametrik. Untuk mendapatkan model nonparametrik, dicari parameter penghalus terbaik dengan syarat nilai GCV harus minimum. Iterasi untuk mendapatkan GCV minimum dilakukan menggunakan optimasi *nlnb* dengan program R menghasilkan pasangan lambda dan GCV seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Optimasi GCV

Iterasi	Lambda	GCV
0	0,001	0,010723090
1	0,001	0,010723090

Dalam metode *Generalized Cross Validation* (GCV), prinsip utamanya yaitu proses seleksi model terbaik dengan memasukkan nilai-nilai λ dan mengambil λ yang menghasilkan nilai GCV minimum. Untuk mendapatkan GCV minimum yang menjadi karakteristik untuk menentukan model dengan λ terbaik, dilakukan iterasi sebanyak satu tahap. Didapatkan GCV minimum yang bernilai 0,010723090 pada saat nilai λ sebesar 0,001.

Berikut adalah nilai \hat{d} dan \hat{c} yang secara ringkas tersaji pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Nilai \hat{d} dan \hat{c}

Parameter	Nilai
\hat{d}_1	-0,2075014
\hat{d}_2	0,2615903
\hat{c}_1	-0,0061733994
\hat{c}_2	0,0251256167
\hat{c}_3	-0,0118516026
\vdots	\vdots

Parameter	Nilai
\hat{c}_{95}	0,0038564778
\hat{c}_{96}	-0,0015783943

Seperti pada persamaan (2.35), sebelum mendapatkan penduga model, terlebih dahulu perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai \hat{d} dan \hat{c} . Dari *running* program R, didapatkan matriks untuk \hat{d} dan \hat{c} dengan nilai pada Tabel 4.3 dan secara lengkap terlampir pada lampiran 10. Nilai \hat{d} dimasukkan ke dalam persamaan (2.16) dan didapatkan persamaan nonparametrik berikut.

$$\hat{f} = -0,2075014 + 0,2615903t_i + \sum_{s=1}^n c_s \int_0^1 \frac{(t_i - u)_+^{m-1} (t_s - u)_+^{m-1}}{((m-1)!)^2} du \quad (4.2)$$

Apabila persamaan (4.2) dibagi menjadi dua bagian, terlihat bahwa ruas sebelah kiri bentuknya mirip dengan regresi linier dengan nilai *intercept* sebesar -0,2075014 serta *slope* dengan nilai 0,2615903. Ruas sebelah kanan merupakan *penalty* yang melengkapi agar menghasilkan sebuah model yang fleksibel. *Penalty* inilah yang kemudian membuat nilai penduga yang dihasilkan dapat mengikuti pola sebaran data aktual.

Dengan menggabungkan persamaan parametrik pada persamaan (4.1) dan persamaan nonparametrik pada persamaan (4.2) akan dihasilkan sebuah persamaan semiparametrik untuk menduga nilai respon seperti pada persamaan (4.3).

$$\hat{f} = 0,02323739 + 0,38208246x_2 + 0,54583783x_3 - 0,2075014 + 0,2615903t_i + \sum_{s=1}^n c_s \int_0^1 \frac{(t_i - u)_+^{m-1} (t_s - u)_+^{m-1}}{((m-1)!)^2} du \quad (4.3)$$

Pada saat $m=2$,

$$\int_0^1 \frac{(t_i - u)_+^{2-1} (t_s - u)_+^{2-1}}{((2-1)!)^2} du = \int_0^1 (t_i - u)_+^1 (t_s - u)_+^1 du$$

$$= t_i t_s - \frac{1}{2}(t_i + t_s) + \frac{1}{3} \tag{4.4}$$

$s = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, n$

Sehingga model menjadi lebih sederhana dan perhitungan akan lebih mudah. Setelah memasukkan nilai \hat{c} yang ada pada lampiran 10, dapat dihitung \hat{f} sebagai nilai dari \hat{y} untuk model semiparametrik berikut.

$$\begin{aligned} \hat{f}_i = & 0,02323739 + 0,38208246x_{2i} + 0,54583783x_{3i} \\ & - 0,2075014 + 0,2615903t_i - 0,0061734 \left[t_i t_s - \frac{1}{2}(t_i + t_s) + \frac{1}{3} \right] \\ & + 0,0251256 \left[t_i t_s - \frac{1}{2}(t_i + t_s) + \frac{1}{3} \right] + \dots - 0,0015784 \left[t_i t_s - \frac{1}{2}(t_i + t_s) + \frac{1}{3} \right] \end{aligned}$$

