

ESTIMASI BIAYA KONSTRUKSI DERMAGA DENGAN METODE *COST SIGNIFICANT MODEL*

Hence Sandi David Roring
Program Studi Teknik Sipil; Fakultas Teknik
Universitas Katolik De La Salle Manado; Kombos Kairagi I Manado
e-mail: hroring@unikadelasalle.ac.id

Abstrak— Di dalam pembangunan dermaga, estimasi biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek konstruksi, di mana dalam pelaksanaan praktik konstruksi dibutuhkan beberapa macam estimasi yang berbeda di dasarkan dari tujuan penggunaan dan peruntukannya. Tahap awal perencanaan proyek pembangunan dermaga dan pada saat penyusunan anggaran proyek, jelas 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 prediksi total biaya pekerjaan. Tujuan penelitian ini adalah membuat model estimasi biaya konstruksi dermaga dengan metode *cost significant model* dan mengetahui tingkat akurasi model yang dihasilkan. Metode *cost significant model* merupakan metode pemodelan biaya konstruksi berdasarkan data historis, yang lebih mengandalkan pada harga yang paling signifikan di dalam mempengaruhi biaya total proyek sebagai dasar estimasi, yang diterjemahkan ke dalam perumusan regresi berganda. Data historis diambil dari paket pekerjaan pembangunan dermaga di provinsi Sulawesi Utara tahun 2012, 2013, 2014 dan 2017. Hasil analisis didapatkan bahwa komponen biaya pekerjaan tiang pancang (X_2) merupakan komponen biaya yang signifikan mempengaruhi estimasi biaya konstruksi dermaga. Model regresi yang diperoleh yaitu $Y = 1.262 X_2 + 3919717.4$, dengan nilai CMF rata-rata = 0,792. Nilai akurasi model antara -19,66% sampai 17,54%, berdasarkan klasifikasi AACE *International*, model merupakan kategori estimasi kelas 3 yang dapat digunakan untuk *budget, authorization or control* dalam semi detail estimasi.

Kata Kunci— *cost significant model, budget, authorization or control*

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu pelaksanaan proyek konstruksi selalu melibatkan berbagai sumber daya untuk mencapai suatu tujuan, pencapaian tujuan tersebut didasarkan pada kinerja proyek. Kinerja suatu proyek dapat diukur dari indikator kinerja biaya, mutu, waktu serta keselamatan kerja dengan merencanakan secara cermat, teliti, dan terpadu seluruh alokasi sumberdaya manusia, peralatan, material serta biaya sesuai dengan kebutuhan. Untuk mencapai hasil optimal, standar kinerja proyek selama proses berlangsung harus ditetapkan seakurat mungkin untuk meminimalkan penyimpangan [3]. Karena itu, sebelum memulai suatu proyek konstruksi, selalu diawali dengan estimasi biaya, estimasi waktu pelaksanaan, penentuan mutu yang ingin dicapai, dan perencanaan keselamatan kerja. Di dalam pelaksanaan suatu proyek, jika terjadi keterlambatan waktu, ketidaksesuaian dengan mutu, pengabaian terhadap

keselamatan dan kesehatan kerja (K3) akan berdampak pada keberadaan biaya proyek tersebut, dengan kata lain waktu, mutu, dan keselamatan kerja berpengaruh langsung terhadap biaya suatu proyek.

Estimasi biaya dibagi menjadi dua tipe, tergantung pada tujuan estimasi dan seberapa banyak informasi yang tersedia pada saat estimasi itu dilakukan, tipe-tipe tersebut yaitu : estimasi konseptual dan estimasi detail [7]. Estimasi biaya konseptual adalah estimasi biaya berdasarkan konsep atau gambaran secara umum terhadap bangunan yang akan dibangun. Tahap ini informasi tentang proyek masih sangat terbatas sehingga tingkat akurasi lebih kecil daripada estimasi detail. Keakuratan dari estimasi konseptual tergantung dari jumlah informasi yang tersedia saat itu. Meski demikian, estimasi biaya konseptual sangat penting bagi *owner* sebagai pertimbangan sebelum pengembangan proyek dilaksanakan. Estimasi biaya detail adalah estimasi biaya berdasarkan perhitungan secara detail terhadap kuantitas dan biaya satuan tiap komponen bangunan sehingga diperoleh biaya total yang lebih akurat. Tahap ini *construction drawing* sudah ada, sehingga *cost estimate* dapat dihitung secara detail dengan mempertimbangkan beberapa hal, antara lain : metode konstruksi yang spesifik, *preliminary work* yang akan dilakukan, kondisi lokasi proyek, penggunaan sumberdaya, waktu pelaksanaan dan cara pembayaran [1]. Beberapa teknik yang telah dikembangkan untuk digunakan dalam estimasi biaya konseptual proyek konstruksi, antara lain : metode parametrik (*parametric estimating*), metode *artificial neural network*, metode *case based reasoning*, metode *feature based costing* [8]. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *cost significant model* dengan prinsip estimasi parametrik pada konstruksi dermaga.

