Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan
Vol. 4, No. 1, April 2020: hlm 69-82

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

KAJIAN RASIO STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT

Ervina Hariyawaningsih[1], Onnyxiforus Gondokusumo[2]

[1]Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: ervinahtan@gmail.com
[2]Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: onnyxiforusg@ft.untar.ac.id

Masuk: 08-01-2020, revisi: 20-01-2020, diterima untuk diterbitkan: 21-01-2020

ABSTRAK

Estimasi biaya merupakan sebuah kegiatan untuk memperkirakan biaya, sumber daya dan risiko-risiko agar dapat memulai dan menyelesaikan suatu proyek. Pada tahap awal estimasi, umumnya data yang tersedia belum lengkap. Oleh karena itu, untuk menghitung biaya pekerjaan struktur seringkali menggunakan rasio struktur. Pada penelitian ini rasio struktur yang akan dianalisis adalah rasio beton, rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi. Analisis ini dilakukan untuk mencari kesamaan rasio struktur antar fungsi bangunan dan antar konsultan, pengaruh jumlah lantai dengan nilai rasio struktur, mencari interval dan rata-rata rasio struktur, mencari pengaruh peraturan gempa terhadap kenaikan nilai rasio struktur dan mencari persamaan regresi rasio struktur. Dari hasil analisis didapatkan rata-rata rasio struktur antar bangunan dan antar konsultan memiliki nilai yang sama. Jumlah lantai berpengaruh terhadap nilai dari rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi. Berdasarkan hasil analisis dengan mengunakan *confidence interval estimate* diperoleh batas bawah, batas atas dan rata-rata pada rasio beton, rasio besi, dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi pada tahun ≤ 2012 dan tahun > 2012. Adanya perubahan pada peraturan gempa mempengaruhi nilai rasio struktur, yaitu pada rasio beton kenaikan mencapai 8,8%, rasio besi mencapai 19,2% dan perkalian antara rasio beton dan rasio besi mencapai 27,9%. Pada penelitian ini tidak diperoleh persamaan regresi untuk rasio beton, rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi.

Kata Kunci: Estimasi biaya; rasio struktur; rentang

ABSTRACT

Cost estimation is an activity for estimating costs, resources and risks in order to start and complete a project. Generally, at initial stage, most estimation data is not complete. Therefore, to estimate the quantity of structure we often uses structure ratio. The structure ratio in this research is the ratio of concrete, the ratio of iron and the multiplication between the ratio of concrete with the ratio of iron. Analysis conducted to look for similarity in structure ratio between building functions and between consultans, the influence of the number of floors to the value of structure ratio, find the intervals and average structure ratios, find the effect of earthquake regulations on rising structure ratios and find regression equation for structure ratio. From the analysis results, it is found that the average structure ratios between buildings and between consultans are same. The number of floors affects the value of the iron ratio and multiplication between the ratio of concrete to the ratio of iron. Based on the analysis using the confidence interval estimate, the lower, upper and average limits of the concrete ratio, iron ratio, and multiplication between the ratio of concrete to iron ratio in ≤ 2012 and in> 2012. Changes in earthquake regulations affect the value of the structure ratio, the increase of concrete ratio reaches 8.8%, the iron ratio reaches 19,2% and the multiplication between the ratio of concrete and iron reaches 27,9%. In this research, there is no regression equation was obtained for the concrete ratio, the iron ratio and the multiplication between the ratio of concrete to iron ratio.

Keywords: *Cost estimation; structure ratio; interval*

1. PENDAHULUAN

PMI (2013) menjelaskan estimasi biaya adalah proses memperkiraan biaya, sumber daya dan risiko-risiko agar dapat memulai dan menyelesaikan kegiatan dalam suatu proyek. Estimasi diperlukan untuk mengukur kuantitas dan menghitung biaya-biaya yang diperlukan untuk penggunaan sumber daya sehingga tercapai kriteria barang atau jasa yang diharapkan (Diamant

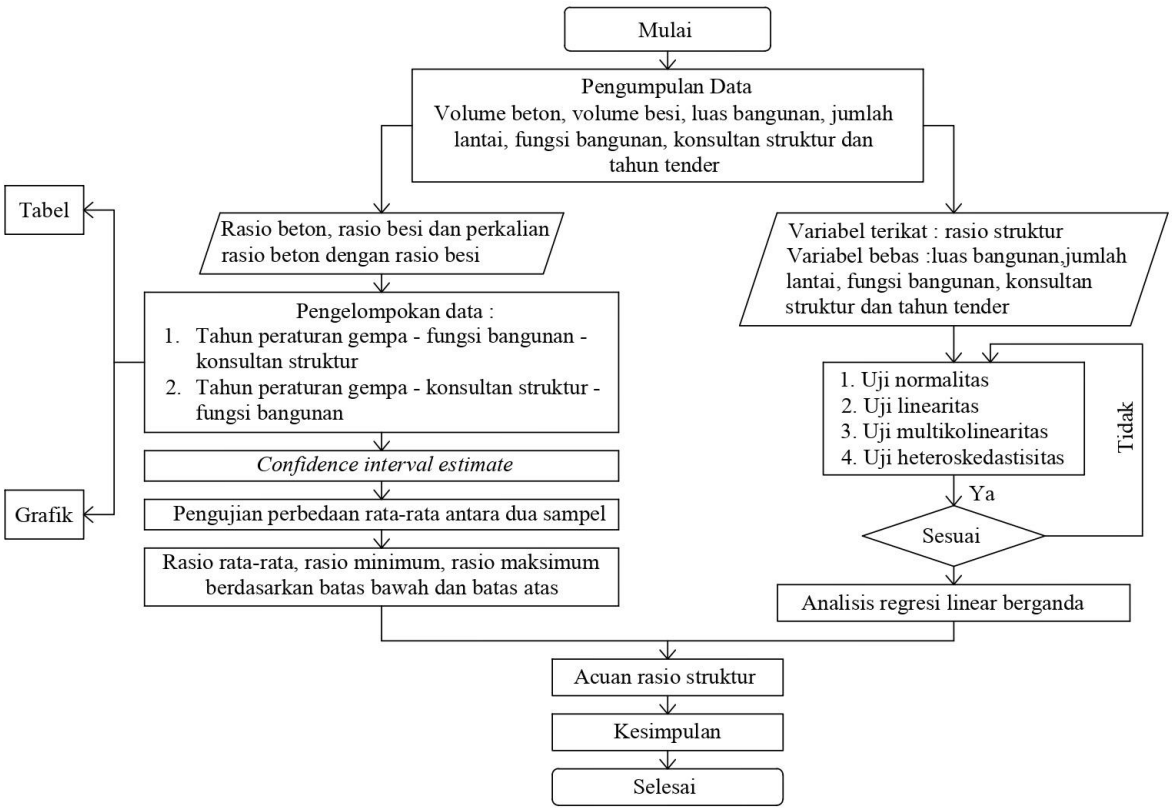
dan Roy, 1990). AACE (2015), ada tiga jenis estimasi, yaitu *order of magnitude estimate, budget estimate* dan *definitive estimate*. Tahap estimasi yang biasanya digunakan oleh kontraktor adalah *definitive estimate* (Hardie, 1986). Biasanya pada tahap awal estimasi data yang tersedia belum lengkap, sehingga rasio struktur diperlukan untuk dapat menghitung biaya pekerjaan struktur. Martino (2016), rasio struktur dapat digunakan untuk melakukan estimasi pada kuantitas pekerjaan struktur pada suatu proyek. Pada penelitian ini, rasio struktur terdiri dari rasio beton, rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi.

