

**TINJAUAN STANDART KESTABILAN TOWER NG STANDAR 30 METER
TERHADAP BEBAN GEMPA DINAMIS DENGAN BERBAGAI SITUS KELAS
TANAH SESUAI SNI 1726-2012**

(Study kasus Tower NG Standart 30 m, Kabupaten Jember)

Sigid Bayu Sudarmaji¹, Muhtar², Pujo Priyono³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email: sigid.bayu@gmail.com

Abstract

The development of world telecommunications is growing very rapidly occur today, requires the telecommunications provider to provide a means of expanding the reach of mobile phone signal and internet signal in the form of 2G, 3G and 4G. With it the necessary means of supporting specialized tower BTS (Base Transceiver Station) to carry the antenna at a certain height.

In planning the establishment of the BTS tower. The load effect in the form of self weight live load and wind load. But necessary review of the value of the Twist, Sway, and Displacement due to earthquake loads that occur with a variety of site classes of the soil in the form of rock soil, hard soil, medium soil and soft soil in accordance with SNI 1726-2012.

Keywords : BTS Tower, value of Twist, Sway, and Displacement, SNI 1726-2012

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia telekomunikasi yang berkembang sangat pesat terjadi dewasa ini, menuntut para provider telekomunikasi untuk berlomba-lomba merebut hati banyak para konsumen. Salah satu wujud untuk merebut hati para konsumen adalah dengan perluasan jangkauan sinyal telepon seluler dan sinyal internet dalam bentuk 2G, 3G dan 4G. Keberadaan sinyal telepon dan sinyal internet yang kuat dikarenakan adanya antenna pemancar sinyal ataupun antenna penerima sinyal diwilayah jangkauan area tersebut. Antenna Ini akan berfungsi dengan jangkauan yang sesuai dengan kapasitasnya, apabila antenna tersebut terletak diketinggian tertentu. Untuk mensiasati keberadaan antenna yang harus dipasang dalam ketinggian tertentu, mengharuskan pembangunan tower BTS (Base Transceiver Station). BTS adalah bagian dari network element GSM yang berhubungan langsung dengan Mobile Station (MS). Beban yang mempengaruhi Tower BTS adalah beban tower itu sendiri, beban hidup dan beban angin karena pengaruh perbandingan ketinggian dan lebar struktur yang sangat besar. Namun pada pengaplikasian di lapangan dimana penempatan tower BTS yang dilakukan di seluruh wilayah Indonesia dengan situs kelas tanan yang benareka ragam maka perlunya di analisa akibat beban gempa yang terjadi. Sehingga kita bisa menganalisa berapa besar nilai *Displacement* yang terjadi saat gempa agar tidak melebihi nilai yang diijinkan. Sehingga dapat ditentukan rumusan masalah Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap nilai *Twist*, *Sway*, dan *Displacement* yang terjadi pada struktur tower BTS, Bagaimana pengaruh situs kelas tanah yang beraneka ragam terhadap nilai *Twist*, *Sway*, dan *Displacement* yang terjadi pada struktur tower BTS saat terjadi gempa dan Berapa besar pengaruh *Displacement* pada arah x,y,z yang terjadi akibat beban gempa.

2. METODE PENELITIAN

Data Umum

Perencanaan struktur baja dan konstruksi tower, antara lain :

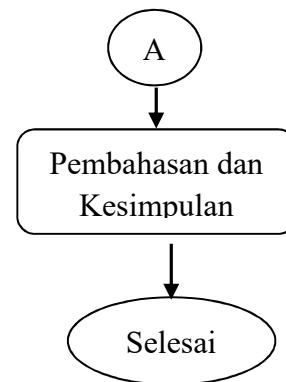
1. EIA-222F "Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure."
2. American Institute of Steel Construction (AISC).
3. American Society For Testing And Materials (ASTM).
4. The fabrication and materials of the tower will be according to the relevant Indonesian Standard and/or Japanese Industrial Standard.
5. American Concrete Institute (ACI 318RM-99)
6. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
7. *Aplikasi Sap 2000 V.14, MS tover V6.02*

Perancangan Struktur Atas

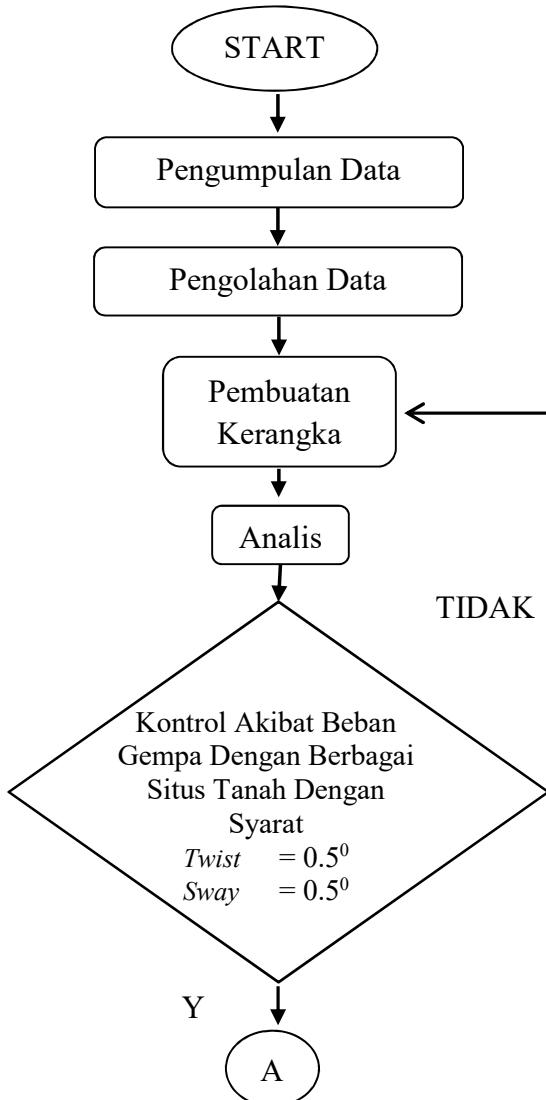
Data – data yang diperlukan, berupa :

