Jurnal
TEKNIK SIPIL TERAPAN

http://jurnal.polimdo.ac.id/
JTST, 5 (2), 2023, 115-127

Model Estimasi Biaya Signifikan pada Bangunan Rumah Tinggal dengan Metode *Path Analysis* menggunakan Aplikasi AMOS versi 20

Hence Sandi David Roring[1], Ramon Charles Rumambi[2]
Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Katolik De La Salle, Manado [1,2]
E-mail: hroring@unikadelasalle.ac.id

Abstrak

Di dalam pembangunan konstruksi rumah tinggal, estimasi biaya memainkan peranan penting, dimana dalam pelaksanaan konstruksi dibutuhkan metode estimasi yang baik untuk dapat memperkirakan biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan. Pada tahap awal perencanaan proyek pembangunan rumah tinggal perlu dilakukan perkiraan besarnya biaya yang diperlukan dalam hal ini estimasi tidak mungkin didasarkan pada perhitungan kuantitas (volume) pekerjaan karena uraian dan spesifikasi pekerjaan belum tersusun sehingga dibutuhkan suatu model estimasi biaya yang dapat digunakan untuk memperkirakan total biaya pekerjaan. Tujuan penelitian ini untuk membuat suatu model estimasi perkiraan biaya konstruksi rumah tinggal atas dasar pengetahuan akan biaya proyek yang telah terlaksana (12 proyek historis), dengan prinsip cost significant model. Analisis dilakukan dengan metode path analysis menggunakan aplikasi AMOS versi 20. Dari hasil analisis diperoleh persamaan $y=1.354X_1 + 1.287X_2 + 3.454X_4 + 0.582X_5 + 2.055X_6 - 2.868X_7$ *dengan nilai cost model factor (CMF)= 0.936. Nilai akurasi model antara -8.48% sampai 4.61%, berdasarkan klasifikasi AACE International, model yang diperoleh termasuk dalam kategori estimasi kelas 1 yang dapat digunakan untuk check estimate or bit/tender dalam semi detail estimasi.*

Kata kunci*: AMOS, cost significant model, path analysis.*

Abstract

In the construction of residential houses, cost estimation plays an important role, where in the implementation of construction requires a good estimation method to be able to estimate the costs required in the construction. In the early stages of planning a residential housing development project, it is necessary to estimate the amount of costs required. In this case, estimation is not possible based on the calculation of the quantity (volume) of work because the description and specifications of the work have not been compiled, so a cost estimation model is needed that can be used to predict the total cost of the work. The purpose of this study is to create a predictive cost estimation model for residential construction projects based on knowledge of project costs that have been implemented (12 historical projects), with the principle cost significant model. The analysis was carried out using the path analysis method using the AMOS application version 20. From the results of the analysis, the equation $y=1.354X_1 + 1.287X_2 + 3.454X_4 + 0.582X_5 + 2.055X_6 - 2.868X_7$ *with a cost model factor (CMF) = 0.936. The model accuracy value is between -8.48% to 4.61%, based on* the *AACE classification International, the model is a class 1 estimation category that can be used for check estimate or bit/tender in semi-detailed estimation.*

Keywords*: AMOS, cost significant model, path analysis.*

Copyright © 2023 Authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. PENDAHULUAN

Di dalam pembangunan rumah tinggal, estimasi biaya sangat dibutuhkan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan pelaksanaan proyek. Dibutuhkan suatu model estimasi biaya pada tahap awal perencanaan proyek yang mudah dalam penggunaannya, akurat untuk menghasilkan estimasi biaya yang dapat dipertanggungjawabkan (Khamistan, 2018). Akurasi estimasi biaya merupakan hal penting dalam proyek konstruksi, kurang akuratnya suatu estimasi biaya dapat memberikan dampak buruk pada proses pelaksanaan konstruksi dan para pihak yang terlibat di dalamnya (Rizal *et al.,* 2020). Beberapa model estimasi yang telah dibuat dalam penelitian sebelumnya ditujukan untuk menghitung biaya bangunan gedung perkantoran seperti pada penelitian (Ilallah & Waskito, 2020) dan penelitian (Ahadian *et al.*, 2018) yang menerapkan metode *cost significant model* pada estimasi biaya bangunan kantor pelayanan masyarakat. Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat model estimasi biaya rumah tinggal mengingat pembangunan rumah tinggal memiliki karakteristik yang berbeda dengan bangunan gedung perkantoran sehingga perlu diestimasi tersendiri agar model biaya dapat memberi hasil estimasi yang cukup akurat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *path analysis* yang merupakan bagian dari metode parametrik dengan prinsip estimasi biaya signifikan (*cost significant model)* untuk estimasi biaya bangunan rumah tinggal.

Menurut penelitian (Muthoharoh *et al.*, 2021) total 84,13% dari biaya pembangunan rumah tinggal dipengaruhi oleh biaya item pekerjaan pasangan sebesar 25,53%, pekerjaan plesteran, acian serta profil sebesar 16,43%, pekerjaan rangka atap serta penutup atap sebesar 13,38%, pekerjaan beton bertulang sebesar 8,28%, pekerjaan plafond sebesar 6,97%, pekerjaan finishing/pengecatan sebesar 6,96%, pekerjaan kusen pintu dan jendela sebesar 6,48%. Hal ini menunjukkan bahwa item pekerjaan dengan bobot biaya terbesar yaitu pekerjaan pasangan, selanjutnya dari persamaan model regresi yang diperoleh dari penelitian tersebut hanya terdapat item pekerjaan plesteran acian serta profil yang mempengaruhi biaya total. Sedangkan menurut penelitian (Pontan & Yulianisa, 2019) *cost significant items* sebesar 88,20% diperoleh dari item pekerjaan beton sebesar 34,62%, pekerjaan dinding sebesar 30,49%, pekerjaan atap sebesar 12,47% dan pekerjaan plafond sebesar 10,62% dengan kontribusi terbesar terhadap biaya diperoleh dari item pekerjaan beton, tetapi dari hasil persamaan model regresi yang diperoleh, pekerjaan dinding dan pekerjaan plafond yang memiliki koefisien determinasi terbesar sehingga item pekerjaan beton tidak termasuk dalam model estimasi. Berdasarkan kedua penelitian tersebut diatas diketahui bahwa dari model persamaan regresi yang dihasilkan tidak tercakup item pekerjaan yang memiliki persentasi bobot biaya terbesar dalam model estimasi biaya yang diperoleh, hal tersebut dapat berpengaruh terhadap akurasi estimasi biaya dari model persamaan regresi yang dihasilkan. Penelitian bertujuan untuk menghasilkan model persamaan yang memiliki tingkat akurasi yang baik khususnya untuk estimasi biaya bangunan rumah tinggal, salah satunya dengan indikator bahwa item pekerjaan yang memiliki sumbangsih terbesar terhadap komponen bobot biaya seharusnya tercakup di dalam model estimasi yang dihasilkan. Urgensi dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan suatu model matematis estimasi biaya yang dapat digunakan untuk menghitung biaya secara akurat tanpa harus menghitung kuantitas item pekerjaan secara keseluruhan pada bangunan rumah tinggal.

