

PEMODELAN PENINGKATAN AKURASI ESTIMASI BIAYA DENGAN METODE *STRUCTURAL EQUATION MODELING- PARTIAL LEAST SQUARE* PADA PROYEK JALAN PROVINSI KALIMANTAN TENGAH

Yanda Christian^{*1}, Harimurti² dan Indradi Wijatmiko²

¹Mahasiswa / Magister / Teknik Sipil / Universitas Brawijaya

²Dosen / Teknik Sipil / Universitas Brawijaya

Korespondensi : yandachrist@gmail.com

ABSTRACT

Acceleration of national development increases the number of construction projects in Indonesia, including road projects. The contractor as the service provider in the implementation of the construction work shall have a detailed implementation schedule and project cost budget plan so that the construction work shall not be subject to delays and cost overrun. The main thing that can cause cost overrun is the error in cost estimation. In this study discusses the modeling of increasing the accuracy of cost estimation as well as the development of factors that can improve the accuracy of cost estimation. Validation of research variables was done to experts using Analytical Hierarchy Process (AHP) method and modeling using Structural Equation Modeling-Partial Least Square (SEM-PLS) method to project contractor of Public Works Department of Central Kalimantan Province and National Road Implementation Center XI Unit Work of Central Kalimantan with contract value of project worth 20 Billion to 50 Billion Rupiah Year 2016. The result of variable validation shows the competence variable of estimator, survey, availability of information, calculation of cost estimation and internal company is variable which influence estimation The obtained modeling equation is $AEB = 0,129 KE + 0,466 S + 0,191 KI + 0,153 PEB + 0,069 IP + 0,181 \zeta$. The development of cost estimation is done by improving each influential indicator in each variable and applying development strategies to increase the estimated cost estimation based on SWOT analysis.

Keywords : *Analytical Hierarchy Process (AHP), cost estimation, road, Structural Equation Modeling-Partial Least Square (SEM-PLS), SWOT analysis.*

1. PENDAHULUAN

Percepatan pembangunan infrastruktur merupakan hal yang mutlak dan menjadi tekad pemerintah. Akselerasi percepatan pembangunan infrastruktur termasuk didalamnya pembangunan dan preservasi jalan nasional hingga jalan desa. Dengan adanya percepatan pembangunan infrastruktur tentunya semakin banyak pula proyek konstruksi yang dilaksanakan di Indonesia. Kontraktor dalam pelaksanaan proyek konstruksi seharusnya tidak menambah waktu pelaksanaan proyek dan biaya proyek. Oleh karena itu, kontraktor harus mempunyai jadwal perencanaan dan rencana anggaran biaya proyek yang terperinci agar proyek dapat dilaksanakan sesuai dan selesai tepat waktu dengan biaya yang sesuai dengan nominal yang telah ditentukan. Pembuatan

rencana anggaran biaya dan jadwal pelaksanaan proyek mengacu pada data proyek serta pengalaman proyek sebelumnya. Apabila jadwal perencanaan dan rencana anggaran biaya proyek tidak dilakukan dengan baik maka dapat menyebabkan dampak-dampak negatif bagi proyek tersebut, salah satunya pembengkakan biaya (*cost overrun*). Menurut penelitian sebelumnya, faktor-faktor yang menyebabkan pembengkakan biaya adalah estimasi biaya, pelaksanaan dan hubungan kerja, material, tenaga kerja, peralatan, aspek keuangan, waktu pelaksanaan dan kebijaksanaan politik (Santoso, 1999) [9]. Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa estimasi biaya dan material merupakan hal yang dominan yang mempengaruhi pembengkakan biaya. Hal tersebut juga

diungkapkan oleh Fahirah (2006) [4], dalam penelitiannya dikemukakan bahwa estimasi biaya berpengaruh 41,4% dalam mempengaruhi pembengkakan biaya. Melihat pentingnya pengaruh estimasi biaya terhadap kinerja biaya proyek, maka penelitian lebih lanjut tentang estimasi biaya penting untuk dilakukan. Sasaran penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pemodelan peningkatan akurasi estimasi biaya.
2. Untuk mengembangkan faktor-faktor yang dapat meningkatkan akurasi estimasi biaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Estimasi biaya ialah seni memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu. Apabila estimasi biaya yang dilakukan terlalu rendah, meski menang dalam tender namun dalam pelaksanaannya dapat mengalami kesulitan pendanaan yang dapat berujung pada terjadinya pembengkakan biaya (*cost overrun*).