Di dalam pembangunan dermaga, estimasi biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek konstruksi, di mana dalam pelaksanaan praktik konstruksi dibutuhkan beberapa macam estimasi yang berbeda di dasarkan dari tujuan penggunaan dan peruntukannya. Tahap awal perencanaan proyek pembangunan dermaga, seperti pada saat penyusunan anggaran proyek, jelas estimasi tidak mungkin didasarkan pada perhitungan kuantitas (volume) pekerjaan karena uraian dan spesifikasi pekerjaan belum tersusun. Hal yang penting dalam membuat model estimasi biaya pada tahap awal perencanaan proyek adalah harus mudah dalam penggunaannya, akurat dan menghasilkan estimasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Maka dengan metode *cost significant model* yang akan dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan memberi jawaban tuntutan

akan tersedianya estimasi biaya awal proyek pembangunan dermaga.

Metode *cost significant model* merupakan metode pemodelan biaya konstruksi berdasarkan data historis proyek, yang lebih mengandalkan pada harga yang paling signifikan di dalam mempengaruhi biaya total proyek sebagai dasar estimasi, yang diterjemahkan ke dalam perumusan regresi berganda. Prinsip *cost significant* dapat digunakan untuk mengembangkan model yang mendekati ideal dengan lebih teliti, *cost significant model* adalah salah satu model estimasi biaya total sebuah proyek berdasarkan data biaya yang lalu dengan lebih mengandalkan pada harga paling signifikan dalam mempengaruhi biaya total proyek sebagai dasar estimasi yang diterjemahkan ke dalam perumusan regresi linier berganda.

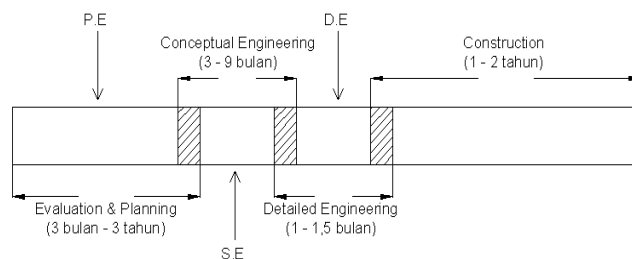
II. TINJAUAN PUSTAKA

Perkiraan biaya atau estimasi biaya adalah seni memperkirakan (*the art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada waktu itu [11]. Di dalam prosesnya, tiap-tiap kategori estimasi harus secara hati-hati dipersiapkan dari tingkat estimasi konseptual sampai pada estimasi detail untuk memperoleh keakuratan estimasi biaya konstruksi. Keakuratan estimasi biaya konstruksi seharusnya meningkat sesuai dengan perubahan proyek, dari perencanaan, desain hingga estimasi akhir pada saat penyelesaian proyek. Hal ini bisa diprediksi dari estimasi konseptual yang akan membentuk batasan, dengan tingkat keakuratannya relatif luas terhadap nilai kontrak proyek konstruksi, karena tidak semua gambaran desain dan detail disebutkan selama perencanaan awal [5].

AACE (*American Association of Cost Engineer*) mendefinisikan *cost engineering* sebagai suatu bidang *engineering* yang meliputi penerapan prinsip-prinsip ilmiah dan teknik dengan menggunakan pengalaman dan pertimbangan-pertimbangan *engineering* dalam masalah-masalah estimasi biaya, pengendalian biaya, dan ekonomi teknik. *cost engineering* terbagi menjadi dua bagian besar, yaitu : Estimasi Biaya (*cost estimating*) dan Pengendalian Biaya (*cost control*) [1]. Peran estimasi biaya sangat penting didalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek konstruksi.

