



PENDUGAAN FUNGSI DALAM ANALISIS PATH NONPARAMETRIK

**(Studi pada Kepuasan Mahasiswa Statistika Universitas Brawijaya dalam
Berbelanja Online)**

SKRIPSI

oleh:

TIARA PUTRI ANGGINI

145090501111020



PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018



PENDUGAAN FUNGSI DALAM ANALISIS PATH NONPARAMETRIK

**(Studi pada Kepuasan Mahasiswa Statistika Universitas Brawijaya dalam
Berbelanja Online)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

oleh:

TIARA PUTRI ANGGINI

145090501111020



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENDUGAAN FUNGSI DALAM ANALISIS *PATH*
NONPARAMETRIK**

**(Studi pada Kepuasan Mahasiswa Statistika Universitas Brawijaya
dalam Berbelanja *Online*)**

oleh:

TIARA PUTRI ANGGINI

145090501111020

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 10 Juli 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

Dr. Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc

NIP. 197603281999032001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : TIARA PUTRI ANGGINI

NIM : 145090501111020

PROGRAM STUDI : STATISTIKA

SKRIPSI BERJUDUL :

PENDUGAAN FUNGSI DALAM ANALISIS *PATH*

NONPARAMETRIK

**(Studi pada Kepuasan Mahasiswa Statistika Universitas Brawijaya
dalam Berbelanja *Online*)**

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 di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung risiko.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Juli 2018
yang menyatakan,

Tiara Putri Anggini
NIM. 145090501111020



ESTIMATION OF FUNCTION IN ANALYSIS OF NONPARAMETRIC PATH

(Study on Student Satisfaction Statistics Universitas Brawijaya in Online Shopping)

ABSTRACT

Nonparametric regression is one method that can be used to foresee the influence between endogenous and exogenous variables. The method has the advantage that does not require the form of curves from exogenous to endogenous known form. Nonparametric path regression with smoothing spline is one tool that can be used for research that has some endogenous variables that have a causal relationship. The purpose of this research is to apply nonparametric path analysis to analyze statistical data of Universitas Brawijaya Statistic Student in online shopping and to know Penalized Least Square (PLS) or Penalized Weighted Least Square (PWLS) approach which is best used as the prediction of path function coefficient. This study uses questionnaires as a tool to collect data. Many of the respondents involved were determined using proportional sampling method with accidental technique that is 80 students. The result of the research shows that PWLS estimation is a better function estimate because of the diversity of data that can be explained by the model of 97.34% while the remaining 2.66% is influenced by other variables.

Keywords: Nonparametric Path Analysis, Smoothing Spline, PLS, PWLS, Online Shopping

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “*PENDUGAAN FUNGSI DALAM ANALISIS PATH NONPARAMETRIK*” ini dapat terselesaikan.

Kelancaran dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai bantuan, dukungan dan doa berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Adji Achmad Rinaldo Fernandes, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Prof.Dr.Ir. Ni Wayan Surya Wardhani, MS selaku dosen penguji I yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Samingun Handoyo, S.Si., M.Cs selaku dosen penguji II yang telah memberikan bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Dr.Ir. Solimun, MS selaku ketua Kelompok Kajian Unggulan *Pemodelan Statistika di Bidang Manajemen* yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
5. Achmad Efendi, S.Si.,M.Sc.,Ph.D selaku ketua Program Studi Statistika Universitas Brawijaya.
6. Dr. Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc selaku Ketua Jurusan Statistika Universitas Brawijaya.
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
8. Ayah, Mama, Adik, Citra dan keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa.
9. Sahabat-sahabat saya Ima, Tika, Ira, Riana, Pife, Mamlu, Dilla, Kude, Suci, Retno, Hamba Allah, Mantan Magamon, Statistika 2014 dan KKU-PSBM yang saling mendukung, mendoakan, mengingatkan dan bertukar informasi.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang penulis susun ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan penyempurnaan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca pada umumnya.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis <i>Path</i> Parametrik.....	5
2.1.1 Model Analisis <i>Path</i> Parametrik.....	6
2.1.2 Pendugaan Koefisien Parameter Analisis <i>Path</i> Parametrik.....	7
2.1.3 Asumsi Analisis <i>Path</i> Parametrik.....	9
2.2 Analisis <i>Path</i> Nonparametrik.....	11
2.2.1 Model Analisis <i>Path</i> Nonparametrik.....	11
2.2.2 Pendugaan Fungsi Analisis <i>Path</i> Nonparametrik.....	12
2.2.3 Pemilihan Parameter Penghalus Optimal.....	18
2.2.4 Koefisien Determinasi.....	18
2.3 Diagram <i>Path</i>	19
2.4 Variabel dan Pengukuran Variabel Penelitian.....	20
2.5 Pemeriksaan Instrumen Penelitian.....	22
2.5.1 Uji Validitas Instrumen Penelitian.....	22
2.5.2 Uji Reliabilitas Penelitian.....	23
2.6 Variabel Penelitian.....	23
2.6.1 Keamanan.....	23
2.6.2 Kepercayaan.....	24
2.6.3 Kualitas Layanan.....	24



2.6.4 Nilai yang dirasakan Pelanggan	25
2.6.5 Kepuasan Pelanggan	25

BAB III. METODE PENELITIAN..... 27

3.1 Sumber Data	27
-----------------------	----

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	27
---------------------------------------	----

3.3 Populasi dan Sampel	27
-------------------------------	----

3.4 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Penelitian	29
---	----

3.5 Uji Coba Instrumen Penelitian	31
---	----

3.5.1 <i>Pilot Test</i>	32
-------------------------------	----

3.6 Metode Analisis Data	35
--------------------------------	----

3.7 Diagram Alir	37
------------------------	----

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 39

4.1 Penskalaan Data	39
---------------------------	----

4.2 Uji Linieritas	39
--------------------------	----

4.3 Estimasi dengan pendekatan <i>Smoothing Spline</i>	40
--	----

4.4 Pemilihan Parameter Penghalus (λ) Optimal	46
---	----

4.5 Pembentukan Model <i>Path</i> Nonparametrik	48
---	----

BAB V. PENUTUP..... 53

5.1 Kesimpulan	53
----------------------	----

5.2 Saran	53
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA..... 55

LAMPIRAN..... 57

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2.1. Diagram <i>path</i> Sederhana.....	5
Gambar 2.2. Diagram <i>Path</i>	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Analisis <i>Path</i> Nonparametrik.....	38
Gambar 4.1. Plot nilai prediksi antara variabel keamanan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.....	40
Gambar 4.2. Plot nilai prediksi antara variabel kepercayaan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.....	41
Gambar 4.3. Plot nilai prediksi antara variabel kualitas layanan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.....	42
Gambar 4.4. Plot nilai prediksi antara variabel keamanan terhadap variabel kepuasan pelanggan.....	43
Gambar 4.5. Plot nilai prediksi antara variabel kepercayaan terhadap variabel kepuasan pelanggan.....	44
Gambar 4.6. Plot nilai prediksi antara variabel kualitas layanan terhadap variabel kepuasan pelanggan.....	45
Gambar 4.7. Plot nilai λ pada variabel nilai yang dirasakan pelanggan.....	47
Gambar 4.8. Plot nilai λ variabel kepuasan pelanggan.....	47

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Pemeringkatan Skala <i>Likert</i>	21
Tabel 3.1. Jumlah Mahasiswa di setiap Angkatan.....	27
Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Obyek Penelitian.....	29
Tabel 3.3. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas <i>pilot test</i> pertama.....	32
Tabel 3.4. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas <i>pilot test</i> kedua.....	34
Tabel 4.1. Perhitungan Skala untuk <i>item 1</i>	39
Tabel 4.2. Uji Nonlinieritas <i>Ramsey Reset Test</i>	40
Tabel 4.3. Nilai GCV Minimum dan <i>Lambda Optimal</i>	48
Tabel 4.4. Nilai \hat{d} dan \hat{c} PLS.....	48
Tabel 4.5. Nilai \hat{d} dan \hat{c} PWLS.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner Penelitian Tahap <i>Pilot Test</i> 1.....	57
Lampiran 2. Kuesioner Penelitian Validitas dan Reliabilitas.....	61
Lampiran 3. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test</i> 1.....	65
Lampiran 4. Uji Validitas dan Reliabilitas <i>Pilot Test</i> 2.....	68
Lampiran 5. <i>Syntax</i> Program <i>R</i>	71
Lampiran 6. <i>Output</i> Analisis.....	88

Hal.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Analisis regresi berkaitan dengan studi hubungan antar variabel, dengan tujuan untuk memperkirakan atau memprediksi (Gujarati, 2004). Analisis regresi merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk menduga pengaruh antara variabel endogen dan variabel eksogen (Hardle, 1990). Analisis regresi digunakan untuk menggambarkan hubungan fungsional antara satu variabel endogen dengan beberapa variabel eksogen dalam suatu bentuk model regresi, dalam penelitian ini menggambarkan hubungan dua variabel endogen yang memiliki hubungan sebab akibat sehingga dibutuhkan analisis *path*.

Analisis *path* mempertimbangkan adanya variabel *intervening* yaitu variabel yang mempengaruhi hubungan antara variabel eksogen dengan variabel endogen menjadi hubungan yang tidak langsung dan tidak dapat diamati atau diukur. Variabel ini merupakan variabel perantara antara variabel eksogen dengan variabel endogen, sehingga variabel eksogen tidak langsung mempengaruhi berubahnya atau timbulnya variabel endogen.

Analisis *path* adalah pengembangan dari analisis regresi yang memiliki lebih dari satu persamaan, di mana persamaan pada analisis *path* bercirikan minimal terdapat satu variabel endogen, satu variabel eksogen dan satu variabel *intervening*. Menurut Solimun (2010), asumsi utama dalam analisis *path* adalah hubungan antar variabel adalah linier atau disebut asumsi linieritas.

Salah satu metode yang digunakan dalam pengujian asumsi linieritas adalah dengan menggunakan *Regression Specification Error Test* (RESET). Jika asumsi linieritas tersebut tidak terpenuhi dan bentuk nonliniernya tidak atau belum diketahui, maka salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah model regresi nonparametrik.

Analisis *path* berbasis regresi nonparametrik merupakan pendekatan *path* atau regresi yang sesuai untuk pola hubungan antara variabel eksogen dengan variabel endogen yang tidak atau belum diketahui bentuknya, atau tidak terdapat informasi masa lalu yang lengkap tentang pola hubungan (Eubank, 1999). Dalam pendekatan *path* regresi nonparametrik, bentuk estimasi model pola hubungan

ditentukan berdasarkan pada pola data yang ada. Pola hubungan antara variabel endogen dengan variabel eksogen yang tidak diketahui dapat di estimasi dengan menggunakan pendekatan *spline* (Budiantara & Soejioti, 1997). 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. Pendekatan yang digunakan dalam estimasi *spline* yaitu pendekatan *truncated spline* dan pendekatan *smoothing spline*. Pada *smoothing spline* membahas secara keseluruhan dari bentuk regresi, *truncated spline* lebih menekankan terhadap sub bagian dari regresi. *Truncated spline* berbasis pada titik *knot* yang tidak perlu mencari lagi parameter penghalus, namun peneliti harus mencari banyaknya titik *knot* yang sesuai. Oleh karena itu, peneliti menggunakan regresi nonparametrik *smoothing spline* yang memiliki fleksibilitas tinggi pada pola data dan tidak memiliki batasan pada tiap daerah, akan tetapi harus mencari parameter penghalus yang optimal untuk digunakan pada model.

Penelitian terdahulu oleh (Fitriana, 2017) membahas tentang Pemilihan Analisis *Path* Nonparametrik dengan pendekatan *truncated spline* pada ordo linier dan kuadratik. Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *smoothing spline*. Secara umum *smoothing spline* menggunakan pendekatan *Penalized Least Square* (PLS). Namun, adanya autokorelasi menyebabkan PLS tidak dapat digunakan sehingga alternatif yang dapat mengakomodir autokorelasi adalah *Penalized Weighted Least Square* (PWLS). Regresi nonparametrik dengan pendekatan PWLS yang dikembangkan dari pendugaan berbasis *Ordinary Least Square* (OLS) dengan menambahkan: 1) *Penalty*, yang dapat mengontrol parameter penghalus dalam *smoothing spline*. 2) Pembobot, yang digunakan untuk mengakomodir korelasi antar respon (Fernandes, 2015).

Perkembangan teknologi menuntut perusahaan lebih kreatif, inovatif dan memanfaatkannya sebagai solusi bisnis, hal ini mendorong persaingan makin bertambah ketat. Fenomena perubahan bisnis terjadi pada penjualan *online* melalui sosial media. Untuk menghadapi pesaing, organisasi berusaha memberi pelayanan yang menyenangkan dengan harapan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan. Pelanggan menganggap bahwa berbelanja *online* lebih berisiko daripada berbelanja *offline*. Oleh karena itu, membangun

kepercayaan dan mengelola keamanan pada transaksi *online* bertujuan untuk meningkatkan penjualan menjadi sangat penting. Kepercayaan berpengaruh pada nilai yang dirasakan dan berdampak pada kepuasan. Nilai yang dirasakan pelanggan adalah pendorong utama untuk mengembangkan dan mempertahankan basis pelanggan yang puas.