Aplikasi AMOS digunakan dalam pengolahan data *Structural Equation Modeling* (SEM) yang merupakan teknik analisis yang memungkinkan pengujian sebuah rangkaian hubungan antar variabel yang relatif rumit secara simultan (Priyatno, 2022). Hubungan yang rumit tersebut terbangun antara satu atau beberapa variabel independen (eksogenus) dengan satu atau beberapa

variabel dependen (endogenous). SEM merupakan pendekatan terintegrasi antara dua analisis yaitu analisis faktor dan analisis jalur (*path analysis*). SEM menggunakan metode statistik untuk menyajikan dan menganalisis data untuk pencapaian tujuan penelitian serta dapat menerapkan banyak model dalam menjawab rumusan masalah penelitian (Handayani & Sudiana, 2015). Aplikasi AMOS umumnya digunakan dalam pengolahan data SEM berupa analisis faktor yang memiliki banyak variabel seperti pada penelitian (Maddeppungeng *et al.*, 2018) untuk menentukan indikator rantai pasok yang berpengaruh terhadap kinerja kontraktor, juga penelitian (Desyllia *et al.*, 2014) yang menggunakan aplikasi AMOS untuk membuat model penyebab keterlambatan proyek ditinjau dari aspek *stakeholder* proyek. Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa nilai-nilai variabel penelitian diperoleh dari hasil kuesioner terhadap responden tertentu sedangkan penelitian saat ini perolehan variabel didapatkan dari data RAB bangunan rumah tinggal yang telah terbangun sebelumnya (historis). Dalam hal ini aplikasi AMOS versi 20 dipilih sebagai *tools* pengolahan data *path analysis* untuk menghasilkan model estimasi biaya yang akurat.

2. DASAR TEORI

Estimasi biaya konseptual didefinisikan sebagai perkiraan biaya proyek yang dilakukan sebelum sejumlah informasi yang signifikan terkumpul dari detail desain, dengan lingkup pekerjaan yang masih belum lengkap. Beberapa karakteristik dari estimasi biaya proyek tahap konseptual yaitu: bersifat tidak pasti, krusial, sumbernya terbatas. Kualitas estimasi biaya tahap konseptual bergantung pada beberapa hal seperti: kualitas lingkup proyek, kualitas informasi, tingkat ketidakpastian, performa estimator serta proses estimasi (Roring, 2019).

AACE (*American Association of Cost Engineer*) mendefinisikan estimasi biaya (*cost engineering)* sebagai suatu bidang keteknikan yang meliputi penerapan prinsip-prinsip ilmiah dan teknik dengan menggunakan pengalaman dan pertimbangan-pertimbangan *engineering* dalam menyelesaikan masalah-masalah estimasi biaya, pengendalian biaya serta ekonomi teknik. *Cost engineering* terbagi menjadi dua bagian besar, yaitu: estimasi biaya dan pengendalian biaya (Asiyanto, 2010). Peran estimasi biaya sangat penting di dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek konstruksi. AACE mengklasifikasikan estimasi biaya berdasarkan tingkat akurasinya kedalam 5 (lima) kelas akurasi seperti pada Tabel.1:

Tabel 1. *AACE International cost estimation classifications*

Estimate Class	**Level of project definition (%)**	**End usage-Typical purpose of estimate**	**Expected accuracy range (%)**
Class 5	0 to 2	*Concept screening*	-50 to 100
Class 4	1 to 5	*Study of feasibility*	-30 to +50
Class 3	10 to 40	*Budget, authorization, or control*	-20 to +30
Class 2	30 to 70	*Control or bid/tender*	-15 to +20
Class 1	50 to 100	*Check estimate or bid/tender*	-10 to +15

Sumber: Peurifoy dan Oberlender, 2002

Cost Significant Model yang merupakan bagian dari estimasi konseptual adalah salah satu model prediksi biaya konstruksi berdasarkan informasi dan data proyek terdahulu, yang lebih mengandalkan pada biaya paling signifikan di dalam mempengaruhi total biaya proyek sebagai dasar estimasi. Metode ini menggunakan data dari proyek-proyek konstruksi terdahulu dan sejenis

untuk merumuskan suatu model matematik sehingga dapat digunakan dalam proses estimasi. *Cost Significant Model* berlandaskan pada data dan informasi dengan 20% materi pekerjaan yang paling mahal termuat dalam 80% dari nilai total biaya proyek. Item-item *cost significant* ini dapat menyajikan proporsi yang tepat dari total biaya anggaran yang biasanya mendekati 80%. (Poh & Horner,1995 di dalam Pontan & Yulianisa, 2019)..

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggambarkan kondisi proyek tertentu melalui analisis data yang ada berkaitan dengan biaya proyek pembangunan rumah tinggal. Analisa data dilakukan dengan pengolahan data yang diperoleh dari proyek historis untuk mendapatkan hasil akhir sebagai dasar penarikan kesimpulan. Analisis diawali dengan penentuan item yang memberi pengaruh signifikan terhadap biaya total untuk selanjutnya menentukan model estimasi biaya dengan *path analysis* menggunakan aplikasi AMOS versi 20. Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode deskriptif dan analisis inferensial.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian ini berada di Kota Manado pada bulan September-Oktober Tahun 2022. Data-data proyek historis diperoleh dari dokumen data beberapa konsultan dan kontraktor pembangunan rumah tinggal di Kota Manado.