1. Tinggi Menara : 30.00 meter
2. Material
 - a. Angle & Plate Fy 245, Fu 400
 - b. Bolt Fy 600, Fu 800
 - c. Anchor Fy 245, Fu 400
3. Elevasi Tower : 0.0 meter Above Ground Level
4. Kecepatan Angin Maksimum (V). Dalam desain struktur menara, angin dasar (mil tercepat) kecepatan diambil: $V = 120 \text{ km/jam} = 33.33 \text{ m/detik}$.
5. Kecepatan Angin Operasional (V) Untuk analisis Pemindahan, kecepatan angin dasar (mil tercepat) diambil: $V = 84 \text{ km/jam} = 23.33 \text{ m/detik}$.
 $\text{Twist / puntiran} = 0.5^\circ$
 $\text{Sway / goyangan} = 0.5^\circ$
 $\text{Displacement / Perpindahan} = H/200$

6. Beban Antenna
 - a. Satu Ring Mounting Antena Disk Diameter (-) pada elevasi ± 28 m.
 - b. Sembilan Sectoral Antena Disk Diameter 2.5 m pada elevasi ± 28 m.
 - c. Sembilan Antenna RRU pada elevasi ± 25.0 m.
 - d. Enam Antenna Microwave pada elevasi ± 24.0 m.
 - e. pada elevasi ± 24.0 m.



Flowchart Tahap Perencanaan



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

1. Tinggi Menara : 30.00 meter
2. Material
 - a. Angle & Plate Fy 245, Fu 400
 - b. Bolt Fy 600, Fu 800
 - c. Anchor Fy 245, Fu 400
3. Elevasi Tower : 0.0 meter Above Ground Level
4. Dimensi Profil Menggunakan Baja Siku Sama Kaki

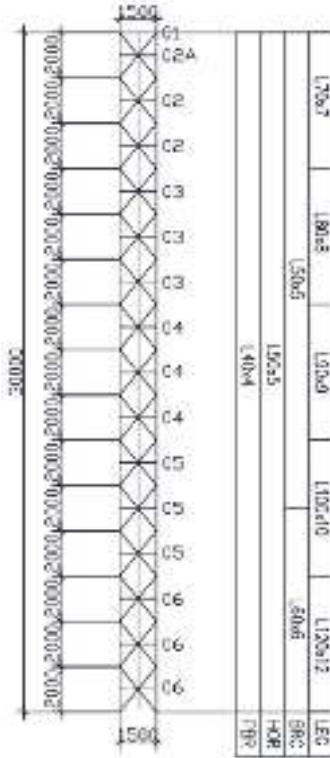
Tabel 1 Profil Baja Siku Sama Kaki

No	Lebar	Panjang	Bentuk	Kode (mm)
1	100	1000	L	J2
2	100	1000	L	J3
3	100	1000	L	J4
4	100	1000	L	J5
5	100	1000	L	J6
6	100	1000	L	J7
7	100	1000	L	J8
8	100	1000	L	J9
9	100	1000	L	J10
10	100	1000	L	J11
11	100	1000	L	J12

5. Beban Antenna
 - a. Satu Ring Mounting Antena Disk Diameter (-), berat 2.5 kg pada elevasi ± 28 m.
 - b. Sembilan Sectoral Antena Disk Diameter 2.5 m, berat 40 kg pada elevasi ± 28 m.
 - c. Sembilan Antenna RRU Disk Diameter(-), berat 25 kg pada elevasi ± 25.0 m.
 - d. Enam Antenna Microwave Disk Diameter (0.6), berat 30 kg pada elevasi. ± 24.0 m.

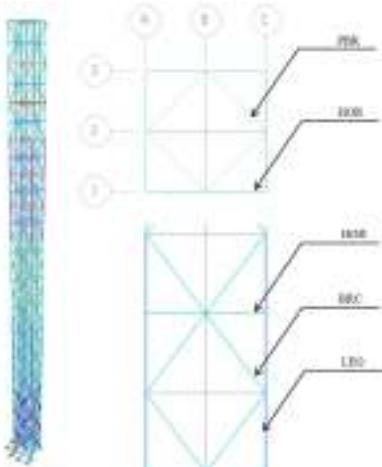
Pemodelan Struktur

- Penempatan profil profil baja siku sama kaki pada struktur tower.