Penelitian ini menggunakan variabel yang mempengaruhi nilai yang dirasakan pelanggan dan kepuasan pelanggan dengan mempertimbangkan keamanan, kepercayaan dan kualitas layanan *online*. Variabel-variabel 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* dengan lima respon sehingga data yang diperoleh adalah data skor.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin dikemukakan berdasarkan latar belakang yaitu:

1. Bagaimana mendapatkan fungsi analisis *path* nonparametrik pada variabel nilai yang dirasakan pelanggan dan kepuasan pelanggan yang dipengaruhi keamanan, kepercayaan, kualitas layanan *online* dengan menggunakan pendekatan PLS dan PWLS?
2. Bagaimana hasil perbandingan fungsi analisis *path* nonparametrik pada variabel nilai yang dirasakan pelanggan dan kepuasan pelanggan yang dipengaruhi keamanan, kepercayaan, kualitas layanan *online* dengan menggunakan pendekatan PLS dan PWLS?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan fungsi analisis *path* nonparametrik pada variabel nilai yang dirasakan pelanggan dan kepuasan pelanggan yang dipengaruhi keamanan, kepercayaan, kualitas layanan *online* dengan menggunakan pendekatan PLS dan PWLS.
2. Mengetahui hasil perbandingan PLS dan PWLS pada pendugaan fungsi Analisis *Path* Nonparametrik.



1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan fungsi analisis *path* nonparametrik pada variabel nilai yang dirasakan pelanggan dan kepuasan pelanggan yang dipengaruhi keamanan, kepercayaan, kualitas layanan *online*.
2. Memahami alternatif penggunaan regresi parametrik pada saat kurva regresi belum atau tidak diketahui dan asumsi linieritas tidak terpenuhi, sehingga diperlukan pendalaman regresi *path* nonparametrik dengan pendekatan *smoothing spline* berbasis PLS dan PWLS.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

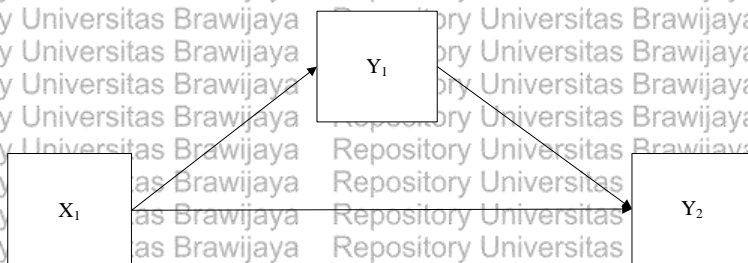
1. Melibatkan satu variabel endogen murni, satu variabel endogen *intervening* dan tiga variabel eksogen.
2. Data berskala minimal interval.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis *Path* Parametrik

Analisis *path* merupakan pengembangan dari analisis regresi parametrik. Analisis *path* pertama kali dikembangkan oleh Wright pada tahun 1934. Dillon dan Goldstein (1984) mengatakan bahwa Wright (1934) mengembangkan metode tersebut sebagai sarana untuk mempelajari efek langsung dan tidak langsung dari beberapa variabel di mana beberapa variabel dipandang sebagai penyebab dan variabel lain dipandang sebagai akibat. Menurut Li (1975), analisis *path* tergantung pada hubungan sebab dan akibat antar variabel yang sering disebut variabel eksogen dan variabel endogen. Pengertian lain menyebutkan bahwa analisis *path* ialah suatu teknik untuk menganalisis hubungan sebab akibat yang terjadi pada regresi berganda jika variabel bebasnya mempengaruhi variabel tergantung, tidak hanya secara langsung tetapi juga secara tidak langsung.

Berdasarkan beberapa pengertian tersebut analisis *path* dapat diartikan sebagai salah satu teknik multivariat yang mempelajari hubungan sebab akibat antar variabel yang sering disebut variabel eksogen dan variabel endogen dengan tujuan untuk mencari *path* paling efisien, pengaruh tidak langsung suatu variabel eksogen terhadap variabel endogen adalah melalui variabel lain yang disebut variabel antara (*intervening variable*). Variabel eksogen merupakan variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain atau tidak ada penyebab-penyebab eksplisit sedangkan variabel endogen merupakan variabel yang dapat memengaruhi dan atau dipengaruhi variabel lain. Berikut ini merupakan contoh dari diagram *path*:



Gambar 2.1 Diagram *Path* Sederhana

2.1.1 Model Analisis Path Parametrik

Model dari regresi dapat digunakan sebagai alat bantu untuk membuat model analisis *path* (Dillon dan Goldstein, 1984). Model analisis *path* dibedakan menjadi dua, yaitu model analisis *path* sederhana dan model analisis *path* kompleks.

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dibentuk model analisis *path* yang telah dibakukan untuk setiap pengamatan seperti berikut:

$$\begin{aligned} y_{1i} &= \beta_{1,1i} x_{1i} + \varepsilon_{1i}; \\ y_{2i} &= \beta_{1,2i} x_{1i} + \beta_{2,2i} y_{1i} + \varepsilon_{2i}; \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- y_{ki} : endogen ke- k pada pengamatan ke- i ,
- x_{li} : eksogen ke- l pada pengamatan ke- i ,
- p : banyaknya eksogen ($l = 1, 2, \dots, p$),
- q : banyaknya endogen ($k = 1, 2, \dots, q$),
- n : banyaknya pengamatan/subyek ($i = 1, 2, \dots, n$),
- ε_{ki} : *random error* pada endogen ke- k pada pengamatan ke- i .

Persamaan (2.1) ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{12} \\ \vdots \\ y_{1n} \\ y_{21} \\ y_{22} \\ \vdots \\ y_{2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & 0 & 0 \\ x_{12} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{1n} & 0 & 0 \\ 0 & x_{11} & y_{11} \\ 0 & x_{12} & y_{12} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & x_{1n} & y_{1n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{1,1i} \\ \beta_{1,2i} \\ \beta_{2,2i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \vdots \\ \varepsilon_{1n} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \vdots \\ \varepsilon_{2n} \end{bmatrix}$$

Atau dapat ditulis

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2.2)$$

Estimasi Matriks varian-kovarians *error* untuk model analisis *path* pada Gambar 2.1 sebagai berikut:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \dots & 0 & \gamma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_1^2 & \dots & 0 & 0 & \gamma & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_1^2 & 0 & 0 & \dots & \gamma \\ \gamma & 0 & \dots & 0 & \sigma_2^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \gamma & \dots & 0 & 0 & \sigma_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \gamma & 0 & 0 & \dots & \sigma_2^2 \end{pmatrix}_{(2N) \times (2N)} \quad (2.3)$$

2.1.2 Pendugaan Koefisien Parameter Analisis *Path* Parametrik

Koefisien analisis *path* menunjukkan pengaruh suatu variabel eksogen terhadap variabel endogen. Pendugaan koefisien *path* dapat dilakukan dengan menduga parameter. Pendugaan parameter dilakukan dengan menggunakan metode OLS (*Ordinary Least Square*) dan WLS (*Weighted Least Square*). Pertama, OLS digunakan jika model bersifat linier dalam parameter, yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat galat. Berdasarkan persamaan (2.2), diperoleh :

$$\tilde{Y} = \mathbf{X}\tilde{\beta} + \tilde{\varepsilon}$$

$$\tilde{\varepsilon} = \tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta}$$

Metode OLS meminimumkan fungsi berikut:

$$\min \{Q\} = \min \{ \tilde{\varepsilon}^T \tilde{\varepsilon} \} = \min \{ (\tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta})^T (\tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta}) \} \quad (2.4)$$

Pendugaan parameter dengan pendekatan OLS dengan meminimumkan Q berikut:

$$\begin{aligned} Q &= (\tilde{\varepsilon}^T \tilde{\varepsilon}) = (\tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta})^T (\tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta}) \\ &= (\tilde{Y}^T - \tilde{\mathbf{X}}^T \tilde{\beta}^T) (\tilde{Y} - \mathbf{X}\tilde{\beta}) \\ &= (\tilde{Y}^T \tilde{Y} - \tilde{Y}^T \mathbf{X}\tilde{\beta} - \tilde{\beta}^T \tilde{\mathbf{X}}^T \tilde{Y} + \tilde{\beta}^T \tilde{\mathbf{X}}^T \mathbf{X}\tilde{\beta}) \\ &= (\tilde{Y}^T \tilde{Y} - 2\tilde{\beta}^T \tilde{\mathbf{X}}^T \tilde{Y} + \tilde{\beta}^T \tilde{\mathbf{X}}^T \mathbf{X}\tilde{\beta}) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Penyelesaian optimasi persamaan (2.5) dengan melakukan turunan Q terhadap $\hat{\beta}$ untuk mendapatkan nilai penduga $\hat{\beta}$ pada matriks varian-kovarians (2.3).

$$\begin{aligned} \frac{\partial(Q)}{\partial(\beta)} &= 0 \\ -2\mathbf{X}^T\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}^T\mathbf{X}\hat{\beta} &= 0 \\ -\mathbf{X}^T\mathbf{Y} + \mathbf{X}^T\mathbf{X}\hat{\beta} &= 0 \\ \mathbf{X}^T\mathbf{X}\hat{\beta} &= \mathbf{X}^T\mathbf{Y} \\ \hat{\beta} &= (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{Y} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Metode OLS belum mengakomodir adanya korelasi antar persamaan pada persamaan (2.2). Menurut Fernandes (2015), penduga dilakukan dengan optimasi WLS yang mampu mengakomodir korelasi antar persamaan menggunakan pembobot berupa *invers* dari matriks varians-kovarians *error*. Penyelesaian persamaan tersebut menggunakan pembobot dengan nilai X dan β , persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\min\{Q\} = \min\{\varepsilon^T \Sigma^{-1} \varepsilon\} = \min\{(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\beta)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\beta)\} \quad (2.7)$$

Untuk menyelesaikan optimasi pada persamaan (2.7), maka dilakukan turunan parsial, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q(\beta) &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\beta)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\beta) = (\mathbf{Y}^T - \beta^T \mathbf{X}^T) \Sigma^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\beta) \\ &= \mathbf{Y}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} - \beta^T \mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} - \mathbf{Y}^T \Sigma^{-1} \mathbf{X}\beta + \beta^T \mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{X}\beta \\ &= \mathbf{Y}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} - 2\beta^T \mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} + \beta^T \mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{X}\beta \end{aligned} \quad (2.8)$$

Perhatikan bahwa $\mathbf{Y}^T \mathbf{X}\beta = \beta^T \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$ karena hasil keduanya berupa skalar. Proses selanjutnya adalah menurunkan persamaan (2.8) terhadap β menghasilkan persamaan (2.9). Setelah itu diturunkan terhadap β , kemudian disamakan dengan nol dapat dilihat pada persamaan (2.10). Sehingga didapatkan penduga β pada persamaan (2.11).

$$\frac{\partial Q(\beta)}{\partial \beta} = -2\mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} + 2\mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{X}\beta \quad (2.9)$$

$$\mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{Y} = \mathbf{X}^T \Sigma^{-1} \mathbf{X}\hat{\beta} \quad (2.10)$$

$$\hat{\beta} = (X^T \Sigma^{-1} X)^{-1} X^T \Sigma^{-1} Y \quad (2.11)$$

2.1.3 Asumsi Analisis Path Parametrik

Menurut Gujarati (2004), analisis regresi diperlukan pemenuhan beberapa asumsi yang mendasari pendugaan parameter dengan pendekatan OLS.

1. Kenormalan Galat

Galat berdistribusi normal dalam pendugaan parameter regresi diperlukan karena diharapkan nilai tengah galat sebesar nol. Metode untuk menguji kenormalan galat adalah *Kolmogorov-Smirnov* yang merupakan salah satu bagian dari *goodness of fit* (Sheskin, 2000).

Prosedur uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah:

a. Hipotesis:

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

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

b. Statistik *Kolmogorov-Smirnov*

$$D_N = \sup [|F_N(X) - F_0(X)|] \quad (2.12)$$

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. Terima H_0 jika statistik uji $D_N < D_{tabel}$ maka galat berdistribusi normal.