3.3 Data Penelitian

Data historis diambil dari seluruh item pekerjaan pembangunan rumah tinggal yang telah terbangun di kota Manado dan beberapa Kabupaten/kota di sekitarnya periode tahun 2010 sampai dengan tahun 2022 yang diperoleh dari perusahaan CV.X berupa 12 data RAB proyek rumah tinggal (historis) sebagian besar dengan konstruksi 2 lantai. Adapun item biaya pekerjaan yang menjadi variabel bebas yaitu biaya pekerjaan struktur (X_1), biaya pekerjaan pasangan dan plesteran (X_2), biaya pekerjaan kusen pintu dan jendela (X_3), biaya pekerjaan atap (X_4), biaya pekerjaan penutup lantai dan dinding (X_5), biaya pekerjaan pengecatan (X_6), biaya pekerjaan plafond (X_7), biaya pekerjaan tanah dan pondasi (X_8), biaya pekerjaan sanitair dan plumbing (X_9), biaya pekerjaan elektrikal (X_{10}), biaya pekerjaan lain-lain (X_{11}), biaya pekerjaan persiapan (X_{12}). Variabel terikat berupa biaya total dalam pekerjaan pembangunan rumah tinggal (Y). Data biaya yang diperhitungkan tidak termasuk pajak-pajak.

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis statistik parametrik yang mencakup analisis regresi berganda dan digunakan untuk membuat suatu model estimasi biaya proyek. Dalam pengolahan data menggunakan metode *path analysis* dengan aplikasi AMOS versi 20. Tahapan analisis data penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut: a) Penentuan variabel dari RAB data historis; b) Perhitungan bobot biaya variabel dan proporsi komponen biaya; c) Perhitungan biaya dengan penyesuaian lokasi patokan (Kota Manado) menggunakan Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK); d) Perhitungan *time value of money* mencakup perhitungan biaya dengan penyesuaian waktu menggunakan nilai inflasi dengan waktu patokan tahun 2022; e) Perhitungan model estimasi dengan *path analysis* menggunakan aplikasi AMOS versi 20; f) Uji statistik model estimasi biaya; g) Menentukan *cost significant factor (CMF);* h) Uji akurasi model yang dihasilkan. (Tangkau *et al.*, 2022)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Bobot Biaya Variabel dan Proporsi Komponen Biaya

Berdasarkan 12 data RAB proyek historis yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan bobot biaya variabel yang mencakup 12 variabel bebas dan 1 variabel terikat, selanjutnya dilakukan penentuan proporsi komponen biaya. *Cost Significant Items* diperoleh dari item-item terbesar yang jumlah presentase biayanya sama atau lebih besar dari 80% dari jumlah biaya total (Tangkau *et al.*, 2022). Berdasarkan analisis biaya item pekerjaan bangunan rumah tinggal, dari 12 variabel bebas biaya pekerjaan yang memberi pengaruh terhadap variabel terikat total biaya (Y), terdapat 7 variabel biaya yang memberi kontribusi proporsi biaya sebesar 85,54%, sehingga 7 variabel ini yang digunakan dalam analisis selanjutnya. Variabel-variabel tersebut yaitu: biaya pekerjaan struktur (X_1), biaya pekerjaan pasangan dan plesteran (X_2), biaya pekerjaan kusen pintu dan jendela (X_3), biaya pekerjaan penutup atap (X_4), biaya pekerjaan penutup lantai dan dinding (X_5), biaya pekerjaan pengecatan (X_6), biaya pekerjaan plafond (X_7). Tabel 2 menyajikan proporsi komponen biaya.

Tabel 2. Proporsi Komponen Biaya

Urutan Proporsi Bobot Biaya (%)	Akumulasi Proporsi Bobot Biaya (%)	Variabel Penyusun Akumulasi Proporsi Bobot Biaya (Jumlah)
26.27	26.27	X_1
20.90	47.18	X_1 dan X_2
10.27	57.45	X_1 sampai dengan X_3
9.06	66.51	X_1 sampai dengan X_4
7.26	73.77	X_1 sampai dengan X_5
6.14	79.91	X_1 sampai dengan X_6
5.62	**85.54**	X_1 sampai dengan X_7
5.06	90.59	X_1 sampai dengan X_8
3.67	94.27	X_1 sampai dengan X_9
2.64	96.91	X_1 sampai dengan X_{10}
1.68	98.59	X_1 sampai dengan X_{11}
1.41	100.00	X_1 sampai dengan X_{12}

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

4.2 Penyesuaian Biaya Terhadap Lokasi dan Waktu Patokan

4.2.1. Penyesuaian biaya terhadap lokasi Patokan (Kota Manado)

Pada tahapan ini semua biaya pekerjaan konstruksi yang dikerjakan di beberapa Kota berbeda disesuaikan pada satu lokasi patokan (Kota Manado) dengan menggunakan data Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK) yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS). Indeks kemahalan konstruksi merupakan indeks harga yang menggambarkan perbedaan tingkat kemahalan konstruksi suatu daerah (kabupaten/kota) dengan daerah lainnya, data IKK didapatkan dari survei harga kemahalan konstruksi yang mencakup harga bahan bangunan, sewa alat berat dan upah jasa pekerja konstruksi. Perhitungan diagram timbang IKK menggunakan data dari analisa harga satuan pekerjaan kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat. (Badan Pusat Statistik, 2022). Perhitungan penyesuaian biaya berdasarkan lokasi patokan dengan persamaan: (Roring *et al*, 2014)

$$C_A = C_D \frac{IKK_A}{IKK_D} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(Pers.1)}$$

dimana:

C_A = Biaya penyesuaian terhadap lokasi patokan/acuan (Kota Manado)

C_D = Biaya awal sesuai lokasi proyek
IKK_A = Nilai IKK lokasi acuan (Kota Manado)
IKK_D = Nilai IKK lokasi diketahui (Lokasi proyek terbangun)

Tabel 3. Penyesuaian biaya terhadap lokasi patokan (Kota Manado)