Gambar 1 Pemodelan Struktur Tower

- Pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 V.14



Gambar 2 Pemodelan Struktur Tower Pada Sap 2000V.14

Penempatan Beban Antena

Tabel 2 Penempatan Beban Antena

No	Elew. II	Dik.	Adress	Ket.
1	200	2.5	100001	Ring Mounting
2	300	4.5	100002	Sectoral
3	350	5.0	100003	Sectoral
4	350	10.0	100004	Sectoral
5	350	15.0	100005	Sectoral
6	350	20.0	100006	Sectoral
7	350	25.0	100007	Sectoral
8	350	30.0	100008	Sectoral
9	350	35.0	100009	Sectoral
10	350	40.0	100010	Sectoral
11	350	45.0	100011	Sectoral
12	350	50.0	100012	Sectoral
13	350	55.0	100013	Sectoral
14	350	60.0	100014	Sectoral
15	350	65.0	100015	Sectoral
16	350	70.0	100016	Sectoral
17	350	75.0	100017	Sectoral
18	350	80.0	100018	Sectoral
19	350	85.0	100019	Sectoral
20	350	90.0	100020	Sectoral
21	350	95.0	100021	Sectoral
22	350	100.0	100022	Sectoral
23	350	105.0	100023	Sectoral
24	350	110.0	100024	Sectoral
25	350	115.0	100025	Sectoral
26	350	120.0	100026	Sectoral
27	350	125.0	100027	Sectoral
28	350	130.0	100028	Sectoral
29	350	135.0	100029	Sectoral
30	350	140.0	100030	Sectoral
31	350	145.0	100031	Sectoral
32	350	150.0	100032	Sectoral
33	350	155.0	100033	Sectoral
34	350	160.0	100034	Sectoral
35	350	165.0	100035	Sectoral
36	350	170.0	100036	Sectoral
37	350	175.0	100037	Sectoral
38	350	180.0	100038	Sectoral
39	350	185.0	100039	Sectoral
40	350	190.0	100040	Sectoral
41	350	195.0	100041	Sectoral
42	350	200.0	100042	Sectoral
43	350	205.0	100043	Sectoral
44	350	210.0	100044	Sectoral
45	350	215.0	100045	Sectoral
46	350	220.0	100046	Sectoral
47	350	225.0	100047	Sectoral
48	350	230.0	100048	Sectoral
49	350	235.0	100049	Sectoral
50	350	240.0	100050	Sectoral
51	350	245.0	100051	Sectoral
52	350	250.0	100052	Sectoral
53	350	255.0	100053	Sectoral
54	350	260.0	100054	Sectoral
55	350	265.0	100055	Sectoral
56	350	270.0	100056	Sectoral
57	350	275.0	100057	Sectoral
58	350	280.0	100058	Sectoral
59	350	285.0	100059	Sectoral
60	350	290.0	100060	Sectoral
61	350	295.0	100061	Sectoral
62	350	300.0	100062	Sectoral
63	350	305.0	100063	Sectoral
64	350	310.0	100064	Sectoral
65	350	315.0	100065	Sectoral
66	350	320.0	100066	Sectoral
67	350	325.0	100067	Sectoral
68	350	330.0	100068	Sectoral
69	350	335.0	100069	Sectoral
70	350	340.0	100070	Sectoral
71	350	345.0	100071	Sectoral
72	350	350.0	100072	Sectoral
73	350	355.0	100073	Sectoral
74	350	360.0	100074	Sectoral
75	350	365.0	100075	Sectoral
76	350	370.0	100076	Sectoral
77	350	375.0	100077	Sectoral
78	350	380.0	100078	Sectoral
79	350	385.0	100079	Sectoral
80	350	390.0	100080	Sectoral
81	350	395.0	100081	Sectoral
82	350	400.0	100082	Sectoral
83	350	405.0	100083	Sectoral
84	350	410.0	100084	Sectoral
85	350	415.0	100085	Sectoral
86	350	420.0	100086	Sectoral
87	350	425.0	100087	Sectoral
88	350	430.0	100088	Sectoral
89	350	435.0	100089	Sectoral
90	350	440.0	100090	Sectoral
91	350	445.0	100091	Sectoral
92	350	450.0	100092	Sectoral
93	350	455.0	100093	Sectoral
94	350	460.0	100094	Sectoral
95	350	465.0	100095	Sectoral
96	350	470.0	100096	Sectoral
97	350	475.0	100097	Sectoral
98	350	480.0	100098	Sectoral
99	350	485.0	100099	Sectoral
100	350	490.0	100100	Sectoral
101	350	495.0	100101	Sectoral
102	350	500.0	100102	Sectoral
103	350	505.0	100103	Sectoral
104	350	510.0	100104	Sectoral
105	350	515.0	100105	Sectoral
106	350	520.0	100106	Sectoral
107	350	525.0	100107	Sectoral
108	350	530.0	100108	Sectoral
109	350	535.0	100109	Sectoral
110	350	540.0	100110	Sectoral
111	350	545.0	100111	Sectoral
112	350	550.0	100112	Sectoral
113	350	555.0	100113	Sectoral
114	350	560.0	100114	Sectoral
115	350	565.0	100115	Sectoral
116	350	570.0	100116	Sectoral
117	350	575.0	100117	Sectoral
118	350	580.0	100118	Sectoral
119	350	585.0	100119	Sectoral
120	350	590.0	100120	Sectoral
121	350	595.0	100121	Sectoral
122	350	600.0	100122	Sectoral
123	350	605.0	100123	Sectoral
124	350	610.0	100124	Sectoral
125	350	615.0	100125	Sectoral
126	350	620.0	100126	Sectoral
127	350	625.0	100127	Sectoral
128	350	630.0	100128	Sectoral
129	350	635.0	100129	Sectoral
130	350	640.0	100130	Sectoral
131	350	645.0	100131	Sectoral
132	350	650.0	100132	Sectoral
133	350	655.0	100133	Sectoral
134	350	660.0	100134	Sectoral
135	350	665.0	100135	Sectoral
136	350	670.0	100136	Sectoral
137	350	675.0	100137	Sectoral
138	350	680.0	100138	Sectoral
139	350	685.0	100139	Sectoral
140	350	690.0	100140	Sectoral
141	350	695.0	100141	Sectoral
142	350	700.0	100142	Sectoral
143	350	705.0	100143	Sectoral
144	350	710.0	100144	Sectoral
145	350	715.0	100145	Sectoral
146	350	720.0	100146	Sectoral
147	350	725.0	100147	Sectoral
148	350	730.0	100148	Sectoral
149	350	735.0	100149	Sectoral
150	350	740.0	100150	Sectoral
151	350	745.0	100151	Sectoral
152	350	750.0	100152	Sectoral
153	350	755.0	100153	Sectoral
154	350	760.0	100154	Sectoral
155	350	765.0	100155	Sectoral
156	350	770.0	100156	Sectoral
157	350	775.0	100157	Sectoral
158	350	780.0	100158	Sectoral
159	350	785.0	100159	Sectoral
160	350	790.0	100160	Sectoral
161	350	795.0	100161	Sectoral
162	350	800.0	100162	Sectoral
163	350	805.0	100163	Sectoral
164	350	810.0	100164	Sectoral
165	350	815.0	100165	Sectoral
166	350	820.0	100166	Sectoral
167	350	825.0	100167	Sectoral
168	350	830.0	100168	Sectoral
169	350	835.0	100169	Sectoral
170	350	840.0	100170	Sectoral
171	350	845.0	100171	Sectoral
172	350	850.0	100172	Sectoral
173	350	855.0	100173	Sectoral
174	350	860.0	100174	Sectoral
175	350	865.0	100175	Sectoral
176	350	870.0	100176	Sectoral
177	350	875.0	100177	Sectoral
178	350	880.0	100178	Sectoral
179	350	885.0	100179	Sectoral
180	350	890.0	100180	Sectoral
181	350	895.0	100181	Sectoral
182	350	900.0	100182	Sectoral
183	350	905.0	100183	Sectoral
184	350	910.0	100184	Sectoral
185	350	915.0	100185	Sectoral
186	350	920.0	100186	Sectoral
187	350	925.0	100187	Sectoral
188	350	930.0	100188	Sectoral
189	350	935.0	100189	Sectoral
190	350	940.0	100190	Sectoral
191	350	945.0	100191	Sectoral
192	350	950.0	100192	Sectoral
193	350	955.0	100193	Sectoral
194	350	960.0	100194	Sectoral
195	350	965.0	100195	Sectoral
196	350	970.0	100196	Sectoral
197	350	975.0	100197	Sectoral
198	350	980.0	100198	Sectoral
199	350	985.0	100199	Sectoral
200	350	990.0	100200	Sectoral
201	350	995.0	100201	Sectoral
202	350	1000.0	100202	Sectoral
203	350	1005.0	100203	Sectoral
204	350	1010.0	100204	Sectoral
205	350	1015.0	100205	Sectoral
206	350	1020.0	100206	Sectoral
207	350	1025.0	100207	Sectoral
208	350	1030.0	100208	Sectoral
209	350	1035.0	100209	Sectoral
210	350	1040.0	100210	Sectoral
211	350	1045.0	100211	Sectoral
212	350	1050.0	100212	Sectoral
213	350	1055.0	100213	Sectoral
214	350	1060.0	100214	Sectoral
215	350	1065.0	100215	Sectoral
216	350	1070.0	100216	Sectoral
217	350	1075.0	100217	Sectoral
218	350	1080.0	100218	Sectoral
219	350	1085.0	100219	Sectoral
220	350	1090.0	100220	Sectoral
221	350	1095.0	100221	Sectoral
222	350	1100.0	100	