2. Homoskedastisitas

Homoskedastisitas merupakan kondisi di mana ragam galat homogen atau ragam galat konstan. Menurut Kutner dkk., (2005), untuk menguji kehomogenan ragam galat dapat menggunakan uji *Breusch-Pagan*. Pengujian ini pada sampel besar yang diasumsikan galat saling bebas, berdistribusi normal dan ragam galat σ_i^2 dipengaruhi level dari variabel eksogen seperti persamaan berikut ini:

$$\text{Log } \sigma_i^2 = \gamma_0 + \gamma_1 X_i \quad (2.13)$$

Berdasarkan persamaan (2.13) dapat diketahui bahwa σ_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:

$H_0: \gamma_1 = 0$ (Ragam galat konstan), vs

$H_1: \gamma_1 \neq 0$ (Ragam galat tidak konstan)

Statistik uji yang digunakan χ_{BP}^2 seperti berikut:

$$\chi_{BP}^2 = \frac{\frac{JKR^*}{JKS}}{\left(\frac{JKS}{n}\right)} \sim \chi_1^2 \quad (2.14)$$

di mana:

JKR^* : jumlah kuadrat regresi antara sisaan (e_2) dan variabel eksogen

JKS : jumlah kuadrat sisaan regresi antara variabel endogen dan variabel eksogen.

Jika $H_0: \gamma_1 = 0$ pada pengamatan dengan n besar maka χ_{BP}^2 mengikuti sebaran *chi-square* dengan derajat bebas satu. Keputusan menerima H_0 jika statistik uji χ_{BP}^2 lebih kecil dibanding $\chi_{(\alpha)}^2$ sehingga tidak terdapat heteroskedastisitas.

3. Linieritas

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). Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui hubungan linier antara 2 atau lebih variabel. Salah satu uji linieritas adalah metode *Regression Specification Error Test* (RESET). Dalam pendekatannya RRT menggunakan OLS (*Ordinary Least Square*) untuk meminimumkan jumlah dari error yang dikuadratkan dari setiap observasi (Gujarati, 2004).

Statistik uji untuk RESET ialah:

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

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

Pendugaan parameter dengan pendekatan *Ordinary Least Square* (OLS) kemudian diperoleh pendugaan sebagai berikut.

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

Kemudian melakukan perhitungan R^2 yang pertama sebagai berikut.

$$y_{1i} = f_{1,1}(x_i) + \varepsilon_{1i};$$

$$y_{2i} = f_{1,2}(x_i) + f_{2,2}(y_{1i}) + \varepsilon_{2i}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{12} \\ \vdots \\ y_{1n} \\ y_{21} \\ y_{22} \\ \vdots \\ y_{2n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{1,1}(x_{11}) \\ f_{1,1}(x_{12}) \\ \vdots \\ f_{1,1}(x_{1n}) \\ f_{1,2}(x_{11}) + f_{2,2}(y_{11}) \\ f_{1,2}(x_{12}) + f_{2,2}(y_{12}) \\ \vdots \\ f_{1,2}(x_{1n}) + f_{2,2}(y_{1n}) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \vdots \\ \varepsilon_{1n} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \vdots \\ \varepsilon_{2n} \end{bmatrix}$$

Atau dapat ditulis

$$y_{ki} = f_k(x_i) + \varepsilon_{ki}, \quad k = 1, 2 \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.17)$$

dimana :

- x_i : Prediktor ke- i
- y_{ki} : respon ke- k pada pengamatan ke- i ,
- f_k : fungsi regresi pada respon ke- k
- ε_{ki} : galat respon ke- k pada pengamatan ke- i .

2.2.2 Pendugaan Fungsi pada Analisis *Path* Nonparametrik

Pendugaan fungsi pada analisis *path* nonparametrik dapat dilakukan dengan menduga parameter. Pendugaan parameter dilakukan dengan menggunakan metode PLS (*Penalized Least Square*) dan PWLS (*Penalized Weighted Least Square*) untuk melihat perbandingan hasil koefisien analisis *path* nonparametrik.

Dari persamaan (2.17) ε_{ki} merupakan galat dari hasil estimasi respon ke- k , pengamatan ke- i diasumsikan terdapat korelasi antara galat pada respon yang pertama (ε_{1i}) dengan galat pada respon yang kedua (ε_{2i}) perhitungan korelasi antara galat pada masing-masing respon dapat dilihat pada persamaan (2.18).

$$\rho = \frac{\text{cov}(y_1, y_2)}{\sqrt{\text{var}(y_1) \text{var}(y_2)}}$$

$$\hat{\rho} = \frac{\sum y_{1i} y_{2i} - (\sum y_{1i})(\sum y_{2i}) / N}{\sqrt{(\sum y_{1i}^2 - (\sum y_{1i})^2 / N)(\sum y_{2i}^2 - (\sum y_{2i})^2 / N)}}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{\sigma_1 \sigma_2} \text{ sehingga } \gamma = \rho \sigma_1 \sigma_2 \quad (2.18)$$

Untuk mengakomodir korelasi antar respon maka di gunakan pembobot dengan menggunakan matriks varian-kovarian (matriks berukuran $2N \times 2N$) pada persamaan (2.3) (Fernandes, 2015). Dengan asumsi homogenitas ragam galat sehingga sub-matriks Σ_{kk} untuk $k=1, 2$ dan $\Sigma_{12} = \Sigma_{21}^T$ berukuran $N \times N$, disajikan sebagai berikut:

$$\Sigma_{kk} = \begin{pmatrix} \sigma_k^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_k^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_k^2 \end{pmatrix}_{(N) \times (N)}$$

$$\Sigma_{12} = \begin{pmatrix} \gamma & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \gamma & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \gamma \end{pmatrix}_{(N) \times (N)}$$

Elemen $\gamma_{(i,i)}$ pada sub-matriks $\Sigma_{12} = \Sigma_{12}^T$ adalah kovarians galat pengamatan ke- i respon pertama, dan pengamatan ke- i respon kedua. Kovarians ini dapat bernilai tidak 0 yang mengakomodir korelasi model regresi *path* nonparametrik. Di sisi lain, sub-matriks Σ_{kk} yaitu matriks diagonal bernilai varians tiap pengamatan pada respon ke k , dan antar pengamatan pada tiap respon adalah saling independen ditandai dengan nilai elemen selain diagonal bernilai 0.

Menurut Fernandes (2015) estimator matriks varians-kovarians error Σ_{kk} untuk model regresi *path* nonparametrik adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\Sigma}_{11} &= \frac{(y_1 - \hat{f}_1)(y_1 - \hat{f}_1)^T}{N} & \hat{\Sigma}_{22} &= \frac{(y_2 - \hat{f}_2)(y_2 - \hat{f}_2)^T}{N} \\ \hat{\Sigma}_{12} &= \frac{(y_1 - \hat{f}_1)(y_2 - \hat{f}_2)^T}{N} & \hat{\Sigma}_{21} &= \frac{(y_2 - \hat{f}_2)(y_1 - \hat{f}_1)^T}{N} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Model regresi nonparametrik *smoothing spline* memiliki bentuk fungsi, $\hat{f}_i = \mathbf{T}d + \mathbf{V}c$ dengan \mathbf{T} adalah matriks berukuran $2N \times 2N$ sebagai berikut:

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} \mathbf{T}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{T}_2 \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

$$\mathbf{T}_k = \begin{pmatrix} \langle \eta_{k1}, \phi_{k1} \rangle & \langle \eta_{k1}, \phi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \eta_{k1}, \phi_{km} \rangle \\ \langle \eta_{k2}, \phi_{k1} \rangle & \langle \eta_{k2}, \phi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \eta_{k2}, \phi_{km} \rangle \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \eta_{kN}, \phi_{k1} \rangle & \langle \eta_{kN}, \phi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \eta_{kN}, \phi_{km} \rangle \end{pmatrix}$$

dengan

$$\langle \eta_{ij}, \phi_{kj} \rangle = \frac{x_i^{j-1}}{(j-1)!}, \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, m$$

\mathbf{V} adalah matriks $2N \times 2N$ sebagai berikut:

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \mathbf{V}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{V}_2 \end{pmatrix} \quad (2.21)$$

$$\mathbf{V}_k = \begin{pmatrix} \langle \xi_{k1}, \xi_{k1} \rangle & \langle \xi_{k1}, \xi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{k1}, \xi_{kN} \rangle \\ \langle \xi_{k2}, \xi_{k1} \rangle & \langle \xi_{k2}, \xi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{k2}, \xi_{kN} \rangle \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \langle \xi_{kN}, \xi_{k1} \rangle & \langle \xi_{kN}, \xi_{k2} \rangle & \cdots & \langle \xi_{kN}, \xi_{kN} \rangle \end{pmatrix}$$

dengan

$$\langle \xi_{is}, \xi_{ks} \rangle = \int_a^b \frac{(x_i - u)^{s-1} (x_k - u)^{s-1}}{(s-1)!} du, i = 1, 2, \dots, N; s = 1, 2, \dots, N_j \quad (2.22)$$

Penjabaran dari persamaan 2.22 adalah sebagai berikut:

$$\text{untuk } x \in [0, 1], \text{ diperoleh } \langle \xi_{ki}, \xi_{ks} \rangle = x_i - x_s - \frac{1}{2}(x_i + x_s) + \frac{1}{3}$$

Bentuk kurva regresi nonparametrik yang tidak diketahui bentuknya, tetapi f_i diasumsikan mulus (*smooth*) untuk mendapatkan estimasi kurva regresi f_i pada model regresi *path* nonparametrik dengan prediktor tunggal yang memenuhi bentuk fungsi regresi *path*.

nonparametrik dengan asumsi $E(\varepsilon) = 0$ dan $\text{Var}(\varepsilon) = \Sigma$ dapat diselesaikan dengan menggunakan optimasi PWLS (Fernandes, 2016) yaitu sebagai berikut :

$$\min_{\{a_k, b_k, k=1,2\}} \left\{ M^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f}) + \sum_{k=1}^2 \lambda_k \int_{a_k}^{b_k} [f_k^{(m)}(x)]^2 dx \right\}, \quad (2.23)$$

Optimasi PWLS pada persamaan (2.23) mempertimbangkan 2 parameter penghalus sebagai pengontrol antara *goodness of fit* (ruas pertama) dan *roughness penalty* (ruas kedua).

Pada optimasi PWLS tersebut $M^{-1} = 2N$ sementara λ_k merupakan parameter penghalus (*smoothing parameter*) yang mengontrol antara *goodness of fit* dan *roughness penalty*.

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \mathbf{I} & 0 \\ 0 & \lambda_2 \mathbf{I} \end{bmatrix}_{2N \times 2N} \quad (2.24)$$

Goodness of fit pada optimasi PWLS dapat ditulis menjadi :

$$M^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f}) = M^{-1}(\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} - \mathbf{V}\tilde{c})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} - \mathbf{V}\tilde{c}) \quad (2.25)$$

Penyelesaian optimasi PWLS dengan mengkombinasikan *goodness of fit* dan *roughness penalty*, disajikan dalam bentuk :

$$\begin{aligned} & \min \left\{ M^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \tilde{f}) + \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^b \lambda_k \int_{a_i}^{b_i} [f_i^{(m)}(x)]^2 dx \right\} \\ & = \min \left\{ M^{-1}(\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} + \mathbf{V}\tilde{c})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} + \mathbf{V}\tilde{c}) + \tilde{c}^T \Lambda \mathbf{V}\tilde{c} \right\} \\ & = \min \left\{ \left((\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} - \mathbf{V}\tilde{c})^T \Sigma^{-1}(\tilde{y} - \mathbf{T}\tilde{d} - \mathbf{V}\tilde{c}) + \tilde{c}^T \Lambda \mathbf{V}\tilde{c} \right) M^{-1} \right\} \\ & = \min \left\{ \left[(\tilde{y}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} - \tilde{y}^T \Sigma^{-1} \mathbf{T}\tilde{d} - \tilde{y}^T \Sigma^{-1} \mathbf{V}\tilde{c} - \tilde{d}^T \mathbf{T}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} \right. \right. \\ & \left. \left. + \tilde{d}^T \mathbf{T}^T \Sigma^{-1} \mathbf{V}\tilde{c} - \tilde{c}^T \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} + \tilde{c}^T \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \mathbf{T}\tilde{d} + \tilde{c}^T \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \mathbf{V}\tilde{c} + \tilde{c}^T \Lambda \mathbf{V}\tilde{c} \right] M^{-1} \right\} \\ & = \min \left\{ \left[(\tilde{y}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} - 2\tilde{d}^T \mathbf{T}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} - 2\tilde{c}^T \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \tilde{y} + \tilde{d}^T \mathbf{T}^T \Sigma^{-1} \mathbf{T}\tilde{d} \right. \right. \\ & \left. \left. + \tilde{d}^T \mathbf{T}^T \Sigma^{-1} \mathbf{V}\tilde{c} + \tilde{c}^T \mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \mathbf{T}\tilde{d} + \tilde{c}^T (\mathbf{V}^T \Sigma^{-1} \mathbf{V} + \Lambda \mathbf{V}) \tilde{c} \right] M^{-1} \right\} \\ & = \min \{ Q(\tilde{c}; \tilde{d}) \}. \end{aligned} \quad (2.26)$$