2.1 Kinerja Biaya

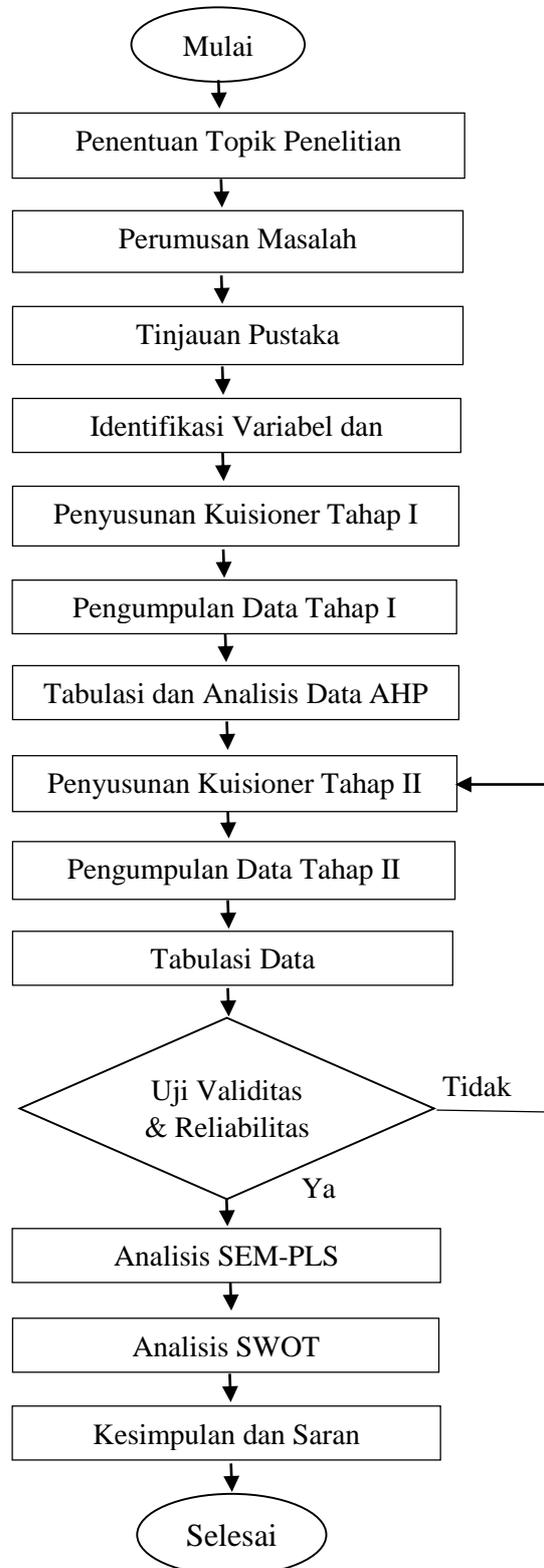
Kinerja biaya proyek adalah suatu parameter yang dijadikan acuan pada setiap evaluasi estimasi biaya proyek apakah masih sesuai rencana awal atau memerlukan perhatian karena terjadi ketidaksesuaian. Pada pelaksanaan proyek konstruksi banyak dijumpai proyek yang mengalami pembengkakan biaya (*cost overrun*) maupun keterlambatan waktu. Pembengkakan biaya merupakan kelebihan dalam pengeluaran biaya pada tahap pelaksanaan dibandingkan dengan anggaran yang telah direncanakan. Pembengkakan biaya pada tahap pelaksanaan proyek sangat tergantung pada perencanaan, koordinasi dan pengendalian dari kontraktor dan juga bergantung pada estimasi biaya. Indikator dasar dalam melakukan pengukuran kinerja biaya, yaitu:

1. *Budget Cost of Work Performance* (BCWP) adalah nilai pekerjaan yang telah diselesaikan.
2. *Actual Cost of Work Performance* (ACWP) adalah biaya aktual yang digunakan untuk pelaksanaan proyek.
3. *Budget Cost of Work Scheduled* (BCWS) adalah rencana anggaran suatu paket pekerjaan.
4. *Cost Performance Indeks* (CPI)

CPI bernilai kurang dari satu menunjukkan kinerja biaya yang buruk

CPI bernilai lebih dari satu menunjukkan kinerja biaya yang baik.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.1 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini diperoleh dari penelitian terdahulu oleh Buranda, R. J. (2009) [1], Dwianisa, R. A (2009) [3] dan Radyantono, M. (2007) [7]. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu:

1. Variabel Kompetensi Estimator (KE), dengan indikator-indikator diantaranya:

- Kualifikasi Estimator Berdasarkan Tingkat Pendidikan dan Pengalaman (KE1)
- Persepsi Estimator Terhadap Pentingnya Estimasi Biaya Dalam Pelaksanaan Proyek (KE2)
- Pemahaman Estimator Mengenai Jenis Pekerjaan Yang Dilaksanakan Dalam Proyek (KE3)
- Pemahaman Estimator Mengenai Metode Pelaksanaan Konstruksi Proyek (KE4)
- Pemahaman Estimator Mengenai Metode Penjadwalan Proyek (KE5)
- Pemahaman Estimator Mengenai Gambar Rencana Proyek Yang Akan Dilaksanakan (KE6)
- Pemahaman Estimator Mengenai Ketentuan Dalam Dokumen Tender Proyek (KE7)

2. Variabel Survei (S), dengan indikator-indikator diantaranya:

- Survei Lokasi Proyek (S1)
- Survei Biaya dan Upah Tenaga Kerja (S2)

3. Variabel Ketersediaan Informasi (KI), dengan indikator-indikator diantaranya:

- Ketersediaan Informasi Lokasi Proyek (KI1)
- Ketersediaan Informasi Kondisi Geografis Proyek (KI2)
- Ketersediaan Informasi Data Historis Proyek (KI3)
- Ketersediaan Informasi Keamanan Alat dan Material di Proyek (KI4)
- Ketersediaan Informasi Terkini Utilitas Eksisting di Proyek (Pipa PAM, listrik dll) (KI5)
- Ketersediaan Informasi Keadaan Lingkungan di Sekitar Proyek (KI6)
- Ketersediaan Informasi Sumber Daya yang Terdapat di Lokasi Proyek (KI7)
- Ketersediaan Informasi Spesifikasi Alat dan Material (KI8)
- Ketersediaan Informasi Standar/Pedoman Teknis (KI9)

- Ketersediaan Informasi Mengenai Harga Satuan Pekerjaan (KI10)

- Ketersediaan Informasi Mengenai Produktifitas Alat dan Tenaga Kerja (KI11)

- Ketersediaan Informasi Mengenai Tenaga Kerja (KI12)

4. Variabel Perhitungan Estimasi Biaya (PEB), dengan indikator-indikator diantaranya:

- Pemilihan Harga Material Dalam Pelaksanaan Proyek (PEB1)

- Pemilihan Harga Peralatan (Sewa/Memiliki Peralatan Sendiri) Dalam Pelaksanaan Proyek (PEB2)

- Pemilihan Upah Tenaga Kerja Dalam Pelaksanaan Proyek (PEB 3)

- Tingkat Kedetailan WBS (Uraian Pekerjaan) (PEB4)

- Kesesuaian Perhitungan Volume Dengan Gambar Rencana (PEB5)

- Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan (PEB6)

- Perhitungan Ketersediaan Peralatan (PEB7)

- Perhitungan Produktifitas dan Kebutuhan Peralatan (PEB8)