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek sangat bervariasi, bergantung pada besar kecilnya proyek atau tingkat kesulitannya. Suatu proyek selalu memiliki empat tahapan (*phase*), yaitu : (a) Tahapan *evaluation and planning*, (b) Tahapan *conceptual engineering*, (c) Tahapan *detailed engineering*, (d) Tahapan *construction*. Di dalam tahapan suatu proyek, ada tiga macam *cost estimate* proyek yang diperlukan, yaitu : *preliminary estimate* (PE), *semi detailed estimate* (SE), dan *definitive estimate* (DE) [1]. Tahapan-tahapan proyek besar dapat dilihat pada Gambar 1. Rujukan [7] menjelaskan estimasi biaya dapat dibagi menjadi dua bagian, tergantung tujuan penggunaannya dan seberapa banyak informasi yang tersedia

ketika estimasi dilakukan yaitu : estimasi biaya konseptual dan estimasi biaya detail (*definitive estimates*). Ada dua hal yang dilakukan dalam estimasi biaya, yaitu menentukan perkiraan biaya *real* yang dibutuhkan dan menentukan perkiraan waktu *real* untuk menyelesaikan suatu proyek. Estimasi biaya proyek dipersiapkan sebelum proyek dikerjakan, karena itu estimasi tersebut merupakan suatu perkiraan terbaik dari biaya yang diperlukan dalam proyek. Biaya proyek sesungguhnya baru akan diketahui di saat proyek telah selesai dikerjakan sehingga semua biaya yang terpakai dapat dicatat.



Gambar 1. Tahapan estimasi [1]

1. Estimasi Biaya Tahap Konseptual

Estimasi biaya tahap konseptual dapat 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 : a) Bersifat tidak pasti; b)Krusial; c) Sumbernya terbatas. Kualitas estimasi biaya tahap konseptual bergantung pada aspek-aspek seperti : (a) Kualitas lingkup proyek, (b) Kualitas informasi, (c) Tingkat ketidakpastian, (d) Performa estimator, (e) Proses estimasi. AACE mengklasifikasikan estimasi biaya berdasarkan tingkat akurasinya kedalam 5 kelas pada Tabel.1 berikut ini : [7].

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 : Rujukan [7]

2. Estimasi Biaya Detail (*Definitive Estimate*)

Definitive estimate berada pada tahap *detailed engineering*, di mana semua informasi yang diperlukan untuk pelaksanaan sudah lengkap, sehingga estimasi ini merupakan estimasi yang paling akurat dan prosesnya memerlukan persiapan yang matang. Jenis estimasi yang lebih awal mungkin dapat diselesaikan oleh satu orang *estimator* dalam waktu yang lebih singkat. Tetapi dalam melakukan *definitive estimate*, memerlukan waktu yang lebih lama, bisa memakan waktu mingguan atau bahkan bulanan [1].

Berdasarkan penelitian rujukan [4] menggunakan metode *cost significant model* pada estimasi biaya konstruksi jalan beton menyimpulkan bahwa variabel biaya pekerjaan beton dan biaya pekerjaan pembesian menyusun 86,55 % dari biaya total pekerjaan dimana sisanya ditentukan oleh 6 variabel tinjauan yang lain. Dengan demikian variabel biaya pekerjaan beton dan variabel biaya pekerjaan pembesian disimpulkan sebagai *cost significant items* yang digunakan dalam analisis estimasi biaya.

Menurut Poh dan Horner di dalam [4], untuk melakukan estimasi biaya suatu pekerjaan dapat dilakukan dengan mengandalkan pada penemuan yang terdokumentasi dengan baik bahwa 80% dari nilai total biaya proyek terdapat 20% item-item pekerjaan yang paling mahal. Item-item *cost significant* ini dapat meyajikan proporsi yang tepat dari total biaya anggaran yang biasanya mendekati 80%. Nilai total dari proyek biasanya dapat diperhitungkan dengan mengalikan total harga dari paket *cost significant* dengan faktor yang tepat, yaitu mendekati 1,25. Nilai ini bervariasi tergantung kategori dan analisis data historis. Akurasi model dapat ditingkatkan atau diturunkan dengan memperbaiki model dan kecukupan data historis yang tersedia.