Penyelesaian optimasi (2.26), diperoleh dengan cara melakukan turunan parsial $Q(c, d)$ berturut-turut terhadap c dan d , kemudian hasilnya disamakan dengan nol. Turunan parsial disajikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial Q(c, d)}{\partial c} = 0,$$

memberikan hasil :

$$-2V^T \Sigma^{-1} y + 2V^T \Sigma^{-1} T d + 2(V^T \Sigma^{-1} V + M \Lambda V) \hat{c} = 0$$

$$V^T \{-\Sigma^{-1} y + \Sigma^{-1} T d + [\Sigma^{-1} V + M \Lambda I] \hat{c}\} = 0$$

$$-\Sigma^{-1} y + \Sigma^{-1} T d + [\Sigma^{-1} V + M \Lambda I] \hat{c} = 0$$

Misalkan diberikan matriks U sebagai berikut:

$$U = \Sigma^{-1} V + M \Lambda$$

Sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$-\Sigma^{-1} y + \Sigma^{-1} T d + U \hat{c} = 0.$$

$$U \hat{c} = \Sigma^{-1} (y - T d)$$

$$(2.27)$$

Persamaan (2.27) digandakan dari kiri dengan U^{-1} diperoleh persamaan :

$$\hat{c} = U^{-1} \Sigma^{-1} (y - T d)$$

Selanjutnya, turunan parsial :

$$\frac{\partial Q(c, d)}{\partial d} = 0,$$

memberikan hasil :

$$-T^T \Sigma^{-1} y + T^T \Sigma^{-1} T d + T^T \Sigma^{-1} V \hat{c} = 0 \tag{2.28}$$

Penjabaran dari Persamaan (2.28), diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$-T^T \Sigma^{-1} y + T^T \Sigma^{-1} T d + T^T \Sigma^{-1} V \{U^{-1} \Sigma^{-1} (y - T d)\} = 0$$

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

Mengingat $U = \Sigma^{-1} V + M \Lambda$, maka $V = \Sigma(U - M \Lambda)$, akibatnya diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$V U^{-1} = \Sigma(U - M \Lambda) U^{-1}$$

$$V U^{-1} = \Sigma(I - M \Lambda U^{-1})$$

Dengan menggandakan persamaan di atas dengan Σ^{-1} didapat:

$$\Sigma^{-1}VU^{-1} = I - MAU^{-1}$$

Persamaan tersebut disubstitusikan dengan penjabaran persamaan (2.28) diperoleh persamaan:

$$-T^T \Sigma^{-1} y + T^T \Sigma^{-1} T \hat{\alpha} + T^T [I - MAU^{-1}] \Sigma^{-1} (y - T \hat{\alpha}) = 0$$

Apabila persamaan di atas dijabarkan, diperoleh persamaan:

$$-MAT^T U^{-1} \Sigma^{-1} y + MAT^T U^{-1} \Sigma^{-1} T \hat{\alpha} = 0$$

$$MAT^T U^{-1} \Sigma^{-1} T \hat{\alpha} = MAT^T U^{-1} \Sigma^{-1} y$$

Kedua ruas persamaan ini digandakan dengan $(MA)^{-1}$ kemudian disederhanakan, diperoleh:

$$\hat{\alpha} = (T^T U^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T U^{-1} \Sigma^{-1} y \quad (2.29)$$

Persamaan (2.27) di substitusikan ke dalam persamaan (2.29) diperoleh:

$$\begin{aligned} \hat{\xi} &= U \Sigma^{-1} (y - T (T^T U^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T U^{-1} \Sigma^{-1} y) \\ &= U \Sigma^{-1} [I - T (T^T U^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T U^{-1} \Sigma^{-1}] y \end{aligned} \quad (2.30)$$

Estimator untuk kurva regresi *path* nonparametrik yang melibatkan prediktor tunggal sebagai berikut:

$$f_{\lambda} = T \hat{\alpha} + V \hat{\xi} \quad (2.31)$$

dengan

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} &= T (T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} y \\ \hat{\xi} &= \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} [I - T (T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1}] y \end{aligned}$$

Estimator regresi *path* nonparametrik dapat ditulis menjadi:

$$f_{\lambda} = A_{\lambda} y \quad (2.32)$$

dengan

$$A_{\lambda} = T (T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} + V \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} [I - T (T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1} T)^{-1} T^T \hat{U}^{-1} \Sigma^{-1}] \quad (2.33)$$

Perbandingan dilakukan dengan regresi *path* nonparametrik yang tidak mengakomodir korelasi antar variabel endogen di dalamnya.

Dari matriks pembobot diatas digunakan pada kondisi tidak mempertimbangkan korelasi di antara dua respon. Matriks tersebut dapat dinyatakan dengan matriks identitas, maka dari itu optimasi

yang dapat digunakan adalah *Penalized Least Square* (PLS), dengan menghilangkan bobot pada optimasi *Penalized Weighted Least Square* (PWLS) pada persamaan (2.23)

$$\min \left\{ (2N)^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{f})^T (\mathbf{y} - \mathbf{f}) + \sum \lambda_k \int_{a_k}^{b_k} (f_k^{(m)} x_i)^2 dx_i \right\} \quad (2.34)$$

Penduga regresi *path* nonparametrik dapat ditulis menjadi :

$$\hat{\mathbf{f}}_{\lambda} = \mathbf{A}_{\lambda} \mathbf{y}$$

dengan,

$$\mathbf{A}_{\lambda} = \mathbf{T} (\mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} + \mathbf{V} \hat{\mathbf{U}}^{-1} \left[\mathbf{I} - \mathbf{T} (\mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}} \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^T \hat{\mathbf{U}}^{-1} \right] \quad (2.35)$$

2.2.3 Pemilihan Parameter Penghalus (λ) Optimal

Menurut Eubank (1999), untuk mendapatkan estimator *spline* yang optimal dan kurva yang mulus bergantung pada nilai λ . Nilai λ kecil mengakibatkan kurva menjadi kasar, sedangkan jika nilai λ besar maka kurva menjadi mulus (*smooth*). Parameter penghalus λ merupakan pengontrol kemulusan kurva dan keseimbangan kurva dengan data. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memilih parameter penghalus adalah *Generalized Cross Validation* (GCV). Pendugaan parameter optimal didapatkan dengan meminimumkan GCV sehingga diperoleh penduga kurva regresi. Pemilihan λ optimal dengan metode GCV didefinisikan sebagai berikut (Eubank, 1999):

$$GCV = \frac{MSE(\lambda)}{(M^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_{\lambda}))^2} = \frac{\mathbf{M}^{-1} \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}_{\lambda})^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}_{\lambda}) \mathbf{y}}{(M^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}_{\lambda}))^2} \quad (2.36)$$

Dengan \mathbf{A}_{λ} didapatkan dari persamaan (2.33) dan (2.35). Nilai \mathbf{A} dari persamaan (2.24).

2.2.4 Koefisien Determinasi

Nilai Koefisien determinasi atau (R^2) menunjukkan besaran untuk mengukur kelayakan model dari regresi dan ukuran ketetapan atau ketepatan model regresi yang menunjukkan besarnya kontribusi prediktor terhadap respon. Menurut Draper dan Smith (1998), rumus koefisien determinasi didefinisikan sebagai berikut :

$$R_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_{ki} - \bar{y}_k)^2}{\sum_{i=1}^N (y_{ki} - \bar{y}_k)^2} = \frac{JKG}{JKT}; K=1, 2 \text{ dan } i=1, 2, \dots, N \quad (2.37)$$

dimana:

\hat{y}_{ki} : estimasi respon ke-k pada pengamatan ke-i

\bar{y}_k : rata-rata variabel endogen subyek ke-k

y_{ki} : respon pada subyek ke-k pada pengamatan ke-i

JKG : jumlah kuadrat galat

JKT : jumlah kuadrat total

Nilai R^2 terletak antara 0 sampai 1. Semakin besar nilai R^2 maka variabel eksogen hampir memberikan semua informasi untuk memprediksi variabel endogen atau merupakan indikator yang menunjukkan semakin kuatnya kemampuan menjelaskan perubahan variabel eksogen terhadap variabel endogen (Sembiring, 1995). Setelah didapatkan hasil koefisien determinasi pada masing-masing respon kemudian dilakukan perhitungan koefisien determinasi total. Perhitungan koefisien determinasi total dilakukan dengan rumus:

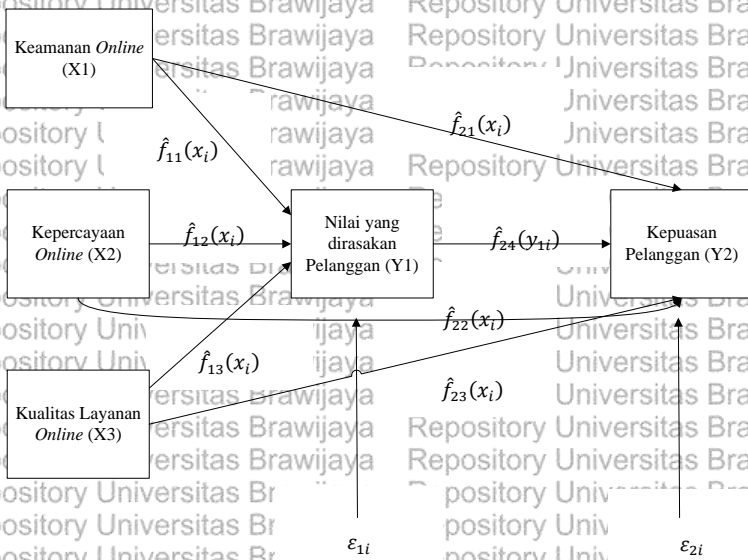
$$R_{total}^2 = 1 - (1 - R_1^2)(1 - R_2^2) \dots (1 - R_k^2) \quad (2.38)$$

Besaran R_{total}^2 berada pada interval 0 sampai 1 (Hair, dkk., 2010).

2.3 Diagram Path

Salah satu komponen yang penting dalam analisis *path* adalah pembuatan diagram *path*. Setelah mendapatkan model konseptual, selanjutnya dibentuk suatu diagram *path* dalam bentuk gambar untuk mempermudah dalam melihat hubungan antar variabel (Dillon dan Goldstein, 1984).

Terdapat dua variabel yang berkaitan dengan analisis *path* yaitu variabel eksogen dan variabel endogen. Variabel eksogen merupakan variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain, sedangkan variabel endogen merupakan variabel yang dapat memengaruhi dan atau dipengaruhi variabel lain, dengan diagram *path* dapat melihat pengaruh variabel tersebut secara langsung atau tidak langsung. Diagram *path* dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Path

Berdasarkan Gambar 2.2, variabel X_1 , X_2 dan X_3 merupakan variabel eksogen sedangkan Y_1 dan Y_2 merupakan variabel endogen.

2.4 Variabel dan Pengukuran Variabel Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibidang sosial erat melibatkan variabel yang tidak dapat diukur secara langsung atau sering disebut dengan variabel laten (*unobservable*). Variabel laten tersebut menggunakan bantuan alat ukur yang disebut dengan kuisioner yang diperoleh dari instrumen penelitian dengan memperhatikan tinjauan secara konseptual dan studi empiris. Dalam menyusun kuisioner harus mengetahui definisi konseptual dan operasionalnya terlebih dahulu. Selanjutnya peneliti menyusun indikator - indikator penyusunnya sesuai dengan definisi konseptual dan operasionalnya. Data variabel laten diperoleh dari setiap item pada masing-masing indikator instrumen penelitian (Solimun, 2010). Data yang diperoleh dari setiap item tersebut disamakan dengan variabel manifes atau variabel *observable*.

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam memperoleh data variabel laten, seperti:

1. Metode rata-rata skor
2. Metode total skor

3. Metode *rescoring*
4. Metode skor faktor
5. Metode skor komponen utama

Pada penelitian ini digunakan metode rata-rata skor yang merupakan metode dengan cara menghitung rata-rata pada skor dari indikator masing-masing variabel laten yang telah dijumlahkan.

Pada kuisioner terjadi proses kuantifikasi karena mengubah data kualitatif menjadi data kuantitatif sehingga menghasilkan data berupa angka. Pada kuisioner menggunakan beberapa macam skala, sehingga dapat memudahkan peneliti dalam mendapatkan data. Skala yang digunakan pada penelitian ini adalah skala *likert* yaitu skala untuk mengukur variabel-variabel dibidang sosial. Penulisan pernyataan terbagi menjadi dua, yakni pernyataan mendukung (*favorable*) dan pernyataan tidak mendukung (*unfavorable*).