4. Beban Angin

- a. Kecepatan Angin Maksimum (V) Dalam desain struktur menara, angin dasar (mil tercepat) kecepatan diambil : $V = 120 \text{ km/jam} = 33.33 \text{ m/sec}$

$$\text{Tekanan angina } p = \frac{V^2}{16}$$

$$V = 33.33 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{33.33^2}{16} \text{ kg/m}^2 = 69.3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak rangka} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Sudut} = 0^\circ$$

$$\text{Tekanan angin (w)} = 69.3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koefisien angin tekan untuk rangka (c1)} = 1.6$$

$$\text{Maka } W_1 = c_1 \cdot w \cdot 0,3$$

$$= 1.6 \times 69.3 \times 1.6 = 33.3 \text{ kg/m}$$

- b. Kecepatan Angin Operasional (V). Untuk analisis Pemindahan, kecepatan angin dasar (mil tercepat) diambil : $V = 84 \text{ km/jam} = 23.33 \text{ m/detik}$ Tekanan angin $p = \frac{V^2}{16}$

$$V = 23.33 \text{ m/s} \quad P = \frac{23.33^2}{16} \text{ kg/m}^2$$

$$= 34 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Jarak rangka} = 1.5$$

$$m \text{ Sudut} = 0^\circ$$

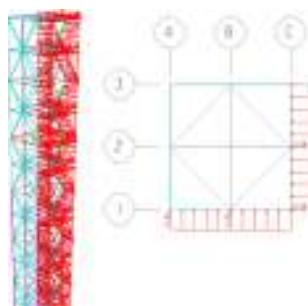
$$\text{Tekanan angin (w)} = 34 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koefisien angin tekan untuk rangka (c1)} = 1.6$$

$$\text{Maka } W_1 = c_1 \cdot w \cdot 0,3$$

$$= 1.6 \times 34 \times 0.3 = 16.3 \text{ kg/m}$$

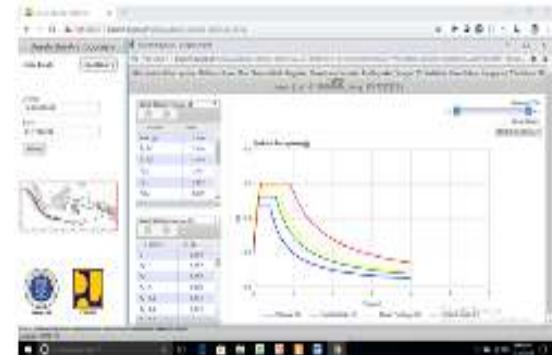
Imput beban angin pada arah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$



Gambar 4 Pembebanan Angin Pada Sudut 315° .