Nilai rasio-rasio tersebut sangat bervariasi, hal ini mungkin disebabkan karena adanya pengaruh dari tipe proyek, konsultan struktur dan adanya perubahan peraturan gempa. Dalam menghitung kuantitas volume memerlukan ketelitian yang tinggi karena akan mempengaruhi ketepatan dalam mengestimasi biaya. Apabila perhitungan terlalu rendah akan mengakibatkan kerugian pada pihak kontraktor sedangkan jika perhitungan terlalu tinggi maka pihak kontraktor tidak dapat memenangkan tender tersebut, sehingga diperlukan analisis rasio struktur sebagai acuan dalam pengecekan nilai rasio tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kesamaan nilai rasio struktur antar fungsi bangunan dan antar konsultan struktur, memperoleh pengaruh jumlah lantai terhadap nilai rasio struktur, menghasilkan interval dan rata-rata rasio struktur, memperoleh kenaikan nilai rasio struktur berdasarkan perubahan peraturan gempa dan memperoleh persamaan regresi untuk rasio beton, rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian pada penelitian ini akan ditampilkan dalam bagan alir kerja *(flow chart)* sebagai berikut :



Gambar 1. Alur penelitian
Sumber gambar : Penulis, 2019

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan merupakan hasil tender Kontraktor XYZ dari tahun 2008 hingga 2016 berupa luas bangunan, jumlah lantai, fungsi bangunan, konsultan struktur, tahun tender, volume beton dan volume besi. Dari data-data volume beton dan volume besi maka akan didapatkan rasio beton, rasio besi dan perkalian antara rasio beton dengan rasio besi. Jumlah proyek pada data-data yang telah dikumpulkan adalah sebanyak 42 proyek, yang terdiri dari 18 proyek apartemen, 4 proyek hotel dan 20 proyek kantor.

Pengelompokan Data Rasio

Pada tahap ini dilakukan 2 pengelompokan data yang terbagi menjadi 3 level. Pengelompokan data ini dapat dilihat pada tabel 1. Level-level tersebut terdiri dari :

a. Tahun peraturan gempa
   Data yang dikumpulkan berasal dari hasil tender pada tahun 2008-2016. Hasil tender pada tahun 2008-2012 mengacu pada peraturan gempa SNI 03-1726-2002, sedangkan hasil tender pada tahun 2013-2016 mengacu pada peraturan gempa SNI 1726-2012. Oleh karena itu, pengelompokan dibedakan menjadi dua periode yaitu tahun ≤ 2012 dan tahun > 2012.
b. Fungsi bangunan
   Pada penelitian ini fungsi bangunan dibagi menjadi 3 yaitu apartemen, hotel dan kantor.
c. Konsultan struktur
   Pada penelitian ini terdapat 21 konsultan struktur yang mendesain struktur gedung untuk proses tender yang diikuti oleh Kontraktor XYZ.

Tabel 1. Pengelompokan data rasio
Sumber tabel : Penulis, 2019

No.	Level 1	Level 2	Level 3
1.	Tahun peraturan gempa	Fungsi bangunan	Konsultan struktur
2.	Tahun peraturan gempa	Konsultan struktur	Fungsi bangunan

Confidence Interval Estimate

Pada analisis ini menggunakan *confidence interval estimate* untuk dapat mencari batas bawah dan batas atas rasio struktur. Nilai batas-batas tersebut didapatkan dari persentase seberapa besar keyakinan terhadap parameter yang akan muncul dalam interval tersebut. Persentase keyakinan ini disebut dengan *confidence level* dan *confidence coefficient* (Agresti, dan Finlay, 1997). *Confidence interval* ini digunakan untuk mengurangi kesalahan dalam penaksiran dan memberikan informasi mengenai estimasi yang bervariasi.