Skala yang digunakan pada penelitian ini adalah skala *likert*, variabel akan dijabarkan menjadi dimensi. Kemudian dari dimensi akan dibentuk indikator-indikator yang dapat dijadikan pedoman untuk membuat item instrumen penelitian. Berdasarkan skala *likert* terdapat lima alternatif jawaban dengan skor sebagai berikut.

Tabel 2.1. Pemerinkkatan Skala *Likert*

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

Setelah data dalam bentuk skala *likert*, selanjutnya dilakukan transformasi dengan menggunakan transformasi *Summarated Ratings Scales* (SRS). Langkah dalam menghitung menggunakan metode ini adalah dengan melakukan perhitungan frekuensi, proporsi, proporsi kumulatif pada masing-masing skor, menghitung nilai tengah proporsi kumulatif (MPK), menghitung nilai kritis Z dari MPK, menghitung skala yang akan digunakan dengan cara menghitung selisih nilai kritis Z dengan nilai kritis Z terkecil. Pada umumnya, analisis jalur menggunakan penskalaan dengan metode SRS.

2.5 Pemeriksaan Instrumen Penelitian

Dalam suatu penelitian data dapat diperoleh dari hasil kuesioner. Suatu kuesioner akan menghasilkan data yang akurat apabila telah diukur valid dan reliabelnya. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai pemeriksaan validitas dan reliabilitas:

2.5.1 Uji Validitas Instrumen Penelitian

Pengukuran variabel yang melibatkan teori psikologi tidak dapat dengan mudah mendapatkan datanya. Harus terdapat kriteria alat ukur yang baik sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipercaya. Maka dari itu, pemeriksaan instrumentasi penelitian harus valid dan reliabel.

Kuisiomer merupakan salah satu alat ukur yang digunakan dalam mengukur variabel yang tidak dapat diketahui nilainya secara langsung. Kuisiomer sebagai instrumen penelitian harus valid terlebih dahulu jika ingin menghasilkan data yang representatif sesuai dengan tujuan penelitian. Valid artinya sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya (Azwar, 1992). Dapat disimpulkan bahwa validitas adalah ukuran seberapa tepat kuisiomer tersebut sehingga dapat menghasilkan data yang sesuai dengan keadaan sesungguhnya. Pengujian validitas instrumen penelitian ini menggunakan *corrected item-total correlation* dengan persamaan 2.39 (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

Kriteria item dari instrumen penelitian tersebut sudah valid bilamana menggunakan koefisien korelasi positif dan ≥ 0.3 menurut Masrun dalam Solimun (2010). Apabila item dalam instrumen penelitian tersebut sudah valid dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan realibilitas instrumen penelitian.

2.5.2 Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian

Realibilitas adalah ukuran yang menunjukkan tingkat konsistensi dari suatu instrumen penelitian jika dilakukan pengukuran secara berulang-ulang dengan objek yang sama dapat memberikan hasil yang sama (Azwar, 1992). Artinya, realibilitas pada instrumen penelitian adalah mampu menghasilkan alat ukur yang dapat diandalkan dan dipercaya.

Dalam pemeriksaan realibilitas instrumen penelitian dapat menggunakan *Cronbach Alpha* (Azwar, 1992). Realibilitas dapat dihitung dengan koefisien alpha seperti pada persamaan 2.40:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum s_j^2}{s_x^2} \right) \quad (2.40)$$

di mana :

α : koefisien realibilitas *Cronbach Alpha*

k : banyaknya item

s_j^2 : *varians* skor item ; $j=1,2,\dots,k$

s_x^2 : *varians* skor total item

Kriteria instrumen penelitian tersebut realibel jika koefisien alfa > 0.6 . Setelah instrumen penelitian sudah valid dan realibel maka alat ukur tersebut sudah dapat digunakan dalam penelitian. Pada instrumen penelitian menghasilkan data variabel laten. Data variabel laten tidak dapat langsung dihitung, namun terdapat teknik tersendiri untuk merubah data variabel laten agar dapat dilakukan perhitungan.

2.6 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah dengan menggunakan pendekatan tindakan yang beralasan yang disebarkan melalui kuesioner kepada mahasiswa aktif angkatan 2014 sampai 2017 Jurusan Statistika Universitas Brawijaya yang pernah melakukan transaksi berbelanja *online*.

2.6.1 Keamanan

Masalah keamanan merupakan salah satu aspek penting dari sebuah sistem informasi. Keamanan transaksi *online* adalah bagaimana dapat mencegah penipuan atau paling tidak mendeteksi adanya penipuan di sebuah sistem yang berbasis informasi. Keamanan sebagai "kemampuan toko *online* dalam melakukan pengontrolan dan penjagaan keamanan atas transaksi data"; jaminan keamanan berperan penting dalam pembentukan kepercayaan dengan mengurangi

perhatian konsumen tentang penyalahgunaan data pribadi dan transaksi data yang mudah rusak. Ketika level jaminan keamanan dapat diterima dan bertemu dengan harapan konsumen, maka konsumen mungkin akan bersedia membuka informasi pribadinya dan akan membeli dengan perasaan aman.

2.6.2 Kepercayaan

Kepercayaan adalah komitmen pihak tertentu dalam melakukan hubungan transaksi, dimana hal tersebut berdasarkan suatu keyakinan bahwa orang yang dipercayainya tersebut akan memenuhi segala kewajibannya secara baik, sesuai yang diharapkan. Oleh karena itu kepercayaan terhadap tenaga penjual, produk yang dijual dan perusahaan sangat penting dalam menjaga hubungan jangka panjang antara perusahaan dengan konsumen.

Alshibly (2015), menyatakan setidaknya ada dua variabel yaitu kepercayaan *online* dan kualitas layanan *online* yang dapat mempengaruhi nilai yang dirasakan pelanggan. Kepercayaan *online* dan kualitas pelayanan *online* dinyatakan berpengaruh positif dan signifikan terhadap nilai yang dirasakan pelanggan. Konsumen yang percaya terhadap *online shop* tertentu dan memperoleh layanan yang sesuai, memberi nilai lebih yang dirasakan konsumen.

2.6.3 Kualitas Layanan

Kualitas layanan adalah sejauh mana sebuah situs web memfasilitasi efisiensi dan efektifitas berbelanja, pembelian, dan pengiriman produk. Saat ini, kualitas layanan *online* diakui sebagai faktor penting yang digunakan untuk membedakan layanan mereka dari pesaing. Manajer layanan harus memastikan bahwa mereka menawarkan kualitas layanan yang tinggi, yang memenuhi atau melebihi layanan yang diharapkan oleh konsumen. Layanan menjadi sangat penting bagi pelanggan, cara penyampaian dengan tanggap, sigap, ramah dan cepat menimbulkan rasa senang dan memberi nilai lebih menjadikan pelanggan merasa puas. Suryani, dkk., (2013), mengungkapkan dalam studi sebelumnya kualitas pelayanan yang baik mempunyai dampak signifikan terhadap kepuasan pelanggan, oleh karena itu pelayanan yang baik menjadi tantangan bagi organisasi dalam menghadapi pesaing dan mempertahankan pangsa pasar.

2.6.4 Nilai yang dirasakan Pelanggan

Nilai yang dirasakan pelanggan adalah penilaian keseluruhan konsumen terhadap kegunaan produk berdasarkan persepsi apa yang diterima dan apa yang diberikan (Zeithaml, 1988). Namun Alshibly (2015), menyatakan ada dua konsep penting yang membentuk *customer perceived value* (CPV). Pertama, CPV adalah hasil dari persepsi konsumen pra-pembelian, evaluasi selama transaksi, dan setelah digunakan. Kedua, CPV melibatkan perbedaan antara manfaat yang diterima dan pengorbanan yang diberikan.

Manfaat termasuk nilai pelanggan yang diinginkan misalnya, kualitas atau manfaat yang mereka anggap dalam produk relatif terhadap pengorbanan yang mereka bayar dengan harga tertentu. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan nilai yang dirasakan pelanggan, perusahaan harus mampu meningkatkan nilai yang dirasakan pelanggan, misalnya, kualitas barang, layanan, kepercayaan dan mengurangi pengorbanan mereka misalnya, harga yang dibayarkan, waktu dan usaha untuk membeli. Dari penjelasan sebelumnya CPV dapat didefinisikan sebagai suatu nilai tambah atau keuntungan dan manfaat yang diperoleh dari produk yang dikonsumsi, yang nantinya dapat menciptakan suatu kepuasan atau pemenuhan harapan atas produk tersebut.

2.6.5 Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan adalah tingkat perasaan seseorang setelah membandingkan kinerja atau hasil yang dirasakan dengan harapannya. Kepuasan adalah perasaan senang atau kecewa seseorang yang muncul setelah membandingkan antara persepsi terhadap kinerja atau hasil suatu produk dan harapan-harapannya (Kotler, 2008). Tingkat kepuasan pelanggan atau konsumen merupakan fungsi dari perbedaan antara kinerja yang dirasakan dengan harapan. Apabila kinerja dibawah harapan, maka konsumen akan kecewa. Tetapi apabila kinerja sesuai dengan harapan, pelanggan akan puas. Pelanggan yang puas akan setia lebih lama, kurang peduli terhadap perubahan harga dan memberi komentar yang baik terhadap kinerja perusahaan. Untuk menciptakan kepuasan pelanggan, perusahaan menciptakan dan mengelola suatu sistem untuk memperoleh pelanggan yang lebih banyak dari kemampuan untuk mempertahankannya.

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

di mana :

n : ukuran sampel

N : ukuran populasi

e : tingkat kesalahan yang masih bisa ditolerir antara 5-10% (penelitian ini menggunakan 10%).

Berdasarkan rumus slovin, maka ukuran sampel pada penelitian ini adalah :

$$n = \frac{401}{1 + 401(0,1)^2} = 80,04 \approx 80$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa ukuran minimal sampel sebanyak 80 responden. Teknik sampling dilakukan secara *proportional accidental sampling* yaitu dengan menggunakan *accidental sampling*. Menurut Arikunto (1998), *proportional accidental sampling* merupakan teknik pengambilan proporsi untuk memperoleh sampel yang representatif, pengambilan subyek 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 atau insidental bertemu dengan peneliti dapat digunakan sebagai sampel. Penentuan pemilihan sampel adalah sebagai berikut:

$$n_h = \frac{\text{Ukuran Sub populasi}}{\text{Ukuran Populasi}} \times \text{Ukuran Sampel}$$

Berdasarkan rumus di atas maka pengambilan sampel untuk setiap angkatan di Jurusan Statistika Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut:

Angkatan 2014 :

$$\frac{77}{401} \times 80 = 15,36 \approx 15$$

Angkatan 2015 :

$$\frac{96}{401} \times 80 = 19,15 \approx 19$$

Angkatan 2016 :

$$\frac{114}{401} \times 80 = 22,41 \approx 23$$

Angkatan 2017 :

$$= \frac{114}{401} \times 80 = 22,41 \approx 23$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka sampel yang ditetapkan untuk masing – masing angkatan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Populasi dan Sampel Obyek Penelitian

No	Angkatan	Populasi	Sampel
1	2014	77	15
2	2015	96	19
3	2016	114	23
4	2017	114	23
	Jumlah	401	80

3.4. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Penelitian

Definisi operasional variabel dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Keamanan (X_1)

Keamanan didefinisikan sebagai kemampuan dari *website* perusahaan *online* untuk melindungi informasi konsumen dan data transaksi keuangan mereka dicuri selama terjadi hubungan diantara mereka. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur keamanan konsumen adalah kerahasiaan data dan jaminan keamanan.

2) Kepercayaan (X_2)

Kepercayaan dalam penelitian ini adalah kepercayaan responden yang timbul dan merasakan nilai lebih setelah mengetahui *performance online shop* di sosial media dengan indikator yang mengacu pada studi Alshibly (2015):

- Online shop* memiliki *follower* cukup banyak, merupakan persepsi responden yang percaya dengan berbelanja secara *online* karena memiliki *follower* cukup banyak.
- Terdapat testimoni positif, merupakan persepsi responden yang percaya berbelanja secara *online* karena ada testimoni positif.
- Online shop* menggunakan endorsemen, merupakan persepsi responden yang percaya berbelanja secara *online* karena menggunakan endorsemen.
- Memiliki produk yang variatif, merupakan persepsi responden yang percaya berbelanja secara *online* karena produknya bervariasi.

3) Kualitas layanan (X_3)

Kualitas layanan dalam penelitian ini adalah pelayanan yang disampaikan oleh *online shop* di sosial media pada saat responden berbelanja dengan indikator yang telah dimodifikasi dan mengacu pada studi Alshibly (2015):

- a. Tampilan web *online shop* cukup menarik, merupakan persepsi responden terhadap tampilan web *online shop* cukup menarik.
- b. Layanan *online shop* cukup cepat, merupakan persepsi responden terhadap layanan *online shop* cukup cepat.
- c. Berbelanja secara *online* cukup nyaman, merupakan persepsi responden terhadap berbelanja secara *online* cukup nyaman.
- d. Barang yang dibeli dikirim tepat waktu, merupakan persepsi responden terhadap barang yang dibeli dikirim tepat waktu.
- e. Harga pada *online shop* lebih murah, merupakan persepsi responden terhadap harga pada *online shop* lebih murah.