- Penjadwalan Peralatan (PEB9)

- Perhitungan Ketersediaan Material (PEB10)

- Perhitungan Kebutuhan Material (PEB11)

- Penjadwalan Material (PEB12)

- Perhitungan Ketersediaan Tenaga Kerja (PEB13)

- Perhitungan Produktifitas dan Kebutuhan Tenaga Kerja (PEB14)

- Penjadwalan Tenaga Kerja (PEB15)

- Ikut Serta Dalam Aanwijzing (PEB16)

- Perhitungan Biaya Total (PEB17)

- Perhitungan Bunga Bank (PEB18)

- Perhitungan Pajak (PEB19)

- Perhitungan Analisa Risiko Proyek (PEB20)

- Target Profit yang Ingin Diperoleh (PEB21)

5. Variabel Internal Perusahaan (IP), dengan indikator-indikator diantaranya:

- Koordinasi Estimator dengan Tim Proyek (IP1)

- Ketersediaan SDM (IP2)

- Ketersediaan Peralatan Kerja (IP3)

- Ketersediaan Peralatan Kerja Khusus (Special Tools) (IP4)

- Lingkungan Kerja/Budaya Kerja (IP5)

- Menggunakan Formula Perhitungan Yang Valid (IP6)

- Menggunakan Software Yang Valid (IP7)
 - Pengalaman Perusahaan Dalam Proyek Sejenis (IP8)
 - Kemampuan Perusahaan Dalam Melakukan Inovasi Metode Pelaksanaan Konstruksi (IP9)
 - Kemampuan Perusahaan Dalam Menggunakan Teknologi Metode Pelaksanaan Konstruksi (IP10)
6. Variabel Eksternal Perusahaan (EP), dengan indikator-indikator diantaranya:
- Lokasi Proyek (EP1)
 - Ketersediaan Material (EP2)
 - Fluktuasi Harga Dasar Material (EP3)
 - Kebijakan Pemerintah (EP4)
 - Ukuran Proyek (EP5)
 - Kompleksitas Proyek (EP6)
 - Dukungan Bank (EP7)
 - Inflasi (EP8)

Variabel terikat pada penelitian ini adalah Akurasi Estimasi Biaya (AEB) berdasarkan nilai *Cost Performance Index* (CPI)

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah kontraktor yang melaksanakan proyek milik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah dan Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XI Satuan Kerja Kalimantan Tengah dengan nilai kontrak proyek senilai 20 Milyar hingga 50 Milyar Rupiah Tahun 2016. Jumlah sampel dalam penelitian ini berdasarkan jumlah sampel minimal untuk metode SEM-PLS yaitu 30-100 data. Menurut Chin (1998) dalam Latan & Ghazali (2015) [6], jumlah sampel dapat dihitung dengan cara sepuluh kali jumlah variabel terikat dalam model. Karena variabel terikat dalam penelitian ini hanya satu, maka yang digunakan adalah seluruh variabel baik bebas dan terikat. Untuk responden dalam validasi variabel adalah lima orang pakar pakar ahli dari bidang akademik, birokrasi dan kontraktor.

3.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP adalah metode pengambilan keputusan yang dikembangkan untuk pemberian prioritas beberapa alternatif ketika beberapa kriteria harus dipertimbangkan. Analisa data dengan metode AHP adalah sebagai berikut.

1. Membentuk matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan pengaruh setiap elemen.
2. Menormalkan data yaitu dengan membagi nilai dari setiap elemen di dalam matriks yang berpasangan dengan nilai total dari setiap kolom.
3. Menghitung *eigen value* dan menguji konsistensinya.
4. Menentukan ranking faktor-faktor yang berpengaruh.

3.4 Structural Equation Modeling-Partial Least Square (SEM-PLS)

PLS adalah salah satu metode statistika SEM berbasis varian yang secara simultan dapat melakukan pengujian model pengukuran sekaligus pengujian model struktural (Willy dan Jogiyanto, 2015) [5]. Berikut adalah langkah-langkah analisis dalam SEM-PLS.

1. Merancang *Inner Model*
2. Merancang *Outer Model*
3. Konstruksi Diagram Jalur
4. Estimasi
5. *Goodness of fit*
6. Pengujian Hipotesis
7. Konversi Diagram Jalur Model Pengukuran dan Model Struktural ke Model Persamaan.

3.5 Analisis SWOT

Analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi perusahaan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strength*) dan peluang (*opportunity*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threat*) (Rangkuti, 2013) [8].

Langkah-langkah dalam analisis SWOT menurut David (2011) [3] adalah sebagai berikut.

1. Menentukan faktor-faktor kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman.
2. Menyesuaikan kekuatan dengan peluang untuk menghasilkan strategi *SO* yang tepat.
3. Menyesuaikan kekuatan dengan ancaman untuk menghasilkan strategi *ST* yang tepat.
4. Menyesuaikan kelemahan dengan peluang untuk menghasilkan strategi *WO* yang tepat.
5. Menyesuaikan kelemahan dengan ancaman untuk menghasilkan strategi *WT* yang tepat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Variabel Menggunakan Metode AHP

Pengisian kuesioner dengan metode AHP didasarkan pada skala perbandingan berpasangan yang nantinya para pakar ahli akan memberikan penilaian dimulai dari angka 1 yang artinya kedua kriteria sama penting hingga angka 9 yang artinya satu kriteria mutlak lebih penting dibandingkan kriteria lainnya. Kriteria yang dibandingkan pada kuesioner ini diantaranya Kompetensi Estimator (KE), Survei (S), Ketersediaan Informasi (KI), Perhitungan Estimasi Biaya (PEB), Internal Perusahaan (IP) dan Eksternal Perusahaan (EP). Berikut akan disajikan data kuesioner para pakar serta hasil analisis menggunakan metode AHP.