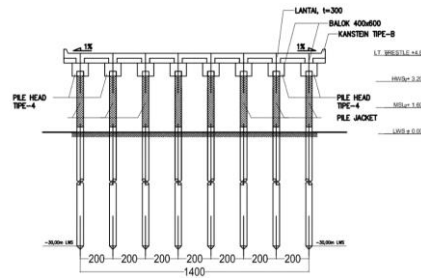
III. METODE PENELITIAN

Data historis diambil dari paket pekerjaan pembangunan dermaga di provinsi Sulawesi Utara tahun 2012, 2013, 2014 dan 2017 yang diperoleh dari perusahaan PT.X. Kelompok item biaya pekerjaan yang menjadi variabel bebas yaitu biaya pekerjaan persiapan (X_1), biaya pekerjaan tiang pancang (X_2), biaya pekerjaan beton bertulang (X_3), biaya pekerjaan perlengkapan dermaga (X_4). Variabel terikat yaitu biaya total pekerjaan pembangunan dermaga (Y). Teknik analisis data yang digunakan adalah menggunakan analisis statistik deskriptif dan parametrik. Analisis statistik deskriptif dari variabel-variabel penelitian. Analisis statistik deskriptif ini bersifat mendukung analisis selanjutnya. Analisis statistik parametrik mencakup analisis regresi berganda yang dipergunakan untuk mengetahui model estimasi biaya proyek. Teknik analisis data pada penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut: perhitungan pengaruh *time value* dengan menggunakan indeks harga tahun patokan 2018, menentukan *cost significant* item, uji persyaratan untuk analisis statistik dan pengujian model yang dihasilkan. Perhitungan *time value* dilakukan dengan dasar pemikiran bahwa sejumlah uang tertentu pada masa sekarang, akan berkembang dengan jumlah yang lebih besar pada masa mendatang [5].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh disesuaikan menjadi biaya per m² dermaga untuk keseragaman data dimana setiap dermaga dihitung luasan lantai dari gambar (*shop drawing*) yang ada. Biaya total pekerjaan (Y) dan komponen biaya pekerjaan variabel bebas (X_1 , X_2 , X_3 dan X_4) dibagi luasan dermaga

untuk tiap paket pekerjaan. Gambar 2 menunjukkan potongan melintang konstruksi dermaga. Hasil perhitungan normalisasi biaya dengan IHPB disajikan pada tabel 2, biaya pekerjaan per satuan luas pekerjaan pada tabel 3 dan proporsi biaya pada masing-masing pekerjaan disajikan pada tabel 4.



Gambar 2. Penampang melintang konstruksi dermaga

Data proyek dari tahun yang berbeda dinormalisasi dengan menggunakan indeks harga perdagangan besar bahan bangunan/konstruksi dengan tahun patokan 2018 [2].

Tabel 2.
Normalisasi harga dengan IHPB tahun patokan 2018

Data	Data Pekerjaan / Tahun	IHPB Konstruksi		Biaya Total Pekerjaan	
		Is (2018)	Io	Y	Y (Normalisasi)
1	Proyek 1 / 2013	404	378	10,008,773,021.79	10,697,207,144.99
2	Proyek 2 / 2013	404	378	63,566,299,817.36	67,938,584,989.98
3	Proyek 3 / 2014	404	390	51,627,043,872.60	53,480,322,370.59
4	Proyek 4 / 2013	404	378	4,444,448,286.82	4,750,151,079.04
5	Proyek 5 / 2012	404	367	13,296,038,871.80	14,636,511,455.60
6	Proyek 6 / 2013	404	378	13,320,000,487.88	14,236,190,997.63
7	Proyek 7 / 2013	404	378	3,468,269,363.06	3,706,827,573.22
8	Proyek 8 / 2017	404	400	3,528,807,273.97	3,564,095,346.71
9	Proyek 9 / 2013	404	378	7,111,112,040.95	7,600,236,149.58
10	Proyek 10 / 2017	404	400	17,236,854,736.16	17,409,223,283.52