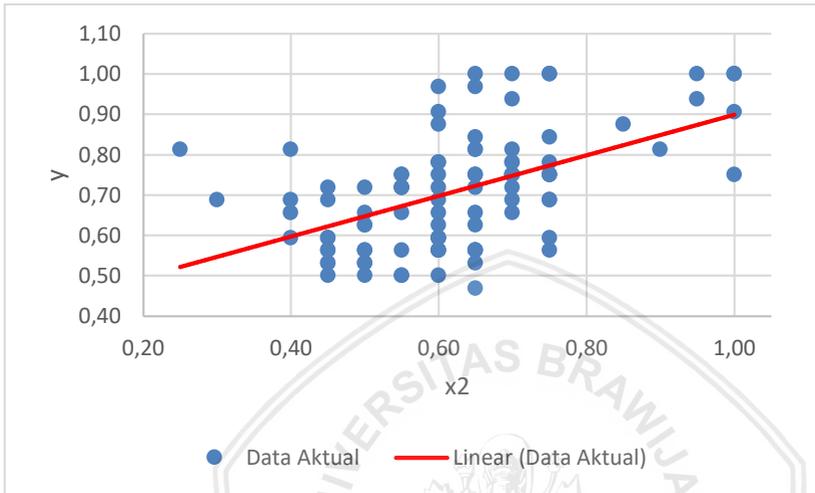
Untuk \hat{f}_1 akan terbentuk model seperti berikut.

$$\begin{aligned} \hat{f}_1 = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{2i} + \hat{\beta}_2 x_{3i} + \hat{d}_1 + \hat{d}_2 t_1 + \hat{c}_1 \left[t_1^2 - \frac{t_1 + t_1}{2} + \frac{1}{3} \right] + \hat{c}_2 \left[t_1 t_2 - \frac{t_1 + t_2}{2} + \frac{1}{3} \right] \\ & + \dots + \hat{c}_{96} \left[t_1 t_{96} - \frac{t_1 + t_{96}}{2} + \frac{1}{3} \right] \end{aligned}$$

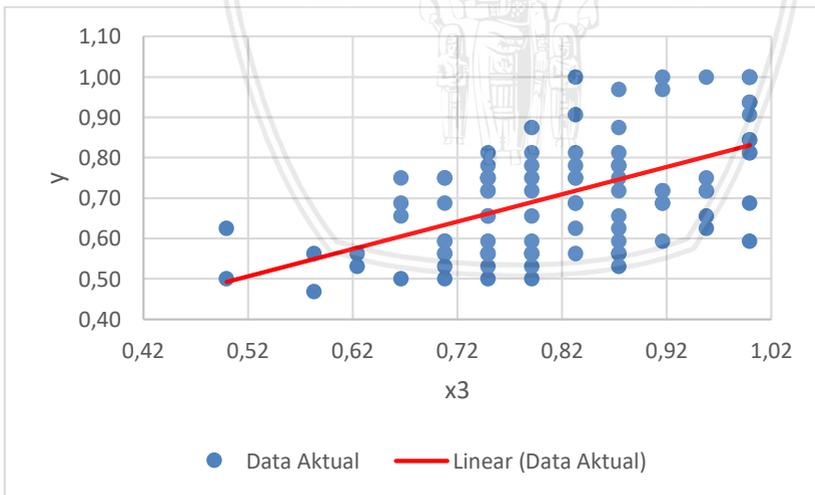
sebagai contoh, dengan memasukkan nilai dari observasi pertama x_2 (0,833333), x_3 (0,875), dan t pada observasi pertama hingga ke n , maka akan didapatkan nilai \hat{f}_1 sebesar 0,7979714 dengan penjabaran seperti pada persamaan (4.5). Secara keseluruhan, hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 11.

$$\begin{aligned} \hat{f}_1 = & 0,02323739 + 0,38208246(0,75) + 0,54583783(0,875) - 0,2075014 \\ & + 0,2615903(0,83333) - 0,0061734 \left[0,83333^2 - \frac{1}{2}(0,83333 + 0,83333) + \frac{1}{3} \right] \\ & + 0,0251256 \left[0,83333 \times 0,95833 - \frac{1}{2}(0,83333 + 0,95833) + \frac{1}{3} \right] \\ & + \dots - 0,0015784 \left[0,83333 \times 0,66667 - \frac{1}{2}(0,83333 + 0,66667) + \frac{1}{3} \right] \end{aligned} \tag{4.5}$$