Tabel 1. Data kuesioner pakar ahli satu

Kriteria	KE	S	KI	PEB	IP	EP
KE	1	2	3	3	3	4
S	1/2	1	2	3	3	3
KI	1/3	1/2	1	3	2	3
PEB	1/3	1/3	1/3	1	2	2
IP	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1
EP	1/4	1/3	1/3	1/2	1	1

Tabel 2. Analisis kuesioner pakar ahli satu

Kriteria	KE	S	KI	PEB	IP	EP	Eigen Value
KE	1	2	3	3	3	4	0,339
S	0,500	1	2	3	3	3	0,237
KI	0,333	0,500	1	3	2	3	0,171
PEB	0,333	0,333	0,333	1	2	2	0,107
IP	0,333	0,333	0,500	0,500	1	1	0,078
EP	0,250	0,333	0,333	0,500	1	1	0,069
Jumlah	2,750	4,500	7,167	11,000	12,000	14,000	1,000

λ Maks = 6,291

CI = 0,058

CR = 0,047

Contoh perhitungan *eigen value* untuk Kompetensi Estimator (KE) sebagai berikut.

$EV = 1/6 \times (1/2,750 + 2/4,500 + 3/7,167 + 3/11,000 + 3/12,000 + 4/14,000) = 0,339$. Nilai $1/6$ dikarenakan matriks kriteria yang dibandingkan berisi enam kriteria. Untuk nilai *eigen value* kriteria lainnya dihitung dengan cara yang sama. Berikut adalah contoh perhitungan untuk menguji konsistensi matrik tersebut.

λ Maks

$$= (0,339 \times 2,750) + (0,237 \times 4,500) + (0,171 \times 7,167) + (0,107 \times 11) + (0,078 \times 12) + (0,069 \times 14) = 6,291$$

Consistency Index (CI)

$$= \frac{\lambda \text{ Maks} - n}{n - 1} = 0,058 \quad (1a)$$

Consistency Ratio (CR)

Untuk $n=6$ maka nilai RI adalah 1,24

$$= \frac{CI}{RI} = 0,047 \quad (1b)$$

Pada analisis perhitungan diatas diketahui nilai CR adalah 0,047. Hasil ini menunjukkan bahwa $CR < 10\%$ artinya analisis data yang dilakukan terhadap responden satu telah konsisten dan dapat dilanjutkan untuk analisis data responden lainnya. Analisis data untuk responden lainnya dilakukan berdasarkan contoh pada responden satu.

Analisis dilakukan untuk setiap pakar ahli dan diperoleh urutan variabel yang mempengaruhi peningkatan akurasi estimasi biaya dengan cara menghitung rata-rata setiap variabel. Melalui hasil analisis maka diperoleh urutan variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan akurasi estimasi biaya sebagai berikut.

1. Survei (0,206)
2. Perhitungan Estimasi Biaya (0,194)
3. Ketersediaan Informasi (0,177)
4. Kompetensi Estimator (0,176)
5. Internal Perusahaan (0,151)
6. Eksternal Perusahaan (0,095)

Untuk menyeleksi dan memastikan kepentingan variabel sesuai dengan penilaian para pakar maka diperlukan identifikasi variabel yang menjadi prioritas dalam peningkatan akurasi estimasi biaya menurut para pakar menggunakan metode *cut off point*. Variabel yang akan digunakan selanjutnya atau variabel yang terpilih adalah variabel yang memiliki nilai sama dengan dan lebih dari batas nilai *cut off point*. Perhitungan nilai *cut off point* adalah sebagai berikut.

Nilai *cut off point*

$$= \frac{\text{Nilai Maksimum} + \text{Nilai Minimum}}{2} \quad (1c)$$

$$= \frac{0,206 + 0,095}{2} = 0,151$$

Berdasarkan perhitungan metode *cut off point* diketahui bahwa variabel yang menjadi prioritas dalam peningkatan akurasi estimasi

biaya adalah survei, perhitungan estimasi biaya, ketersediaan informasi, kompetensi estimator dan internal perusahaan.

4.2 Analisis Structural Equation Modeling-Partial Least Square (SEM-PLS)

4.2.1 Karakteristik Responden

Tabel 3. Jenis kelamin responden

No	Jenis Kelamin	Jumlah	%
1	Pria	58	89,231
2	Wanita	7	10,769
	Total	65	100

Tabel 4. Usia responden

No	Usia	Jumlah	%
1	<25 Tahun	0	0
2	25-35 Tahun	24	36,923
3	35-45 Tahun	21	32,308
4	>45 Tahun	20	30,769
	Total	65	100

Tabel 5. Pendidikan terakhir responden

No	Pendidikan Terakhir	Jumlah	%
1	S3	0	0
2	S2	10	15,535
3	S1	52	80,000
4	D3/D4	3	4,615
5	SMA/Sederajat	0	0
	Total	65	100

Tabel 6. Pengalaman bekerja

No	Pengalaman Bekerja	Jumlah	%
1	<10 Tahun	24	36,923
2	10-20 Tahun	26	40,000
3	>20 Tahun	15	23,077
	Total	65	100

Tabel 7. Jabatan/posisi responden

No	Posisi/Jabatan	Jumlah	%
1	Direktur	10	15,385
2	Project Manager	20	30,769
3	Estimator	12	18,462
4	General Superintendent	8	12,308
5	General Manager	2	3,077
6	Site Manager	2	3,077
7	Staff Teknis	11	16,923
	Total	65	100

4.2.2 Uji Validitas

Uji validitas dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah

kuesioner yang disiapkan dapat mengukur indikator yang ingin diukur. Pengujian validitas indikator dilakukan dengan cara mengkorelasikan setiap skor item dengan skor total menggunakan teknik *Pearson Product Moment* dengan rumus sebagai berikut.

$$r_{hitung} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (1d)$$

Keterangan :

r_{hitung} = koefisien korelasi

$\sum X$ = jumlah skor item

$\sum Y$ = jumlah skor total

n = jumlah responden

Kriteria pengujian validitas jika $r_{hitung} > r_{tabel}$ maka indikator dinyatakan valid. Dengan menggunakan tabel distribusi (tabel r) untuk $\alpha = 0,05$ dan jumlah responden sebanyak 65, sehingga didapat $r_{tabel} = 0,244$. Setelah dilakukan perhitungan dengan teknik *Pearson Product Moment* maka seluruh indikator dinyatakan valid.

