

PENGGANTIAN SLING PADA MENARA TELEKOMUNIKASI RANGKA BAJA YANG DISUPPORT OLEH GUY WIRE

oleh :

Budi Satiawan

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : budi.satiawan@umj.ac.id

Abstrak : Berdasarkan hasil inspeksi awal dari fasilitas menara telekomunikasi rangka baja yang disupport oleh guy wire dengan ketinggian 86m telah beroperasi selama lebih kurang 30 tahun di area Kalimantan Timur diketahui telah terjadi penurunan integritas material yaitu korosi pada elemen struktur tower. Internal study perusahaan yang telah dilakukan meliputi kajian terhadap laporan jasa konsultan terdahulu (2013) beserta pengukuran kondisi geometri tower terakhir serta hasil inspeksi korosi pada elemen struktur dari Menara telekomunikasi (2016) ditemukannya kondisi korosi pada sebagian besar elemen guy wire beserta aksesorisnya sehingga diperlukannya penggantian sling pada semua guy wire yang telah mengalami korosi sebanyak 21 set yang terdapat pada elevasi +70.9m hingga 80.3m dari menara telekomunikasi. Analisa engineering diperlukan untuk memutuskan langkah yang tepat untuk menentukan metode penggantian semua sling yang terkorosi dimana langkah kerja ini akan tertuang di dalam dokumen metode kerja saat eksekusi (Special Working Procedure) sehingga resiko kegagalan struktur saat dilakukan pekerjaan penggantian sling dapat dimitigasi.

Kata Kunci : tower telekomunikasi rangka baja, sling, guy wire, korosi, analisa engineering

Abstract : Based on the results of preliminary inspections of steel truss telecommunication tower facilities supported by guy wire with a height of 86m which has been operating for more than 30 years at East Kalimantan area, it is known that there has been a decrease in material integrity by corrosion on tower structure elements. The internal studies that have been carried out include a review of the previous consultant report (2013) along with measurements of the latest condition of the tower geometry as well as the results of corrosion inspections on the structural elements of the telecommunication tower (2016) was found corrosion conditions on most guy wire elements and their accessories so there were needed slings replacement on all guy wires that have corroded as many as 21 sets found at the elevation +70.9 m to 80.3m of telecommunication towers. Engineering analysis is needed to decide on the right step to determine the method of replacing all corroded slings in which the working steps will be specified in the Special Working Procedure document so the risk of structural failure when sling replacement work is mitigated.

Keywords: steel truss telecommunication tower, slings, guy wire, corrosion, engineering analysis

Pendahuluan

Pada tahun 2016, dari bagian Communication Dept. suatu perusahaan energi yang berada di area Kalimantan Timur meminta team *engineering* untuk melakukan perbaikan terhadap menara telekomunikasi yang saat itu masih beroperasi karena telah ditemukan kondisi

dimana telah terjadi penurunan *integrity* dari struktur menara telekomunikasi yang disupport oleh *guy wire*. Permintaan ini didasari dari data konsultan yang pernah dilakukan pada tahun 2013 dan evaluasi dari tim *Engineering Authority* internal perusahaan yang dilakukan pada tahun 2016.

Berdasarkan informasi yang diperoleh bahwa tower ini telah mengalami modifikasi strukutur, dimana pembangunan dilakukan pada tahun 1983 dengan ketinggian awal 70.9 m (section-1) dan kemudian pada tahun 2004 telah dilakukan modifikasi dimana ketinggian tower ditambah sehingga menjadi 80.3 m (section-2).

