

**PEMODELAN ESTIMASI BIAYA PARAMETRIK
PADA AWAL BANGUNAN GEDUNG AKIBAT GEMPA**

Afrizal

**Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Manajemen Proyek Konstruksi,
Universitas Katolik Parahyangan, Bandung**
Email: af_unpar@yahoo.com

Abstrak

Estimasi biaya pada tahap perencanaan adalah hal yang penting dalam proyek konstruksi karena akan menentukan kinerja proyek pada tahap selanjutnya. Gempa 30 September 2009 di Sumatera Barat diguncang oleh gempa dengan kekuatan besar. Pada struktur bangunan gedung analisis pembebanan sangat besar pengaruhnya dalam pemilihan dimensi struktur, jenis struktur dan pemilihan pemakaian mutu dan jenis bahan untuk kekuatan struktur bangunan. Sehubungan dengan analisa pembebanan struktur salah satu beban yang cukup besar pengaruhnya adalah beban gempa. Hal ini sangat erat kaitannya dengan Estimasi biaya yang akan dianggarkan pada tahap awal atau konseptual oleh pemilik proyek. Total Luas Lantai (TLL) dan Total Jumlah Lantai (TJL) adalah parameter yang telah dibuktikan memiliki pengaruh yang cukup baik dalam mengestimasi biaya bangunan gedung, tetapi kedua parameter tersebut hanya memperlihatkan *scale of project*. Oleh karena itu perlu kiranya suatu model estimasi biaya pada tahap perencanaan yang melibatkan parameter lainnya, seperti beban gempa (BG) sebagai cost driver dalam estimasi biaya parametrik bangunan gedung pada tahap perencanaan. Dari hasil analisis regresi model matematis untuk estimasi biaya bangunan gedung meter persegi (BM) pada tahap perencanaan dihasilkan model yang terbaik adalah : $BM_3 = -22230000.00 - 682.85 * TLL + 146400000.00 * \sqrt{TJL_mod} + 8060586.14 * Log_BG$. Model BM_3 mempunyai deviasi rata-rata adalah -13.94%

Kata Kunci : estimasi biaya parametrik, beban gempa, analisa regresi

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi adalah merupakan suatu rangkaian kegiatan dan kejadian yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu dan membuahkan hasil dalam suatu jangka tertentu dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia. Setiap proyek konstruksi mengikuti tahapan sebuah proyek. Di sisi lain, setiap tahapan memerlukan pengambilan keputusan yang sangat berkaitan dengan estimasi biaya. Kesuksesan kegiatan berikutnya sangat ditentukan oleh baik atau tidaknya proses yang mengawalinya. Estimasi biaya merupakan unsur penting dalam pengelolaan biaya proyek konstruksi secara keseluruhan. Pada tahap konseptual dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek konstruksi atau investasi (Soeharto, 1995). Estimasi biaya tahap awal yang sistematis, biasa dikenal sebagai estimasi biaya elemental atau parametrik. Metode ini memiliki potensi paling akurat di antara metode-metode estimasi biaya konseptual lainnya (Scheutte dan Liska, 1994). Pendekatan yang

digunakan dalam metode ini ialah dengan menelusuri biaya proyek melalui parameter yang secara signifikan mempengaruhi biaya konstruksi. Parameter yang paling sering digunakan dalam melakukan estimasi biaya tahap awal untuk bangunan gedung adalah luas lantai (Cox dan Horsley, 1983 dalam Dony Riswan, 2006), luas lantai dan tinggi bangunan (Karshenas, 1984), jumlah lantai dan total luas bangunan gedung, jenis bangunan gedung (Bowiby dan Schriver, 1986), total luas lantai, jumlah lantai, dan rasio fasilitas gedung (Phaobunjong, 2002 dan Dony Riswan, 2006) dan luas lantai dengan harga satuan tertinggi (Permen PU no 45/PRT/2007).