4) Nilai yang dirasakan pelanggan (Y_1)

Nilai yang dirasakan pelanggan dalam penelitian ini adalah nilai yang dirasakan oleh responden setelah memberi keyakinan dan memperoleh pelayanan pada waktu melakukan transaksi di sosial media dengan indikator yang disesuaikan dan mengacu pada studi Alshibly (2015):

- a. Mendapatkan informasi dengan mudah melalui web *online shop*, merupakan persepsi responden mendapatkan informasi dengan mudah melalui web *online shop*.
- b. Berbelanja secara *online* dapat dilakukan dimana saja, merupakan persepsi responden berbelanja secara *online* dapat dilakukan dimana saja.
- c. Berbelanja secara *online* lebih praktis, merupakan persepsi responden berbelanja secara *online* lebih praktis.
- d. Berbelanja secara *online* memberi pengalaman menarik, merupakan persepsi responden berbelanja secara *online* memberi pengalaman menarik.
- e. Berbelanja *online* menambah pertemanan, merupakan persepsi responden berbelanja *online* menambah pertemanan.
- f. Berbelanja *online* memberi rasa senang, merupakan persepsi responden berbelanja *online* memberi rasa senang.

5) Kepuasan pelanggan (Y_2)

Kepuasan (Y_2) dalam penelitian ini adalah suka atau tidak suka yang dirasakan responden, harapan yang sesuai atau tidak sesuai yang dirasakan responden pada waktu berbelanja secara *online* di sosial media dengan indikator yang disesuaikan dan mengacu pada studi Suryani, Alit dkk., (2013):

- a. Puas berbelanja secara *online*, merupakan persepsi responden dan yang puas berbelanja secara *online*.
- b. Puas berbelanja *online* menghemat waktu, merupakan persepsi responden dan yang puas berbelanja *online* menghemat waktu.
- c. Puas berbelanja *online* memberi pengalaman yang berbeda, merupakan persepsi responden dan yang puas berbelanja *online* memberi pengalaman yang berbeda.
- d. Puas berbelanja *online* tidak mengecewakan, merupakan persepsi responden dan yang puas berbelanja *online* tidak mengecewakan.
- e. Secara menyeluruh saya puas dengan berbelanja *online*, merupakan persepsi responden dan yang secara menyeluruh saya puas dengan berbelanja *online*

3.5. Uji Coba Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang baik harus bersifat valid dan reliabel. Uji coba instrumen penelitian perlu dilakukan sebelum instrumen tersebut ditujukan untuk responden yang sebenarnya. Menurut Mustafa (2009) terdapat dua hal yang harus diperhatikan saat melakukan uji coba instrumen penelitian yaitu:

1. Untuk menjamin hasil yang memadai, karakteristik responden yang digunakan untuk uji coba instrumen penelitian harus benar-benar mencerminkan karakteristik subjek sesungguhnya yang menjadi target penelitian.
2. Banyaknya responden untuk uji coba instrumen penelitian sekurang-kurangnya 30 responden.

3.5.1 *Pilot Test*

Pada uji coba instrument penelitian (*pilot test*) yang pertama melibatkan 30 responden yang berasal dari mahasiswa aktif angkatan 2014 sampai 2017 Jurusan Statistika Universitas Brawijaya yang pernah melakukan transaksi berbelanja secara *online*. Berikut merupakan ringkasan dari hasil *pilot test* pertama:

Tabel 3.3. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas *pilot test* pertama

Variabel	Indikator	Item	Item tidak valid	Cronbach's Alpha
Keamanan (X ₁)	Kerahasiaan data (X _{1.1})	1,2,3	-	0,924
	Jaminan keamanan (X _{1.2})	4,5,6,7	-	
Kepercayaan (X ₂)	Memiliki <i>follower</i> (X _{2.1})	1	-	0,810
	Ada testimoni (X _{2.2})	2	-	
	Ada endorsment (X _{2.2.3})	3	-	
	Produk yang dijual variatif (X _{2.4})	4	-	
Kualitas Pelayanan (X ₃)	Tampilan web yang menarik (X _{3.1})	1	-	0,771
	Layanan direspon cukup cepat (X _{3.2})	2	-	
	Berbelanja <i>online</i> cukup nyaman (X _{3.3})	3	-	
	Barang yang dibeli dikirim tepat waktu (X _{3.4})	4	-	
	Harga lebih murah (X _{3.5})	5	5	

Tabel 3.3. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas *pilot test* pertama

Nilai yang dirasakan pelanggan (Y ₁)	Memperoleh informasi dengan mudah (Y _{1.1})	1	-	0,796
	Dapat dilakukan dimana saja (Y _{1.2})	2	-	
	Lebih praktis (Y _{1.3})	3	-	
	Memberi pengalaman menarik (Y _{1.4})	4	-	
	Menambah pertemanan (Y _{1.5})	5	5	
	Memberi rasa senang (Y _{1.6})	6	-	
Kepuasan (Y ₂)	Memenuhi harapan (Y _{2.1})	1	-	0,807
	Menghemat waktu (Y _{2.2})	2	-	
	Memberi pengalaman yang berbeda (Y _{2.3})	3	-	
	Tidak mengecewakan (Y _{2.4})	4	-	
	Keseluruhan puas (Y _{2.5})	5	-	

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa seluruh item pada variabel keamanan, kepercayaan dan kepuasan sudah valid dan reliabel, terbukti dari nilai *corrected item-total correlation* yang lebih besar dari 0,3 dan nilai *cronbach's alpha* yang bernilai lebih dari 0,6. Tetapi pada variabel kualitas pelayanan dan nilai yang dirasakan pelanggan terdapat masing-masing satu item belum valid dan reliabel, terbukti dari adanya item yang memiliki nilai *corrected item-total*

correlation yang lebih kecil dari 0,3, sehingga untuk pernyataan yang tidak valid bisa dihapus.

Tabel 3.4. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas *pilot test* kedua

Variabel	Indikator	Item	Item tidak valid	Cronbach's Alpha
Keamanan (X ₁)	Kerahasiaan data (X _{1.1})	1,2,3	-	0,918
	Jaminan keamanan (X _{1.2})	4,5,6,7		
Kepercayaan (X ₂)	Memiliki <i>follower</i> (X _{2.1})	1	-	0,779
	Ada testimoni (X _{2.2})	2	-	
	Ada endorsement (X _{2.3})	3	-	
	Produk yang dijual variatif (X _{2.4})	4	-	
Kualitas Pelayanan (X ₃)	Tampilan web yang menarik (X _{3.1})	1	-	0,837
	Layanan direspon cukup cepat (X _{3.2})	2	-	
	Berbelanja <i>online</i> cukup nyaman (X _{3.3})	3	-	
	Barang yang dibeli dikirim tepat waktu (X _{3.4})	4	-	

Tabel 3.4. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas *pilot test* kedua

Nilai yang dirasakan pelanggan (Y ₁)	Memperoleh informasi dengan mudah (Y _{1.1})	1	
	Dapat dilakukan dimana saja (Y _{1.2})	2	0,799
	Lebih praktis (Y _{1.3})	3	
	Memberi pengalaman menarik (Y _{1.4})	4	
	Memberi rasa senang (Y _{1.6})	6	
	Kepuasan (Y ₂)	Memenuhi harapan (Y _{2.1})	1
Menghemat waktu (Y _{2.2})		2	0,803
Memberi pengalaman yang berbeda (Y _{2.3})		3	
Tidak mengecewakan (Y _{2.4})		4	0,803
Keseluruhan puas (Y _{2.5})		5	

Tabel di atas menunjukkan bahwa semua item telah valid dan reliabel.

Hal tersebut menunjukkan bahwa item-item yang ada pada kuisioner telah layak digunakan untuk tahap pengumpulan data.

3.6. Metode Analisis Data

Langkah – langkah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi dan waktu penelitian
2. Menentukan populasi dan sampel penelitian

3. Menentukan variabel penelitian yang digunakan sesuai dengan sub bab 2.6.

4. Merancang instrumen penelitian

5. Melakukan uji coba (*try out*) instrumen penelitian seperti pada poin 3.5.

6. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas pada instrumen penelitian

7. Mengubah data skor yang di dapatkan menjadi data skala dengan menggunakan SRS.

8. Melakukan Analisis *Path* Nonparametrik.

Langkah-langkah yang digunakan dalam Analisis *Path* Nonparametrik sebagai berikut:

1. Membuat diagram *path* berdasarkan Gambar 2.2.

2. Menguji hubungan linier antara eksogen dengan endogen seperti persamaan (2.15).

3. Membuat model analisis *path* nonparametrik sesuai dengan diagram *path* yang terbentuk seperti pada persamaan (2.1).

4. Mengestimasi model menggunakan *smoothing spline*.

5. Menentukan parameter penghalus λ optimal dengan nilai minimum GCV seperti pada persamaan (2.36).

6. Menduga fungsi analisis *path* nonparametrik tanpa pembobot.

7. Menduga fungsi analisis *path* nonparametrik dengan pembobot.

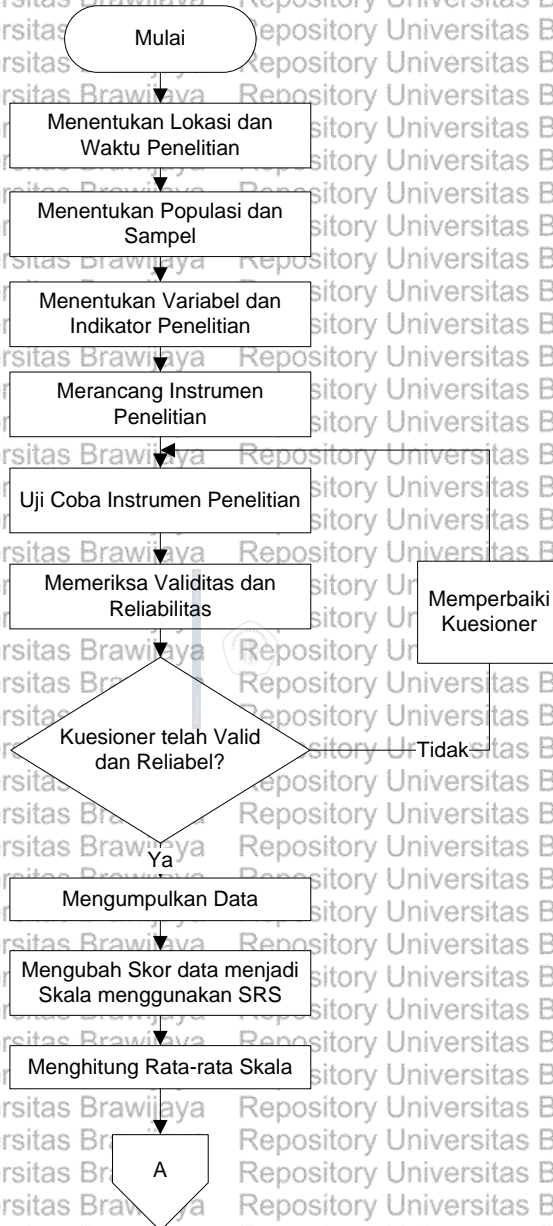
8. Mendapatkan fungsi analisis *path* nonparametrik dengan menggunakan metode PLS sesuai dengan penjelasan sub bab 2.2.2.