Dalam mencari *confidence interval* dapat menggunakan z-*distribution* atau t-*distribution*. Pada penelitian ini standar deviasi populasi tidak diketahui *(σ unknown)* dan jumlah data yang kecil yaitu kurang dari 30 menyebabkan data ini bukan distribusi normal menurut central limit theorem (Johnson, 2009), maka analisis dilakukan dengan menggunakan *t-distribustion.* Rumus yang digunakan untuk mencari *confidence interval* yaitu :

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

x adalah rata-rata, s adalah standar deviasi, $t_{\alpha/2}$ adalah nilai kritikal dari distribusi t, dengan n-1 derajat kebebasan dari area α/2, dan n adalah jumlah

Pengujian Perbedaan Rata-Rata Dua Sampel

Rumus yang dilakukan untuk dapat melakukan pengujian perbedaan rata-rata antara dua sampel yaitu :

$$S_p^{\ 2} = \frac{(n_1 - 1).S_1^{\ 2} + (n_2 - 1).S_2^{\ 2}}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \quad (2)$$

$$t_{statistic} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^{\ 2}\left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right]}} \quad (3)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ adalah rata-rata, s adalah standar deviasi, S_p^2 adalah varian gabungan dan perhitungan t statistik dengan $n_1 + n_2 - 2$ derajat kebebasan dari area $\alpha/2$, dan n adalah jumlah data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Rasio Struktur

Analisis data diawali dengan mengumpulkan daftar proyek sehingga diperoleh tabel seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 2. Data rasio struktur tahun ≤ 2012

Sumber tabel : Penulis, 2019

No.	Nama Proyek	Konsultan Struktur	Fungsi Bangunan	Jumlah lantai	Rasio Struktur		
					Beton (m^3/m^2)	Besi (kg/m^3)	Beton x Besi (kg/m^2)
1.	AS	CX	Apartemen	13	0,33	162,87	53,15
2.	PR	OX	Apartemen	66	0,32	149,03	48,38
3.	PS	OX	Apartemen	50	0,39	192,92	74,46
4.	BR	QX	Apartemen	32	0,32	137,91	44,41
5.	MTP	RX	Apartemen	45	0,33	171,76	56,59
6.	VC	UX	Apartemen	32	0,35	173,16	61,21
7.	SG	EY	Apartemen	42	0,40	189,93	75,85
8.	UR	FY	Apartemen	40	0,34	186,82	63,40
9.	MM	GY	Apartemen	20	0,33	180,97	59,55
10.	AP	HY	Apartemen	32	0,40	193,97	78,05
11.	MCS	RX	Hotel	5	0,33	150,00	49,50
12.	RSC	UX	Hotel	6	0,34	155,00	52,13
13.	BB	NX	Kantor	11	0,31	175,10	53,98
14.	AT	OX	Kantor	28	0,34	137,22	46,50
15.	MMS	OX	Kantor	20	0,38	147,84	56,11
16.	KOT	RX	Kantor	25	0,38	181,29	68,39
17.	ABM	UX	Kantor	7	0,31	120,24	37,26
18.	WOT	UX	Kantor	23	0,30	135,79	40,98
19.	TO2	UX	Kantor	21	0,31	154,53	48,18
20.	ABIT	WX	Kantor	4	0,31	136,98	41,91
21.	AO	XX	Kantor	32	0,36	185,19	66,72
22.	SP	ZX	Kantor	22	0,32	183,24	58,44

 https://doi.org/10.24912/jmstkik.v4i1.6717

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Tabel 3. Data rasio struktur tahun < 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

No.	Nama Proyek	Konsultan Struktur	Fungsi Bangunan	Jumlah lantai	Rasio Struktur		
					Beton (m^3/m^2)	Besi (kg/m^3)	Beton x Besi (kg/m^2)
1.	PA	OX	Apartemen	33	0,38	145,10	54,58
2.	RPII	OX	Apartemen	27	0,36	193,08	69,48
3.	PII	OX	Apartemen	40	0,34	178,48	60,53
4.	GM	QX	Apartemen	38	0,32	228,84	74,06
5.	LLS	UX	Apartemen	34	0,38	216,09	82,63
6.	LV	BY	Apartemen	46	0,41	203,77	83,44
7.	OC	BY	Apartemen	37	0,43	185,91	79,66
8.	EF	IY	Apartemen	39	0,39	231,22	89,51
9.	GCC	JX	Hotel	22	0,31	208,57	65,47
10.	HTS	UX	Hotel	12	0,36	209,29	75,79
11.	BPU	KX	Kantor	9	0,32	195,61	0,32
12.	TFN	OX	Kantor	22	0,37	146,75	0,37
13.	CTR	PX	Kantor	40	0,39	195,49	0,39
15.	BGS	RX	Kantor	38	0,34	175,20	0,34
16.	S7.8	RX	Kantor	25	0,38	228,79	0,38
17.	TMS	VX	Kantor	19	0,30	169,05	0,30
18.	AOE	YX	Kantor	14	0,32	219,37	0,32
19.	GDTR	ZX	Kantor	24	0,40	206,24	0,40
20.	MDN	DY	Kantor	21	0,41	190,47	0,41

Analisis Rasio Berdasarkan Pengelompokan Pertama

Pada analisis ini data-data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan tahun peraturan gempa-fungsi bangunan-konsultan struktur. Pengelompokan ini dilakukan untuk mencari kesamaan atau perbedaan nilai rasio struktur antar fungsi bangunan. Untuk dapat membuktikan hal tersebut maka dilakukan pengujian perbedaan rata-rata dua sampel. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil pengujian perbedaan rata-rata dua sampel rasio struktur berdasarkan pengelompokan pertama tahun ≤ 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

	Rasio Struktur	$\mu_{apartemen} - \mu_{hotel}$	$\mu_{apartemen} - \mu_{kantor}$	$\mu_{hotel} - \mu_{kantor}$
Critical value	Rasio Beton	± 2,2281	± 2,1009	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		0,0008	0,0009	0,0008
$t_{statistic}$		0,4564	1,4910	0,4560
Critical value	Rasio Besi	± 2,2281	± 2,1009	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		329,2349	463,7705	508,0512
$t_{statistic}$		1,5254	1,8900	-0,1860
Critical value	Rasio Beton x Rasio Besi	± 2,2281	± 2,1009	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		121,8250	124,7588	103,7651
$t_{statistic}$		1,2176	1,9340	-0,0950

Tabel 5. Hasil pengujian perbedaan rata-rata dua sampel rasio struktur berdasarkan pengelompokan pertama tahun > 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

	Rasio Struktur	$\mu_{apartemen} - \mu_{hotel}$	$\mu_{apartemen} - \mu_{kantor}$	$\mu_{hotel} - \mu_{kantor}$
Critical value	Rasio Beton	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		0,0009	0,0017	0,0022
$t_{statistic}$		1,6865	0,5110	-0,8260
Critical value	Rasio Besi	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		720,7611	697,1511	538,8847
$t_{statistic}$		-0,5239	0,5920	1,0310
Critical value	Rasio Beton x Rasio Besi	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)		133,5063	154,6184	151,2483
$t_{statistic}$		0,3952	0,7070	0,059

Berdasarkan tabel 4 dan 5, adanya bukti signifikan tentang persamaan antara rata-rata dua sampel. Nilai rasio struktur pada apartemen, hotel dan kantor memiliki nilai yang sama.