4.2.3 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas menggambarkan kemantapan alat ukur yang digunakan. Instrumen yang *reliable* adalah instrumen yang dapat menghasilkan pengukuran yang sama bila instrumen itu digunakan untuk mengukur obyek yang sama pada dua atau lebih waktu yang berbeda. Pengukuran reliabilitas terhadap variabel dilakukan dengan menggunakan teknik *Cronbach Alpha*. Suatu instrumen dapat dikatakan *reliable* bila memiliki koefisien reliabilitas sebesar 0,6 atau lebih.

Pengujian reliabilitas untuk variabel-variabel peningkatan akurasi estimasi biaya menggunakan bantuan *software SPSS*, dengan hasil keseluruhan variabel dinyatakan *reliable*.

4.2.4 Evaluasi Model Pengukuran

Evaluasi model pengukuran merupakan tahapan untuk mengevaluasi validitas dan reliabilitas. Evaluasi validitas konstruk dilakukan dengan menghitung validitas konvergen dan validitas diskriminan. Validitas konvergen diketahui melalui *loading factor*. Suatu indikator dikatakan memenuhi pengujian validitas konvergen apabila memiliki *loading factor* diatas 0.7 (Widarjono, 2015) [10]. Indikator yang dieliminasi dari diagram jalur merupakan indikator yang memiliki nilai *loading factor* terendah. Setelah indikator yang tidak valid tersebut dieliminasi, maka dilakukan pengujian berulang sehingga mendapatkan

diagram jalur yang berisi indikator yang valid seluruhnya.

Setelah melakukan 23 kali modifikasi model, nilai *loading factor* pada indikator secara keseluruhan telah melebihi 0,7 dan dinyatakan valid. Rekapitulasi indikator-indikator yang tidak valid dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi indikator tidak valid

No.	<i>Loading Factor</i>	Kode
1	0,444	KI5
2	0,447	PEB13
3	0,457	PEB19
4	0,463	KI7
5	0,419	KI6
6	0,478	PEB14
7	0,475	PEB4
8	0,486	PEB18
9	0,500	KE7
10	0,528	PEB15
11	0,543	PEB16
12	0,564	IP4
13	0,572	IP7
14	0,582	KI3
15	0,595	KE5
16	0,616	PEB3
17	0,630	KE6
18	0,636	KI9
19	0,638	PEB20
20	0,665	IP9
21	0,641	IP10
22	0,688	PEB12
23	0,692	IP6

Validitas konvergen selain dapat dilihat melalui *loading factor*, juga dapat diketahui melalui *Average Variance Extracted* (AVE). Suatu variabel dikatakan memenuhi pengujian validitas konvergen apabila memiliki *Average Variance Extracted* (AVE) diatas 0,5 (Ghozali dan Latan, 2015) [6]. Nilai AVE dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Validitas diskriminan dihitung menggunakan *cross loading* dengan kriteria bahwa apabila nilai *loading factor* suatu indikator dalam suatu variabel yang bersesuaian lebih besar dari nilai korelasi indikator pada variabel lainnya dan bernilai lebih dari 0,7 maka indikator tersebut dinyatakan valid dalam mengukur variabel yang bersesuaian (Ghozali dan Latan, 2015) [6]. Hasil perhitungan *cross loading* disajikan dalam **Tabel 10**.

Tabel 9. Nilai AVE

Variabel	AVE	Keterangan
Kompetensi Estimator	0,716	Valid
Survei	0,749	Valid
Ketersediaan Informasi	0,661	Valid
Perhitungan Estimasi Biaya	0,630	Valid
Internal Perusahaan	0,669	Valid
Akurasi Estimasi Biaya	1,000	Valid

Tabel 10. Nilai *cross loading*

	KE	S	KI	PEB	IP	AEB
KE1	0,908	0,672	0,631	0,703	0,556	0,682
KE2	0,799	0,468	0,487	0,569	0,328	0,560
KE3	0,885	0,661	0,574	0,678	0,464	0,649
KE4	0,785	0,456	0,473	0,564	0,346	0,517
S1	0,588	0,898	0,723	0,721	0,547	0,832
S2	0,588	0,831	0,654	0,679	0,427	0,656
KI1	0,548	0,696	0,804	0,669	0,429	0,646
KI2	0,310	0,560	0,707	0,543	0,357	0,572
KI4	0,547	0,588	0,839	0,704	0,601	0,629
KI8	0,582	0,690	0,884	0,748	0,516	0,658
KI10	0,596	0,703	0,885	0,729	0,541	0,732
KI11	0,570	0,657	0,838	0,673	0,559	0,719
KI12	0,483	0,628	0,715	0,579	0,466	0,651
PEB1	0,618	0,555	0,602	0,806	0,444	0,593
PEB2	0,579	0,599	0,625	0,754	0,359	0,642
PEB5	0,511	0,567	0,588	0,749	0,212	0,547
PEB6	0,428	0,656	0,587	0,709	0,338	0,614
PEB7	0,712	0,744	0,742	0,881	0,491	0,749
PEB8	0,596	0,625	0,635	0,840	0,425	0,650
PEB9	0,570	0,653	0,639	0,757	0,514	0,614
PEB10	0,685	0,762	0,728	0,826	0,547	0,757
PEB11	0,681	0,708	0,749	0,870	0,467	0,712
PEB17	0,431	0,511	0,539	0,714	0,354	0,591
PEB21	0,654	0,630	0,679	0,804	0,431	0,636
IP1	0,468	0,454	0,461	0,484	0,836	0,471
IP2	0,511	0,567	0,574	0,506	0,903	0,547
IP3	0,470	0,513	0,522	0,454	0,883	0,530
IP5	0,300	0,405	0,448	0,371	0,719	0,425
IP8	0,308	0,367	0,495	0,348	0,731	0,464
AEB	0,717	0,868	0,813	0,820	0,599	1,000

Evaluasi reliabilitas konstruk menggunakan *composite reliability*. Kriteria pengujian menyatakan bahwa apabila *composite reliability* bernilai lebih besar dari 0.7 maka konstruk tersebut dinyatakan reliabel (Jogiyanto dan Willy, 2015) [5]. Hasil perhitungan *composite reliability* dapat dilihat dalam **Tabel 11** berikut.