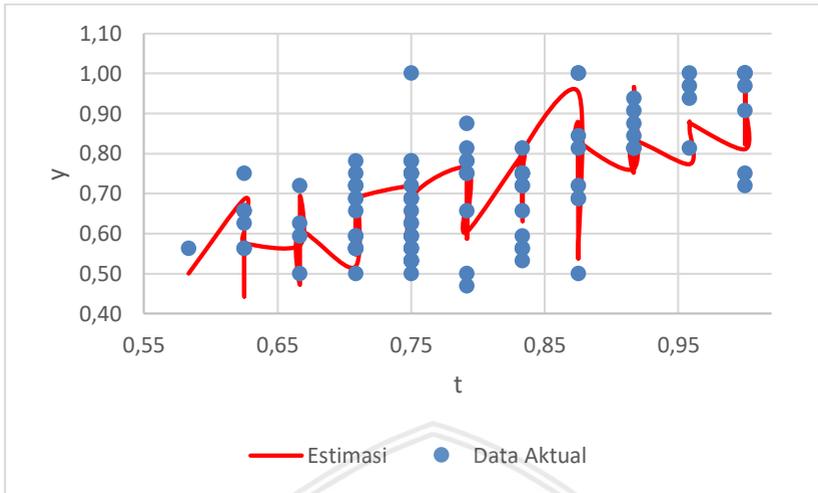
Estimasi untuk nilai y yang telah didapatkan selanjutnya dibuat plot sebaran untuk menampilkan seberapa bagus model yang didapatkan didalam mengikuti pola sebaran dari data sesungguhnya seperti yang disajikan pada Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.4. Hubungan x_2 , y dan \hat{y} parametrik



Gambar 4.5. Hubungan x_3 , y dan \hat{y} parametrik



Gambar 4.6. Hubungan t , y dan \hat{y} semiparametrik

Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 memperlihatkan plot antara prediktor dengan respon dengan titik biru merupakan data aktual dan garis merah sebagai estimasi, di mana x_2 dan x_3 merupakan komponen parametrik yaitu variabel Persepsi Kemudahan Penggunaan dan variabel Motivasi, sedangkan t merupakan komponen nonparametrik yaitu variabel Persepsi Manfaat. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penduga yang terbentuk dari kedua persamaan regresi baik parametrik maupun semiparametrik dalam mengikuti pola sebaran dari data. Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan plot hubungan parametrik, sedangkan Gambar 4.6 menunjukkan plot hubungan semiparametrik.

Perbedaan antara Gambar 4.4 dan 4.5 dengan Gambar 4.6 adalah masing-masing gambar mempresentasikan metode yang berbeda dan dengan membandingkan ketiganya terlihat bahwa model yang terbentuk dari persamaan semiparametrik sangat fleksibel dalam mencari pola hubungan antara prediktor dan respon. Hal ini bertolak belakang dengan prinsip dari regresi parametrik dengan bentuk kurva yang sudah tersedia pada Gambar 4.4 dan 4.5.

Nilai Koefisien Determinasi (R^2) dari model parametrik didapatkan sebesar 0,4577923. Artinya 45,78% data telah terwakili oleh variabel yang ada pada model yaitu variabel Persepsi Kemudahan

Penggunaan dan variabel Motivasi, sedangkan 54,22% sisanya dijelaskan oleh variabel lain diluar model. Pada model semiparametrik yang didapatkan memiliki Koefisien Determinasi (R^2) sebesar 65,93382%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai R^2 berada pada level yang baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang didapatkan mewakili data yang sebenarnya dengan baik. Sedangkan 34,06618% sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak terdapat dalam model.

4.3. Uji Asumsi Sisaan

4.3.1. Uji Asumsi Normalitas Sisaan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah dalam model regresi semiparametrik, sisaan berdistribusi normal atau tidak. Adapun hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan menggunakan program R seperti yang terlampir pada lampiran 12 menunjukkan *p-value* sebesar $2,2 \times 10^{-6}$, karena nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari α (0,01) maka dapat disimpulkan bahwa sisaan tidak berdistribusi normal.