Proyek	Biaya Proyek Historis	Tahun	Lokasi Proyek	IKK Lokasi Acuan (IKKa)	IKK lokasi Diketahui (IKKd)	Biaya Penyesuaian Lokasi (Manado)
P1	243681126.38	2022	Manado	110.89	110.89	243681126.38
P2	190169883.89	2010	Manado	91.39	91.39	190169883.89
P3	850477996.19	2016	Tomohon	97.82	111.03	744235270.73
P4	608127093.55	2012	Tomohon	101.69	102.2	605092408.45
P5	409074535.30	2011	Manado	92.59	92.59	409074535.30
P6	800145930.69	2014	Manado	103.34	103.34	800145930.69
P7	600121557.85	2021	Manado	110.89	110.89	600121557.85
P8	392972321.47	2021	Manado	110.89	110.89	392972321.47
P9	229557138.72	2021	Tomohon	110.89	101.01	252010604.02
P10	478129598.25	2016	Bitung	97.82	108.46	431224758.45
P11	131000523.63	2012	Minut	101.69	93.35	142704266.18
P12	401697072.71	2019	Tomohon	100.15	106.25	378634934.89

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

4.2.2 Penyesuaian biaya terhadap waktu patokan (Tahun 2022)

Pada tahapan ini semua biaya pekerjaan konstruksi yang telah disesuaikan berdasarkan lokasi acuan (Kota Manado) akan disesuaikan berdasarkan waktu acuan yaitu tahun 2022 berdasarkan inflasi tahunan dari tahun 2011 sampai tahun 2022. Data inflasi tahunan Kota Manado diperoleh dari BPS. Perhitungan penyesuaian biaya terhadap tahun patokan menggunakan prinsip rumus perhitungan nilai waktu uang (*future value*) berikut ini: (Pujawan, 2019)

$$Biaya_{sekarang} = Biaya_{lalu} x \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n \text{.....(Pers.2)}$$

dimana**:**
i = Nilai inflasi n = waktu (tahun)

Tabel 4. Penyesuaian biaya terhadap waktu patokan (Tahun 2022)

Biaya Penyesuaian Lokasi (Manado)	Tahun	Inflasi Tahunan												Biaya Penyesuaian Waktu (Tahun 2022)
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
243681126.38	2022													243681126.38
190169883.89	2010	0.67	6.04	8.12	9.67	5.56	0.35	2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	299018155.07
744235270.73	2016							2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	872741520.48
605092408.45	2012			8.12	9.67	5.56	0.35	2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	891266807.45
409074535.30	2011		6.04	8.12	9.67	5.56	0.35	2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	638937228.12
800145930.69	2014					5.56	0.35	2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	993942701.29
600121557.85	2021												3.95	623826359.38
392972321.47	2021												3.95	408494728.17
252010604.02	2021												3.95	261965022.88
431224758.45	2016							2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	505683842.40
142704266.18	2012			8.12	9.67	5.56	0.35	2.44	3.83	3.52	-0.18	2.64	3.95	210195292.41
378634934.89	2019										-0.18	2.64	3.95	403254650.34

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

4.2.3 Biaya Variabel yang telah disesuaikan terhadap lokasi dan waktu patokan

Biaya yang telah disesuaikan terhadap lokasi dan waktu patokan selanjutnya diuraikan pada biaya masing-masing item pekerjaan berdasarkan proporsi komponen biaya pada variabel X_1 sampai dengan X_7.

Tabel 5. Variabel biaya yang telah disesuaikan terhadap Lokasi dan Waktu Patokan

Biaya dalam ribuan rupiah

Proyek	Y(Rp)	X_1		X_2		X_3		X_4		X_5		X_6		X_7	
		%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)	%	Biaya(Rp)
P1	243681.13	15.86	38656.61	26.07	63519.83	14.13	34439.07	6.86	16707.23	7.52	18334.89	4.91	11971.68	2.63	6404.61
P2	299018.16	14.74	44083.23	27.80	83139.93	7.33	21924.94	9.28	27736.99	1.80	5385.18	13.09	39133.67	8.27	24720.40
P3	872741.52	39.30	342963.84	13.93	121604.56	10.51	91766.94	5.57	48587.62	8.48	73971.35	6.82	59539.66	4.28	37313.62
P4	891266.81	31.47	280511.57	15.49	138027.32	7.93	70650.51	10.40	92650.57	11.60	103410.21	5.47	48717.48	6.46	57611.95
P5	638937.23	24.33	155439.68	21.82	139432.48	12.80	81773.09	9.09	58107.48	9.43	60220.70	7.04	44984.19	5.73	36583.89
P6	993942.70	36.05	358341.49	19.41	192923.09	6.92	68740.34	9.04	89848.70	5.95	59128.09	2.81	27922.15	5.94	59079.74
P7	623826.36	37.71	235228.69	20.74	129385.33	8.44	52639.23	7.38	46031.85	4.90	30541.12	3.83	23915.58	5.72	35675.12
P8	408494.73	27.36	111744.89	25.14	102693.97	9.79	39979.81	6.37	26020.80	6.96	28450.25	5.96	24356.82	3.42	13959.00
P9	261965.02	30.72	80481.23	22.68	59404.38	12.33	32296.70	6.02	15762.36	6.98	18291.52	5.14	13476.46	5.23	13704.70
P10	505683.84	33.24	168068.71	18.81	95100.80	6.60	33362.02	6.96	35170.90	8.49	42930.61	7.59	38404.83	6.18	31272.63
P11	210195.29	11.46	24088.93	17.87	37568.25	16.07	33773.92	15.78	33161.30	7.28	15295.47	7.02	14748.34	7.34	15437.26
P12	403254.65	13.06	52657.67	21.05	84903.35	10.43	42066.79	16.02	64587.32	7.78	31387.41	3.98	16046.80	6.29	25346.20
	85.54	**26.27**		**20.90**		**10.27**		**9.06**		**7.26**		**6.14**		**5.62**	

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

Berdasarkan penyesuaian lokasi dan waktu terhadap variabel biaya konstruksi rumah tinggal diperoleh variabel independen dan variabel dependen penelitian yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Variabel Penelitian (7 variabel) *(Biaya dalam ribuan rupiah)*

Proyek	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
P1	243681.13	38656.61	63519.83	34439.07	16707.23	18334.89	11971.68	6404.61
P2	299018.16	44083.23	83139.93	21924.94	27736.99	5385.18	39133.67	24720.40
P3	872741.52	342963.84	121604.56	91766.94	48587.62	73971.35	59539.66	37313.62
P4	891266.81	280511.57	138027.32	70650.51	92650.57	103410.21	48717.48	57611.95
P5	638937.23	155439.68	139432.48	81773.09	58107.48	60220.70	44984.19	36583.89
P6	993942.70	358341.49	192923.09	68740.34	89848.70	59128.09	27922.15	59079.74
P7	623826.36	235228.69	129385.33	52639.23	46031.85	30541.12	23915.58	35675.12
P8	408494.73	111744.89	102693.97	39979.81	26020.80	28450.25	24356.82	13959.00
P9	261965.02	80481.23	59404.38	32296.70	15762.36	18291.52	13476.46	13704.70
P10	505683.84	168068.71	95100.80	33362.02	35170.90	42930.61	38404.83	31272.63
P11	210195.29	24088.93	37568.25	33773.92	33161.30	15295.47	14748.34	15437.26
P12	403254.65	52657.67	84903.35	42066.79	64587.32	31387.41	16046.80	25346.20