Analisis Rasio Berdasarkan Pengelompokan Kedua

Data-data yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan tahun peraturan gempa-konsultan struktur-fungsi bangunan. Pengelompokan ini dilakukan untuk mencari kesamaan atau perbedaan nilai rasio struktur antar konsultan struktur. Untuk dapat membuktikan hal tersebut maka dilakukan pengujian perbedaan rata-rata dua sampel. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengujian perbedaan rata-rata dua sampel rasio struktur berdasarkan pengelompokan kedua tahun ≤ 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

	Rasio Struktur	$\mu_{OX} - \mu_{RX}$	$\mu_{OX} - \mu_{UX}$	$\mu_{RX} - \mu_{UX}$
Critical value	Rasio Beton	± 2,5706	± 2,3646	± 2,4469
Varian gabungan (S_p^2)		0,0008	0,0007	0,0006
$t_{statistic}$		0,4629	2,250	1,6770
Critical value	Rasio Besi	± 2,5706	± 2,3646	± 2,4469
Varian gabungan (S_p^2)		468,6446	496,1327	359,7625
$t_{statistic}$		-0,6605	0,6040	1,4400
Critical value	Rasio Beton x Rasio Besi	± 2,5706	± 2,3646	± 2,4469
Varian gabungan (S_p^2)		134,0952	120,6471	89,6834
$t_{statistic}$		-0,2035	1,1410	1,4763

Tabel 7. Hasil pengujian perbedaan rata-rata dua sampel rasio struktur berdasarkan pengelompokan kedua tahun > 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

	Rasio Beton				
	$\mu_{OX} - \mu_{QX}$	$\mu_{OX} - \mu_{RX}$	$\mu_{OX} - \mu_{UX}$	$\mu_{OX} - \mu_{BY}$	$\mu_{QX} - \mu_{RX}$
Critical value	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	0,023	0,0006	0,0004	0,0003	0,0045
$t_{statistic}$	-0,722	0	-0,5770	-4	0,4472
	$\mu_{QX} - \mu_{UX}$	$\mu_{QX} - \mu_{BY}$	$\mu_{RX} - \mu_{UX}$	$\mu_{RX} - \mu_{BY}$	$\mu_{UX} - \mu_{BY}$
Critical value	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	0,0041	0,0041	0,0006	0,0006	0,0002
$t_{statistic}$	0,3123	-0,4685	-0,4082	-2,4495	-3,5355

 https://doi.org/10.24912/jmstkik.v4i1.6717

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Rasio Besi					
	$\mu_{OX} - \mu_{QX}$	$\mu_{OX} - \mu_{RX}$	$\mu_{OX} - \mu_{UX}$	$\mu_{OX} - \mu_{BY}$	$\mu_{QX} - \mu_{RX}$
Critical value	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	760,2885	783,2188	429,8763	463,9955	1.390,5495
$t_{statistic}$	-1,5524	-1,4915	-2,6086	-1,5540	0,0247
	$\mu_{QX} - \mu_{UX}$	$\mu_{QX} - \mu_{BY}$	$\mu_{RX} - \mu_{UX}$	$\mu_{RX} - \mu_{BY}$	$\mu_{UX} - \mu_{BY}$
Critical value	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	683,8645	752,1029	729,7250	797,9635	91,2785
$t_{statistic}$	-0,3736	0,2946	-0,3957	0,2535	1,8683
Rasio Beton x Rasio Besi					
	$\mu_{OX} - \mu_{QX}$	$\mu_{OX} - \mu_{RX}$	$\mu_{OX} - \mu_{UX}$	$\mu_{OX} - \mu_{BY}$	$\mu_{QX} - \mu_{RX}$
Critical value	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 2,7765	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	41,1872	138,1642	43,2198	39,1676	209,1719
$t_{statistic}$	-3,0659	-1,3232	3,4127	-4,0170	0,2468
	$\mu_{QX} - \mu_{UX}$	$\mu_{QX} - \mu_{BY}$	$\mu_{RX} - \mu_{UX}$	$\mu_{RX} - \mu_{BY}$	$\mu_{UX} - \mu_{BY}$
Critical value	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027	± 4.3027
Varian gabungan (S_p^2)	19,2830	11,1787	213,2372	205,1328	15,2439
$t_{statistic}$	-0,5443	-1,4147	-0,4081	-0,5795	-0,5993

Berdasarkan tabel 6 dan 7, adanya bukti signifikan tentang persamaan antara rata-rata dua sampel. Nilai rasio struktur antar konsultan memiliki nilai yang sama.