Tabel 11. Nilai *composite reliability*

Konstruk	<i>Composite Reliability</i>
Kompetensi Estimator	0,909
Survei	0,856
Ketersediaan Informasi	0,931
Perhitungan Estimasi Biaya	0,949
Internal Perusahaan	0,909
Akurasi Estimasi Biaya	1.000

4.2.5 Evaluasi Model Struktural

Model struktural dapat dievaluasi dengan melihat nilai *R-Square*. Nilai *R-Square* yang diperoleh dari hasil modifikasi ke-23 diagram jalur adalah 0,819 atau 81,9%. Nilai *R-Square* menyatakan bahwa kontribusi konstruk Kompetensi Estimator, Survei, Ketersediaan Informasi, Perhitungan Estimasi Biaya dan Internal Perusahaan berpengaruh 81,9% terhadap Akurasi Estimasi Biaya, sedangkan sisanya sebesar 18,1% merupakan kontribusi konstruk lain yang tidak dibahas dalam penelitian ini.

Menurut Hair et al. (2011) dalam Latan dan Ghozali (2015) [6], kriteria batasan nilai *R-Square* dalam tiga klasifikasi, yaitu 0,75 (kuat), 0,50 (moderate), dan 0,25 (lemah). Hal ini berarti pemodelan Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya dapat di jelaskan dengan kuat oleh konstruk Kompetensi Estimator, Survei, Ketersediaan Informasi, Perhitungan Estimasi Biaya dan Internal Perusahaan dengan nilai 0,819 (81,9%).

4.2.6 Pengujian Hipotesis

Pengujian signifikansi digunakan untuk menguji ada tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Kriteria pengujian menyatakan bahwa apabila nilai *T-statistics* \geq *T*-tabel maka dinyatakan adanya pengaruh signifikan variabel bebas terhadap variabel terikat. Berikut hipotesis yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

H1: Kompetensi Estimator berpengaruh terhadap Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya.

H2: Survei berpengaruh terhadap Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya.

H3: Ketersediaan Informasi berpengaruh terhadap Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya

H4 : Perhitungan Estimasi berpengaruh terhadap Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya

H5 : Internal Perusahaan berpengaruh terhadap Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya

Untuk nilai *T-statistics* diperoleh melalui tahap *bootstrapping* sebanyak 500 kali. Untuk tingkat keyakinan sebesar 95%, maka minimal nilai *T-statistics (two-tailed)* adalah 1,96. Hasil pengujian signifikansi dapat diketahui melalui **Tabel 12** berikut.

Tabel 12. Rekapitulasi pengujian model struktural

	<i>Original Sample (O)</i>	<i>T-Statistics (O/STERR)</i>
KE \rightarrow AEB	0,129	4,582
S \rightarrow AEB	0,466	13,817
KI \rightarrow AEB	0,191	5,227
PEB \rightarrow AEB	0,153	4,568
IP \rightarrow AEB	0,069	3,669

Melalui **Tabel 12** diketahui bahwa seluruh nilai *T-statistics* bernilai $>1,96$ sehingga seluruh variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Dengan demikian keseluruhan hipotesis terpenuhi.

4.2.7 Konversi Diagram Jalur Model Pengukuran Ke Model Persamaan

1. Persamaan Konstruk Kompetensi Estimator
Persamaan konstruk kompetensi estimator dibentuk oleh lima indikator yang membentuk persamaan sebagai berikut.

$$KE = 0,908 KE1 + 0,799 KE2 + 0,885 KE3 + 0,785 KE4$$

Setiap indikator dalam konstruk kompetensi estimator memiliki persamaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$KE1 = 0,908 KE \quad KE3 = 0,885 KE$$

$$KE2 = 0,799 KE \quad KE4 = 0,785 KE$$

2. Persamaan Konstruk Survei

Persamaan konstruk survei dibentuk oleh dua indikator yang membentuk persamaan sebagai berikut.

$$S = 0,898 S1 + 0,831 S2$$

Setiap indikator dalam konstruk survei memiliki persamaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$S1 = 0,898 S \quad S2 = 0,831 S$$

3. Persamaan Konstruk Ketersediaan Informasi
Persamaan konstruk kompetensi estimator dibentuk oleh tujuh indikator yang membentuk persamaan sebagai berikut.

$$KI = 0,804 KI1 + 0,885 KI2 + 0,838 KI4 + 0,715 KI8 + 0,707 KI10 + 0,839 KI11 + 0,884 KI12$$

Setiap indikator dalam konstruk ketersediaan informasi memiliki persamaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$KI1 = 0,804 KI \quad KI10 = 0,707 KI$$

$$KI2 = 0,885 KI \quad KI11 = 0,839 KI$$

$$KI4 = 0,838 KI \quad KI12 = 0,884 KI$$

$$KI8 = 0,715 KI$$

4. Persamaan Konstruk Perhitungan Estimasi Biaya

Persamaan konstruk perhitungan estimasi biaya dibentuk oleh sebelas indikator yang membentuk persamaan sebagai berikut.