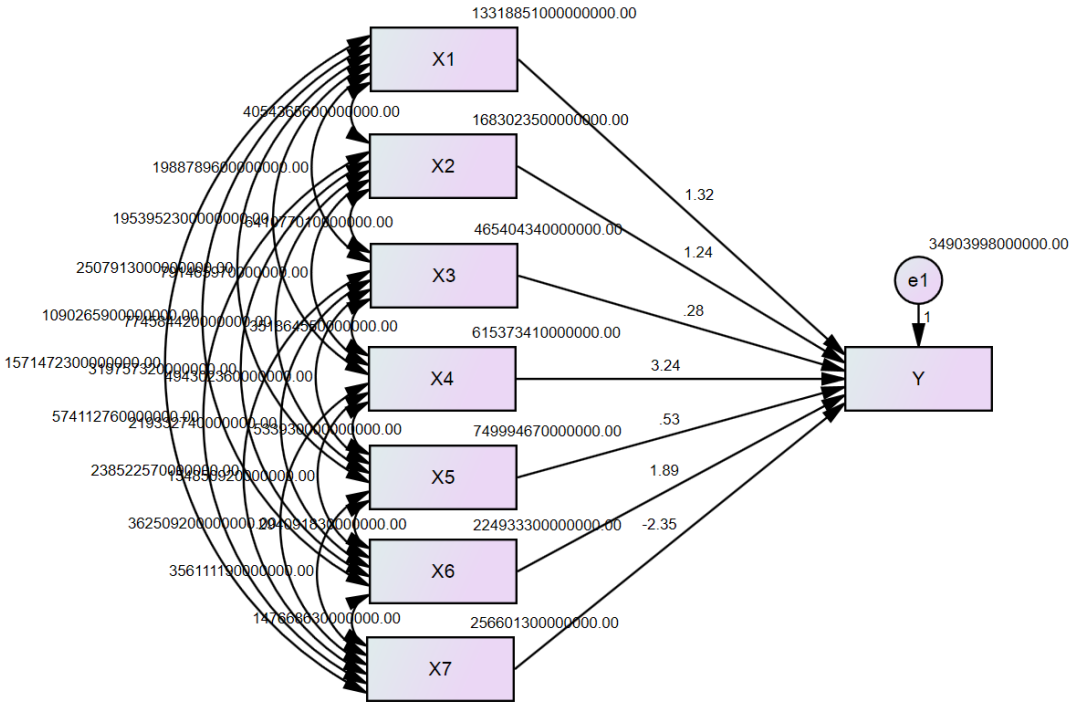
Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

4.3 Path Analysis dengan AMOS versi 20

Data variabel bebas dan variabel terikat dimodelkan dalam metode *path analysis* 7 variabel independen dengan menggunakan aplikasi AMOS versi 20 pada Gambar 1.

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil uji normalitas data, uji signifikansi koefisien regresi dengan kriteria nilai *t-value* dan nilai *P-value* sebagai kriteria kesesuaian model persamaan

regresi. Hasil dari uji normalitas data disajikan pada Tabel 7. Variabel Y, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7 terdistribusi normal dengan nilai *t-value* (C.R) < 1,96 (P3MFKM-UI, 2002).



Gambar 1. Model penelitian *path analysis* 7 variabel independen
Sumber: Pengolahan data AMOS v20

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Data

Variable	min	max	skew	c.r	kurtosis	c.r
X_7	6404614.32	59079737.87	0.483	0.682	-0.700	-0.495
X_6	11971676.04	59539655.47	0.441	0.623	-1.022	-0.723
X_5	5385182.66	103410206.52	0.864	1.222	-0.105	-0.074
X_4	15762361.85	92650574.63	0.652	0.922	-0.720	-0.509
X_3	21924939.01	91766937.82	0.612	0.866	-0.992	-0.701
X_2	37568247.86	192923092.41	0.417	0.590	-0.281	-0.198
X_1	24088929.43	358341494.07	0.515	0.729	-1.163	-0.822
Y	210195292.41	993942701.29	0.459	0.649	-1.178	-0.833
Multivariate					0.595	0.081

Sumber: Hasil pengolahan data AMOS v20

Berdasarkan uji signifikansi koefisien regresi dengan kriteria nilai *t-value* dan nilai *P-value* sebagai kriteria kesesuaian model persamaan regresi. Hasil uji signifikansi data ditampilkan pada Tabel. 8 dan terlihat bahwa variabel X_3 tidak memenuhi dengan nilai *P-value* = 0,203 > 0,05 (P3MFKM-UI, 2002) sehingga varabel X_3 dieliminasi dari model regresi dan dilakukan analisis kembali.

Tabel 8. Tabel *Regression Weights*

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Y □X_1	1.319	0.54	24.561	***	par_1
Y □X_2	1.242	0.113	11.036	***	par_2
Y□ X_3	0.276	0.216	1.274	0.203	par_3
Y□ X_4	3.245	0.335	9.694	***	par_4
Y□ X_5	0.530	0.189	2.806	0.005	par_5