Analisis Pengaruh Jumlah Lantai Terhadap Rasio Struktur

Pada analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya pengaruh jumlah lantai terhadap nilai rasio struktur. Jumlah lantai pada analisis ini dibagi menjadi 2 yaitu lantai ≤ 8 dan lantai 8. Ketentuan ini mengikuti Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2005 yaitu untuk bangunan tingkat rendah dan tinggi adalah bangunan dengan jumlah lantainya sama dengan atau lebih kecil dari 8 lantai, sedangkan bangunan yang lebih besar dari 8 lantai termasuk kedalam bangunan tingkat tinggi. Pada penelitian ini, rasio struktur pada tahun > 2012 tidak dapat dianalisis karena semua data termasuk kedalam bangunan tingkat tinggi. Hasil analisis pada tahun ≤ 2012 dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian perbedaan rata-rata dua sampel rasio struktur berdasarkan jumlah lantai
Sumber tabel : Penulis, 2019

	Rasio Beton	Rasio Besi	Rasio Beton x Rasio Besi
	$\mu_{apartemen} - \mu_{hotel}$	$\mu_{apartemen} - \mu_{kantor}$	$\mu_{hotel} - \mu_{kantor}$
Critical value	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)	0,0009	0,0017	0,0022
$t_{statistic}$	1,6865	0,5110	-0,8260
Critical value	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)	720,7611	697,1511	538,8847
$t_{statistic}$	-0,5239	0,5920	1,0310
Critical value	± 2,3060	± 2,1199	± 2,2281
Varian gabungan (S_p^2)	133,5063	154,6184	151,2483
$t_{statistic}$	0,3952	0,7070	0,059

Dari hasil analisis pengujian perbedaan rata-rata dua sampel, jumlah lantai tidak berpengaruh terhadap nilai rasio beton. Namun jumlah lantai berpengaruh terhadap nilai rasio besi dan

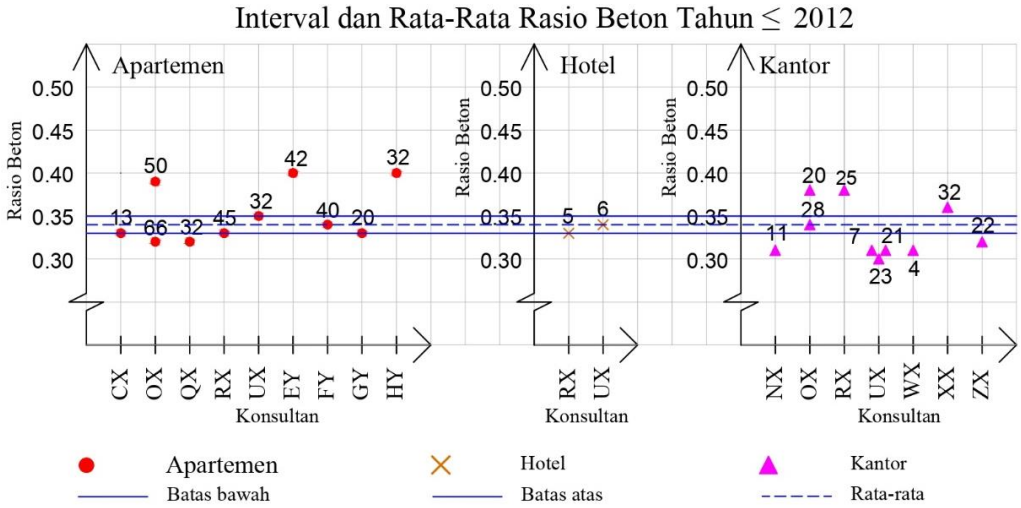
perkalian antara rasio beton dengan rasio besi. Hal tersebut dibuktikan dari nilai $t_{statistik}$ berada di luar dari nilai *critical value* pada hasil analisis pada tabel 8.

Analisis Mencari Interval dan Rata-Rata Rasio Struktur Berdasarkan Tahun Peraturan Gempa-Fungsi Bangunan-Konsultan Struktur

Pada tahap ini akan dilakukan analisis untuk mencari nilai interval dan rata-rata dari rasio struktur dengan menggunakan *confidence interval estimate* dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa rasio struktur memiliki nilai rata-rata yang hampir sama, sehingga untuk mencari interval dan rata-rata rasio struktur semua data fungsi bangunan yaitu apartemen, hotel dan kantor digabungkan.

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Beton Tahun ≤ 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton pada tahun ≤ 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Interval dan rata-rata rasio beton tahun ≤ 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

Dari gambar 2, diperoleh nilai batas bawah pada rasio beton tahun ≤ 2012 adalah sebesar 0,33 m^3/m^2 dan batas atas sebesar 0,35 m^3/m^2. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata rasio beton yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 9.

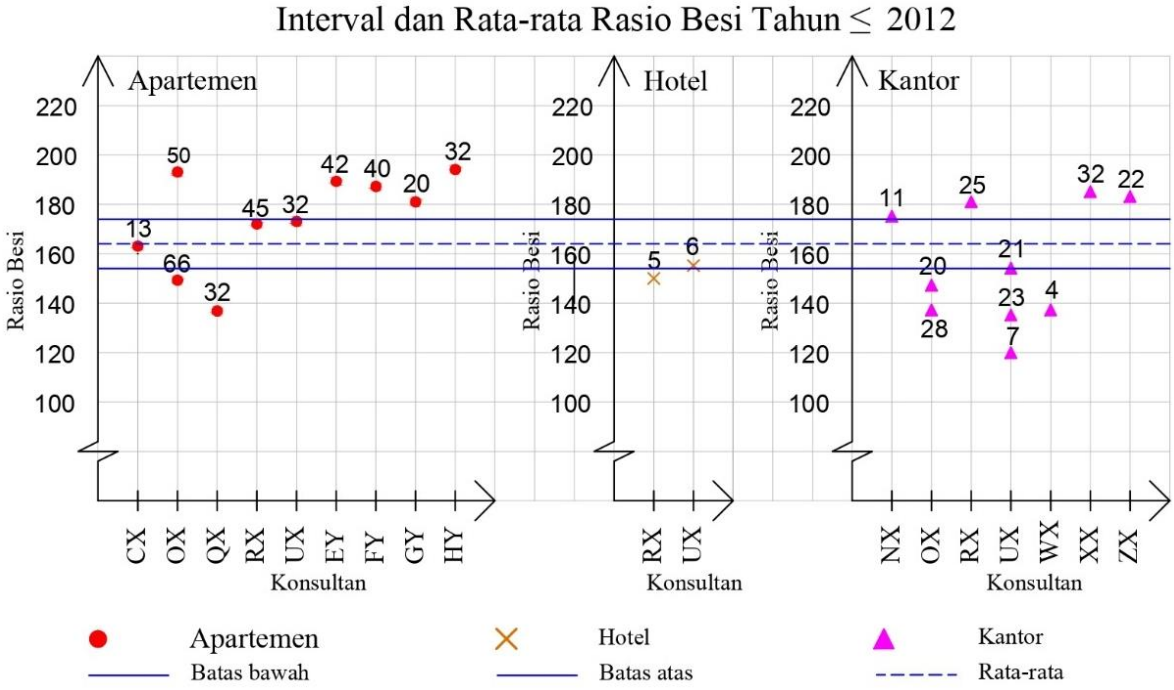
Tabel 9. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton tahun ≤ 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	0,33 m^3/m^2	0,35 m^3/m^2	0,34 m^3/m^2

