Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia
p–ISSN: 2541-0849 e-ISSN: 2548-1398
Vol. 11, No. 2, Februari 2026

Evaluasi Kegagalan Struktur Tower Rooftop Monopole Ketinggian 15 Meter Pada Bangunan Komersial

Duden Dodi Hartono* , Mohamad Haifan, Richo Rachmad Kurniawan, Muhammad Farid Rahman
Institut Teknologi Indonesia, Indonesia
Email: dodi453@gmail.com* , richo.anakteknik43@gmail.com, faridrahman1611@gmail.com, moh.haifan@iti.ac.id

Abstrak
Struktur menara monopole setinggi 15 meter di atap bangunan (rooftop) komersial mengalami kegagalan struktural, menimbulkan risiko keselamatan dan kerugian material. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan tersebut dan merekomendasikan tindakan perbaikan yang tepat. EVALUASI dilakukan melalui kombinasi metode, meliputi: survei lapangan untuk mendokumentasikan kondisi aktual dan kerusakan yang terjadi, analisis kegagalan material melalui uji laboratorium (seperti uji kekencangan baut dan struktur beton gedung), serta pemodelan dan analisis struktur menggunakan perangkat lunak elemen hingga untuk memverifikasi kapasitas desain terhadap beban yang ada (beban angin, beban vertikal, dan beban tambahan lainnya). Hasil EVALUASI menunjukkan bahwa kegagalan terjadi akibat kombinasi beberapa faktor, termasuk kesalahan desain pada dimensi pondasi balok dengan sambungan dasar (base plate) yang tidak mampu menahan momen guling akibat penempatan angkur yang tidak sesuai dengan standar peraturan, serta adanya cacat material (korosi signifikan) pada bagian pangkal (angkur) tower. Analisis juga mengindikasikan bahwa pemasangan posisi angkur tower tidak terbungkus oleh beton dan tidak terikat pada tulangan struktur balok gedung turut berkontribusi pada keruntuhan. Studi ini menyimpulkan perlunya evaluasi ulang desain struktur balok gedung yang menopang tower secara menyeluruh, penggantian monopole seutuhnya, dan program pemeliharaan rutin untuk mencegah kegagalan serupa di masa mendatang.

Kata Kunci: Kegagalan Struktur, Tower Monopole, Rooftop, Analisis Kegagalan, Desain Ulang, Rekomendasi Perbaikan.

Abstract
The 15-meter-tall monopole tower structure on the rooftop of a commercial building suffered a structural failure, posing a safety risk and material loss. This study aims to identify the main causes of such failures and recommend appropriate corrective actions. EVALUATION is carried out through a combination of methods, including: field surveys to document actual conditions and damage that occurs, analysis of material failures through laboratory tests (such as tightness tests of bolts and concrete structures of buildings), and modeling and analysis of structures using finite element software to verify the design capacity against existing loads (wind loads, vertical loads, and other additional loads). The results of the EVALUATION showed that the failure occurred due to a combination of several factors, including design errors in the dimensions of the beam foundation with a base plate that was unable to withstand the rolling moment due to anchor placement that was not in accordance with regulatory standards, as well as material defects (significant corrosion) at the base (anchor) of the tower. The analysis also indicated that the installation of the anchor position of the tower was not enclosed by concrete and was not bound to the reinforcement of the building beam structure contributed to the collapse. The study concludes the need for a re-evaluation of the design of the building's beam structure that supports the tower as a whole, a complete replacement of the monopole, and a routine maintenance program to prevent similar failures in the future.

Keywords: *Structural failure, tower monopole, rooftop, failure analysis, redesign, repair recommendations.*

PENDAHULUAN

Bidang keinsinyuran sangat penting karena menjadi tulang punggung pembangunan dan inovasi yang menopang kehidupan masyarakat (Saragi, 2023).

Insinyur berperan dalam merancang, membangun, dan memelihara infrastruktur vital seperti gedung, jalan, jembatan, dan sumber daya air; mengembangkan solusi energi yang efisien dan ramah lingkungan; serta menciptakan teknologi yang meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan (Mutia, 2024; Siahay et al., 2023).

Tanpa keinsinyuran, pembangunan akan terhambat, kualitas hidup menurun, dan kemandirian suatu negara tidak dapat terwujud. Kemajuan suatu negara tidak dapat dipisahkan dari peran strategis insinyur dalam mewujudkan inovasi, pembangunan, dan pemeliharaan infrastruktur (Heni, 2025; Prasetyo, 2024). Insinyur merupakan tulang punggung pembangunan suatu negara, membawa dampak signifikan pada berbagai sektor kehidupan masyarakat. Artikel ini menjelaskan beberapa alasan mengapa peran insinyur sangat penting untuk kemajuan suatu negara.