Y□ X_6	1.889	0.265	7.129	***	par_6
Y□ X_7	-2.346	0.664	-3.533	***	par_7

Sumber: Hasil pengolahan data AMOS v20

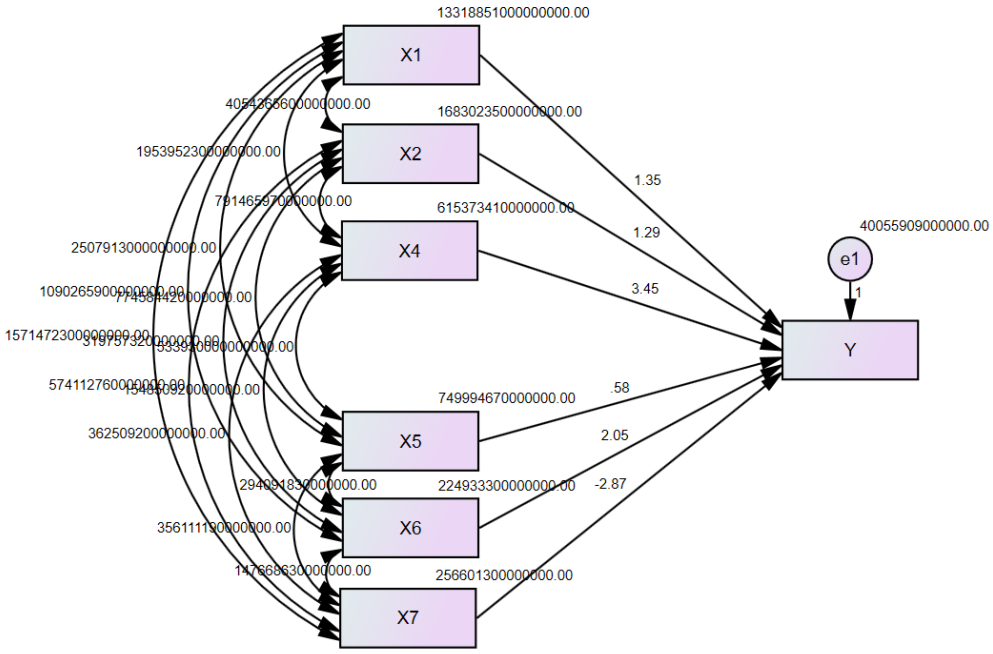
Variabel X_3 dieliminasi karena dari hasil uji koefisian tidak signifikan sehingga dilakukan analisis kembali pada 6 variabel bebas untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel biaya total.

Tabel 9. Variabel Penelitian (6 variabel) *(Biaya dalam ribuan rupiah)*

Proyek	Y	X_1	X_2	X_4	X_5	X_6	X_7
P1	243681.13	38656.61	63519.83	16707.23	18334.89	11971.68	6404.61
P2	299018.16	44083.23	83139.93	27736.99	5385.18	39133.67	24720.40
P3	872741.52	342963.84	121604.56	48587.62	73971.35	59539.66	37313.62
P4	891266.81	280511.57	138027.32	92650.57	103410.21	48717.48	57611.95
P5	638937.23	155439.68	139432.48	58107.48	60220.70	44984.19	36583.89
P6	993942.70	358341.49	192923.09	89848.70	59128.09	27922.15	59079.74
P7	623826.36	235228.69	129385.33	46031.85	30541.12	23915.58	35675.12
P8	408494.73	111744.89	102693.97	26020.80	28450.25	24356.82	13959.00
P9	261965.02	80481.23	59404.38	15762.36	18291.52	13476.46	13704.70
P10	505683.84	168068.71	95100.80	35170.90	42930.61	38404.83	31272.63
P11	210195.29	24088.93	37568.25	33161.30	15295.47	14748.34	15437.26
P12	403254.65	52657.67	84903.35	64587.32	31387.41	16046.80	25346.20

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

Selanjutnya variabel bebas dan variabel terikat dimodelkan dengan metode *path analysis* dengan menggunakan aplikasi AMOS versi 20. Desain *path analysis* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Model penelitian *path analysis* 6 variabel independen
Sumber: Pengolahan data AMOS v20

Berdasarkan pengolahan data metode *path analysis* 6 variabel independen, uji signifikansi koefisien regresi dengan kriteria nilai t-*value* dan nilai P-*value* sebagai kriteria kesesuaian model regresi. Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa niai P-*value* dari semua variabel < 0,05 sehingga 6 variabel bebas memberi pengaruh signifikan terhadap biaya. Dengan demikian diperoleh persamaan regresi $y=1{,}354X_1 + 1{,}287X_2 + 3{,}454X_4 + 0{,}582X_5 + 2{,}055X_6 – 2{,}868X_7$

Tabel 10. Tabel *Regression Weights*

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Y □X_1	1.354	0.049	27.399	***	par_1
Y□ X_2	1.287	0.115	11.229	***	par_2
Y□ X_4	3.454	0.312	11.056	***	par_3
Y□ X_5	0.582	0.198	2.947	0.003	par_4
Y □X_6	2.055	0.247	8.311	***	par_5
Y □X_7	-2.868	0.560	-5.120	***	par_6

Sumber: Hasil pengolahan data AMOS v20

4.4 Cost Model Factor

Cost model factor (CMF) adalah suatu faktor koreksi untuk dapat menghasilkan model estimasi biaya yang lebih akurat. *CMF* diperoleh dengan menghitung rasio antara estimasi biaya total pekerjaan rumah tinggal menggunakan model regresi dengan total biaya pekerjaan awal. Estimasi biaya total rumah tinggal dihitung menggunakan persamaan model regresi terpilih yaitu $y=1.354X_1 + 1.287X_2 + 3.454X_4 + 0.582X_5 + 2.055X_6 – 2.868X_7$. Nilai estimasi biaya total pekerjaan dengan model regresi pada setiap proyek rumah tinggal disajikan pada Tabel 11. Biaya total pekerjaan diperoleh dari RAB data historis pada setiap paket proyek. Perhitungan *CMF* ditampilkan pada Tabel 11 tersebut. Nilai *CMF* setiap proyek rumah tinggal disajikan pada kolom 5 dimana nilai *CMF* rata-rata adalah 0,936.