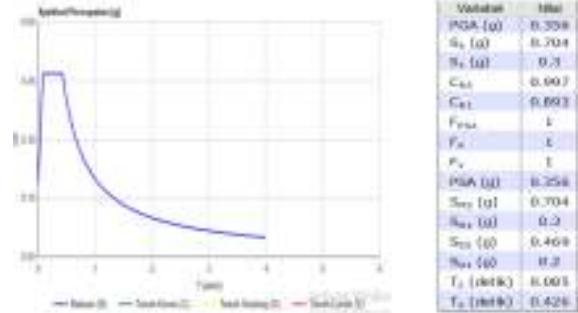
Beban Gempa

Beban Gempa menggunakan Nilai Spektra Gempa pada wilayah Kabupaten Jember dapat diketahui dengan menggunakan web site http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dengan Koordinat Kabupaten Jember = $8^\circ 10' 8''S$ $113^\circ 42' 8''E$. Hasil Analisa Desain Spektra sebagai berikut.

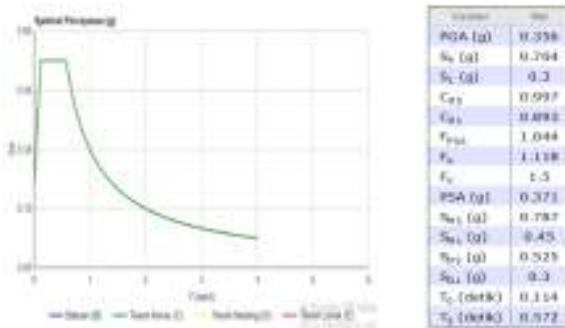


Gambar 5 Desain Spektra Kabupaten Jember

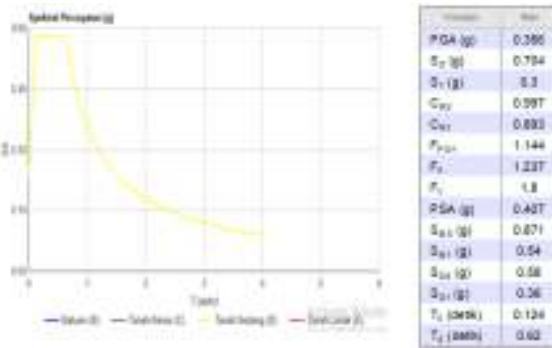
Dari hasil analisa diatas dapat diketahui berbagai situs kelas tanah yang ada sebagai berikut.



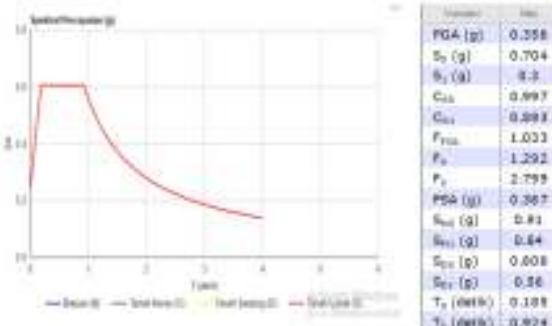
Gambar 6 Jenis Tanah : Batuan



Gambar 7 Jenis Tanah : Keras



Gambar 8 Jenis Tanah : Sedang



Gambar 9 Jenis Tanah : Lunak

Kombinasi Pembebatan

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2D + 1,0E + L
 - a. 1,2D + 1,0E (Tanah batuan)+ L
 - b. 1,2D + 1,0E (Tanah keras) + L

c. 1,2D + 1,0E (Tanah sedang)+ L

d. 1,2D + 1,0E (Tanah lunak) + L

6. 0,9D + 1,0W

7. 0,9D + 1,0E

Dimana :

D = Pengaruh dari beban mati.

L = Pengaruh beban hidup

Lr = Pengaruh beban hidup tambahan

R = Beban air hujan

W = Beban angina

E = Pengaruh beban gempa

Hasil Analisa Struktur Menggunakan SAP 2000 V.14

1. Hasil Analisa Twist yang terjadi pada tower



Gambar 10 Twist Yang Terjadi Pada Tower

Tabel 3 Twist Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Batuan

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	R1	R2	R3	R1	R2	R3	Kontrol
Text	Text	Radians	Radians	Radians	degree	degree	degree	<0.5'
1	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.558E-09	0.0024	0.0111	0.000003	Ok
2	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.558E-09	0.0024	0.0111	0.000003	Ok
3	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	2.097E-08	0.0024	0.0111	0.000012	Ok
4	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	2.097E-08	0.0024	0.0111	0.000012	Ok
829	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.734E-08	0.0024	0.0111	0.000027	Ok
835	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.734E-08	0.0024	0.0111	0.000027	Ok
952	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.734E-08	0.0024	0.0111	0.000027	Ok
958	TANAH BATUAN	0.000042	0.000194	4.734E-08	0.0024	0.0111	0.000027	Ok