Menurut Parker (1984) beban struktur menjadi pertimbangan dalam menentukan parameter (*cost driver*) dalam estimasi awal konstruksi bangunan gedung. Beban struktur pada bangunan gedung terdiri dari beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa (*earthquake*). Tingkat resiko gempa merupakan hal yang diperhatikan dalam merencanakan suatu proyek konstruksi khususnya bangunan gedung. Semakin besar tingkat resiko gempa yang akan terjadi di suatu daerah dimana konstruksi itu akan dibangun maka perhitungan kekuatan struktur bangunan gedung yang akan digunakan dalam perancangan struktur konstruksi ini akan membutuhkan biaya semakin besar dengan melihat kekuatan bangunan itu memikul beban yang terjadi akibat gempa. Yasser El-Hakem dan Mohamed Sobaih (2000) dalam penelitian *Effect Of Aseismic Design On Building Cost In Egypt*, mengatakan penambahan total biaya bangunan akibat beban gempa di Mesir kurang dari 10% untuk tipe bangunan hunian berbeda dengan jumlah lantai yang berbeda. V. Thiruvengadam, J. C. Wason and K. I. Praseeda (2000) dalam studinya *Cost Modeling Of Foundations Of Reinforced Concrete Buildings Designed For Seismic Effects*, meneliti biaya struktur pondasi bangunan gedung dari 2 – 10 lantai mengatakan terjadi kenaikan biaya struktur pondasi dari 3% -20% untuk 3 jenis pondasi pada zona wilayah gempa yang berbeda di India. Nikos D. Lagaros, Andreas D. Fotis, Stilianos A. Krikos (2002) dalam penelitiannya *Assessment Of Seismic Design Procedures Based On The Total Cost* mengatakan untuk optimalisasi total biaya akibat kenaikan beban gempa pemilihan metoda perencanaan sangat mempengaruhi total biaya bangunan gedung. Samyog Shrestha (2013) dalam penelitiannya *Cost Comparison of RCC Columns in Identical Buildings Based on Number of Story and Seismic Zone* biaya konstruksi kolom bangunan tertentu bervariasi untuk kombinasi jumlah lantai dan wilayah zona gempa. Untuk zona gempa tertentu, hubungan antara biaya kolom tidak selalu linier. Kenaikan biaya kolom antara 15% -50% untuk kolom beton dan kolom baja. Teddy Tambunan dan Saiful Mustofa (2012) dalam penelitiannya *Evaluasi Desain Struktur Gedung Universitas Internasional Batam Terhadap Gempa*, mengatakan ada peningkatan biaya 2.08 % untuk biaya struktur untuk wilayah gempa zona 1 kota Batam.

Dengan demikian, penerapan parameter faktor beban gempa tersebut tidak hanya memperlihatkan pemilihan struktur konstruksi gedung tetapi juga bisa menjadi indikator makro efisiensi disain gedung sehingga perlu dilihat pengaruhnya terhadap biaya konstruksi pada estimasi awal tahap perencanaan.

Besarnya beban gempa (V) ditentukan oleh koefesien C yaitu respon gempa yang terjadi akibat pergerakan muka tanah berdasarkan periode waktu gempa. Koefesien C di bedakan berdasarkan kondisi tanah dan zona wilayah gempa. Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI - 1726-2002) dan wilayah zona gempa di bedakan menjadi 6 zona wilayah gempa. Besarnya beban gempa nominal pada struktur bangunan dihitung dengan rumus (SNI -1726-2002):

$$V = \frac{W.C.I}{R} \quad (1)$$

Dimana :

V = Beban gempa

W = Berat bangunan

I = Faktor keutamaan struktur

R = Faktor reduksi gempa

C = Koefisien respon gempa

Berat bangunan (w) adalah berat bangunan total dan beban hidup yang sesuai. Berat bangunan total adalah beban mati yang merupakan berat dari komponen bangunan berdasarkan bahan dari komponennya dan bersifat tetap misal kolom, balok, plat lantai dan sebagainya serta beban hidup yang sesuai adalah beban pada lantai gedung sesuai dengan fungsi gedung misal peralatan kantor, dinding pemisah, penghuni gedung dan sebagainya (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983). Faktor keutamaan gedung (I) adalah faktor pengali yang berhubungan penyesuaian periode ulang gempa dan probabilitasnya dengan umur gedung. Ini berhubungan dengan kategori gedung, misal untuk gedung kantor dan hunian ditetapkan sebesar 1. Dan faktor reduksi gempa (R) adalah faktor lebih dari beban dan kekuatan bahan yang terkandung dalam struktur gedung, misal nilai R adalah 1.6 untuk gedung berperilaku elastis penuh dan 8.5 untuk gedung daktilitas penuh (SNI -1726-2002). Dalam penelitian ini pendekatan untuk beban gempa (BG) adalah konstruksi gedung adalah beton bertulang konvensional dengan fungsi gedung sebagai perkantoran dan pendidikan maka nilai faktor keutamaan gedung (I) adalah 1.0 dan nilai faktor reduksi gempa (R) dengan elastisitas penuh adalah 1.6 (SNI -1726-2002). Oleh sebab itu rasio I/R pada persamaan 1 dianggap tetap. Kemudian untuk berat bangunan (w) yang terdiri berat komponen bangunan (kolom, balok, plat lantai, dinding, plafon dan sebagainya) ditambah berat beban hidup yang disesuaikan pada lantai bangunan dianggap sama untuk seluruh bangunan persatuan luas lantai. Berdasarkan asumsi tersebut maka beban gempa (V) pada persamaan 1 adalah besarnya koefisien respon gempa (C) dikalikan dengan luas lantai bangunan. Jadi variabel BG pada penelitian ini nilainya adalah total luas lantai (TLL) dikalikan dengan koefisien respon gempa (C).