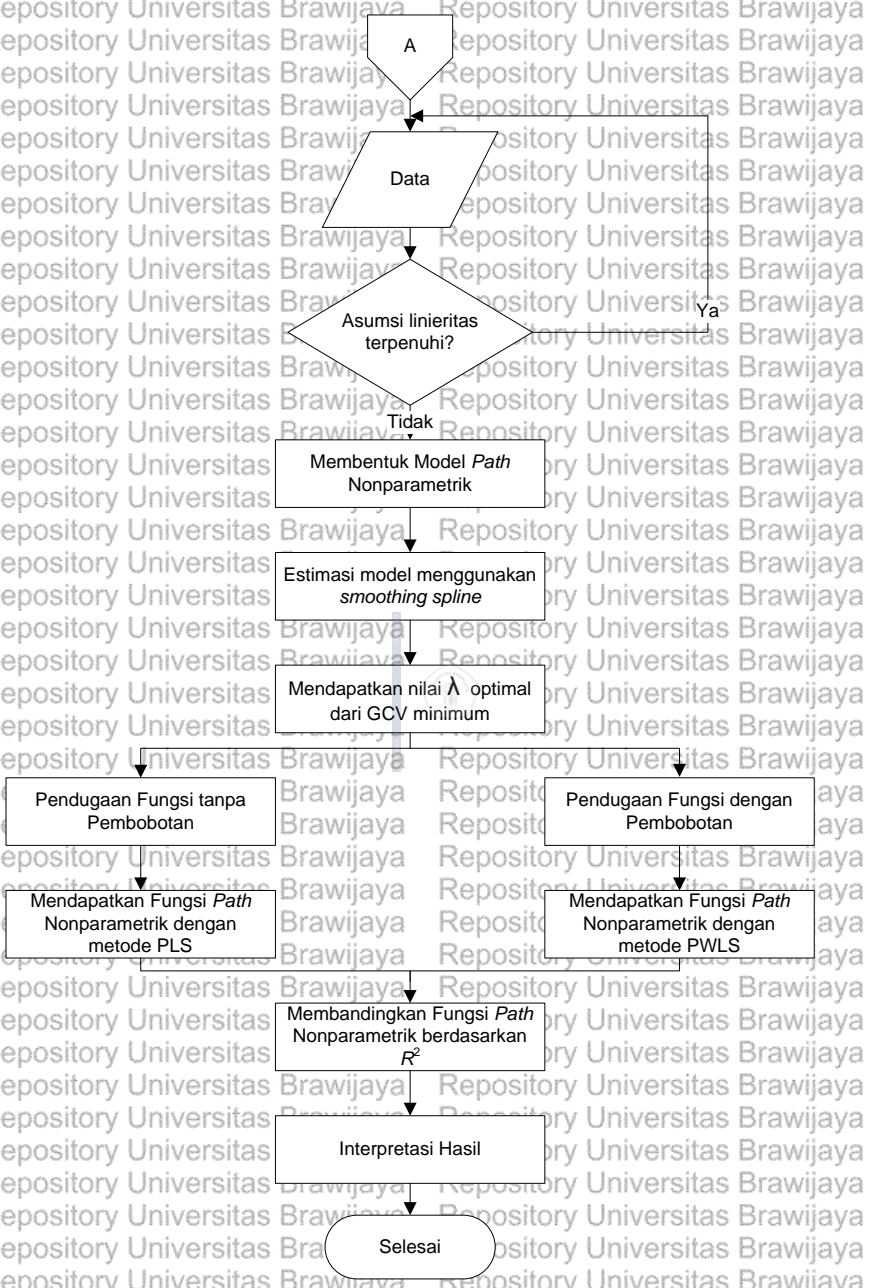
9. Mendapatkan fungsi analisis *path* nonparametrik dengan menggunakan metode PWLS sesuai dengan penjelasan sub bab 2.2.2.

10. Membandingkan hasil pendugaan fungsi analisis *path* nonparametrik dengan metode PLS dan PWLS dengan mempertimbangan nilai koefisien determinasi.

11. Menginterpretasikan besarnya koefisien analisis *path* nonparametrik.

3.7. Diagram Alir





Gambar 3.1. Diagram Alir Analisis *Path* Nonparametrik

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penskalaan Data

Data hasil kuesioner yang diperoleh merupakan data skor yang tidak memberikan arti yang signifikan. Data skor tersebut hanya menunjukkan sikap responden terhadap *item* yang ditanyakan atau dinyatakan. Pada penelitian ini menggunakan skala *likert* dengan lima respon, yaitu 1 = Sangat Tidak Setuju (STS), 2 = Tidak Setuju (TS), 3 = Netral (N), 4 = Setuju (S) dan 5 = Sangat Setuju (SS). Data skor tersebut perlu ditransformasi menjadi data skala yang dapat digunakan untuk analisis statistik agar dapat memberikan arti terhadap obyek yang diukur.

Dalam penelitian ini transformasi data skor menjadi data skala menggunakan *Summated Rating Scale* (SRS). Perhitungan penskalaan menggunakan SRS dapat dilihat pada contoh transformasi data skor menjadi data skala untuk *item* 1 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Perhitungan Skala untuk *item* 1

Kategori	1	2	3	4	5
Frekuensi	1	29	74	82	14
Proporsi	0,005	0,145	0,370	0,410	0,070
Prop. Kum.	0,005	0,150	0,520	0,930	1
MPK	0,003	0,078	0,335	0,725	0,965
Z	-2,807	-1,422	-0,426	0,598	1,812
Skala	0	1,385	2,381	3,405	4,619

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa data skala hasil transformasi SRS berbeda dengan data skor. Data skala menunjukkan jarak skor antar respon pada masing-masing *item* tidak tetap atau sama dengan 1. Pada *item* 1, apabila skor terendah diubah menjadi 0 maka skor 2 berubah menjadi 1,385, skor 3 menjadi 2,381, skor 4 menjadi 3,405 dan skor 5 menjadi 4,619.

4.2 Uji Linieritas

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui tidak adanya hubungan linier antar lebih dari 2 variabel. Hubungan nonlinier merupakan salah satu syarat pada regresi nonparametrik. Salah satu cara untuk melakukan uji nonlinieritas adalah dengan *Ramsey Reset Test*. Hasil

uji nonlinieritas pada setiap data dapat dilihat pada Lampiran 5. dan secara ringkas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2. Uji Nonlimeritas *Ramsey Reset Test*

Data	F_{hitung}	$p-value$	Hubungan
X1-Y1	5,355	0,0052	Tidak Linier
X2-Y1	0,401	0,6678	Linier
X3-Y1	4,929	0,0078	Tidak Linier
X1-Y2	0,699	0,4949	Linier
X2-Y2	0,004	0,9960	Linier
X3-Y2	5,404	0,0049	Tidak Linier
Y1-Y2	0,186	0,4918	Linier

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa tidak semua hubungan menunjukkan bentuk linier. Dengan demikian, tidak cukup bukti untuk dinyatakan pola hubungan linier, sehingga dapat menjadi alasan untuk menggunakan analisis *path* nonparametrik.

4.3 Estimasi dengan pendekatan *Smoothing Spline*

Berikut ditampilkan hasil estimasi dengan pendekatan *smoothing spline*:



Gambar 4.1 Plot nilai prediksi antara variabel keamanan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.

Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat keamanan (x_1) terhadap nilai yang dirasakan (y_1) pelanggan belanja *online*, data aktual memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan sangat rendah (rentang nilai 0-1,385) memberikan respon sangat rendah sampai sangat tinggi (rentang nilai 3,405-4,619) pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon sangat rendah dan rendah. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan rendah (rentang nilai 1,385-2,381) memberikan respon rendah hingga sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon sangat rendah dan rendah. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi (rentang nilai 2,381-3,405) memberikan respon tinggi dan sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi. Hasil yang hampir sama ketika pelanggan menilai tingkat keamanan sangat tinggi.



Gambar 4.2 Plot nilai prediksi antara variabel kepercayaan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.

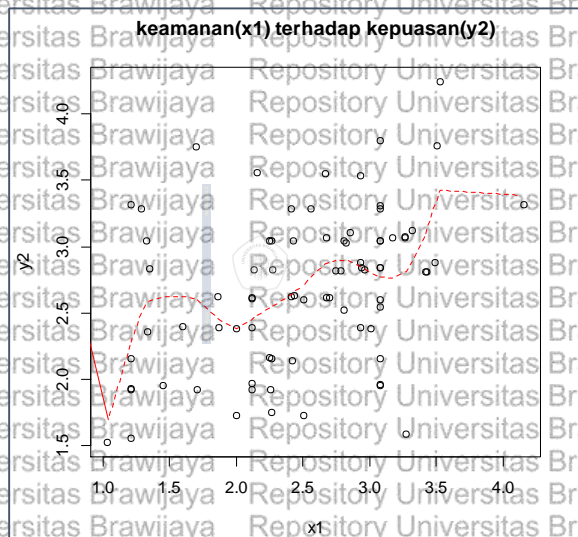
Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat kepercayaan (x_2) terhadap nilai yang dirasakan (y_1) pelanggan belanja *online*, data aktual memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat kepercayaan sangat rendah memberikan respon rendah dan tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah dan tinggi. Pelanggan yang menilai tingkat kepercayaan rendah memberikan respon sangat rendah hingga sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah dan tinggi. Hasil hampir sama ketika pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi dan sangat tinggi memberikan respon rendah hingga sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah dan tinggi.



Gambar 4.3 Plot nilai prediksi antara variabel kualitas layanan terhadap variabel nilai yang dirasakan pelanggan.

Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat kualitas layanan (x_3) terhadap nilai yang dirasakan (y_1) pelanggan belanja *online* memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat kualitas layanan sangat rendah

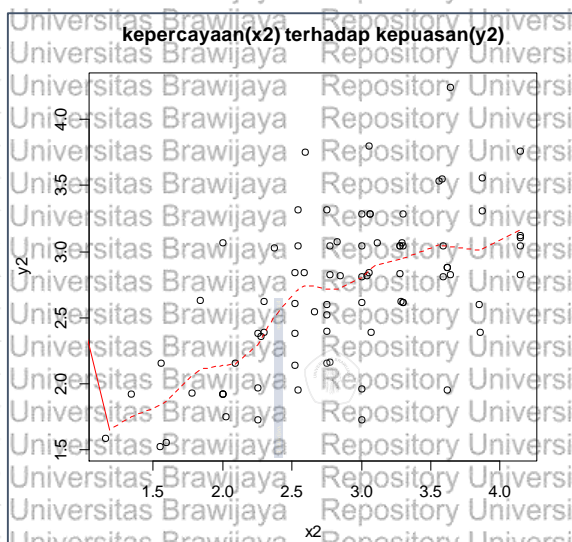
memberikan respon rendah dan tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah. Pelanggan yang menilai tingkat kualitas layanan rendah memberikan respon sangat rendah hingga tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah dan tinggi. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi memberikan respon rendah dan sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan sangat tinggi memberikan respon tinggi dan sangat tinggi pada nilai yang dirasakan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi.



Gambar 4.4 Plot nilai prediksi antara variabel keamanan terhadap variabel kepuasan pelanggan.

Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat keamanan (x_1) terhadap tingkat kepuasan (y_2) pelanggan belanja *online*, data aktual memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan sangat rendah memberikan respon sangat rendah sampai tinggi pada tingkat kepuasan pelanggan, pada nilai prediksi hasilnya hampir sama. Pelanggan yang menilai

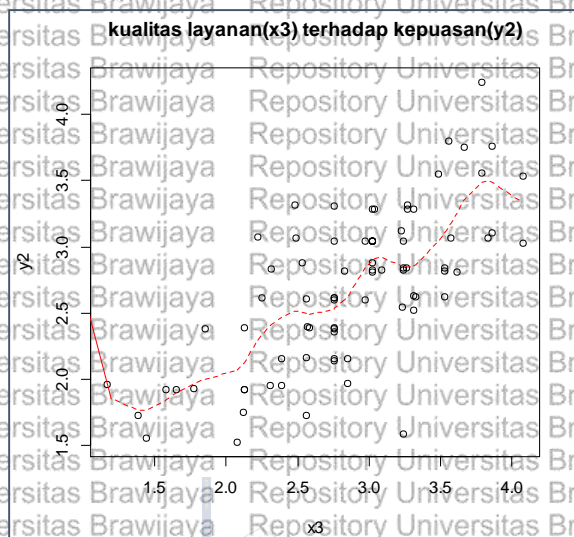
tingkat keamanan rendah memberikan respon rendah hingga sangat tinggi pada tingkat kepuasan pelanggan, pada nilai prediksi hasilnya hampir sama. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi memberikan respon tinggi dan sangat tinggi pada tingkat kepuasan pelanggan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi. Hasil yang hampir sama ketika pelanggan menilai tingkat keamanan sangat tinggi, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi.



Gambar 4.5 Plot nilai prediksi antara variabel kepercayaan terhadap variabel kepuasan pelanggan.

Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat kepercayaan (x_2) terhadap tingkat kepuasan (y_2) pelanggan belanja *online*, data aktual memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat kepercayaan sangat rendah memberikan respon sangat rendah dan rendah pada tingkat kepuasan, pada nilai prediksi hasilnya hampir sama. Pelanggan yang menilai tingkat kepercayaan rendah memberikan respon rendah dan tinggi pada tingkat kepuasan, pada nilai prediksi hasilnya hampir sama. Hasil hampir sama ketika pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi

dan sangat tinggi memberikan respon tinggi dan sangat tinggi pada tingkat kepuasan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi.



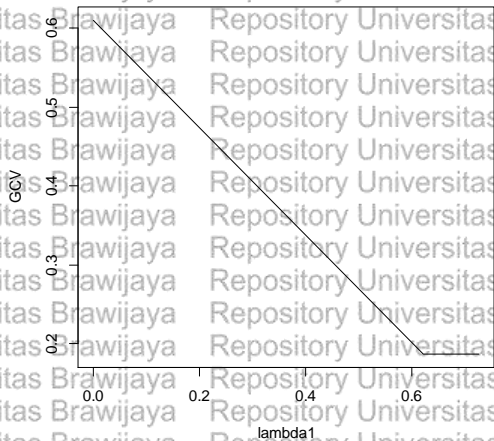
Gambar 4.6 Plot nilai prediksi antara variabel kualitas layanan terhadap variabel kepuasan pelanggan.