Tabel 4 Twist Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Keras

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 Radians	R2 Text	R2 Radians	R3 Text	R3 Radians	Kontrol
1	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	7.13E-09	0.0040	0.0130	0.0000004	Ok
2	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	7.13E-09	0.0040	0.0130	0.0000004	Ok
3	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	2.343E-08	0.0040	0.0130	0.0000013	Ok
4	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	2.343E-08	0.0040	0.0130	0.0000013	Ok
829	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	5.414E-08	0.0040	0.0130	0.0000031	Ok
835	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	5.414E-08	0.0040	0.0130	0.0000031	Ok
952	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	5.414E-08	0.0040	0.0130	0.0000031	Ok
958	TANAH KERAS	0.000069	0.000227	5.414E-08	0.0040	0.0130	0.0000031	Ok

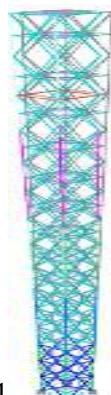
Tabel 5 Twist Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Sedang

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 Radians	R2 Text	R2 Radians	R3 Text	R3 Radians	Kontrol
1	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	7.803E-09	0.0044	0.0144	0.0000004	Ok
2	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	7.803E-09	0.0044	0.0144	0.0000004	Ok
3	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	2.564E-08	0.0044	0.0144	0.0000015	Ok
4	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	2.564E-08	0.0044	0.0144	0.0000015	Ok
829	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	5.927E-08	0.0044	0.0144	0.0000034	Ok
835	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	5.927E-08	0.0044	0.0144	0.0000034	Ok
952	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	5.927E-08	0.0044	0.0144	0.0000034	Ok
958	TANAH SEDANG	0.000076	0.000251	5.927E-08	0.0044	0.0144	0.0000034	Ok

Tabel 6 Twist Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Lunak

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 Radians	R2 Text	R2 Radians	R3 Text	R3 Radians	Kontrol
1	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	7.87E-09	0.0046	0.0150	0.0000005	Ok
2	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	7.87E-09	0.0046	0.0150	0.0000005	Ok
3	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	2.586E-08	0.0046	0.0150	0.0000015	Ok
4	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	2.586E-08	0.0046	0.0150	0.0000015	Ok
829	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	5.988E-08	0.0046	0.0150	0.0000034	Ok
835	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	5.988E-08	0.0046	0.0150	0.0000034	Ok
952	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	5.988E-08	0.0046	0.0150	0.0000034	Ok
958	TANAH LUNAK	0.00008	0.000262	5.988E-08	0.0046	0.0150	0.0000034	Ok

2. Hasil Analisa Sway yang terjadi pada tower



Gambar 11 Sway Yang Terjadi Pada Tower

Tabel 7 Sway Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Batu

TABLE: Joint Velocities - Absolute								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 rad/sec	R2 Text	R2 rad/sec	R3 Text	R3 rad/sec	Kontrol
1	TANAH BATUAN	0.000668	0.003072	2.772E-07	0.04	0.18	0.00	Ok
2	TANAH BATUAN	0.000668	0.003072	2.772E-07	0.04	0.18	0.00	Ok
3	TANAH BATUAN	0.000668	0.003072	0.000001275	0.04	0.18	0.00	Ok
4	TANAH BATUAN	0.000668	0.003072	0.000001275	0.04	0.18	0.00	Ok
829	TANAH BATUAN	0.00067	0.003082	0.00000277	0.04	0.18	0.00	Ok
835	TANAH BATUAN	0.00067	0.003082	0.00000277	0.04	0.18	0.00	Ok
952	TANAH BATUAN	0.00067	0.003082	0.00000277	0.04	0.18	0.00	Ok
958	TANAH BATUAN	0.00067	0.003082	0.00000277	0.04	0.18	0.00	Ok

Tabel 8 Sway Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Keras

TABLE: Joint Velocities - Absolute								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 rad/sec	R2 Text	R2 rad/sec	R3 Text	R3 rad/sec	Kontrol
1	TANAH KERAS	0.001069	0.003513	3.928E-07	0.06	0.20	0.00	Ok
2	TANAH KERAS	0.001069	0.003513	3.928E-07	0.06	0.20	0.00	Ok
3	TANAH KERAS	0.001069	0.003513	0.00000129	0.06	0.20	0.00	Ok
4	TANAH KERAS	0.001069	0.003513	0.000001291	0.06	0.20	0.00	Ok
829	TANAH KERAS	0.001072	0.00352	0.000002862	0.06	0.20	0.00	Ok
835	TANAH KERAS	0.001072	0.003523	0.000002862	0.06	0.20	0.00	Ok
952	TANAH KERAS	0.001072	0.003523	0.000002862	0.06	0.20	0.00	Ok
958	TANAH KERAS	0.001072	0.003523	0.000002862	0.06	0.20	0.00	Ok

Tabel 9 Sway Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Sedang

TABLE: Joint Velocities - Absolute								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 rad/sec	R2 Text	R2 rad/sec	R3 Text	R3 rad/sec	Kontrol
1	TANAH SEDANG	0.001175	0.003862	4.219E-07	0.07	0.22	0.00	Ok
2	TANAH SEDANG	0.001175	0.003862	4.219E-07	0.07	0.22	0.00	Ok
3	TANAH SEDANG	0.001175	0.003861	0.000001386	0.07	0.22	0.00	Ok
4	TANAH SEDANG	0.001175	0.003861	0.000001386	0.07	0.22	0.00	Ok
829	TANAH SEDANG	0.001179	0.003872	0.000003074	0.07	0.22	0.00	Ok
835	TANAH SEDANG	0.001179	0.003872	0.000003074	0.07	0.22	0.00	Ok
952	TANAH SEDANG	0.001179	0.003872	0.000003074	0.07	0.22	0.00	Ok
958	TANAH SEDANG	0.001179	0.003872	0.000003074	0.07	0.22	0.00	Ok