2. METODE PENELITIAN

Metode estimasi biaya parameter secara sistematis mengidentifikasi parameter biaya bangunan gedung atau *cost driver* dengan mengembangkan model yang berupa fungsi matematis, yang biasa dinamakan *CERs* (*cost estimating relationships*). *CERs* didefinisikan sebagai formula matematis yang digunakan untuk mengestimasi biaya dari suatu item atau kegiatan yang merupakan fungsi dari satu atau lebih variabel bebas yang bersesuaian. Metode yang digunakan untuk pemodelan estimasi biaya parametrik dalam penelitian ini menggunakan analisis regresi. Metode ini merupakan metode yang cukup baik dalam menentukan fungsi matematis hubungan antara parameter-parameter dengan biaya bangunan gedung (Black 1984). Berdasarkan kajian literatur ditetapkan 4 parameter sebagai parameter memprediksi biaya per meter (BM) atau biaya total (TB) untuk bangunan gedung yaitu total luas lantai (TLL), total jumlah lantai (TJL) dan beban gempa (BG). Persamaan regresi yang di gunakan adalah persamaan regresi linier berganda persamaan 2.

$$BM = a + b_1 * TLL + b_2 * TJL + b_3 * BG \quad (2)$$

dimana:

BM	= Variabel terikat untuk biaya per M^2
TLL, TJL, BG	= Variabel bebas untuk memprediksi biaya per M^2
a	= koefisien konstanta
b_1, b_2, b_3	= koefisien untuk TLL, TJL dan BG

Data perencanaan proyek gedung yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kabupaten dan kota di wilayah Sumatera Barat. Kabupaten/kota tersebut adalah, Kota Padang, Kota Bukittinggi, Kota Pariaman, Kota Solok, Kota Padang Panjang, Kota Payakumbuh, Kabupaten Agam, Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Pasaman Barat, Kabupaten Pasaman Timur, Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Pesisir Selatan dan Kabupaten Mentawai. Dengan jumlah data perencanaan sebanyak 62 dokumen perencanaan periode waktu antara tahun 2007 sampai dengan dan 2012. Dari dokumen perencanaan yaitu gambar perencanaan, rencana anggaran

biaya (RAB) dan perhitungan analisis struktur di dapatkan data biaya permeter (BM), total luas lantai (TLL), jumlah lantai (TJL) koefisien respon gempa (C). Kemudian dilakukan normalisasi data ke lokasi dan tahun pelaksanaan. Sebagai indeks lokasi diambil Kota Padang dan indeks waktu diambil tahun 2012. Normalisasi data menggunakan indeks harga satuan permeter karena tidak tersedianya data indeks konstruksi dan data inflasi tahunan semua kabupaten kota. Harga satuan permeter diambil berdasarkan Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) yang ditetapkan oleh pemerintah kabupaten kota berdasarkan Pemen PU No. 45/PRT/2007. Normalisasi data terhadap lokasi dan waktu mengikuti persamaan 3 dan 4.

Penyesuaian Waktu

$$\text{Biaya Kota A thn X} = \text{Biaya Kota A thn Y} \times \frac{\text{Indeks Kota A thn X}}{\text{Indeks Kota A thn Y}} \quad (3)$$

Penyesuaian Lokasi

$$\text{Biaya Kota A thn X} = \text{Biaya Kota B thn X} \times \frac{\text{Indeks Kota A thn X}}{\text{Indeks Kota B thn X}} \quad (4)$$

Hasil rekapitulasi data setelah dinormalisasi dapat dilihat pada tabel 1. Kemudian data uji diambil secara acak sebanyak 5 buah yang digunakan untuk sebagai data uji perbandingan model. Data uji dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Variabel Data Penelitian