Insinyur adalah sebuah Profesi. Sebuah profesi baru yang baru ada ketika UU no. 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran diundangkan pada tanggal 24 Maret 2014. Sebagai sebuah profesi baru tentu saja mempunyai fungsi dan tanggung jawab baru. Tanggung jawab merupakan sebuah tanggungjawab dalam memberikan pelayanan keinsinyuranInsinyur adalah seorang profesional yang memiliki pengetahuan teknis dan keterampilan dalam merancang, mengembangkan, dan memelihara sistem, struktur, perangkat, atau proses teknis.

Peran insinyur melibatkan penerapan ilmu pengetahuan dan matematika untuk memecahkan masalah dan menciptakan solusi yang inovatif. Seorang insinyur tidak hanya terlibat dalam aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan faktor ekonomi, lingkungan, sosial, dan etika dalam pekerjaannya. Insinyur dapat bekerja di berbagai bidang dan sektor, termasuk teknologi informasi, rekayasa sipil, listrik, nuklir, mesin, kimia, lingkungan, dan banyak lagi. Terdapat berbagai spesialisasi di dalam profesi insinyur, seperti insinyur perangkat lunak, insinyur sipil, insinyur listrik, insinyur nuklir, dan sebagainya.

Insinyur memegang peran strategis dalam kemajuan suatu negara melalui kontribusinya dalam inovasi dan pengembangan teknologi yang mampu menjawab tantangan teknis, ekonomi, dan lingkungan di berbagai sektor vital seperti energi, kesehatan, transportasi, dan komunikasi. Selain itu, insinyur menjadi aktor utama dalam pembangunan infrastruktur yang andal dan efisien, mulai dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan, sehingga mampu meningkatkan konektivitas, aksesibilitas, serta mendukung pertumbuhan ekonomi dan distribusi barang dan jasa. Dalam menghadapi isu ketahanan energi dan kelestarian lingkungan, insinyur berperan dalam pengembangan energi terbarukan, pengelolaan limbah, dan pengurangan dampak lingkungan, sejalan dengan prinsip keberlanjutan. Peran tersebut juga diperkuat melalui kontribusi insinyur dalam pendidikan dan pengembangan sumber daya manusia, baik melalui perancangan kurikulum maupun pelatihan profesional untuk meningkatkan kompetensi tenaga kerja. Dengan menghadirkan solusi inovatif atas berbagai permasalahan kompleks, insinyur secara langsung berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup masyarakat, seperti melalui teknologi medis dan inovasi pertanian, sekaligus mendorong kemandirian dan kedaulatan negara dalam penguasaan teknologi dan pembangunan nasional.

Keinsinyuran dalam tower telekomunikasi mencakup berbagai disiplin ilmu, mulai dari perancangan struktur yang kuat hingga penyiapan sistem komunikasi yang kompleks. Bidang ini memastikan bahwa menara dapat berdiri kokoh, tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan mampu menampung peralatan yang diperlukan untuk memancarkan sinyal komunikasi.

Tower telekomunikasi adalah struktur bangunan telekomunikasi yang menggunakan kombinasi rangka baja sebagai material konstruksinya. Tower telekomunikasi berfungsi sebagai penyangga alat-alat telekomunikasi untuk memancarkan signal yang mensuport sistem komunikasi yang sering kita gunakan selama ini (Szafran & Rykaluk, 2016). Perkembangan teknologi komunikasi di Indonesia saat ini sangat berkembang pesat. Pembangunan tower ini dapat berupa tower yang tinggi menjulang atau tower yang pendek tetapi mempunyai daya pasang antenna yang banyak (sering digunakan untuk keperluan tower bersama). Oleh karena itu pihak pengembang teknologi tersebut banyak membangun maupun merencanakan ulang tower untuk memperluas jaringan atau signalkomunikasi (Wang et al., 2025).

Pada perencanaan tower, beban yang berpengaruh secara dominan adalah beban angin karena angin adalah beban lateral yang mempunyai sensifitas tinggi terhadap bangunan konstruksi baja (mempunyai massa yang cenderung ringan). Ketinggian tower yang dibuat tergantung dengan letak tower itu sendiri. Banyak hal inilah yang yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu bangunan tower tersebut sering kita ketahui bahwa suatu tower bisa roboh atau jatuh apabila: 1) Kurang adanya perawatan yang di lakukan oleh owner tersebut. 2) Minimnya pengecekan struktur tower yang dapat berakibat fatal bagi keadaan tower tersebut. 3) Keadaan atau iklim di daerah tempat berdirinya tower tersebut. 4) Adanya pihak – pihak yang tidak bertanggung jawab.