$$PEB = 0,806 PEB1 + 0,754 PEB2 + 0,749$$

$$PEB5 + 0,708 PEB6 + 0,881 PEB7 + 0,840$$

$$PEB8 + 0,757 PEB9 + 0,826 PEB10 + 0,870$$

$$PEB11 + 0,714 PEB17 + 0,804 PEB21$$

Setiap indikator dalam konstruk perhitungan estimasi biaya memiliki persamaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$PEB1 = 0,806 PEB \quad PEB9 = 0,757 PEB$$

$$PEB2 = 0,754 PEB \quad PEB10 = 0,826 PEB$$

$$PEB5 = 0,749 PEB \quad PEB11 = 0,870 PEB$$

$$PEB6 = 0,708 PEB \quad PEB17 = 0,714 PEB$$

$$PEB7 = 0,881 PEB \quad PEB21 = 0,804 PEB$$

$$PEB8 = 0,840 PEB$$

5. Persamaan Konstruk Internal Perusahaan
Persamaan konstruk perhitungan estimasi biaya dibentuk oleh lima indikator yang membentuk persamaan sebagai berikut.

$$IP = 0,836 IP1 + 0,903 IP2 + 0,883 IP3 + 0,719$$

$$IP5 + 0,731 IP8$$

Setiap indikator dalam konstruk internal perusahaan memiliki persamaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

$$IP1 = 0,836 IP \quad IP5 = 0,719 IP$$

$$IP2 = 0,903 IP \quad IP8 = 0,731 IP$$

$$IP3 = 0,883 IP$$

4.2.8 Konversi Diagram Jalur Model Struktural Ke Model Persamaan

Berdasarkan koefisien-koefisien parameter jalur yang diperoleh pada **Tabel 12**, maka model persamaan struktural yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$AEB = 0,129 KE + 0,466 S + 0,191 KI + 0,153 PEB + 0,069 IP + 0,181 \zeta$$

Melalui persamaan struktural tersebut diperoleh tingkat kesalahan struktural senilai 0,181 atau 18,1% yang artinya terdapat 18,1% variabel maupun indikator peningkatan akurasi estimasi biaya lainnya yang belum dibahas pada penelitian ini. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan pada variabel maupun indikator peningkatan akurasi estimasi biaya agar meningkatkan akurasi estimasi biaya serta mengurangi tingkat kesalahan struktural.

4.3 Pengembangan Indikator Dalam Variabel Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya Untuk Mengurangi Kesalahan Struktural

Beberapa hal yang belum menjadi indikator pada variabel-variabel peningkatan akurasi estimasi biaya dalam penelitian ini yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan akurasi estimasi biaya serta untuk mengurangi kesalahan struktural sebesar 18,1% yang terdapat pada penelitian ini diantaranya:

- survei mengenai tata ruang
- survei perizinan/peraturan daerah setempat
- informasi mengenai perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material
- informasi mengenai ketersediaan material yang ada di pasaran
- perhitungan penjadwalan pelaksanaan proyek
- kompetensi estimator dalam mengaplikasikan komputer
- kompetensi estimator dalam mengikuti perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material
- mengikutsertakan estimator dalam bimbingan teknis pelelangan
- melakukan *rolling* pekerjaan seorang estimator ke lapangan
- penerapan manajemen mutu

Selanjutnya variabel peningkatan akurasi estimasi biaya akan dikembangkan dengan metode SWOT.

4.4 Pengembangan Peningkatan Akurasi Estimasi Biaya Dengan Metode SWOT

Sebelum merumuskan strategi pengembangan peningkatan akurasi estimasi biaya dengan matriks SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*) terlebih dahulu

menentukan faktor kekuatan (*strenght*), kelemahan (*weakness*), peluang (*opportunity*) dan ancaman (*threat*) yang berpengaruh terhadap pengembangan peningkatan akurasi estimasi biaya. Faktor-faktor tersebut diperoleh melalui hasil analisis SEM-PLS dan wawancara.

Setelah menentukan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman maka strategi-strategi pengembangan peningkatan akurasi estimasi biaya yang diperoleh melalui matriks SWOT adalah sebagai berikut.

a. Strategi SO

- 1) Melakukan survei lokasi proyek, biaya dan upah tenaga kerja serta memahami informasi mengenai spesifikasi dan produktifitas peralatan, material dan tenaga kerja untuk meningkatkan keakuratan penjadwalan pelaksanaan proyek.
- 2) Mengikutsertakan estimator dalam bimbingan teknis pelelangan akan meningkatkan pemahaman estimator terhadap pentingnya estimasi biaya dan pendidikan estimator.
- 3) Melakukan *rolling* pekerjaan seorang estimator ke lapangan untuk meningkatkan pengalaman serta pemahaman estimator terhadap jenis pekerjaan dan metode konstruksi.
- 4) Menerapkan manajemen mutu agar meningkatkan kualitas koordinasi estimator dengan tim proyek, kenyamanan dalam lingkungan kerja/budaya kerja serta kuantitas SDM.

b. Strategi WO

- 1) Kemampuan perusahaan dalam melakukan inovasi metode pelaksanaan konstruksi serta menggunakan teknologi dalam metode pelaksanaan konstruksi dapat ditingkatkan dengan mengetahui informasi mengenai perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material serta kemampuan estimator dalam mengikuti dan memahami perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material.
- 2) Melakukan survei peraturan daerah setempat sebagai dasar pemilihan upah tenaga kerja.
- 3) Mengetahui informasi mengenai ketersediaan material di pasaran untuk meningkatkan keakuratan penjadwalan material.

c. Strategi ST

- 1) Dengan mengetahui informasi lokasi dan kondisi geografis serta pengalaman seorang

estimator dapat mengantisipasi cuaca buruk pada saat pelaksanaan proyek yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya

- 2) Melakukan perhitungan yang teliti pada setiap harga satuan pekerjaan, biaya total pekerjaan dan profit yang ingin diperoleh untuk mengantisipasi setiap kebijakan pemerintah yang berubah terutama kenaikan pada BBM.
- 3) Melalui pengalaman pada pekerjaan sejenis suatu perusahaan dapat memutuskan apakah suatu pekerjaan memerlukan peralatan atau material khusus.