Keterangan : Is = Indeks patokan tahun 2018
Io = Indeks tahun pengerjaan proyek

Sumber : Hasil pengolahan data

Tabel 3.
Biaya pekerjaan per satuan luas pekerjaan

Data Pekerjaan	Komponen Biaya Pekerjaan (Harga/m ²)				
	Biaya Total Pekerjaan (Rp/m ²)	Pek. Persiapan (Rp/m ²)	Pek. Tiang Pancang (Rp/m ²)	Pek. Beton Bertulang (Rp/m ²)	Pek. Perlengkapan Dermaga (Rp/m ²)
	(Y)	(X1)	(X2)	(X3)	(X4)
Proyek 1	13736381.57	296776.53	7146359.79	917430.13	5375815.12
Proyek 2	26020139.79	88515.79	16037198.04	7030766.29	2863659.67
Proyek 3	23328384.89	347681.97	15278000.12	7007130.61	695572.19
Proyek 4	22837264.80	1889074.73	12949310.04	5880051.60	2118828.43
Proyek 5	15246366.10	484960.35	11242533.69	3495634.49	23237.57
Proyek 6	14236191.00	345986.46	9759224.25	3935707.48	195272.81
Proyek 7	11032224.92	1500163.57	3988478.33	3877180.71	1666402.32
Proyek 8	10607426.63	1243700.00	5338296.36	1996854.50	2028575.77
Proyek 9	13571850.27	597724.95	9552873.33	3229809.64	191442.35
Proyek 10	24179476.78	1374722.46	16622567.09	3622906.34	2559280.90
Rata-rata	17479570.67	816930.68	10791484.10	4099347.18	1771808.71
Proporsi	100.00	4.67	61.74	23.45	10.14

Sumber : Hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil perhitungan proporsi biaya, urutan proporsi biaya tiap pekerjaan dari nilai terbesar hingga terkecil dan akumulasi proporsi dilakukan untuk mengetahui komponen biaya pekerjaan yang paling signifikan. Tabel proporsi komponen biaya disajikan pada tabel 4. Variabel X_2 dan X_3 menyusun 85,19% dari biaya total pekerjaan, sehingga disimpulkan variabel X_2 dan X_3 merupakan *cost significant* item.

Tabel 4.
Proporsi komponen biaya

Urutan Proporsi (%)	Akumulasi Proporsi (%)	Variabel Penyusun Akumulasi Proporsi
61.74	61.74	X2
23.45	85.19	X2,X3
10.14	95.33	X2,X3,X4
4.67	100.00	X2,X3,X4,X1

Sumber : Hasil pengolahan data

Berdasarkan ketentuan statistik parametrik dilakukan uji normalitas data, uji multikolinearitas data, analisis korelasi, analisis varian dan uji t, sebagai persyaratan untuk membuat model regresi [9]. Hasil uji normalitas data disajikan pada tabel 5. Pada derajat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), variabel Y, X₂, dan X₃ terdistribusi normal dengan nilai Asymp.Sig (2-tailed) > 0,05. Model regresi dirumuskan berdasarkan metode backward elimination dengan Y sebagai variabel terikat dan X₂ dan X₃ sebagai variabel bebas. Koefisien model regresi yang dihasilkan dan hasil uji multikolinearitas disajikan pada tabel 6. Berdasarkan analisis regresi didapatkan 2 model regresi yaitu $Y = 1.068 X_2 + 0.624 X_3 + 3451410.35$ sebagai model 1 dan $Y = 1.262 X_2 + 3919717.4$ sebagai model 2. Nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk semua variabel bebas dalam Model 1 dan Model 2 lebih kecil dari 5. Sehingga, disimpulkan tidak ada masalah multikolinearitas baik pada Model 1 dan Model 2. Selanjutnya dilakukan analisis korelasi dan determinasi, analisis varian dan uji t untuk menentukan model terbaik. Hasil analisis korelasi dan determinasi disajikan pada tabel 7.

Tabel 5.
Hasil uji normalitas

One-sample Kolmogorov-Smirnov Test (a)					
		Pek. Persiapan (X ₁)	Pek. Tiang pancang (X ₂)	Pek. Beton bertulang (X ₃)	Pek. Perlengkapan dermaga (X ₄)
N		10	10	10	10
Normal parameters (a,b)	Mean	814990.84	10746513.97	4085364.641	1771715.763
Most extreme differences	Std.Deviation	625758.9777	4449577.425	2010376.508	1639804.745
	Absolute	.236	.146	.230	.153
	Positive	.236	.096	.230	.153
	Negative	-.153	-.146	-.135	-.143
Test statistic		.236	.146	.230	.153
Asymp.Sig.(2-tailed)		.122	.200	.144	.200

a. Test distribution is Normal
b. Calculate from data

Sumber: Output SPSS 23.0

Tabel 6.
Hasil uji multikolinearitas

Coefficients (a)								
Model		Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	Collinearity statistics			
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	3451410.359	1603172.916		2.153	.068		
	Pek.Tiang pancang	1.068	.187	.804	5.698	.001	.528	1.893
	Pek.Beton bertulang	.624	.415	.212	1.505	.176	.528	1.893

a. Dependent variable : Biaya total

Sumber: Output SPSS 23.0

Model summary (c)			
Model	R	R square	Adjusted R square
1	.962 (a)	.962	.905
2	.950 (b)	.903	.890

a. Predictors : (Constant), Biaya Pek. Tiang pancang (X₂), Biaya Pek. Beton bertulang (X₃)
b. Predictors : (Constant), Biaya Pek. Tiang pancang (X₂)
c. Dependent variable : Biaya total (Y)