Hal inilah yang perlu kita kaji bersama, dan meninjau kembali hal – hal dalam merencanakan dan pelaksanaan suatu tower. Maka dari itu penulis menganalisa suatu keadaan tower yang berdiri di atas suatu gedung, dengan mengaplikasikan ilmu teknik sipil dalam dunia telekomunikasi untuk mengetahui keadaan tower tersebut.

Tower telekomunikasi dapat dibedakan dari bentuk dan jenis konstruksi. Ada empat macam bentuk tower: 1) Tower MT (Mini Tower), 2) Tower SST (Self Supporting Tower) , 3) Tower Minipole, 4) Tower Monopole. Pembangunan tower telekomunikasi berdasarkan jenis lokasinya, tower dapat diklasifikasikan kepada dua jenis yaitu: 1) Rooftop (Tower yang berdiri diatas atap sebuah gedung. 2) Greenfield (Tower yang berdiri langsung diatas tanah).

Saat ini tower yang terbangun sangatlah banyak baik yang berdiri langsung diatas tanah (greenfield) maupun dibangun diatas gedung (rooftop), untuk jumlahnya tidak diketahui secara persis dan lokasi seluruh menara telekomunikasi di Kota sangatlah sulit karena informasinya bersifat dinamis dan tidak dipublikasikan secara lengkap oleh setiap operator atau perusahaan menara. Tower Telekomunikasi berjenis monopole dengan ketinggian 15meter yang terbangun disebuah gedung komersial (rooftop) dengan nama site yang sudah berdiri salama 10 tahun terjadi roboh.

Penelitian ini akan mengkaji mengenai "Evaluasi Kegagalan Struktur Tower Rooftop Monopole Ketinggian 15 Meter Pada Bangunan Komersial". Karena jenis konstruksi monopole yang berdiri di bangunan gedung (rooftop) ini yang dipakai di lapangan dan perlunya dilakukan EVALUASI untuk mengetahui kegagalan apa yang terjadi. Sehingga didapatkan informasi sebuah kegagalan struktur tower telekomunikasi yang berdiri di atas gedung (rooftop) terhadap provider tower bersama dan masyarakat.

Penelitian ini memberikan manfaat penting baik secara teoritis maupun praktis dalam bidang teknik sipil dan struktur, khususnya terkait evaluasi kegagalan struktur tower rooftop monopole setinggi 15 meter pada bangunan komersial. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya kajian mengenai perilaku struktur menara terhadap beban angin, beban gempa, serta interaksi antara struktur tower dan bangunan eksisting, sehingga dapat menjadi referensi bagi pengembangan model analisis dan perencanaan struktur sejenis.

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi para perencana, kontraktor, dan pemilik bangunan dalam mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan struktur, meningkatkan standar keselamatan, serta merumuskan langkah perbaikan dan pencegahan kegagalan serupa di masa mendatang, sehingga dapat meminimalkan risiko kerusakan, kerugian ekonomi, dan ancaman keselamatan bagi pengguna bangunan komersial.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif–deskriptif dengan metode studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena objek penelitian merupakan peristiwa kegagalan struktur nyata, yaitu runtuhnya tower rooftop monopole setinggi 15 meter pada bangunan komersial. Metode studi kasus memungkinkan analisis mendalam terhadap faktor teknis, etika keinsinyuran, profesionalisme, serta aspek K3L yang saling berkaitan dalam satu kejadian spesifik.

Objek penelitian adalah struktur tower rooftop monopole ketinggian 15 meter beserta struktur balok beton gedung komersial yang berfungsi sebagai dudukan tower. Lokasi penelitian berada pada bangunan ruko yang terletak di kawasan perkotaan dan berdekatan dengan area publik.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui hasil survei lapangan pasca keruntuhan tower, dokumentasi visual kerusakan yang meliputi struktur tower, angkur, baseplate, dan balok beton, serta observasi langsung terhadap kondisi pemasangan angkur, tingkat kekencangan baut, dan mutu beton eksisting. Sementara itu, data sekunder mencakup gambar desain dan spesifikasi teknis tower, standar dan peraturan teknis yang relevan seperti ANSI/TIA-222-G:2017, SNI Beton, dan SNI Baut, serta berbagai literatur yang berkaitan dengan kegagalan struktur, etika keinsinyuran, dan aspek keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan (K3L).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui: Observasi langsung terhadap kondisi kerusakan struktur Studi dokumen berupa gambar desain, laporan teknis, dan standar