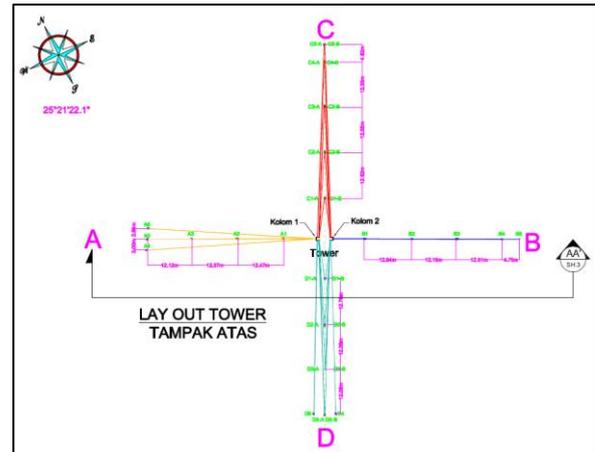


Gambar 1. Sitting Layout Menara Telekomunikasi

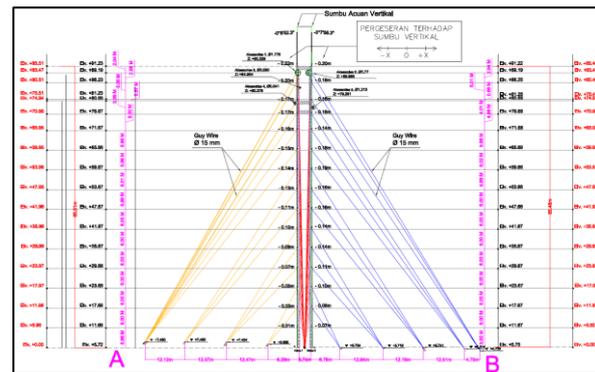


Gambar 2. Tampak Menara Telekomunikasi

Untuk penggantian semua material *guy wire* yang telah mengalami korosi perlu dilakukan perencanaan metoda kerja yang matang sehingga dapat memitigasi resiko kegagalan yang dapat terjadi pada struktur menara tersebut saat pekerjaan dilakukan.



Gambar 3. Layout Menara Telekomunikasi



Gambar 4. Potongan A-A Menara telekomunikasi

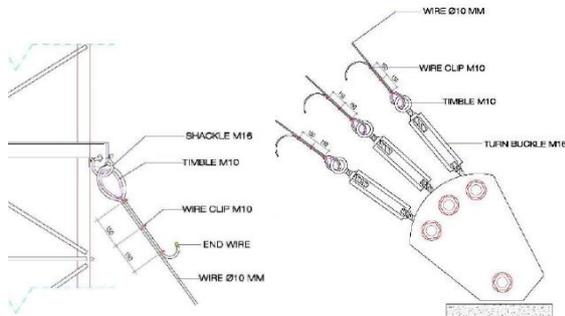
Tinjauan Pustaka

Berdasarkan hasil evaluasi dari team *Engineering Authority* internal perusahaan yang telah dilakukan dengan mengevaluasi semua data yang telah dikumpulkan diantaranya berasal dari Laporan jasa konsultan terdahulu (tahun 2013), gambar *As built* untuk menara telekomunikasi, laporan hasil pengukuran kondisi ketegakan dan puntir dari menara telekomunikasi serta hasil inspeksi kondisi material pada menara telekomunikasi yang diukur pada tahun 2016 dapat diperoleh beberapa rekomendasi yang sifatnya kritikal diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Semua element *guy wire* yang terkoneksi pada section-2 dari menara telekomunikasi tidak sesuai dengan

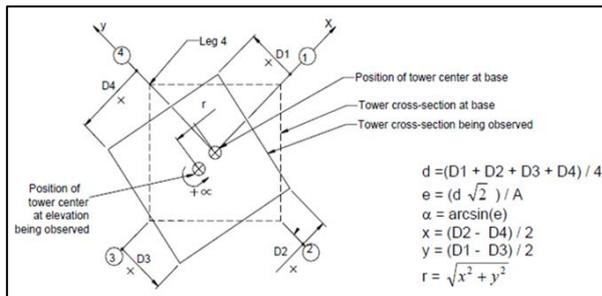
rekomendasi material yang disarankan oleh TIA-222-G-2005.

- Kondisi guy wire yang terhubung pada tower section- 2 telah mengalami korosi berat, pergantian harus dilakukan secepatnya termasuk dengan aksesoris dari sling (shackle, wire clip, timble dan Turn buckle).



Gambar 5. Guy Wire & Aksesoris

Perhitungan besaran puntir (*twist*) dan ketegakan (*plumb*) yang terjadi dari geometri menara telekomunikasi dengan bentuk kotak dilakukan berdasarkan rujukan dari TIA-222-G-2005 (gambar 6).