No	Kode Bangunan	TB	BM	TLL	TJL	BG
1	BKT1	8305028753.00	7758446.22	1070.45	2.00	642.27
2	KPB1	4306353592.02	5009251.81	859.68	2.00	257.90
3	KPB2	4736941033.33	5155573.61	918.80	2.00	367.52
4	PP1	2898845226.17	4026173.93	720.00	2.00	216.00
5	PD1	8206213994.57	6490204.05	1264.40	2.00	758.64
6	PD2	26803326536.60	6939778.62	3862.27	3.00	2703.59
7	KSL1	16986678210.00	5227152.72	3249.70	2.00	1949.82
8	KMT1	17837494341.37	6643387.09	2685.00	2.00	1879.50
9	KAG1	12729460145.04	6429020.28	1980.00	3.00	1386.00
10	PD3	24667243633.50	7357865.36	3352.50	2.00	2346.75
11	KAG2	6246674733.15	5366559.05	1164.00	2.00	582.00
12	KPB3	3617689946.28	4865756.48	743.50	2.00	371.75
13	PD4	33378857895.69	7673300.67	4350.00	3.00	1740.00
14	KAG3	4902554847.84	2440077.47	2009.18	2.00	602.75
15	PD5	6447502949.27	3563173.44	1809.48	2.00	542.85
16	BKT2	1848172248.21	4387290.03	421.26	2.00	126.38
17	PD6	5075248659.06	7328878.93	692.50	2.00	415.50
18	BKT3	3195752989.47	7230210.38	442.00	2.00	265.20
19	KSL2	4863979018.40	6542002.71	743.50	2.00	520.45
20	PD7	6621142100.10	4529599.52	1461.75	3.00	584.70
21	PD8	3598588792.74	4407442.67	816.48	2.00	326.59
22	PD9	7941373960.70	3407273.81	2330.71	2.00	699.21
23	PD10	7877920008.73	4255758.68	1851.12	3.00	740.45
24	PD12	3320831630.50	5779782.15	574.56	2.00	172.37
25	KPT1	22554111626.18	4415144.38	5108.35	3.00	2554.18
26	KPT2	23254702697.29	6393994.63	3636.96	3.00	1454.78
27	KPP1	7029165433.90	2718161.42	2586.00	3.00	1293.00
28	KTD1	3660712304.83	1911599.11	1915.00	3.00	574.50
29	PD13	7318607952.50	2980860.20	2455.20	2.00	736.56
30	PD15	9631777095.55	3915356.54	2460.00	3.00	738.00
31	PD16	18296554295.07	4182069.55	4375.00	4.00	1750.00
32	PD17	21702647269.37	4767716.89	4552.00	4.00	1820.80
33	PD18	35494537633.74	8066940.37	4400.00	4.00	3080.00
34	PD19	19914170040.49	8930121.09	2230.00	3.00	1561.00
35	PD20	30415346695.55	6349759.23	4790.00	3.00	2874.00

36	PD21	19914170040.49	9155940.25	2175.00	3.00	1740.00
37	PD23	23701170313.09	8443594.70	2807.00	3.00	2245.60
38	PD24	9089559992.62	4508710.31	2016.00	4.00	806.40
39	PD25	36385530161.22	7928858.17	4589.00	4.00	2753.40
40	PD26	13497371959.24	5083755.92	2655.00	3.00	1593.00
41	KPYK1	16046749429.11	3945365.76	4067.24	3.00	2033.62
42	KPT3	4583154195.10	3815463.80	1201.21	2.00	360.36
43	PD27	2749210000.00	4350876.36	631.88	2.00	189.56
44	PD28	4173990000.00	4797689.66	870.00	3.00	261.00
45	SWL1	2671617153.16	2782934.53	960.00	2.00	288.00
46	KPS1	2797248804.05	4238255.76	660.00	3.00	198.00
47	PD29	4368144000.00	4282494.12	1020.00	2.00	306.00
48	KDM1	6877648473.73	4302160.24	1598.65	4.00	479.60
49	BKT4	3070180641.53	4658847.71	659.00	2.00	197.70
50	PT 01	8837720453.85	4266338.62	2071.50	3.00	621.45
51	KPM01	6262570615.56	6176105.14	1014.00	2.00	507.00
52	PD31	14501117174.96	6094852.63	2379.24	2.00	1189.62
53	PD32	24029811797.75	5598535.89	4292.16	2.00	2146.08
54	PD33	24085090157.91	4166314.67	5780.91	2.00	2312.36
55	PD44	13966916860.68	4200576.50	3325.00	2.00	1330.00
56	PD45	13934508759.60	4492799.90	3101.52	3.00	1240.61
57	KPP2	24498806395.57	6427568.63	3811.52	4.00	1905.76

Tabel 2. Variabel-variabel Data Uji Penelitian

No	Kode Bangunan	TB	BM	TLL	TJL	BG
1	BKT1	5553985280.82	3241901.59	1713.19	3.00	513.96
2	KPB1	59949636297.71	9123532.36	9856.32	4.00	4928.16
3	KPB2	36445012204.86	6432229.47	5666.00	3.00	3682.90
4	PP1	2836624531.78	2954817.22	960.00	2.00	288.00
5	PD1	22346400000.00	5950312.87	3755.50	4.00	2253.30