d. Strategi WT

- 1) Faktor cuaca, perubahan kebijakan pemerintah, perubahan harga material, kerusakan peralatan menjadi faktor-faktor yang harus dipertimbangkan pada saat melakukan analisis risiko proyek.
- 2) Penjadwalan material dilakukan secara akurat agar dapat mengantisipasi kelangkaan material.
- 3) Peningkatan kemampuan perusahaan dalam melakukan inovasi metode pelaksanaan konstruksi serta menggunakan teknologi dalam metode pelaksanaan konstruksi dapat membantu perusahaan apabila dalam pelaksanaan pekerjaan memerlukan peralatan maupun material khusus.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Peningkatan akurasi estimasi biaya (AEB) dapat dijelaskan dengan kuat oleh variabel kompetensi estimator (KE), survei (S), ketersediaan informasi (KI), perhitungan estimasi biaya (PEB) dan internal perusahaan (IP) sebesar 81,9%. Pemodelan persamaan peningkatan akurasi estimasi biaya yang terbentuk adalah:

$$\text{AEB} = 0,129 \text{ KE} + 0,466 \text{ S} + 0,191 \text{ KI} + 0,153 \text{ PEB} + 0,069 \text{ IP} + 0,181 \zeta$$

2. Pengembangan faktor-faktor peningkatan estimasi biaya dilakukan dengan meningkatkan setiap indikator yang berpengaruh dalam setiap variabel dan menerapkan strategi-strategi utama pengembangan peningkatan akurasi estimasi biaya diantaranya:

- Melakukan survei lokasi proyek, biaya dan upah tenaga kerja serta memahami informasi mengenai spesifikasi dan produktifitas peralatan, material dan tenaga kerja untuk

meningkatkan keakuratan penjadwalan pelaksanaan proyek.

- Mengikutsertakan estimator dalam bimbingan teknis pelelangan agar meningkatkan pemahaman estimator terhadap pentingnya estimasi biaya dan pendidikan estimator.
- Melakukan *rolling* pekerjaan seorang estimator ke lapangan sehingga meningkatkan pengalaman serta pemahaman estimator terhadap jenis pekerjaan dan metode konstruksi pekerjaan dapat ditingkatkan dengan
- Menerapkan manajemen mutu untuk meningkatkan kualitas koordinasi estimator dengan tim proyek, kenyamanan dalam lingkungan kerja/budaya kerja serta kuantitas SDM.
- Kemampuan perusahaan dalam melakukan inovasi serta menggunakan teknologi dalam metode pelaksanaan konstruksi dapat ditingkatkan dengan mengetahui informasi mengenai perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material serta kemampuan estimator dalam mengikuti dan memahami perkembangan metode konstruksi serta teknologi dan inovasi peralatan dan material.
- Dengan mengetahui informasi lokasi dan kondisi geografis serta pengalaman seorang estimator dapat mengantisipasi cuaca buruk pada saat pelaksanaan proyek yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya
- Melakukan perhitungan yang teliti pada setiap harga satuan pekerjaan, biaya total pekerjaan dan profit yang ingin diperoleh untuk mengantisipasi setiap kebijakan pemerintah yang berubah terutama kenaikan pada BBM.
- Faktor cuaca, perubahan kebijakan pemerintah, perubahan harga material, kerusakan peralatan menjadi faktor-faktor yang harus dipertimbangkan pada saat melakukan analisis risiko proyek.

5.2 Saran

1. Bagi penelitian selanjutnya diharapkan dalam validasi variabel dapat menggunakan metode lainnya selain AHP sehingga tidak mengeliminasi satu atau lebih variabel beserta dengan keseluruhan indikatornya dan indikator dalam variabel pada pemodelan dengan metode SEM-PLS lebih dari dua.

2. Dengan keterbatasan pada penelitian ini, variabel maupun indikator dalam penelitian ini hanya mampu menjelaskan model sebesar 81,9% sehingga masih ada variabel maupun indikator lainnya yang belum dibahas dalam penelitian ini yang mampu meningkatkan akurasi estimasi biaya dan menjelaskan model lebih dari 81,9%.

3. Bagi kontraktor agar dapat meningkatkan akurasi estimasi biaya diharapkan dapat mengembangkan faktor survei lokasi proyek, ketersediaan informasi kondisi geografis proyek, perhitungan ketersediaan peralatan, kualifikasi estimator berdasarkan pengalaman dan pendidikan serta ketersediaan SDM dan menerapkan strategi-strategi yang dihasilkan dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]Buranda, R. J. 2009. *Pengelolaan Risiko Dalam Proses Estimasi Untuk Meningkatkan Kinerja Biaya Pada Proyek Bangunan Industri*. Depok: Universitas Indonesia.
- [2]David, F. R. 2009. *Manajemen Strategis*. Jakarta: Salemba Empat.
- [3]Dwianisa, R. A. 2009. *Faktor-Faktor Dalam Estimasi Biaya Yang Mempengaruhi Kinerja Pelelangan Proyek EPC*. Depok: Universitas Indonesia.
- [4]Fahirah, F. 2005. *Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Overrun Biaya Pada Proyek Konstruksi Gedung di Makassar*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5]Jogiyanto, H.M dan Willy, A. 2015. *Partial Least Square (PLS) Alternatif Structural Equation Modeling (SEM) Dalam Penelitian Bisnis*. Yogyakarta: Andi.
- [6]Latan, H. dan Ghozali, I. 2015. *Partial Least Square, Konsep, Teknik Dan Aplikasi Menggunakan Program SmartPLS 3.0 Untuk Penelitian Empiris*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [7]Radyantono, M. 2007. *Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Akurasi Estimasi Biaya Tahap Disain Pada Proyek Pembangunan Jalan Nasional*. Depok: Universitas Indonesia.
- [8]Rangkuti, F. 2013. *Analisis SWOT: Teknik Membedah Kasus*. Jakarta: PT. Gramedia.
- [9]Santoso, I. 1999. *Analisa Overruns Biaya Pada Beberapa Tipe Proyek Konstruksi*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [10]Widarjono, A. 2015. *Analisis Multivariat Terapan*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.