Gambar 6. Perhitungan *twist* dan *plumb* - TIA-222-G-2005

Berdasarkan perhitungan untuk besaran dari kondisi puntir dan ketegakan dari geometri tower sisi-1 dan tower sisi-2 maka akan tersaji seperti pada tabel-1 dan tabel-2 berikut.

Tabel 1. Besaran puntir dan ketegakan tower sisi-1

SIGHTED ELEV	OBSERVED LEG DISPLACEMENTS					CALCULATED TWIST			OUT OF PLUMB		
	A	D1	D2	D3	D4	d	e	α	x	y	r
ft [m]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]			in [mm]	in [mm]	in [mm]
17.70	670.00	0.00	-52.12	0.00	50.09	-0.51	0.00	0.00	-51.11	0.00	51.11
23.69	670.00	0.00	-46.37	0.00	47.62	0.31	0.00	0.00	-47.00	0.00	47.00
29.70	670.00	0.00	-61.19	0.00	60.96	-0.06	0.00	0.00	-61.08	0.00	61.08
35.69	670.00	0.00	-75.97	0.00	77.62	0.41	0.00	0.00	-76.80	0.00	76.80
41.69	670.00	0.00	-72.97	0.00	93.17	5.05	0.01	0.01	-83.07	0.00	83.07
47.69	670.00	0.00	-101.82	0.00	102.16	0.09	0.00	0.00	-101.99	0.00	101.99
53.68	670.00	0.00	-145.42	0.00	126.49	-4.73	-0.01	-0.01	-135.96	0.00	135.96
59.69	670.00	0.00	-159.58	0.00	141.42	-4.54	0.01	-0.01	-150.50	0.00	150.50
65.68	670.00	0.00	-165.04	0.00	142.20	-5.71	-0.01	-0.01	-153.62	0.00	153.62
71.68	670.00	0.00	-141.70	0.00	143.40	0.43	0.00	0.00	-142.55	0.00	142.55
76.68	670.00	0.00	-175.86	0.00	165.89	-2.49	-0.01	-0.01	-170.88	0.00	170.88
80.68	670.00	0.00	-195.73	0.00	164.87	-7.72	-0.02	-0.02	-180.30	0.00	180.30
86.25	670.00	0.00	-206.53	0.00	186.08	-5.11	-0.01	-0.01	-196.31	0.00	196.31
91.23	670.00	0.00	-220.32	0.00	204.17	-4.04	-0.01	-0.01	-212.25	0.00	212.25

Tabel 2. Besaran puntir dan ketegakan tower sisi-2

SIGHTED ELEV	OBSERVED LEG DISPLACEMENTS					CALCULATED TWIST			OUT OF PLUMB		
	A	D1	D2	D3	D4	d	e	α	x	y	r
ft [m]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]	in [mm]			in [mm]	in [mm]	in [mm]
17.70	614.64	0.00	-42.20	0.00	28.00	-3.55	-0.01	-0.01	-35.10	0.00	35.10
23.70	623.45	0.00	-60.03	0.00	57.45	-0.65	0.00	0.00	-58.74	0.00	58.74
29.71	635.55	0.00	-71.28	0.00	76.32	1.26	0.00	0.00	-73.80	0.00	73.80
35.69	551.09	0.00	-88.48	0.00	23.85	-16.16	-0.04	-0.04	-86.17	0.00	86.17
41.70	617.45	0.00	-101.21	0.00	95.76	-1.36	0.00	0.00	-98.49	0.00	98.49
47.70	622.62	0.00	-128.38	0.00	114.99	-3.35	-0.01	-0.01	-121.69	0.00	121.69
53.69	636.09	0.00	-148.49	0.00	130.29	-4.55	-0.01	-0.01	-139.39	0.00	139.39
59.69	620.79	0.00	-159.06	0.00	144.64	-3.61	-0.01	-0.01	-151.85	0.00	151.85
65.70	635.81	0.00	-155.27	0.00	144.90	-2.59	-0.01	-0.01	-150.09	0.00	150.09
71.69	678.48	0.00	-160.96	0.00	154.27	-1.67	0.00	0.00	-157.62	0.00	157.62
76.68	680.89	0.00	-168.07	0.00	172.75	1.17	0.00	0.00	-170.41	0.00	170.41
80.69	681.01	0.00	-172.81	0.00	178.31	1.38	0.00	0.00	-175.56	0.00	175.56
86.27	675.50	0.00	-198.57	0.00	193.79	-1.20	0.00	0.00	-196.18	0.00	196.18
91.24	686.09	0.00	-212.94	0.00	218.84	1.48	0.00	0.00	-215.89	0.00	215.89