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Besi Tahun ≤ 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio besi pada tahun ≤ 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 3.

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)



Gambar 3. Interval dan rata-rata rasio besi tahun ≤ 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

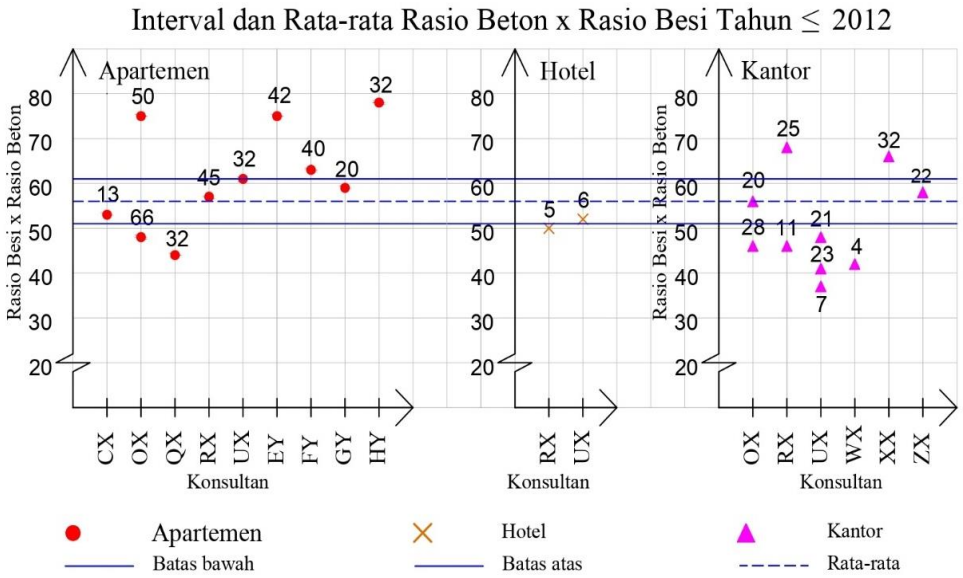
Dari gambar 3, diperoleh nilai batas bawah pada rasio besi tahun ≤ 2012 adalah sebesar 153,90 kg/m^3 dan batas atas sebesar 173,53 kg/m^3. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata rasio besi yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio besi tahun ≤ 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	153,90 kg/m^3	173,53 kg/m^3	163,72 kg/m^3

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Beton x Rasio Besi Tahun ≤ 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata perkalian antara rasio beton dengan rasio besi pada tahun ≤ 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Interval dan rata-rata rasio beton x rasio besi tahun ≤ 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

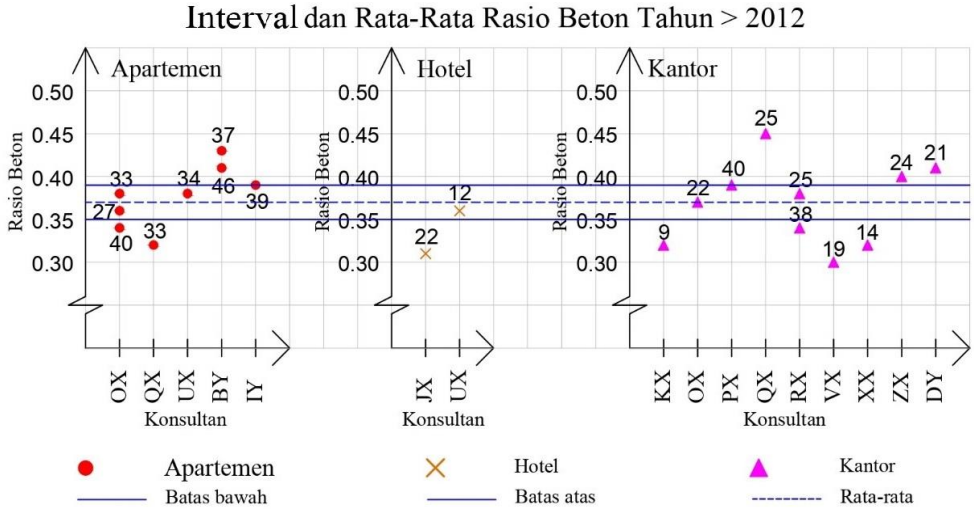
Dari gambar 4, diperoleh nilai batas bawah pada perkalian antara rasio beton dengan rasio besi tahun ≤ 2012 adalah sebesar 51,04 kg/m^2 dan batas atas sebesar 61,24 kg/m^2. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata perkalian antara rasio beton dengan rasio besi yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton x rasio besi tahun ≤ 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	51,04 kg/m^2	61,24 kg/m^2	56,14 kg/m^2

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Beton Tahun > 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton pada tahun > 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Interval dan rata-rata rasio beton tahun > 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