Tabel 7.
Hasil analisis korelasi dan determinasi

Model 1

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962 ^a	.926	.905	1818255.992

a. Predictors: (Constant), Pek. Beton Bertulang, Pek. Tiang Pancang

Model 2

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.950 ^a	.903	.890	1956707.101

a. Predictors: (Constant), Pek. Tiang Pancang

Sumber: Output SPSS 23.0

Variabel terikat dan variabel bebas pada Model 1 memiliki hubungan yang erat (R = 0,962) dengan 90,5% (R²=0,905) variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas, sedangkan 9,5% sisanya disebabkan faktor lain. Variabel terikat dan variabel bebas pada Model 2 memiliki hubungan yang erat (R = 0,950) dengan 89,0% (R²= 0,890) variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas, sedangkan 11,0% sisanya disebabkan faktor lain. Hasil analisis variance disajikan pada tabel 8. Kriteria pengujian yang digunakan dengan melihat nilai signifikansi lebih besar atau lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ [10]. Pada derajat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), model 1 dan model 2 memiliki nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05. Maka, variabel bebas dalam model 1 dan model 2 dapat menjelaskan variabel terikat secara signifikan.

Tabel 8.
Hasil analisis varians

ANOVA (c)						
Model		Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
1	Regression	2.912E+14	2	1.456E+14	44.038	.000 (a)
	Residual	2.314E+13	7	3.306E+12		
	Total	3.143E+14	9			
2	Regression	2.837E+14	1	2.837E+14	74.097	.000 (b)
	Residual	3.063E+13	8	3.829E+12		
	Total	3.143E+14	9			

a. Predictors : (Constant), Biaya Pek. Tiang pancang (X₂), Biaya Pek. Beton bertulang (X₃)

b. Predictors : (Constant), Biaya Pek. Tiang pancang (X₂)

c. Dependent variable : Biaya total (Y)

Sumber: Output SPSS 23.0

Hasil uji t disajikan pada tabel 9. Pada derajat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$), variabel bebas X₂ memiliki signifikansi yang lebih kecil dari 0,05, baik dalam Model 1 maupun Model 2. Dengan demikian, variabel bebas X₂ berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat Y baik dalam Model 1 maupun Model 2. Sedangkan, variabel bebas X₃ memiliki signifikansi yang lebih besar dari 0,05. Sehingga, variabel bebas X₃ tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat Y. Berdasarkan analisis varians dan uji t, model 2 yaitu $Y = 1.262 X_2 + 3919717.4$ merupakan model terbaik yang memenuhi semua persyaratan pengujian yang diberikan, dimana Y adalah estimasi biaya total pekerjaan

konstruksi dermaga dan X_2 adalah biaya pekerjaan tiang pancang.

Tabel 9.
Hasil uji t
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3451410.359	1603172.916		2.153	.068
	Pek. Tiang Pancang	1.068	.187	.804	5.698	.001
	Pek. Beton Bertulang	.624	.415	.212	1.505	.176

a. Dependent Variable: Biaya Total

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3919717.404	1692432.450		2.316	.049
	Pek. Tiang Pancang	1.262	.147	.950	8.608	.000

a. Dependent Variable: Biaya Total

Sumber: Output SPSS 23.0

Cost Model Factor

Cost model factor (CMF) merupakan faktor koreksi sehingga model dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat. *Cost model factor* dihitung dengan mencari rasio antara estimasi biaya total pekerjaan dermaga menggunakan model dengan biaya total pekerjaan yang sebenarnya [4]. Estimasi biaya total pekerjaan dihitung menggunakan persamaan model terbaik yaitu $Y = 1.262 X_2 + 3919717.4$, dimana X_2 adalah biaya pekerjaan tiang pancang. Nilai estimasi biaya total pekerjaan dengan model pada setiap paket proyek disajikan pada tabel 10 kolom 3. Biaya total pekerjaan merupakan data historis biaya total pekerjaan sebenarnya pada setiap paket proyek. Perhitungan *cost model factor* disajikan secara lengkap pada tabel 10. Nilai *cost model factor* setiap paket proyek disajikan pada kolom 5 tabel 10. Berdasarkan tabel 10 nilai *cost model factor* rata-rata diperoleh sebesar 0,792.