perencanaan Studi literatur dari jurnal, buku, dan regulasi terkait tower telekomunikasi. Analisis data dilakukan melalui tahapan berikut: Analisis teknis, meliputi evaluasi desain, material, pemasangan angkur, baseplate, serta interaksi tower dengan struktur balok beton gedung. Analisis kegagalan struktur, dengan mengidentifikasi mode kegagalan dominan berdasarkan kondisi lapangan dan standar teknis. Analisis etika dan profesionalisme, mengacu pada Kode Etik Insinyur PII. Analisis K3L, untuk menilai dampak kegagalan terhadap keselamatan kerja, masyarakat, dan lingkungan. Sintesis hasil, guna merumuskan penyebab utama kegagalan dan rekomendasi perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Aspek Teknis

Robohnya sebuah menara telekomunikasi merupakan insiden serius yang dapat disebabkan oleh berbagai aspek teknis yang kompleks dan saling terkait. Dengan terjadinya robohnya monopole rooftop dengan ketinggian 15meter ditemukan kesalahan dalam design (data terlampir) dan kegagalan dalam pelaksanakan pembangunan proyek tersebut. Sehingga mengakibarkan kerusakan baik dari monopole maupun di struktur pondasi balok beton. Dengan data lapangan yang saya temukan banyak kerusakan parah sehingga kemungkinan untuk polenya tersebut tidak bisa terpakai lagi, maka kerusakan yang timbul antara lain:

1.



Gambar 1 Batang mainpole

2. Batang Support, ditemukan kerusakan parah



Gambar 2. Batang support

3. Batang mainpole, tidak ditemukan kerusakan

4. Baut pole, tidak ditemukan kerusakan

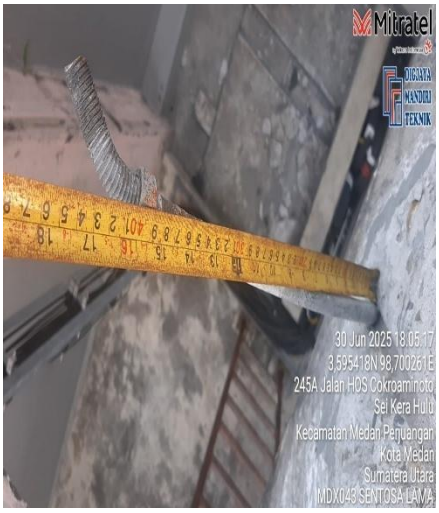


Gambar 3. Batang mainpole



Gambar 4. Baut pole

5. Angkur mainpole, ditemukan kerusakan parah



Gambar 5 Angkur mainpole

6. Batang Support, ditemukan kerusakan



Gambar 6. Angkur support

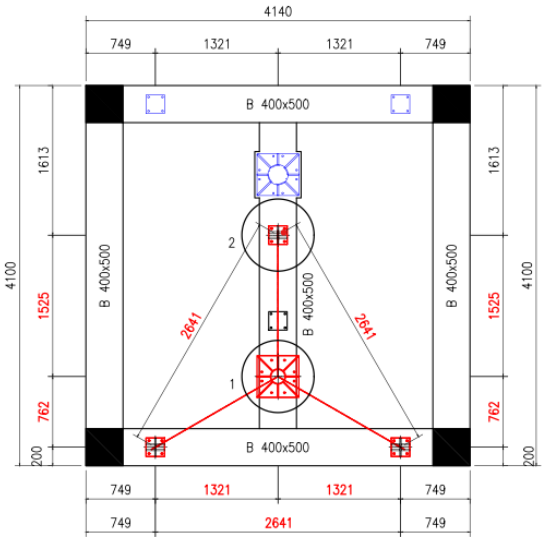
Kerusakan yang terjadi pada struktur pondasi balok bangunan gedung ruko madalah retah dan hancurnya balok beton tersebut.



Gambar 7. Struktur balok beton rusak

Dari hasil analisa dan penelitian data dilapangan secara teknis banyak faktor penyebab akan robohnya monopole tersebut. Secara design, terjadinya kesalahan pada menentukan dimensi struktur pondasi balok sebagai topangan dan dudukan baseplate monopole, yang seharusnya dimensi struktur pondasi balok tersebut harus lebih besar dari dimensi baseplate, sehingga dudukan angkur yang terpasang terselimuti/terbungkus oleh beton dan bisa dikat pada tulangan beton.