Batasan ijin dari puntir dan ketegakan berdasarkan TIA-222-G-2005 adalah sebagai berikut:

- Batasan maximum puntir yang diijinkan pada tiap ketinggian 10ft (3m) adalah 0.5 dan pada total ketinggian struktur adalah 5°.
- Batasan nilai *plumb* untuk tower dengan ketinggian, H=83.5 m adalah 0.25% x 83.5 = 208 mm

Sehingga dengan mempertimbangkan kondisi puntir dan ketegakan tower serta lama masa pakai tower selama beroperasi serta tidak adanya data *historical* tower saat masa pembangunan maka diputuskan secara geometri dari tower masih dapat dipertahankan.

Jenis kabel guy wire yang direkomendasikan oleh TIA-222-G-2005 untuk material kabel adalah tipe *galvanized steel guy strand* sehingga material awal kabel pada *section-2* yang mengalami korosi yang awalnya berupa tipe *wire rope* akan diganti sesuai rekomendasi tersebut.

TIA-222-G-2005 memberikan rekomendasi untuk besarnya gaya tarikan awal (*initial*

tension) pada *guy wire* sebesar 7% hingga 15% dari *breaking strength* yang dikeluarkan dari pabrikan kabel (*strand*) tersebut. Sesuai rekomendasi tersebut maka akan dilakukan penyesuaian dimensi sling berdasarkan besaran initial tension yang aman yang akan digunakan sebagai pengganti sling yang mengalami korosi.

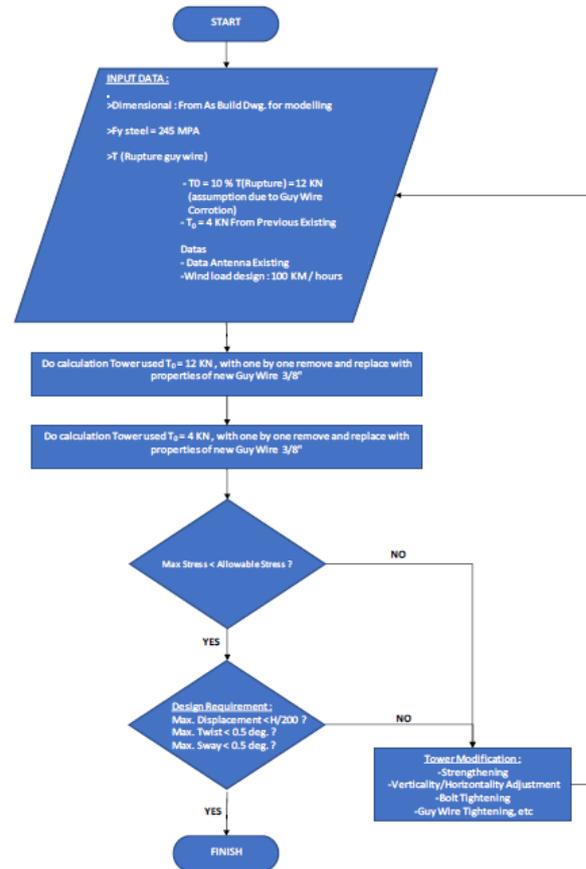
Metodologi Penelitian

Dalam melakukan simulasi tahap penggantian sling maka untuk perhitungan analisa struktur dan analisa desain akan menggunakan software MSTower. Untuk perhitungan analisa desain akan digunakan peraturan TIA/EIA 222F dan *American Institute of Steel Construction Inc. "Allowable Stress Design"* AISC-ASD 1993. Kriteria desain yang digunakan sesuai dengan persyaratan desain TIA/EIA 222F adalah sebagai berikut:

- Defleksi = $H/200 = 427.35$ mm
- Twist : 0.5 derajat
- Sway : 0.5 derajat

Pembebanan yang bekerja meliputi beban vertikal, beban antena, beban angin (100km/jam untuk analisa tegangan batang, support reaction dan pondasi, 70km/jam untuk perhitungan *twist*, *sway* dan *displacement*).