Tabel 11. *Cost Model Factor (CMF) (Biaya dalam ribuan rupiah)*

Proyek	**X_1 (Rp)**	**X_2 (Rp)**	**X_4 (Rp)**	**X_5 (Rp)**	**X_6 (Rp)**	**X_7 (Rp)**	**Estimasi Biaya Model terpilih (Y') (Rp)**	**Biaya Total Pekerjaan (Y) (Rp)**	**CMF**
(1)			*(2)*				(3)	*(4)*	*(5)= (3):(4)*
P1	38656.61	63519.83	16707.23	18334.89	11971.68	6404.61	208702.11	243681.13	0.856
P2	44083.23	83139.93	27736.99	5385.18	39133.67	24720.40	275149.09	299018.16	0.920
P3	342963.84	121604.56	48587.62	73971.35	59539.66	37313.62	847089.61	872741.52	0.971
P4	280511.57	138027.32	92650.57	103410.21	48717.48	57611.95	872537.01	891266.81	0.979
P5	155439.68	139432.48	58107.48	60220.70	44984.19	36583.89	613186.51	638937.23	0.960
P6	358341.49	192923.09	89848.70	59128.09	27922.15	59079.74	966175.71	993942.70	0.972
P7	235228.69	129385.33	46031.85	30541.12	23915.58	35675.12	608617.78	623826.36	0.976
P8	111744.89	102693.97	26020.80	28450.25	24356.82	13959.00	399922.45	408494.73	0.979
P9	80481.23	59404.38	15762.36	18291.52	13476.46	13704.70	238902.91	261965.02	0.912
P10	168068.71	95100.80	35170.90	42930.61	38404.83	31272.63	485657.67	505683.84	0.960
P11	24088.93	37568.25	33161.30	15295.47	14748.34	15437.26	190441.63	210195.29	0.906
P12	52657.67	84903.35	64587.32	31387.41	16046.80	25346.20	382204.47	403254.65	0.948
							A (Nilai terendah)		0.856
							B (Nilai Rerata)		0.945
							C (Nilai tertinggi)		0.979
							Rata-rata (3-Point Estimate)	(A+4B+C)/6	**0.936**

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

Cost model factor dihitung berdasarkan nilai rata-rata dengan menggunakan rumus *3-point estimate*. Rumus *3-point estimate* disajikan sebagai berikut: (Peurifoy dan Oberlender, 2002).

$$UC = \frac{A+4B+C}{6} \quad \text{.....(Pers.3)}$$

dimana: UC = *Unit Cost* / nilai CMF
A = *Minimum unit cost* / nilai CMF terendah
B = *Average unit cost* / nilai CMF rata-rata
C = *Maximum unit cost* / nilai CMF tertinggi

Tabel 12. Estimasi biaya dan tingkat akurasi *Cost Significant Model (Biaya dalam ribuan rupiah)*

Proyek	X_1 (Rp)	X_2 (Rp)	X_4 (Rp)	X_5 (Rp)	X_6 (Rp)	X_7 (Rp)	Estimasi Biaya Model terpilih(Y') (Rp)	Biaya Total Pekerjaan (Y) (Rp)	Estimasi Cost Sig Model CMF=0.936	Akurasi
(1)	(2)						(3)	(4)	(5)=(3):(CMF)	(6)
P1	38656.61	63519.83	16707.23	18334.89	11971.68	6404.61	208702.11	243681.13	223009.17	-8.48%
P2	44083.23	83139.93	27736.99	5385.18	39133.67	24720.40	275149.09	299018.16	294011.27	-1.67%
P3	342963.84	121604.56	48587.62	73971.35	59539.66	37313.62	847089.61	872741.52	905159.77	3.71%
P4	280511.57	138027.32	92650.57	103410.21	48717.48	57611.95	872537.01	891266.81	932351.65	4.61%
P5	155439.68	139432.48	58107.48	60220.70	44984.19	36583.89	613186.51	638937.23	655222.02	2.55%
P6	358341.49	192923.09	89848.70	59128.09	27922.15	59079.74	966175.71	993942.70	1032409.53	3.87%
P7	235228.69	129385.33	46031.85	30541.12	23915.58	35675.12	608617.78	623826.36	650340.09	4.25%
P8	111744.89	102693.97	26020.80	28450.25	24356.82	13959.00	399922.45	408494.73	427338.16	4.61%
P9	80481.23	59404.38	15762.36	18291.52	13476.46	13704.70	238902.91	261965.02	255280.32	-2.55%
P10	168068.71	95100.80	35170.90	42930.61	38404.83	31272.63	485657.67	505683.84	518950.75	2.62%
P11	24088.93	37568.25	33161.30	15295.47	14748.34	15437.26	190441.63	210195.29	203496.89	-3.19%
P12	52657.67	84903.35	64587.32	31387.41	16046.80	25346.20	382204.47	403254.65	408405.57	1.28%

Sumber: Hasil pengolahan data, 2023

Tingkat akurasi model dihitung dengan persamaan:

Akurasi = $\left(\frac{Ev-Av}{Av}\right) x100\%$ ……..(Pers.4) (Astana, 2017)

Dimana:

Ev = harga prediksi (*Estimated bill value*) Av = harga sebenarnya (*Actual bill value*)

Hasil estimasi *Cost Significant Model* (CSM) dihitung dengan membagi estimasi biaya total pekerjaan menggunakan model regresi terpilih dengan nilai *CMF* yang diperoleh dari hasil perhitungan pada Tabel 11. Selanjutnya, tingkat akurasi CSM dihitung dengan membandingkan selisih biaya CSM dengan dengan biaya total pekerjaan dibagi dengan biaya total pekerjaan tersebut, hasilnya dalam persentase. Jika nilai akurasi semakin mendekati nol, artinya model biaya semakin akurat. Hasil estimasi berdasarkan CSM dan tingkat akurasi dari model estimasi ditampilkan pada Tabel 12. Terdapat selisih terbesar antara estimasi CSM dengan biaya total pekerjaan sebesar -8,48%, artinya nilai estimasi CSM mempunyai nilai yang lebih rendah dari biaya total pekerjaan, dengan selisih terhadap biaya total sebesar 8,48%, dan selisih terendah adalah 1,28%, artinya nilai estimasi CSM mempunyai nilai yang lebih tinggi dari biaya total pekerjaan, dengan selisih biaya sebesar 1,28% terhadap biaya total. Berdasarkan Tabel 12 juga dapat dilihat bahwa selisih perhitungan dengan CSM relatif kecil sehingga dapat dikatakan bahwa estimasi yang dihasilkan cukup akurat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa model persamaan biaya $y=1{,}354X_1 + 1{,}287X_2 + 3{,}454X_4 + 0{,}582X_5 + 2{,}055X_6 – 2{,}868X_7$ dengan nilai *cost model factor* (CMF)= 0,936. Model estimasi ini dapat digunakan untuk perhitungan biaya pada bangunan rumah tinggal dengan komponen biaya pekerjaan struktur (X_1), biaya pekerjaan pasangan dan plesteran (X_2), biaya pekerjaan atap (X_4), biaya pekerjaan penutup lantai dan dinding (X_5), biaya pekerjaan pengecatan (X_6), biaya pekerjaan plafond (X_7). Nilai akurasi model estimasi biaya antara -8,48% sampai 4,61%, berdasarkan klasifikasi AACE *International*, model biaya yang diperoleh termasuk dalam kategori estimasi kelas 1 dan dapat digunakan untuk *check estimate or bit/tender* dalam semi detail estimasi biaya rumah tinggal (Tabel 1). Manfaat praktis dari penelitian ini yaitu model persamaan biaya yang diperoleh dapat digunakan untuk