Pada diagram pencar di atas menunjukkan hubungan antara tingkat kualitas layanan (x_3) terhadap tingkat kepuasan (y_2) pelanggan belanja *online* memperlihatkan periode yang naik turun. Pelanggan yang menilai tingkat kualitas layanan sangat rendah memberikan respon rendah pada tingkat kepuasan, pada nilai prediksi hasilnya hampir sama. Pelanggan yang menilai tingkat kualitas layanan rendah memberikan respon rendah dan tinggi pada tingkat kepuasan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon rendah. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan tinggi memberikan respon rendah dan tinggi pada tingkat kepuasan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi. Pelanggan yang menilai tingkat keamanan sangat tinggi memberikan respon tinggi pada tingkat kepuasan, sedangkan pada nilai prediksi pelanggan memberikan respon tinggi.

Pada Gambar 4.1 sampai 4.6 memperlihatkan plot antara variabel eksogen antar masing-masing variabel endogen dengan pendekatan PLS dan pendekatan PWLS, dari keenam gambar tersebut estimasi yang dihasilkan dari regresi nonparametrik yang fleksibel. Model nonparametrik yang didapatkan dengan pendekatan PLS memiliki nilai $R^2_{Y_1}$ sebesar 72,14% yang berarti bahwa keempat variabel eksogen mampu menjelaskan variabilitas nilai yang di rasakan pelanggan sebesar 72,14% dan di peroleh nilai $R^2_{Y_2}$ sebesar 87,67% yang berarti bahwa keempat variabel eksogen mampu menjelaskan variabilitas kepuasan pelanggan sebesar 87,67% sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak terdapat dalam model. Model nonparametrik yang didapatkan dengan pendekatan PWLS memiliki nilai $R^2_{Y_1}$ sebesar 95,21% yang berarti bahwa keempat variabel eksogen mampu menjelaskan variabilitas nilai yang di rasakan pelanggan sebesar 95,21% dan di peroleh nilai $R^2_{Y_2}$ sebesar 99,96% yang berarti bahwa keempat variabel eksogen mampu menjelaskan variabilitas kepuasan pelanggan sebesar 99,96% sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak terdapat dalam model.

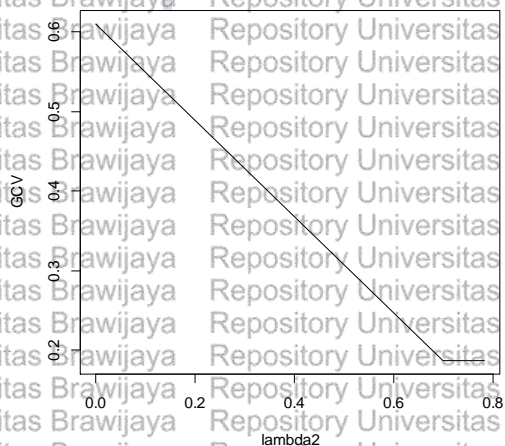
4.4 Pemilihan Parameter Penghalus (λ) Optimal

Pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva ditunjukkan oleh parameter penghalus. Metode yang digunakan untuk pemilihan parameter penghalus optimal adalah metode *Generalized Cross Validation* (GCV) pada persamaan (2.36). Berikut merupakan diagram pencar parameter penghalus dan nilai GCV untuk variabel nilai yang dirasakan dan variabel kepuasan pelanggan:



Gambar 4.7 Plot nilai λ pada variabel Nilai yang dirasakan pelanggan.

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai GCV minimum untuk data pada variabel nilai yang dirasakan adalah 0,1870; dengan nilai GCV minimum tersebut didapatkan nilai λ optimum fungsi *smoothing spline* untuk data variabel nilai yang dirasakan adalah 0,7269.



Gambar 4.8 Plot nilai λ variabel kepuasan pelanggan.

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai GCV minimum untuk data pada variabel kepuasan adalah 0,1870; dengan nilai GCV minimum tersebut didapatkan nilai λ optimum fungsi *smoothing spline* untuk data variabel kepuasan adalah 0,6997.

Tabel 4.3 Nilai GCV Minimum dan Lambda Optimal

Variabel eksogen	λ	Nilai GCV
Nilai yang dirasakan	0,7269	0,1870
Kepuasan	0,6997	0,1870

Dalam regresi nonparametrik *spline*, jika nilai parameter penghalus sangat kecil maka akan memberikan estimator kurva regresi yang sangat kasar, atau dapat dikatakan parametrik murni ketika nilai λ bernilai nol. Sebaliknya, jika nilai parameter penghalus sangat besar maka akan menghasilkan estimator kurva regresi nonparametrik yang sangat mulus. Dengan kata lain, diperlukan parameter penghalus optimal untuk mendapatkan estimasi fungsi *path* nonparametrik yang terbaik. Akibatnya dalam estimator *spline* perlu dipilih parameter penghalus yang optimal agar diperoleh estimator yang paling sesuai untuk data. Dalam penelitian ini didapatkan nilai λ yang menghasilkan nilai GCV minimum yang ditampilkan dalam tabel 4.3.

4.5 Pembentukan Model Nonparametrik

Berdasarkan output yang dihasilkan, didapatkan nilai dari \hat{d} dan \hat{c} yang terlampir pada tabel berikut:

Tabel 4.4 nilai \hat{d} dan \hat{c} PLS

	Nomer	y_1	y_2
\hat{d}	1	0,062	0,077
	2	0,171	0,215
\hat{c}	1	-2,04e-18	-2,36e-18
	2	-1,78e-18	-2,06e-18
	:	:	:
	80	-1,13e-18	-1,57e-18

Berikut ini merupakan fungsi regresi nonparametrik yang didapatkan berdasarkan pada nilai \hat{d} dan \hat{c} :

Untuk $x \in [0,1]$, diperoleh $\langle \xi_i, \xi_s \rangle = x_i x_s - \frac{1}{2}(x_i + x_s) + \frac{1}{3}$

Maka akan didapatkan suatu fungsi pada masing-masing variabel endogen seperti pada persamaan (2.32) dan mensubstitusikan nilai x untuk memperoleh estimasi variabel endogen.

Variabel Nilai yang dirasakan Pelanggan:

$$\hat{f}_{11} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_1 + c_{11} \left[x_1x_1 - \frac{1}{2}(x_1 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{12} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_2 + c_{11} \left[x_2x_1 - \frac{1}{2}(x_2 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_3x_2 - \frac{1}{2}(x_3 + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{13} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_3 + c_{11} \left[x_3x_1 - \frac{1}{2}(x_3 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_3x_2 - \frac{1}{2}(x_3 + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{13} \left[x_3x_3 - \frac{1}{2}(x_3 + x_3) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{1n} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_n + c_{11} \left[x_nx_1 - \frac{1}{2}(x_n + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_nx_2 - \frac{1}{2}(x_n + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{1n} \left[x_nx_n - \frac{1}{2}(x_n + x_n) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{1n} = 0,062 + 0,171x_n - 2,04e^{-18} \left[x_nx_1 - \frac{1}{2}(x_n + x_1) + \frac{1}{3} \right] + \dots - 1,13e^{-18} \left[x_nx_n - \frac{1}{2}(x_n + x_n) + \frac{1}{3} \right]$$

Variabel Kepuasan Pelanggan:

$$\hat{f}_{21} = \hat{d}_{21} + \hat{d}_{22}x_1 + c_{21} \left[x_1x_1 - \frac{1}{2}(x_1 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

Variabel Nilai yang dirasakan Pelanggan:

$$\hat{f}_{11} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_1 + c_{11} \left[x_1x_1 - \frac{1}{2}(x_1 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{12} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_2 + c_{11} \left[x_2x_1 - \frac{1}{2}(x_2 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_3x_2 - \frac{1}{2}(x_3 + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{13} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_3 + c_{11} \left[x_3x_1 - \frac{1}{2}(x_3 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_3x_2 - \frac{1}{2}(x_3 + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{13} \left[x_3x_3 - \frac{1}{2}(x_3 + x_3) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\vdots$$

$$\hat{f}_{1N} = \hat{d}_{11} + \hat{d}_{12}x_n + c_{11} \left[x_nx_1 - \frac{1}{2}(x_n + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$+ c_{12} \left[x_nx_2 - \frac{1}{2}(x_n + x_2) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\vdots$$

$$+ c_{1n} \left[x_nx_n - \frac{1}{2}(x_n + x_n) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{1N} = 0,336 + 0,136x_n + 0,071 \left[x_nx_1 - \frac{1}{2}(x_n + x_1) + \frac{1}{3} \right] + \dots - 0,046 \left[x_nx_n - \frac{1}{2}(x_n + x_n) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{21} = \hat{d}_{21} + \hat{d}_{22}x_1 + c_{21} \left[x_1x_1 - \frac{1}{2}(x_1 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\hat{f}_{22} = \hat{d}_{21} + \hat{d}_{22}x_2 + c_{21} \left[x_2x_1 - \frac{1}{2}(x_2 + x_1) + \frac{1}{3} \right]$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

Variabel Kepuasan Pelanggan:

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Fungsi analisis *path* nonparametrik diperoleh dari estimasi fungsi dengan pendekatan PLS didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 83,29%, sedangkan dari estimasi fungsi dengan pendekatan PWLS didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 97,34%.
2. Pendugaan koefisien analisis *path* menggunakan metode PWLS lebih baik daripada metode PLS. Karena koefisien determinasi pada metode PWLS lebih besar daripada metode PLS. Hal ini berarti bahwa pendugaan PWLS merupakan penduga fungsi yang lebih baik digunakan karena lebih kuat menjelaskan perubahan variabel eksogen terhadap variabel endogen daripada pendugaan PLS.

5.2 Saran

Berdasarkan atas kesimpulan penelitian, maka saran yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Data primer yang diperoleh dari penyebaran kuesioner tanpa melakukan *interview* secara langsung, sehingga dimungkinkan jawaban yang diberikan bias karena responden tidak membaca pernyataan dengan benar dan teliti, diharapkan peneliti selanjutnya dapat menggunakan teknik wawancara secara langsung.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dikaji kembali membahas estimasi fungsi *path* nonparametrik dengan menggunakan lebih dari dua respon.
3. Pada penelitian ini belum mengakomodir adanya *ties*, yaitu ketika nilai variabel eksogen sama pada nilai variabel endogen yang berbeda.
4. Dalam penelitian ini hanya membahas estimasi fungsi *path* nonparametrik, belum membahas estimasi fungsi *path* nonlinier.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alshibly, H.H. 2015. Customer perceived value in Social Commerce: An Exploration of Its Antecedents and Consequences. *Journal of Management Research*, Vol.7 No.1, hal. 17-37
- Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Penelitian, Praktek*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Azwar, S. 1992. *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Budiantara, I.N., Subanar, dan Soejoeti, Z. 1997. Weighted Spline Estimator. *Bulletin of the International Statistical Institute*, Vol. 51 No.1, hal.333-334.
- Dillon, W.R. dan Goldstein, M. 1984. *Multivariate Analysis Methods and Applications*. New York: John Wiley dan Sons.
- Draper, N.R dan Smith, H. 1998. *Applied Regression Analysis*. John Wiley & Sons: New York.
- Eubank, R.L. 1999. *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*, Second Edition, Marcel Dekker, Inc, New York.
- 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, 2015, hal. 61-69.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Econometrics E-book*. The McGraw-Hill Companies. New York.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. dan Anderson, R.E. 2010. *Multivariate Data Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametrik Regression*. Cambridge University Press, New York.

Kotler, Philip dan Keller, K.L. 2009. *Manajemen Pemasaran*. Edisi 13. Jilid 2. (Bob sabran. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.

Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J. dan Li W. 2005. *Applied Linear Statistical Models*. Fifth Edition. McGraw-Hill International, Boston.

Li, C.C. 1975. *Path Analysis-a primer*. California: The Boxwood Press.

Mustafa, Z.E.Q. 2009. *Mengurai Variabel hingga Instrumentasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Riduwan. 2005. *Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru, Karyawan dan Peneliti Pemula*. Alfabeta, Bandung.

Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. Bandung: ITB.

Sheskin, D.J. 2000. *Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. Second Edition. CRC Press. New York.

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

Suryani, Alit., Hadiwidjojo, Djumilah., Rohman, F. dan Solimun. 2013. The Role of Atmosphere and Service Quality on Loyalty Mediated by Customer Satisfaction and Moderated by Price Discount. *International Journal of Business and Management Tomorrow*. Vol. 3 No. 6. ISSN: 2249-9962.

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

Zeithaml, V.A. 1988. Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *The Journal of Marketing*, hal. 2-22.