Tabel 10 Sway Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Lunak

TABLE: Joint Velocities - Absolute								
Joint	OutputCase	R1 Text	R1 rad/sec	R2 Text	R2 rad/sec	R3 Text	R3 rad/sec	Kontrol
1	TANAH LUNAK	0.001206	0.003962	3.914E-07	0.07	0.23	0.00	Ok
2	TANAH LUNAK	0.001206	0.003962	3.914E-07	0.07	0.23	0.00	Ok
3	TANAH LUNAK	0.001206	0.003961	0.000001286	0.07	0.23	0.00	Ok
4	TANAH LUNAK	0.001206	0.003961	0.000001286	0.07	0.23	0.00	Ok
829	TANAH LUNAK	0.001209	0.003972	0.000002848	0.07	0.23	0.00	Ok
835	TANAH LUNAK	0.001209	0.003972	0.000002848	0.07	0.23	0.00	Ok
952	TANAH LUNAK	0.001209	0.003972	0.000002848	0.07	0.23	0.00	Ok
958	TANAH LUNAK	0.001209	0.003972	0.000002848	0.07	0.23	0.00	Ok

3. Hasil analisa displacement yang terjadi pada tower



Gambar 12 Displacement Yang Terjadi Pada Tower

Tabel 11 Displacement Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Batuan

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	Kontrol
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	H/200
1	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.919099	0.851969	0.145126	OK
2	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.919099	0.851969	0.145126	OK
3	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.919058	0.851978	0.031549	OK
4	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.919058	0.851978	0.031549	OK
829	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.91903	0.851963	0.148499	OK
835	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.91903	0.851963	0.148499	OK
952	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.91903	0.851963	0.148499	OK
958	TANAH BATUAN	LinRespSpec	Max	3.91903	0.851963	0.148499	OK

Tabel 12 Displacement Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Keras

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	Kontrol
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	H/200
1	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601747	1.400517	0.170215	OK
2	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601747	1.400517	0.170215	OK
3	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601698	1.400532	0.051805	OK
4	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601698	1.400532	0.051805	OK
829	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601666	1.400507	0.177905	OK
835	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601666	1.400507	0.177905	OK
952	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601666	1.400507	0.177905	OK
958	TANAH KERAS	LinRespSpec	Max	4.601666	1.400507	0.177905	OK

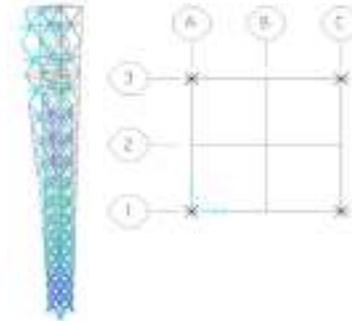
Tabel 13 Displacement Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Sedang

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	Kontrol	
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	H/200	
1	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.083739	1.547209	0.188005	OK	
2	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.083739	1.547209	0.188005	OK	
3	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.083686	1.547225	0.057219	OK	
4	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.083686	1.547225	0.057219	OK	
829	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.08365	1.547198	0.196499	OK	
835	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.08365	1.547198	0.196499	OK	
952	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.08365	1.547198	0.196499	OK	
958	TANAH SEDANG	LinRespSpec	Max	5.08365	1.547198	0.196499	OK	

Tabel 14 Displacement Yang Terjadi Pada Jenis Tanah Lunak

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	Kontrol	
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	H/200	
1	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311284	1.616461	0.196277	OK	
2	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311284	1.616461	0.196277	OK	
3	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311228	1.616478	0.059737	OK	
4	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311228	1.616478	0.059737	OK	
829	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311191	1.61645	0.205145	OK	
835	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311191	1.61645	0.205145	OK	
952	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311191	1.61645	0.205145	OK	
958	TANAH LUNAK	LinRespSpec	Max	5.311191	1.61645	0.205145	OK	

4. Hasil analisa Joint Reaction Pada Tower



Gambar 13 Titik Joint Reaction Pada Tower

Tabel 15 Nilai Joint Reaction Pada Jenis Tanah Batuan

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
762	TANAH BATUAN	25537.18	38141.21	525264.61	23333974.22	101017001.2	2585403.7
765	TANAH BATUAN	25537.18	38141.21	525264.61	23333974.31	101017001.1	2585403.7
885	TANAH BATUAN	25537.18	38141.21	525264.61	23333974.24	101017001.2	2585403.7
888	TANAH BATUAN	25537.18	38141.21	525264.61	23333974.28	101017001.1	2585403.7

Tabel 16 Nilai Joint Reaction Pada Jenis Tanah Keras

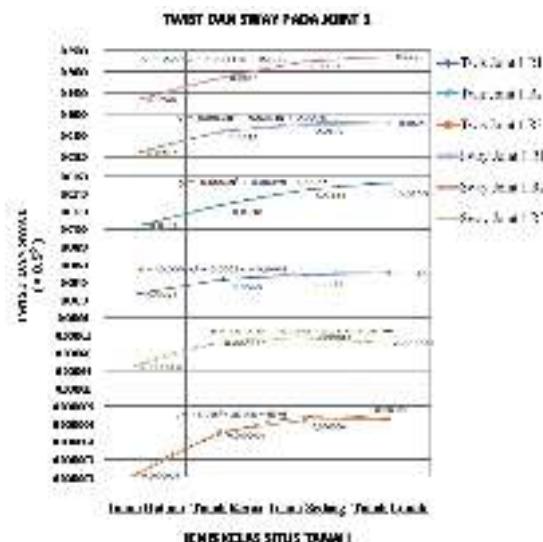
TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
762	TANAH KERAS	30754.63	45050.37	628425.3	37066191.18	117961974.6	3075998
765	TANAH KERAS	30754.63	45050.37	628425.3	37066191.26	117961974.6	3075998
885	TANAH KERAS	30754.63	45050.37	628425.3	37066191.2	117961974.7	3075998
888	TANAH KERAS	30754.63	45050.37	628425.3	37066191.23	117961974.6	3075998