menghitung kebutuhan biaya pembangunan rumah tinggal dengan terlebih dahulu menghitung kuantitas pekerjaan struktur dalam satuan m^3, kuantitas pekerjaan pasangan dan plesteran dalam satuan m^2, kuantitas pekerjaan atap dalam satuan m^2, kuantitas pekerjaan penutup lantai dan dinding dalam satuan m^2, kuantitas pekerjaan pengecatan dalam satuan m^2, kuantitas pekerjaan plafond dalam satuan m^2 dari rencana bangunan yang ada dan dikalikan dengan harga satuan dari item-item pekerjaan tersebut, total biaya yang diperoleh dibagi dengan nilai CMF = 0,936 sehingga dapat diperoleh total estimasi biaya pembangunan rumah tinggal tanpa harus menghitung kuantitas pekerjaan secara keseluruhan yang membutuhkan waktu lebih lama.

Untuk penelitian lanjutan disarankan agar data historis bangunan rumah tinggal dapat diklasifikasikan dengan lebih memperhatikan spesifikasi bangunan rumah tinggal yang ditinjau (rumah sederhana, menengah, mewah) untuk memastikan homogenitas data historis yang akan mempengaruhi akurasi model estimasi yang dihasilkan serta sesuai dengan tujuan penggunaannya, juga dapat diupayakan lebih banyak jumlah data bangunan historis sebagai sampel penelitian agar akurasi model estimasi semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

Ahadian, E, R. Nagu, N. Manuputty, T. (2018). Model Estimasi Biaya Konstruksi Gedung Perkantoran di Kota Ternate Dengan Metode Cost Significant Model. *Jurnal Sipilsains*. ISSN (P): 2088-2076.

Asiyanto. (2010). Construction Project Cost Management. Pradnya Paramita. Jakarta.

Astana, I. N. Y. (2017). Estimasi Biaya Konstruksi Gedung dengan Cost Significant Model. Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret Volume 1 Nomor 1. Surakarta. 1 September 2017. ISSN: 2579-7999.

Badan Pusat Statistik. (2022). Indeks Kemahalan Konstruksi Kabupaten/Kota Tahun 2022. Katalog BPS.

Desyllia. Chendra, F. Chandra, H, P. (2014). Model Faktor-Faktor Penyebab dan Dampak Keterlambatan Proyek Konstruksi di Surabaya. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 1. 2014. eISSN 2598-2397

Handayani, T. Sudiana. (2015). Analisis Penerapan Model UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) Terhadap Perilaku Pengguna Sistem Informasi (Studi Kasus: Sistem Informasi Akademik Pada Sttnas Yogyakarta). Jurnal Ilmiah Angkasa Vol. 7, No. 2. 2015 ISSN 2085-9503 (Print); ISSN 2581-1355 (Online).

Ilallah, A. Waskito, J. (2020). Penerapan Metode Cost Significant Model Pada Estimasi Biaya Pembangunan Kantor Pelayanan Masyarakat di Kota Surabaya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, Vol. 8, No. 2. Agustus 2020, ISSN 2337-6317 (Print); ISSN 2615-0824 (Online).

Khamistan. (2018). Analisis Estimasi Biaya Dengan Metode Cost Significant Model Sebagai Dasar Perhitungan Konstruksi Jembatan Beton Bertulang Di Kabupaten Aceh Tamiang. *Teras Jurnal*. Vol. 8, No. 2. September 2018. P-ISSN 2088-0561; E-ISSN 2502-1680

Maddeppungeng, A. Suriani, I. Amarilis, O. K. (2018). Pengaruh Rantai Pasok Terhadap Kinerja Kontraktor di Provinsi Banten dan DKI Jakarta. *Jurnal Konstruksia*, Vol. 9, No. 2. Juli 2018.

Muthoharoh. A, Luthfianto. S, Mirajhusnita. I. (2021). Model Estimasi Biaya Dengan Metode Cost Significant Model Pada Pembangunan Rumah di Kabupaten Tegal. *Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun,* Vol. 07 No.1. Sorong.

Peurifoy, R. L., Oberlender, G. D. (2002). Estimating Construction Costs Fifth Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.

Pontan. D, Yulianisa. I. (2019). Model Estimasi Biaya Renovasi Pekerjaan Rumah Tinggal Dengan Menggunakan Cost Significant Models. *Prosiding Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019*. ISSN (P): 2615-2584.

Priyatno, D. (2022). Olah Data SEM dengan Program AMOS (Analysis of Moment Structure). Andi. Yogyakarta.

Pujawan, I. N. (2019). Ekonomi Teknik. Lautan Pustaka. Yogyakarta.

Pusat Pendidikan dan Pelayanan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat (P3MFKM) Universitas Indonesia. Modul Pelatihan SEM with AMOS. Jakarta. Juni 2002.

Rizal. A, Fajri. M, Yuniar. L S. (2020). Estimasi Biaya Konstruksi Pada Perumahan Tipe 45 di Sulawesi Tengah Menggunakan Regresi Kuadratik. *Jurnal Rekonstruksi Tadulako,* Volume 1 Issue 2. Palu. 2 September 2020 pISSN: 2723-3472.

Roring, H. Sompie. B, Mandagi. R. (2014). Model Estimasi Biaya Konseptual Konstruksi Bangunan Gedung dengan Metode Parametrik. *Jurnal Ilmiah Media Engineering,* Vol.4 No.2. September 2014. ISSN: 2087-9334.

Roring, H. (2019). Estimasi Biaya Konstruksi Dermaga Dengan Metode Cost Significant Model. *Jurnal Realtech*, Vol.15 No.1. April 2019. ISSN: 1907-0837.

Tangkau. P. S, Sumajow. M. D. J, Malingkas. G. Y. (2022). Estimasi Biaya Konstruksi Bangunan Gedung di Manado dengan Cost Significant Model. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol.12 No.1. Manado. Maret 2022. ISSN: 2087-9334