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Karena sifat pengumpulan data perencanaan yang acak sangat mempengaruhi variabel-variabel yang ditinjau. Dengan demikian perlu dianalisis kumpulan data-data dari suatu variabel. Tujuan dari analisis data adalah mendapatkan gambaran tentang perilaku variabel-variabel, dan lebih dikenal sebagai statistik deskriptif. Statistik deskriptif merupakan gambaran keadaan suatu data secara umum. Analisis ini merupakan analisis yang paling mendasar, yaitu analisis frekuensi, dan analisis eksplorasi data berupa *screening normalitas* dan *screening outlier*.

Analisis Statistik Deskriptif

Dalam analisis regresi, normalitas variabel merupakan hal yang harus dipenuhi. Tingkat normalitas variabel dapat ditandai dengan ukuran yang bisa dikuantifikasi, disamping tampilan secara grafis dan histogram. Dari data penelitian variabel TJL hanya memiliki tiga klas interval data sehingga perlu dimodifikasi dalam bentuk TJL_mod, yang merupakan nilai perbandingan antara TJL dan TLL. Menurut Dony Riswan (2006) uraian dibawah ini akan menjelaskan alasan modifikasi tersebut.

1. Parameter total jumlah lantai merupakan salah satu parameter yang paling baik dalam mempengaruhi dan memprediksi biaya selain luas lantai. Hal ini telah dibuktikan oleh banyak penelitian sebelum ini. Dengan demikian, sifat parameter tersebut tidak akan diubah oleh perubahan klas interval data, artinya data total jumlah lantai yang bersesuaian dengan data biaya tetap akan menghasilkan korelasi yang signifikan.

2. Secara logis, penambahan jumlah lantai akan menambah luas lantai. Oleh karena itu, parameter TJL perlu dimodifikasi dengan nilai perbandingan antara total jumlah lantai dan total luas lantai agar parameter ini tetap bisa diproses dalam perhitungan data selanjutnya.
Hasil statistik deskriptif data seperti terlihat pada tabel 3, 4 dan gambar 1.

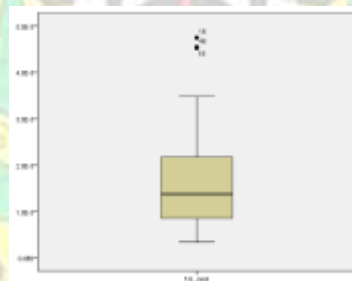
Tabel 3. Frekuensi Statistik Variabel Data Penelitian

		BM	TLL	TJL_mod	BG
N	Valid	57	57	57	57
	Missing	0	0	0	0
Mean		5.2836E6	2273.1084	.0017	1111.2304
Median		4.7977E6	2016.0000	.0014	738.0000
Std. Deviation		1.67977E6	1438.88631	.00107	845.84599

Tabel 4. Uji Normalitas Variabel Data Penelitian

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BM	.129	57	.019	.963	57	.080
TLL	.127	57	.023	.923	57	.001
TJL_mod	.141	57	.006	.881	57	.000
BG	.205	57	.000	.891	57	.000

Berdasarkan gambar 1, pada *Box Plot* variabel TJL_mod terdapat *extrem value*, yaitu data pada baris 16, 18 dan 46. Hasil Normalitas setelah data outlier dikeluarkan dari data penelitian tabel 5.



Gambar 1 *Boxplot* Variabel TJL_mod

Tabel 5. Uji Normalitas Variabel-Variabel Data Terpilih

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BM	.129	57	.019	.963	57	.080
TLL	.127	57	.023	.923	57	.001
TJL_mod	.141	57	.006	.881	57	.000
BG	.205	57	.000	.891	57	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Dari kedua tabel 5 diketahui bahwa hanya variabel TJL_mod dan BG yang tidak terdistribusi normal karena nilai *Kolmogorov-Smirnov* dengan syarat signifikansi < 0.05 , maka untuk menormalkan distribusi variabel TJL_mod dan BG dapat dilakukan dengan transformasi data.

Menurut Ghazali (2002) bentuk transformasi untuk *substansial positive skewness* digunakan transformasi jenis LOG 10(x) atau SQRT (x) (akar). TJL_mod transformasinya SQRT dan BG transformasinya LOG10. Setelah melakukan transformasi kedua variabel tersebut kemudian melakukan analisis kembali sehingga mendapatkan seluruh variabel terdistribusi normal sesuai dengan persyaratan dalam asumsi” multivariate normality”. Hasil normalitas setelah ditransformasi tabel 6.