4.3.2. Uji Asumsi Homoskedastisitas

Berikut hasil *Breusch-Pagan test* dengan menggunakan program R yang ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil *Breusch-Pagan test*

Prediktor	<i>p-value</i>
Persepsi Manfaat (t)	0,5956
Persepsi Kemudahan Penggunaan (x_2)	0,0305
Motivasi (x_3)	0,2750

Tabel 4.4 menunjukkan hasil dari uji asumsi homoskedastisitas menggunakan *Breusch-Pagan test*, diperoleh *p-value* untuk masing-masing prediktor lebih dari α (0,01). Artinya tidak terdapat hubungan antara sisaan kuadrat dengan semua prediktor. Hal ini membuktikan bahwa asumsi homoskedastisitas terpenuhi pada tingkat toleransi sebesar 1%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah penerapan metode analisis regresi semiparametrik *smoothing spline* dengan menggunakan pendekatan PWLS pada data Niat untuk Menggunakan Inovasi E-BISTER untuk mengestimasi nilai \hat{y} menghasilkan model yang memiliki koefisien determinasi (R^2) sebesar 65,93382% yang artinya model regresi yang didapatkan dapat mewakili data yang sebenarnya dengan baik.

5.2. Saran

Dengan mengevaluasi hasil dari penelitian ini, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penerapan metode analisis regresi semiparametrik menggunakan orde *spline* (m) selain 2.
2. Menggunakan metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) untuk komponen nonparametrik lebih dari satu dalam satu model.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad dan Pambudi, B.S. 2014. “Pengaruh Persepsi Manfaat, Persepsi Kemudahan, Keamanan dan Ketersediaan Fitur terhadap Minat Ulang Nasabah Bank dalam Menggunakan Internet Banking (Studi pada Program Layanan Internet Banking BRI)”. *Jurnal Studi Manajemen*, Vol.8 No.1.
- Anggini, T.P. 2018. *Pendugaan Fungsi dalam Analisis Path Nonparametrik (Studi pada Kepuasan Mahasiswa Statistika Universitas Brawijaya dalam Berbelanja Online)*. Skripsi: Universitas Brawijaya Malang.
- Artanti, A.A. 2016. *PLN: Tanpa 35.000 MW, Kebutuhan Listrik di 2019 Sudah Cukup*. Metrotvnews.com. Diakses di <http://ekonomi.metrotvnews.com/energi/GbmAvjyb-pln-tanpa-35-000-mw-kebutuhan-listrik-di-2019-sudah-cukup>, pada 10 Oktober 2018.
- Azwar, S. 1992. *Reliabilitas dan Validitas*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Basuki, A.T. 2016. *Pengantar Ekonometrika*. Danisa Media, Sleman.
- Budiantara, I.N. 2006. “Model *Spline* Dengan *Knots* Optimum”. *Jurnal Ilmu Dasar*. Fakultas MIPA. Universitas Jember.
- Budiantara, I.N., Subanar, and Zoejoeti, Z. 1997. “Weighted *Spline* Estimator”. *Bulletin of the International Statistical Institute*, Vol.51 No. 1, hal.333-334.
- Chiteva, R. dan Wairagu, N. 2013. “Chemical and nutritional content of *Opuntia ficus-indica* (L.)”. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 12 No.21, hal.3309-3312.
- Das, S., Zaman, S., Pramanick, P., Pal, N. dan Mitra, A. 2015. “Suaeda maritima : A Potential Carbon Reservoir of Coastal Zone”. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, Vol 2 Issue 5.
- Davis, F.D. 1989. “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology”. *MIS Quarterly*, Vol.13 No.3, hal.319-340.