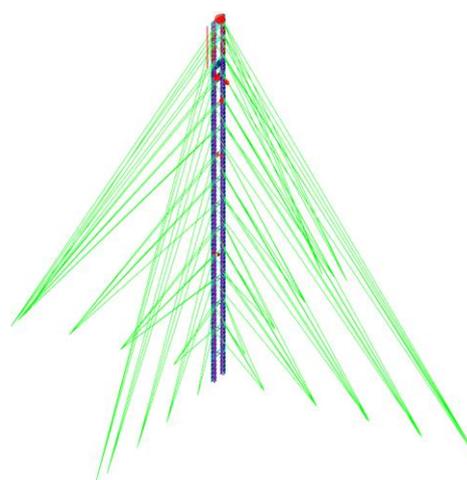
Prosedur analisis tower dilakukan dengan melakukan simulasi sesuai metode penggantian yang akan dilaksanakan di lapangan, yaitu dengan melepas *guy wire* satu persatu secara bergantian dan diganti dengan yang baru. Langkah-langkah proses perhitungan untuk simulasi penggantian *guy wire* ini dapat dilihat pada *Flow Chart Analisis Tower* berikut :



Gambar 7. Flow Chart Simulasi

Analisis Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan program MSTower.



Gambar 8. Pemodelan Struktur Menara Tower

Berdasarkan simulasi dari setiap langkah pekerjaan pelepasan dan pemasangan guy wire dapat diperoleh keluaran perhitungan berupa besaran rasio tegangan maksimum yang terjadi serta respon deformasi struktur (*plumb, twist dan sway*) seperti pada tabel-3 dan tabel-4. Kondisi dimana telah terjadi kejadian putusnya guy wire nomor D4-1 ikut dimodelkan sebagai tahap yang dipertimbangkan dalam langkah kerja dalam pemodelan simulasi struktur.