Tabel 6. Uji Normalitas Variabel Data Transformasi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BM	.116	54	.067	.967	54	.141
TLL	.116	54	.066	.926	54	.003
TJL_mod	.145	54	.006	.917	54	.001
BG	.203	54	.000	.898	54	.000

Analisis Korelasi

Korelasi adalah suatu analisis statistik yang mengukur tingkat asosiasi atau hubungan antara dua variabel. Koefisien korelasi (r) adalah suatu ukuran arah dan kekuatan hubungan linier antara dua variabel random. Nilai koefisien korelasi adalah $-1 \leq r \leq 1$. Bila $r = 0$ atau r mendekati nol, maka antara 2 (dua) variabel yang ditinjau (X dan Y) tidak terdapat hubungan atau hubungan sangat lemah. Hasil korelasi antar variabel dari tabel 7, dapat diketahui bahwa antara variabel BM dengan Variabel TLL r-nya adalah 0,168. Ini memperlihatkan hubungan yang lemah antara BM dan TLL, sedangkan (+) menunjukkan bahwa semakin bertambah luas lantai, akan menyebabkan semakin tingginya nilai biaya/m2 bangunan. Sedangkan signifikannya menunjukkan angka 0,224, yang menunjukkan bahwa variabel BM dan variabel TLL memang secara nyata berkorelasi. Korelasi variabel bebas lain nya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Korelasi Variabel Data Terpilih Tranformasi

		BM	TLL	TJL_mod_sqrt	BG_lg
BM	Pearson Correlation	1	.168	-.097	.418**
	Sig. (2-tailed)		.224	.487	.002
	N	54	54	-.877**	54
TLL	Pearson Correlation	.168	1		
	Sig. (2-tailed)	.224		.000	.000
	N	54	-.877**	54	54
TJL_mod_sqrt	Pearson Correlation	-.097		1	
	Sig. (2-tailed)	.487	.000		.000
	N	.418**	54	.892**	54
BG_lg	Pearson Correlation				1
	Sig. (2-tailed)	.002	.000	.000	
	N	54	54	54	54

Analisis Regresi

Pada analisis model regresi berganda memasukan seluruh variabel-variabel dalam persamaan regresi.. Metode Stepwise, melakukan seleksi terhadap variabel yang akan menjadi anggota

persamaan regresi berdasarkan kriteria toleransi dari variabel. Teknik yang digunakan dalam metode ini adalah trial and error. Jika telah diperoleh persamaan regresi yang baik maka percobaan dihentikan (Santoso dan Ashari, 2005 dalam Dony Riswan, 2006). Hasil yang diharapkan dari penggunaan Software SPSS adalah model parametrik untuk memprediksi biaya permeter persegi (BM) untuk mendapatkan total biaya (TB) bangunan gedung.

Koefisien korelasi ganda (R) digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat secara serentak. Nilai R berkisar antara 0 sampai 1, nilai semakin mendekati 1 berarti hubungan yang terjadi semakin kuat, sebaliknya nilai semakin mendekati 0 maka hubungan yang terjadi semakin lemah. Koefisien determinan (R^2) digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana ketepatan atau kecocokan garis regresi yang diperoleh dalam mewakili kelompok data yang diteliti, maka perlu dilihat sampai seberapa jauh model yang terbentuk dapat menerangkan kondisi yang sebenarnya.

Dari tabel 8 angka R pada model 1, 2 dan 3 sebesar 0,418, 0,695 dan 0,733, dalam hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara BM₂ dan BM₃ dengan variabel lainnya kuat (definisi kuat karena angka diatas 0,5). Angka R^2 pada model 1, 2 dan 3 adalah 0,175, 0,484 dan 0,537. R^2 dalam hal ini pada model 1 berarti 17,5 % variabel terikat bisa dijelaskan oleh variabel bebas. Sedangkan sisanya 82,5% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain dan demikian juga untuk model 2 dan 3. Koefisien regresi model dapat dilihat pada tabel 9. Model 1, 2 dan 3 tidak mengalami multikolinieritas karena nilai VIF < 10 dan nilai tolerance > 0,10.