- Effendi, S. & Tukiran. 2017. *Metode Penelitian Survei*. LP3ES, Jakarta.
- Eubank, R.L. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. Marcell Dekker, New York.
- Fernandes, A.A.R. 2016. *Estimator Spline dalam Regresi Nonparametrik Birespon untuk Data Longitudinal*. Disertasi: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Fernandes, A.A.R., Budiantara, I.N., Otok, B.W., dan Suhartono. 2015. "Spline Estimator for Bi-Responses and Multi-Predictors Nonparametric Regression Model in Case of Longitudinal Data". *Journal of Mathematics and Statistics*, Vol.11 No.2, hal.61-69.
- Fernandes, A.A.R., Janssen, P., Sa'adah, U., Solimun, Effendi, A., Nurjannah dan Amaliana, L. 2018. "Comparison of Spline Estimator at Various Levels of Autocorrelation in Smoothing Spline Nonparametric Regression For Longitudinal Data". *Communications in Statistics – Theory and Methods*, DOI: 10.1080/03610926.2017.1388404.
- Ghafar, A.A. 2017. *Perbandingan Regresi Semiparametrik Smoothing Spline Model Dengan dan Tanpa Penalty*. Skripsi: Universitas Brawijaya Malang.
- Green, W.H. 2008. *Econometric Analysis*. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Gujarati, D.N. 2004. *Basic Econometrics*. The McGraw-Hill Companies, New York.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press, New York.
- Howell, J.R. 2007. *Analysis Using Smoothing Splines as Implemented in LME() in R*. Brigham Young University, USA.
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J. dan Li, W. 2015. *Applied Linear Statistical Models*. Fifth Edition. McGraw-Hill International, Boston.
- Lawson-Body, A., Willoughby, L., Illia, A. dan Lee, S. 2014. "Innovation characteristic influencing veterans' adoption of

- E-Government service”. *The Journal of Computer Information System*, Vol. 54 No. 3, hal.23.
- Lestari, B., Budiantara, I.N., Sunaryo, S., dan Mashuri, M. 2012. “Spline Smoothing for Multi-Response Nonparametric Regression Model in Case of Heteroscedasticity of Variance”. *Journal of Mathematics and Statistics*, Vol.8 No.3, hal.377-384.
- Mangkunegara, A.A. dan Anwar, P. 2007. *Evaluasi Kinerja SDM*. Penerbit PT. Refika Aditama, Bandung.
- Purnomo, T. D. J., Budiantara, I. N. dan Fitriyari, D. 2008. “Weight Estimation Using Generalized Moving Average”. *The Journal for Tekhnology and Science*, Vol.9.
- Rochmawati, U. dan Ilfitriah, A.M. 2016. “Pengaruh Persepsi Manfaat, Kemudahan dan Sikap Nasabah terhadap Penerimaan Penggunaan *E-Banking* bagi Nasabah Bank BNI di Surabaya”. *Artikel Ilmiah Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi PERBANAS*.
- Rogers, E.M. 1983. *Difussion of Innovations*. Collier Macmillan Publisher, London.
- Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. Penerbit ITB, Bandung.
- Setiadi, J.N. 2003. *Perilaku Konsumen*. Penerbit Prenada Media, Jakarta.
- Shiau, H.-C. 2014. “The impact of product innovations on bhavior intention: The measurement of the mediating effect of the brand image of jafanese anime dolls”. *Anthropologist*, Vol.17 No.3, hal.777-788.
- Sholahuddin. 2017. *Pengaruh Karakteristik Inovasi Terhadap Niat Mengadopsi Solopos EPaper*. Tesis: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Solimun, Armanu dan Fernandes, A.A.R. 2018. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Perspektif Sistem (Mengungkap Novelty dan Memenuhi Validitas Penelitian)*. UB Press, Malang.
- Solimun, Fernandes, A.A.R. dan Nurjannah. 2017. *Metode Partial Least Square-PLS*. Cetakan I. CV. Tirta Malang, Malang.

Solimun. 2010. *Analisis Multivariat Pemodelan Struktural Metode Partial Least Square-PLS*. CV. Citra Malang, Malang.

Utama, S.P., Cahyadinata, I. dan Junaria, R. 2007. "Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Tingkat Adopsi Petani pada Teknologi Budidaya Padi Sawah Sistem Legowo di Kelurahan Dusun Besar Kecamatan Gading Cempaka Kota Bengkulu". *Agrisep*, Vol.6 No.1.

Wahab, A.G.A. 2008. "Modelling Student's Intention to Adopt E-Learning A Case from Egypt". *The Electronic Journal of Information System in Developing Countries*, Vol. 34 No. 1, hal. 1-13.

Weisberg, S. 2005. *Applied Linear Regression*. Wiley and Interscience, Minnena.

Wibowo, W. Haryatmi, S. dan Budiantara, I.N. 2013. "Kajian Metode Estimasi Parameter dalam Regresi Semiparametrik Spline". *Journal ITS*. <http://pdm-mipa.ugm.ac.id/ojs/index.php/bimipa/article/viewFile/782/866>.

Widarjono, A. 2005. *Ekonometrika Teori dan Aplikasinya, Edisi Pertama*. Ekonisia, Yogyakarta.

Wu, H. dan Zhang, J.T. 2006. *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*. John Wiley and Sons, New Jersey.