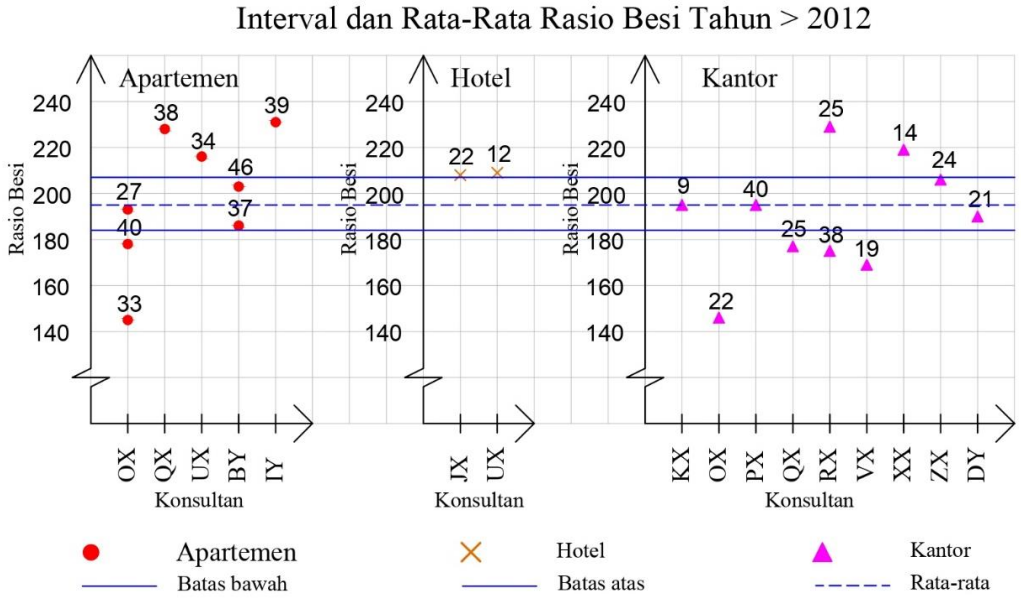
Dari gambar 5, diperoleh nilai batas bawah pada rasio besi tahun > 2012 adalah sebesar 0,35 m^3/m^2 dan batas atas sebesar 0,39 m^3/m^2. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata rasio beton yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton tahun > 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	0,35 m^3/m^2	0,39 m^3/m^2	0,37 m^3/m^2

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Besi Tahun > 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio besi pada tahun > 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Interval dan rata-rata rasio besi tahun > 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

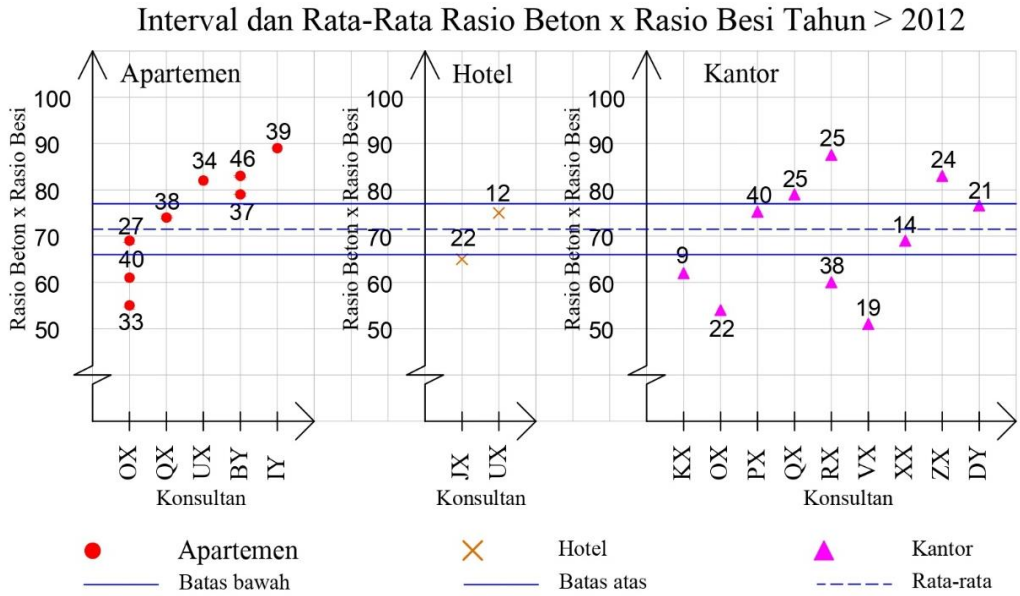
Dari gambar 6, diperoleh nilai batas bawah pada rasio besi tahun > 2012 adalah sebesar 183,54 kg/m^3 dan batas atas sebesar 206,89 kg/m^3. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata rasio besi yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio besi tahun > 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	183,54 kg/m^3	206,89 kg/m^3	195,22 kg/m^3

Analisis Interval dan Rata-Rata Rasio Beton x Rasio Besi Tahun > 2012

Grafik mengenai batas bawah, batas atas dan rata-rata perkalian antara rasio beton dengan rasio besi pada tahun > 2012 untuk fungsi bangunan apartemen, hotel dan kantor dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Interval dan rata-rata rasio beton x rasio besi tahun > 2012
Sumber gambar : Penulis, 2019

Dari gambar 7, diperoleh nilai batas bawah pada perkalian antara rasio beton dengan rasio besi tahun > 2012 adalah sebesar 66,31 kg/m^2 dan batas atas sebesar 77,27 kg/m^2. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata rasio yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai batas atas, batas bawah dan rata-rata perkalian antara rasio beton dengan rasio besi yang sesungguhnya. Nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Batas bawah, batas atas dan rata-rata rasio beton x rasio besi tahun > 2012
Sumber tabel : Penulis, 2019

Fungsi Bangunan	Batas Bawah	Batas Atas	Rata-rata
Apartemen, Hotel dan Kantor	66,31 kg/m^2	77,27 kg/m^2	71,79 kg/m^2

Analisis Perbandingan Rasio Berdasarkan Tahun Peraturan Gempa

Pada tahap ini akan dilakukan analisis untuk mencari perbandingan nilai rasio struktur berdasarkan tahun peraturan gempa dengan mencari persentase kenakan nilai rasio struktur. Kenaikan nilai tersebut diperoleh dengan membandingan nilai rata-rata rasio struktur pada tahun ≤ 2012 dan tahun > 2012. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Hasil analisis perbandingan rasio struktur berdasarkan tahun peraturan gempa
Sumber tabel : Penulis, 2019