Tabel 8. Model Summary Regresi Linier Berganda

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	.418a	.175	.159	1.55472E6	.175	11.018	1	52	.002	2.045
2	.695b	.484	.463	1.24195E6	.309	30.490	1	51	.000	
3	.733c	.537	.509	1.18752E6	.054	5.782	1	50	.020	

a. Predictors: (Constant), BG_log

b. Predictors: (Constant), BG_log, TJL_mod_sqrt

c. Predictors: (Constant), BG_log, TJL_mod_sqrt, TLL

d. Dependent Variable: BM

Tabel 9. Koefisien Regresi Linier Berganda

Model		Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-449550.52	1740065.64	-.258	.797		
	BG_log	1954774.85	588903.13	3.319	.002	1.000	1.000
2	(Constant)	-21100000.00	3990348.50	-5.289	.000		
	BG_log	6644133.85	970839.29	6.844	.000	.235	4.259
	TJL_mod_sqrt	184100000.00	33340000.00	5.522	.000	.235	4.259
3	(Constant)	-22230000.00	3844014.47	-5.782	.000		
	BG_log	8060586.14	1099428.77	7.332	.000	.167	5.974
	TJL_mod_sqrt	146400000.00	35510000.00	4.124	.000	.189	5.286
	TLL	-682.85	283.99	-2.405	.020	.165	6.064

a. Dependent Variable: BM

Dari Hasil analisis regresi di didapatkan 3 model, yaitu.

$$BM_1 = -449550.52 + 1954774.85 * \text{Log_BG}$$

$$BM_2 = -21100000.00 + 184100000.00 * \sqrt{TJL_mod} + 6644133.85 * \text{Log_BG}$$

$$BM_3 = -22230000.00 - 682.85 * TLL + 146400000.00 * \sqrt{TJL_mod} + 8060586.14 * \text{Log_BG}$$

4. VALIDASI MODEL

Berdasarkan data uji Tabel 10 dilakukan perbandingan hasil perhitungan total biaya (TB) berdasarkan BM dari model. Data uji PD14 tidak dapat digunakan karena nilai berada di luar range data penelitian.

Tabel 10. Perbandingan Tingkat Akurasi Model dengan Data Uji

Kode Bangunan	Perencanaan	Model BM_1	Deviasi	Model BM_2	Deviasi	Model BM_3	Deviasi
	Total Biaya Awal	Total Biaya Awal		Total Biaya Awal		Total Biaya Awal	
PD11	5,553,985,280.82	8308467685.39	-33.2%	7907562912.69	-29.8%	7843209860.52	-29.2%
PD14	-	-	-	-	-	-	-
PD22	36,445,012,204.86	36951090058.35	-1.4%	38701273149.43	-5.8%	34082374681.20	6.9%
KAG4	2,836,624,531.78	4183687725.17	-32.2%	3497769378.35	-18.9%	3475988461.28	-18.4%
PD30	22,346,400,000.00	22925283575.44	-2.5%	26982721720.72	-17.2%	26322800903.07	-15.1%

Dari Tabel 10, diketahui bahwa model BM_3 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik daripada mempunyai deviasi rata-rata adalah -13.94%.

5. PEMBAHASAN MODEL

Model diskrit yang dikembangkan merupakan tabulasi dari persamaan matematis (hasil regresi) dan model regresi itu sendiri memiliki keterbatasan/kelemahan. Di samping itu, data yang diproses dalam pengembangan model belum memenuhi semua aspek yang diinginkan. Oleh sebab itu, model yang dikembangkan hanya berlaku pada kondisi-kondisi berikut :

1. Ekstrapolasi tidak bisa diterapkan pada model, karena regresi hanya berlaku valid untuk interpolasi dari range data yang diproses pada tahap regresi.
2. Estimasi biaya pada model ini hanya berlaku untuk kota Padang Sumatera Barat pada tahun. 2012, sedangkan untuk memprediksi biaya yang akan datang maupun untuk lokasi yang berbeda diperlukan penyesuaian, yakni dengan indeks biaya dan/atau lokasi.
3. Model ini hanya cukup valid untuk Gedung Perkantoran dan Pendidikan dengan konstruksi beton bertulang konvensional dengan nilai koefisien Keutamaan gedung sesuai dengan fungsi gedung yaitu $I = 1.0$ dan Faktor reduksi gempa adalah elastis penuh dengan nilai $R = 1.6$.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kajian estimasi biaya parametrik pada tahap perencanaan bangunan adalah:

1. Dari data bangunan yang terkumpul, setelah melalui proses analisis variabel secara regresi linier didapatkan beberapa 3 model. Setelah dilakukan uji validasi model pada total biaya data uji didapat deviasi rata-rata model terkecil adalah model BM_3, yaitu:

$$BM_3 = -22230000.00 - 682.85 * TLL + 146400000.00 * \sqrt{TJL_mod} + 8060586.14 * \text{Log_BG}$$

Model BM_3 memiliki deviasi rata-rata adalah -13.94%.