Tabel 10. *Cost model factor*

Data Pekerjaan	Biaya Pekerjaan Tiang Pancang (X ₂) (Rp)	Estimasi Biaya Total Pekerjaan (Y') (Rp)	Biaya Total Pekerjaan Sebenarnya (Y) (Rp)	CMF
(1)	(2)	(3) $Y = 1.262*(2) + 3919717.4$	(4)	(5) = (3) : (4)
Proyek 1	5565227682.89	7027237053.21	10697207144.99	0.657
Proyek 2	41873124092.90	52847802322.65	67938584989.98	0.778
Proyek 3	35024815280.18	44205236600.99	53480322370.59	0.827
Proyek 4	2693456488.83	3403061806.30	4750151079.04	0.716
Proyek 5	10792832339.18	13624474129.44	14636511455.60	0.931
Proyek 6	9759224254.61	12320060726.72	14236190997.63	0.865
Proyek 8	1793667575.29	2267528197.42	3564095346.71	0.636
Proyek 9	5349609065.11	6755126357.57	7600236149.58	0.889
Proyek 10	11968248305.45	15107849078.88	17409223283.52	0.868
			A (Nilai terendah)	0.636
			B (Nilai rerata)	0.796
			C (Nilai tertinggi)	0.931
			Rata-rata (3-Point Estimate) (A+4B+C)/6	0.792

Sumber : Hasil pengolahan data

Cost model factor di hitung berdasarkan nilai rata-rata dengan menggunakan rumus *3-point estimate*, dalam perhitungan CMF proyek 7 di eliminir karena memiliki nilai yang relatif kecil (0,457) dari nilai Proyek yang lain, hal ini karena dari data historis diperoleh harga pekerjaan tiang pancang dan harga pekerjaan beton relatif sama, proyek 7

merupakan pekerjaan lanjutan pembangunan dermaga dimana terdapat penambahan luasan dermaga dan pada bagian tertentu tiang pancang telah dikerjakan sebelumnya dan dilanjutkan dengan pengecoran beton bertulang lantai dermaga. Rumus *3-point estimate* [7].

$$UC = \frac{A+4B+C}{6} \dots\dots\dots(1)$$

di mana : UC = *Unit Cost* / nilai CMF

A = *Minimum unit cost* / nilai terendah

B = *Average unit cost* / nilai rata-rata

C = *Maximum unit cost* / nilai tertinggi

Tabel 11.

Estimasi dan tingkat keakuratan *cost significant model*

Data Pekerjaan	Biaya Pekerjaan Tiang Pancang (X ₂) (Rp)	Estimasi Biaya Total Pekerjaan (Y') (Rp)	Biaya Total Pekerjaan Sebenarnya (Y) (Rp)	Estimasi <i>Cost Significant Model</i> CMF = 0.792 (Y'/CMF) (Rp)	Akurasi
(1)	(2)	(3) $Y = 1.262*(2) + 3919717.4$	(4)	(5)	(6)
Proyek 1	5565227682.89	7027237053.21	10697207144.99	8,873,730,203.47	-17.05%
Proyek 2	41873124092.90	52847802322.65	67938584989.98	66,734,213,760.87	-1.77%
Proyek 3	35024815280.18	44205236600.99	53480322370.59	55,820,707,371.52	4.38%
Proyek 4	2693456488.83	3403061806.30	4750151079.04	4,297,258,240.50	-9.53%
Proyek 5	10792832339.18	13624474129.44	14636511455.60	17,204,472,636.02	17.54%
Proyek 6	9759224254.61	12320060726.72	14236190997.63	15,557,308,534.13	9.28%
Proyek 8	1793667575.29	2267528197.42	3564095346.71	2,863,349,179.81	-19.66%
Proyek 9	5349609065.11	6755126357.57	7600236149.58	8,530,119,068.63	12.23%
Proyek 10	11968248305.45	15107849078.88	17409223283.52	19,077,622,636.83	9.58%