Rasio Struktur	Rata-rata Tahun ≤ 2012	Rata-rata Tahun > 2012	Persentase Kenaikan
Rasio beton	0,34 m^3/m^2	0,37 m^3/m^2	8,8 %
Rasio besi	163,72 kg/m^3	195,22 kg/m^3	19,2 %
Rasio beton x rasio besi	56,14 kg/m^2	71,79 kg/m^2	27,9 %

Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi dilakukan untuk mencari hubungan antara variabel-variabel yang sering dijadikan acuan dalam menentukan rasio stuktur. Dalam penelitian ini, rasio struktur akan menjadi variabel y sedangkan luas bangunan, jumlah lantai, fungsi bangunan, konsultan struktur dan tahun peraturan gempa menjadi variabel x. Metode regresi yang digunakan adalah regresi linier berganda dan menggunakan metode *stepwise*. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 16.

ISSN 2579-6402 (Versi Cetak)
ISSN-L 2579-6410 (Versi Elektronik)

Tabel 16. Hasil analisis regresi linear berganda
Sumber tabel : Penulis, 2019

Varibel Terikat	Variabel Bebas	*Adjusted R square*
Rasio beton	Luas bangunan	0,263
Rasio besi	Tahun peraturan gempa	0,854
Rasio beton x rasio besi	Tahun peraturan gempa, konsultan struktur, jumlah lantai	0,529

Berdasarkan tabel 16, tidak diperoleh persamaan regresi pada rasio beton dan pada perkalian antara rasio beton dengan rasio besi karena nilai *adjusted r square* yang terlalu kecil. Pada rasio besi juga tidak diperoleh persamaan regresi, hal ini disebabkan karena persamaan regresi hanya memperhitungkan tahun peraturan gempa.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis untuk mencari interval dan rata-rata diperoleh nilai sebagai berikut :

a. Hasil analisis rasio struktur berdasarkan pengelompokan pertama pada tahun ≤ 2012 dan tahun > 2012 memiliki nilai yang sama.
b. Pada penelitian ini jumlah lantai tidak berpengaruh terhadap nilai rasio beton, namun jumlah lantai berpengaruh terhadap nilai rasio besi dan nilai perkalian antara rasio beton dengan rasio besi.
c. Hasil analisis rasio struktur berdasarkan pengelompokan kedua pada tahun ≤ 2012 dan tahun > 2012 memiliki nilai yang sama.
d. Dari hasil analisis untuk mencari interval dan rata-rata diperoleh nilai sebagai berikut :
   i. Rasio beton pada tahun ≤ 2012
      Batas bawah rasio beton sebesar 0,33 m^3/m^2, batas atas sebesar 0,35 m^3/m^2 dan rata-rata sebesar 0,34 m^3/m^2
   ii. Rasio besi pada tahun ≤ 2012
      Batas bawah rasio besi sebesar 153,90 kg/m^3, batas atas sebesar 173,53 kg/m^3 dan rata-rata sebesar 163,72 kg/m^3.
   iii. Perkalian antara rasio beton dengan rasio besi pada tahun ≤ 2012
      Batas bawah pada perkalian antara rasio beton sebesar 51,04 kg/m^2, batas atas sebesar 61,24 kg/m^2 dan rata-rata sebesar 56,14 kg/m^2.
   iv. Rasio beton pada tahun > 2012
      Batas bawah rasio beton sebesar 0,35 m^3/m^2, batas atas sebesar 0,39 m^3/m^2dan rata-rata sebesar 0,37 m^3/m^2.
   v. Rasio besi pada tahun > 2012
      Batas bawah rasio besi sebesar 183,54 kg/m^3, batas atas sebesar 206,89 kg/m^3 dan rata-rata sebesar 195,22 kg/m^3.
   vi. Perkalian antara rasio beton dengan rasio besi pada tahun > 2012
      Batas bawah rasio besi sebesar 66,31 kg/m^2, batas atas sebesar 77,27 kg/m^2 dan rata-rata sebesar 71,79 kg/m^2.
e. Tidak diperoleh persamaan regresi pada penelitian ini.

Saran

a. Memerlukan data rasio struktur yang lebih banyak sehingga dapat memberikan hasil interval dan analisis regresi yang lebih akurat
b. Memerlukan data dari fungsi bangunan yang lain untuk penelitian selanjutnya.

c. Penggunaan penelitian ini sebaiknya perlu dipertimbangkan karena keterbatasan data yang ada. Penelitian ini memberikan arahan mengenai cara mengetahui rasio antar fungsi bangunan dan antar konsultan serta mencari interval rasio struktur.

REFERENSI

AACE. (2015). *Skills and knowledge of cost engineering 6th Edition*. AACE Education Fund, Morgantown.

Agresti, A., dan Finlay, B. (1997). *Statistical methods for the social sciences 3th Ed*. Prentice Hall, United States of America.

Diamant, L., dan Roy, T. (1990). *Construction cost estimates*. John Wiley & Sons, Inc, United States of America.

Hardie, G. M. (1986). *Construction estimating techniques*. Prentice Hall, United States of America.

Johnson, R.A, dan Bhattacharyyya, G.K. (2009). *Statistics principles and method 6th edition*. John Wiley and Sons, United Sates of America.

Martino, M. (2016). *Penentuan rasio struktur bangunan untuk estimasi awal biaya konstruksi*. Universitas Tarumanagara, Jakarta.

Pemerintah Indonesia. (2005). *Peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 36 tahun 2005 tentang peraturan pelaksanaan undang-undang nomor 28 tahun 2008 tentang bangunan gedung*. Sekretariat Negara, Jakarta

Project Management Institute, Inc. (2013). *A guide to the project management body of knowledge*. Project Management Institute, United States of America.

SNI 03-1726-2002. (2002). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

SNI 1726:2012. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.