Tabel 17 Nilai Joint Reaction Pada Jenis Tanah Sedang

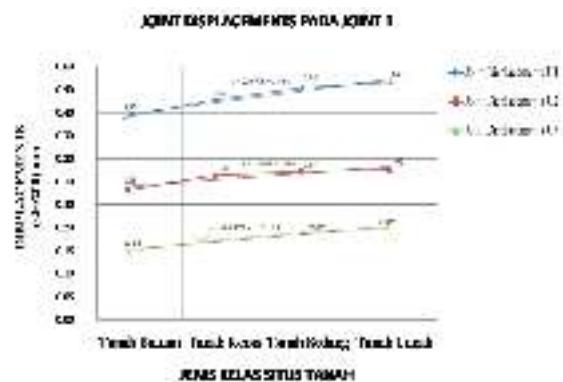
TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
762	TANAH SEDANG	33835.36	49740	693927.07	40907409.55	130180313.5	3393090.6
765	TANAH SEDANG	33835.36	49740.01	693927.07	40907409.64	130180313.4	3393090.6
885	TANAH SEDANG	33835.36	49740	693927.07	40907409.57	130180313.5	3393090.6
888	TANAH SEDANG	33835.36	49740.01	693927.07	40907409.61	130180313.4	3393090.6

Tabel 18 Nilai Joint Reaction Pada Jenis Tanah Lunak

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
762	TANAH LUNAK	34823.87	51858.75	723798.83	42585646.27	135497841.3	3526036.7
765	TANAH LUNAK	34823.87	51858.75	723798.83	42585646.37	135497841.2	3526036.7
885	TANAH LUNAK	34823.87	51858.75	723798.83	42585646.3	135497841.3	3526036.7
888	TANAH LUNAK	34823.87	51858.75	723798.83	42585646.34	135497841.2	3526036.7



Gambar 14 Grafik Hubungan Jenis Tanah Dan Twist & Sway



Gambar 15 Grafik Hubungan Jenis Tanah Dan Displacement

4. KESIMPULAN

- Dari hasil analisa di atas didapat kesimpulan sebagai berikut:
- Pengaruh beban gempa terhadap nilai *Twist*, *Sway*, dan *Displacement* yang terjadi pada struktur tower BTS tidak melebihi syarat yang ditentukan dimana nilai *Twist* dan *Sway* tidak melebihi **0.5°** dan untuk nilai *Displacement* tidak melebihi **H/200 (30000/200 = 150 mm)**.
 - Pengaruh beban gempa dengan beberapa situs kelas tanah yang berupa tanah batuan, tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak didapat nilai twist & sway sebagai berikut :
 - Semakin lunak kondisi tanah maka terjadi peningkatan nilai *Twist* pada struktur tower dimana nilai *Twist* tertinggi terjadi pada jenis tanah lunak pada arah Y sebesar 0.015° .
 - Semakin lunak kondisi tanah maka terjadi peningkatan nilai *Sway* pada struktur tower dimana nilai *Sway* tertinggi terjadi pada jenis tanah lunak pada arah Y sebesar 0.227° .
 - Pengaruh *Displacement* yang terjadi akibat beban gempa dimana :
 - Pada arah x terjadi peningkatan nilai *Displacement* dari jenis tanah batuan ke jenis tanah lunak dimana nilai *Displacement* tertinggi terjadi pada

- jenis tanah lunak sebesar 5.31mm
 $< H/200(30000/200=150 \text{ mm})$.
- b. Pada arah y terjadi peningkatan nilai *Displacement* dari jenis tanah batuan ke jenis tanah lunak dimana nilai *Displacement* tertinggi terjadi pada jenis tanah lunak sebesar 1.62 mm
 $< H/200(30000/200=150 \text{ mm})$.
 - c. Pada arah z terjadi peningkatan nilai *Displacement* dari jenis tanah batuan ke jenis tanah lunak dimana nilai *Displacement* tertinggi terjadi pada jenis tanah lunak sebesar 0.20 mm
 $< H/200 (30000/200 = 150 \text{ mm})$.
4. Hasil dari perhitungan pengaruh beban gempa terhadap nilai twist, sway (point 2) maupun displacement (point 3) yang terjadi pada struktur tower BTS masih dibawah/tidak melebihi syarat nilai yang ditentukan. Nilai puntiran, goyangan maupun perpindahan yang diakibatkan beban gempa tersebut dengan kondisional berbagai jenis tanah dikabupaten jember, masih **AMAN** dimana gaya - gaya yang ditimbulkan tidak berpengaruh pada struktur Tower BTS maupun antena yang terpasang.

5. REFERENSI

- [1] ANSI/TIA/EIA. 1996, Structural Standards for Steel Antenna Tower and Antenna Supporting Structure. U.S.A.
- [2] American Institute of Steel Construction (AISC). (2010), Specification for structural steel buildings, Chicago.
- [3] ASTM. 2014. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 05.06. American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012). Jakarta.
- [5] Gunawan, Rudi. 1987, Tabel Profil Konstruksi Baja, Kanisius, Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman - Kementerian Pekerjaan Umum. Aplikasi Desain Spectra Indonesia, PPMB-ITB