Sumber : Hasil pengolahan data

Cost Significant Model (CMF) diperoleh dengan membagi Estimasi biaya total pekerjaan dengan nilai rata-rata *cost model factor* yang diperoleh dari hasil perhitungan pada tabel 10. Dengan membagi estimasi biaya total pekerjaan dengan rata-rata CMF yang diperoleh, estimasi berdasarkan *cost significant model* dapat diketahui. Tingkat keakuratan *cost significant model* juga dapat dihitung dengan membandingkan dengan biaya total sebenarnya. Jika tingkat keakuratan semakin mendekati nol, berarti model semakin akurat. Hasil estimasi berdasarkan *cost significant model* dan tingkat keakuratan dari model estimasi *cost significant model* ditampilkan pada tabel 11. Pada tabel 11 terlihat selisih terbesar antara estimasi *cost signifikan model* dengan biaya total sebenarnya adalah sebesar -19,66%, artinya nilai estimasi *cost signifikan model* mempunyai nilai yang lebih rendah dari biaya total sebenarnya, dengan selisih terhadap biaya total sebesar 19,66%, dan selisih terkecil adalah 17,54%, artinya nilai estimasi *cost signifikan model* mempunyai nilai yang lebih tinggi dari biaya total sebenarnya, dengan selisih sebesar 17,54% terhadap biaya total.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh model estimasi biaya yang dapat digunakan untuk estimasi biaya konstruksi dermaga sebagai berikut :

1. Model yang diperoleh adalah $Y' = 1.262 X_2 + 3919717.4$, dengan Y' adalah estimasi biaya total pekerjaan dan X_2 adalah biaya pekerjaan tiang pancang. Model memiliki *cost*

model factor rata-rata sebesar 0,792. Model memiliki tingkat keakuratan yang berkisar antara -19,66% sampai 17,54%, berdasarkan klasifikasi *AACE International*, model merupakan kategori estimasi kelas 3 yang dapat digunakan untuk *budget, authorization or control* dalam semi detail estimasi.

2. Berdasarkan analisis juga diketahui bahwa Variabel X_2 (biaya pekerjaan tiang pancang) mencakup 61,74% dari seluruh biaya pekerjaan dermaga dan variabel X_3 (biaya pekerjaan beton bertulang) mencakup 23,45% dari seluruh biaya pekerjaan dermaga dan jika diakumulasikan maka variabel X_2 dan X_3 mencakup 85,19 % dari seluruh biaya pekerjaan dermaga.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan akurasi estimasi yang belum terlalu signifikan, hal ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data historis dan interpretasi dalam pengolahan data. Untuk hasil yang lebih baik peneliti menyarankan agar data historis lebih banyak dan diupayakan data historis yang lebih homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asiyanto. *Construction Project Cost Management*. Pradnya Paramita. Jakarta.2010
- [2] Badan Pusat Statistik.2018. Indeks Harga Perdagangan Besar Indonesia. Katalog BPS : 7102018
- [3] Husen, A. Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan & Pengendalian Proyek. Andi. Yogyakarta.2011
- [4] Handayani, F.S . 2016. Model Estimasi Biaya Konstruksi Jalan Beton. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik 10 Universitas Atma Jaya*. Yogyakarta. Oktober 2016
- [5] Roring, H.S.D. 2014. *Estimasi Biaya Konseptual Konstruksi Bangunan Gedung dengan Metode Parametrik*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi. Manado
- [6] Kodoatie, R. J. Analisis Ekonomi Teknik. Andi. Yogyakarta. 1995
- [7] Peurifoy, R. L., Oberlender, G. D. *Estimating Construction Costs Fifth Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc. 2002
- [8] Roy, R. 2003. Cost Engineering : Why, What and How ?. *Paper of Cranfield University*. Cranfield. United Kingdom. 4 - 9 pp.
- [9] Soleh, A. Z. *Ilmu Statistika Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai contoh penggunaan SPSS*. Rekayasa Sains. Bandung. 2005
- [10] Qudratullah, M. F. *Analisis Regresi Terapan Teori, Contoh Kasus dan Aplikasi dengan SPSS*. Andi. Yogyakarta. 2013
- [11] Sudiarta, I. K. 2011. *Estimasi Biaya Konseptual Konstruksi Gedung dengan Faktor Kapasitas Biaya*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Udayana. Denpasar.