2. Agar pada kajian estimasi biaya parametrik pada tahap perencanaan bangunan gedung sebagai pengembangan model parametrik estimasi biaya pada tahap perencanaan/konseptual, pada penelitian berikutnya menggunakan parameter yang lain selain parameter di atas. Parameter yang mungkin dikembangkan adalah: fungsi gedung, ketinggian antar lantai, tipe struktur baik struktur atas dan struktur bawah, tipe struktur atap, jenis perhitungan struktur/analisis struktur, tipe tanah dan yang lainnya serta dapat dilakukan penelitian untuk membuat kajian tentang indek bangunan gedung di indonesia khususnya atau kabupaten/kota di sumatera barat terutama bila melihat kekuatan gempa di daerah tersebut karena adanya perubahan zona gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 45/PRT/M/2007 tentang *Pedoman Teknis Pembangunan Gedung Negara*, Pemerintah Republik Indonesia, 2007.
- PPIUG 1983 tentang *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Pemerintah Republik Indonesia, 1983.
- SK SNI 176 2002 tentang *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*, Pemerintah Republik Indonesia, 2002.
- AACE Recommended Practice No. 17R-97(1997), *Cost Estimate Classification System*, AACE, Inc.
- Arjito Fajar Pamungkas (2010), *Studi Perbandingan Perilaku Struktur Dan Biaya Flat Plate-Shearwall Dengan Open Frame SRPMM Pada Gedung Sekolah Ternag Bangsa Semarang Di Wilayah Gempa 4*, Skripsi Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Asheesh Bajaj, Douglas D. Gransberg, PE CCE, and Mark D. Grenz, PE, (2002), *Parametric Estimating for Design Cost*, 2002 AACE Transactions.
- Black, James H., (1984) *Application of Parametric Estimating to Cost Engineering*, 1984 AACE Transactions, Paper B.10.
- Bowlby, R.L., dan Schriver, W.R., (1986). Observations on Productivity and Composition of Building Construction Output in the United States, *Construction and Economics*, Vol. 1, No. 1.
- Bryan Jeferson Tololiu H. Manalip, R.S. Windah, S.O. Dapas (2012), *Perbandingan Respons Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Dengan Dinding Pngisi Dan Tanpa Dinding Pngisi Akibat Gempa*, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 1 No. 1, November
- Karshenas, Saeed, (1984), *Predesign Cost-Estimating Method for Multistory Buildings*, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 110, No. 1, March 1984, p. 79-86.
- Nikos D. Lagaros, Andreas D. Fotis, Stilianos A. Krikos , (2002), *Assessment Of Seismic Design Procedures Based On The Total Cost*, *Journal of Earthquake Engineering*,
- Parker, D.E., (1984), Budgeting by Criteria Not Cost per Square Foot, *AACe Transactions*, A.3.
- Phaobunjong, K. and Dr. Calin M. Popescu, PE, (2003), *Parametric Cost Estimating Estimating for Building*, 2003 AACE Transactions.
- Phaobunjong, K., dan Popescu, C.M. (2002), *Parametric Cost Estimating Model for Conceptual Cost Estimating of Building Construction Projects*, http://www.lib.utexas.edu/etd/d/2002/phaobunjongk022/phaobunjongk022.pdf_sdh, 2002.
- Riswan, Dony (2006), *Pengembangan Model Estimasi Biaya Parameter pada Estimasi Biaya Tahap Awal Proyek Pembangunan Gedung*. Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.

- Samyog Shrestha (2013), *Cost Comparison Of RCC Columns In Identical Buildings Based On Number Of Story And Seismic Zone*, International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 3, Issue 1.
- Scheutte, S.D., and Liska, R.W., (1994), *Building Construction Estimating*, McGraw Hill, Singapore.
- Soeharto, Iman, (1995), *Manajemen Proyek Konstruksi : Dari Konseptual Sampai Operasional*, Cetakan Pertama, Jakarta, Erlangga.
- Teddy Tambunan, Saiful Mustofa, (2012), *Evaluasi Desain Struktur Gedung Universitas Internasional Batam Terhadap Gempa*, Universitas Internasaional Batam , ISBN No. 978-979-18342-0-9
- V. Thiruvengada, J. C. Wason, K. I. Praseeda, (2000), *Cost Modeling Of Foundations Of Reinforced Concrete Buildings Designed For Seismic Effects*, Dept. of Building Engineering and Management, School of Planning and Architecture, New Delhi.
- Yasser El-Hakem, Mohamed Sobaih, (2000), *Effect Of Aseismic Design On Building Cost In Egypt*, 12WCEE

~ 0 ~