Tabel 3. Tabulasi hasil perhitungan program struktur

No	Aktifitas / Deskripsi	Desain Pre-tension Kabel (ton)	Tegangan batang			Kecepatan Angin diijinkan (1000m/jam)						Simp (in) H/200
			Teg. Maks	Teg. Min	U/C	Simpangan arah X (mm)			Simpangan arah Y (mm)			
						U/C	node	Simp. Maks (X)	U/C	node	Simp. Maks (Y)	
1	Kondisi Aktual saat sling putus di D4-1	0	0,84	1,0	1000	1	22	1180	22	87,3	425	
2	Instal Sling D4-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,84	1,0	1000	22	22	1180	22	79	425	
3	Lepas Sling A4-3	0,53	0,81	1,0	1120	1	12,7	1180	1	72	425	
4	Instal Sling A4-3, dia 3/8" EHS	0,69	0,81	1,0	1000	18	18,4	1180	1	76,1	425	
5	Lepas Sling A4-3	0,612	0,84	1,0	1120	8	19,2	1180	1	76,1	425	
6	Instal Sling A4-3, dia 3/8" EHS	0,69	0,84	1,0	1000	22	18,4	1180	1	76,1	425	
7	Lepas Sling A4-2	0,526	0,82	1,0	1120	1	29	1180	1	72,7	425	
8	Instal Sling A4-2, dia 3/8" EHS	0,69	0,84	1,0	1000	22	25,5	1180	22	73,5	425	
9	Lepas Sling A4-2	0,505	0,82	1,0	1120	1	27	1180	1	72,5	425	
10	Instal Sling A4-2, dia 3/8" EHS	0,69	0,84	1,0	1120	1	12,9	1180	1	76,2	425	
11	Lepas Sling A4-1	0,64	0,89	1,0	1120	1	24	1180	1	79	425	
12	Instal Sling A4-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,84	1,0	1120	1	12,9	1180	1	76,2	425	
13	Lepas Sling A4-1	0,505	0,83	1,0	1120	22	18,5	1180	1	75,5	425	
14	Instal Sling A4-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,83	1,0	1120	22	18,5	1180	1	74,6	425	
15	Lepas Sling B5-1	0,412	0,89	1,0	1200	1	26,6	1180	1	73,9	425	
16	Instal Sling B5-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,83	1,0	1200	1	11,7	1180	1	74,7	425	
17	Lepas Sling B5-2	0,344	0,89	1,0	1200	1	28,8	1180	1	74,2	425	
18	Instal Sling B5-2, dia 3/8" EHS	0,69	0,83	1,0	1200	1	18	1180	1	79	425	
19	Lepas Sling B5-1	0,388	0,82	1,0	1200	1	48,2	1180	1	74,5	425	
20	Instal Sling B5-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,83	1,0	1200	1	18,4	1180	1	74,6	425	
21	Lepas Sling C5-A3	1,413	0,79	1,0	1000	22	34,7	1180	22	35	425	
22	Instal Sling C5-A3, dia 3/8" EHS	0,69	0,81	1,0	1000	22	14,5	1180	22	33,6	425	
23	Lepas Sling C5-B3	1,267	0,83	1,0	1000	22	35,5	1120	22	36,1	425	
24	Instal Sling C5-B3, dia 3/8" EHS	0,69	0,81	1,0	1000	1	18	1180	22	29	425	
25	Lepas Sling C5-B2	0,926	0,79	1,0	1000	1	47,2	1180	22	34,4	425	
26	Instal Sling C5-B2, dia 3/8" EHS	0,69	0,79	1,0	1000	1	15,6	1180	1	17	425	
27	Lepas Sling C5-A2	0,77	1,0	1000	22	18	1200	1	42	425		
28	Instal Sling C5-A2, dia 3/8" EHS	0,69	0,79	1,0	1000	1	34,1	1060	22	40	425	
29	Lepas Sling C5-A1	0,555	0,76	1,0	1000	22	15,1	1060	1	32	425	
30	Instal Sling C5-A1, dia 3/8" EHS	0,69	0,78	1,0	1000	12	18	1060	1	71	425	
31	Lepas Sling C5-B1	1,265	0,77	1,0	1000	1	15,1	1060	22	39,5	425	
32	Instal Sling C5-B1, dia 3/8" EHS	0,69	0,77	1,0	1000	1	18	1060	1	29	425	
33	Lepas Sling D6-3	1,421	0,76	1,0	1000	1	33	1060	22	34	425	
34	Instal Sling D6-3, dia 3/8" EHS	0,69	0,77	1,0	1000	1	18	1060	1	22	425	
35	Lepas Sling D4-3	1,478	0,78	1,0	1000	22	37	1060	22	48	425	
36	Instal Sling D4-3, dia 3/8" EHS	0,69	0,77	1,0	1000	22	36	1060	1	36	425	
37	Lepas Sling D4-2	1,167	0,78	1,0	1000	22	38	1180	22	38	425	
38	Instal Sling D4-2, dia 3/8" EHS	0,69	0,78	1,0	1000	22	38	1180	22	38	425	
39	Lepas Sling D6-2	1,32	0,79	1,0	1000	22	32,9	1180	1	63,1	425	
40	Instal Sling D6-2, dia 3/8" EHS	0,69	0,77	1,0	1000	22	18,1	1180	22	60,3	425	
41	Lepas Sling D6-1	1,223	0,75	1,0	1000	1	13,8	1200	1	60,8	425	
42	Instal Sling D6-1, dia 3/8" EHS	0,69	0,77	1,0	1000	1	13,5	1200	1	46,8	425	

Tabel 4. Tabulasi hasil perhitungan program struktur

No	Aktifitas / Deskripsi	Desain Pre-tension Kabel (ton)	Kecepatan Angin diijinkan (84km/jam)			Kecepatan Angin diijinkan (84km/jam)			Status
			Twist, rotation about vert. axis (°)			Sway, rotation about horizontal axis (°)			
			Antena	Puntir Maks.	Puntir Min	Antena	Puntir Maks.	Puntir Min	
1	Kondisi Aktual saat sling putus di D4-1	0	MW1	0,1409	0,5	MW1	0,2634	0,5	OK
2	Instal Sling D4-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,04	0,5	MW2	0,249	0,5	OK
3	Lepas Sling A4-3	0,53	MW1	0,0063	0,5	MW3	0,26	0,5	OK
4	Instal Sling A4-3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0373	0,5	MW1	0,2482	0,5	OK
5	Lepas Sling A4-3	0,612	MW1	0,0373	0,5	MW1	0,2297	0,5	OK
6	Instal Sling A4-3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0379	0,5	MW1	0,2428	0,5	OK
7	Lepas Sling A4-2	0,526	MW1	0,0336	0,5	MW1	0,2402	0,5	OK
8	Instal Sling A4-2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0303	0,5	MW3	0,2486	0,5	OK
9	Lepas Sling A4-2	0,505	MW1	0,0323	0,5	MW1	0,2405	0,5	OK
10	Instal Sling A4-2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,032	0,5	MW1	0,2288	0,5	OK
11	Lepas Sling A4-1	0,64	MW1	0,0095	0,5	MW1	0,2463	0,5	OK
12	Instal Sling A4-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0385	0,5	MW1	0,2484	0,5	OK
13	Lepas Sling A4-1	0,505	MW1	0,0312	0,5	MW1	0,2451	0,5	OK
14	Instal Sling A4-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0346	0,5	MW1	0,2435	0,5	OK
15	Lepas Sling B5-1	0,412	MW1	0,0461	0,5	MW1	0,2439	0,5	OK
16	Instal Sling B5-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0272	0,5	MW1	0,2497	0,5	OK
17	Lepas Sling B5-2	0,344	MW1	0,0461	0,5	MW1	0,242	0,5	OK
18	Instal Sling B5-2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,031	0,5	MW1	0,245	0,5	OK
19	Lepas Sling B5-1	0,388	MW1	0,0472	0,5	MW2	0,244	0,5	OK
20	Instal Sling B5-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,042	0,5	MW2	0,245	0,5	OK
21	Lepas Sling C5-A3	1,413	MW1	0,0072	0,5	MW1	0,2497	0,5	OK
22	Instal Sling C5-A3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,18	0,5	MW2	0,24	0,5	OK
23	Lepas Sling C5-B3	1,267	MW1	0,0215	0,5	MW1	0,244	0,5	OK
24	Instal Sling C5-B3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,035	0,5	MW2	0,165	0,5	OK
25	Lepas Sling C5-B2	0,926	MW1	0,17	0,5	MW1	0,25	0,5	OK
26	Instal Sling C5-B2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,17	0,5	MW1	0,21	0,5	OK
27	Lepas Sling C5-A2	0,77	MW1	0,21	0,5	MW1	0,23	0,5	OK
28	Instal Sling C5-A2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,031	0,5	MW1	0,23	0,5	OK
29	Lepas Sling C5-A1	0,555	MW1	0,201	0,5	MW1	0,238	0,5	OK
30	Instal Sling C5-A1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,14	0,5	MW1	0,27	0,5	OK
31	Lepas Sling C5-B1	1,265	MW1	0,148	0,5	MW1	0,21	0,5	OK
32	Instal Sling C5-B1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,032	0,5	MW1	0,235	0,5	OK
33	Lepas Sling D6-3	1,421	MW1	0,209	0,5	MW1	0,21	0,5	OK
34	Instal Sling D6-3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,125	0,5	MW1	0,235	0,5	OK
35	Lepas Sling D4-3	1,478	MW1	0,22	0,5	MW1	0,164	0,5	OK
36	Instal Sling D4-3, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,052	0,5	MW1	0,12	0,5	OK
37	Lepas Sling D4-2	1,167	MW1	0,373	0,5	MW1	0,178	0,5	OK
38	Instal Sling D4-2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,162	0,5	MW1	0,12	0,5	OK
39	Lepas Sling D6-2	1,32	MW1	0,1428	0,5	MW1	0,226	0,5	OK
40	Instal Sling D6-2, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0683	0,5	MW1	0,1633	0,5	OK
41	Lepas Sling D6-1	1,223	MW1	0,141	0,5	MW1	0,1495	0,5	OK
42	Instal Sling D6-1, dia 3/8" EHS	0,69	MW1	0,0658	0,5	MW1	0,173	0,5	OK

Berdasarkan dari hasil simulasi studi yang telah dilakukan maka dapat diperoleh secara berurutan tahapan untuk melepaskan dan pemasangan sling sesuai urutan analisis dan

simulasi secara berurutan dengan aman adalah sebagai berikut:

- Pada Titik A: A4-1, A4-2, A4-3, A6-1, A6-2, A63
- Pada Titik B: B5-1, B5-2, B5-3
- Pada Titik C: C5-A1, C5B1, C5-A2, C5-B2, C5-A3, C5-B3, D6-1, D4-1, D6-2, D4-2, D6-3, D4-3

Dari hasil analisis saat simulasi pergantian sling (tahap demi tahap) dengan total sebanyak 21 sling diperoleh kondisi kritis sebagai berikut:

- Tegangan maksimum pada member tower sebesar 0,84 lebih rendah dari tegangan ijin maksimum (1,00)
- Twist maksimum sebesar 0,04° lebih rendah dari twist ijin maksimum (0,5°)
- Sway maksimum sebesar 0,249° lebih rendah dari sway ijin maksimum 0,5°.

Pada saat kondisi pergantian guy wire disarankan menggunakan guy wire dengan ukuran diameter 3/8", karena dengan penggunaan guy wire dia. 3/8" mm dan nilai T0 = 6,9 KN, akan diperoleh rasio tegangan yang terjadi pada member Menara telekomunikasi yang lebih kecil jika dibandingkan menggunakan guy wire diameter 16 mm dengan T0 = 12 KN dikarenakan tower akan terbebani oleh nilai T0 yang besar sehingga tegangan awal yang akan bekerja pada tower juga akan semakin besar.

Dengan terpenuhinya semua kriteria desain maka langkah pekerjaan ini akan digunakan dalam rencana tahap eksekusi nantinya yang akan tertayang dalam suatu dokumen metoda kerja / SWP (Special Work Procedure). Dimana di dalam SWP tersebut mengatur langkah kerja team construction mulai dari persiapan, eksekusi hingga penyelesaian eksekusi. Dimana langkah kerja dari tahap eksekusi tersebut merupakan uraian tahap-tahap simulasi dalam pemodelan struktur yang telah dilakukan.

Selama dilakukan pekerjaan pelepasan dan pengencangan *guy wire*, kondisi geometri dari ketegakan tower selalu dimonitor menggunakan bantuan tim survey untuk memastikan tidak ada gerakan yang berlebihan dari tower. Melakukan pengukuran besaran *initial tension* (T0) ari setiap *guy wire* yang terpasang agar sesuai dengan T0 rencana yaotu sebesar 690kg pada *guy wire*, dengan menggunakan alat *tension meter* yang telah terkalibrasi. Pekerjaan pengencangan dan pengendoran *guy wire* dapat dilakukan dengan memutar *turnbuckle*, sampai didapat tegangan T0 yang diinginkan terbaca pada *tension meter*.

Kesimpulan

Pada kondisi awal dimana *guy wire* D 4-1 putus dengan menggunakan kecepatan angin 100 km/jam maka diperoleh bahwa struktural tower masih dalam kondisi aman (diasumsikan menggunakan $T0 = 0 \text{ KN}$).

Dari hasil analisis saat simulasi pergantian sling (tahap demi tahap) dengan total sebanyak 21 sling diperoleh kondisi kritis yaitu tegangan maksimum pada member tower sebesar $0,84 < 1,00$ (tegangan ijin Maksimum). *Twist* maksimum yang terjadi adalah sebesar $0,04^\circ < 0,5^\circ$ (*twist* ijin Maksimum) dan *sway* maksimum sebesar $0,249^\circ < 0,5^\circ$ (*sway* ijin maksimum).

Sehingga dapat disimpulkan jika menara telekomunikasi masih dapat dikategorikan aman selama proses pekerjaan pergantian *guy wire* yang telah mengalami korosi dengan kondisi beban antena terpasang, beban angin yang bekerja dan juga saat menara telekomunikasi dioperasikan setelah dilakukannya penggantian sling.

Daftar Pustaka

American Institute of Steel Construction Inc.
Allowable Stress Design AISC-ASD 1993

ANSI/TIA/EIA-222-F *Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*, 1996

ANSI/TIA-222-G *Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas*, 2005

Badaruddin, 2016. *Study & Evaluation structural Integrity* of Kutai Lama

PT. CURA, 2017 *Tower Observation & Analysis Report*.