1) Jarak antar angkur : minimal 10 X diameter angkur (10 x $Ø_{angkur}$)
2) Jarak dari tepi beton : minimal 5 X diameter angkur (5 X d) dari tepi yang tidak tertopang.



Gambar 8. Design monopole

Pelaksanaan proyek, adanya beberapa kualitas material yang tidak terpasang sesuai dengan spesifikasi dibawah standar yang sudah ditentukan secara design. Kontraktor mengabaikan spesifikasi material yang sudah ditentukan oleh pihak konsultan design, padahal material-material yang sifatnya struktur jika tidak diterapkan secara spesifikasi yang sudah ditentukan dalam penganalisaaan memiliki resiko yang tidak dalam bidang keselamatan dan keamanan semua pihak.

Tabel 1. Data material yang terpasang

DATA MATERIAL LAPANGAN YANG TERPASANG				
NO	ITEM	KETERANGAN	SPESIFIKASI	LAPANGAN
1	Batang Mainpole	Besi Tubular Ø6	Baja bergalvanis	Sesuai
2	Batang Support	Besi Tubular Ø6	Baja bergalvanis	Sesuai
3	Redundant	Besi siku L 50.50.5	KS bergalvanis	Sesuai
4	Pelat Kopel	Pelat 450x450x20	Baja bergalvanis	Sesuai
		Pelat 200x200x16	Baja bergalvanis	Sesuai
5	Baut dan Mur	Bolt M20, M16, M12	A325 atau Grade 8.8	Sesuai
6	Angkur Batang Mainpole	M16x320	Hilti	Tidak Sesuai
7	Angkur Batang Support	M16x320	Hilti	Tidak Sesuai

(sumber: hasil EVALUASI)

Pemasangan posisi angkur dan struktur dudukan mainpole yang tidak memenuhi kaidah teknis menyebabkan sistem penyaluran beban tidak bekerja secara optimal, sehingga ketika terjadi penambahan beban berlebih, baik dari perangkat maupun beban angin, angkur dan baseplate tidak mampu memberikan daya dukung yang memadai. Desain awal tidak menyertakan detail pembesian pada dudukan mainpole serta tidak tercantum dalam barbending schedule, yang berdampak pada rendahnya kualitas pekerjaan di lapangan, ditambah dengan indikasi baut angkur yang mengalami kelonggaran.

Selain itu, tidak terdapat penambahan penulangan pada pondasi balok beton penopang baseplate tower, diperparah dengan mutu beton rata-rata K-268 kgf/cm² yang berada di bawah mutu rencana K-275 kgf/cm². Kondisi ini semakin diperburuk oleh berkurangnya kekencangan baut yang tidak sesuai standar serta terjadinya korosi pada angkur monopole, yang diduga akibat cacat pelaksanaan sehingga lapisan galvanis terkelupas. Meskipun demikian, berdasarkan hasil perhitungan struktur tower menggunakan program MS Tower, dalam kondisi normal tower eksisting sebenarnya tidak memerlukan perkuatan, sehingga kegagalan lebih disebabkan oleh aspek pelaksanaan dan kualitas konstruksi daripada ketidakmampuan desain struktur.

Analisis Aspek Kode Etik Insinyur

Berdasarkan KEI (PII, 2021), terdapat dugaan pelanggaran prinsip, butir-butir kode etik yang dilanggar atau diabaikan akan terjadinya tower yang roboh yaitu: 1) Mengutamakan keluhuran budi, keamanan, keselamatan, kesehatan, dan kemaslahatan masyarakat serta lingkungan, alasannya adalah sudah jelas bahwa setiap tower yang dibangun mempunyai resiko akan keamanan, keselamatan dan keamanan Masyarakat serta lingkungan yang sangat besar, sehingga harus punya perhatian yang lebih baik dari pemeliharaan, pengawasan dan pengecekan setiap saat. Dengan kejadian tersebut sudah jelas terjadinya pengabaian akan hal tersebut. 2) Berpraktik hanya di bidang kompetensinya, penganalisaan dan design monopole tersebut tidak dilakukan dengan orang (man power) yang tidak memiliki kompentensi yang memadai, dilakukan orang yang bukan tenaga ahlinya, dilakukan orang yang bukan dari lulusan keteknikan sipil. 3) Bertindak sebagai pihak yang jujur dan dapat dipercaya kepada Pemberi Tugas atau Pemberi Pekerjaan, mitra kontraktor tidak dapat dipercaya sehingga melakukan hal-hal yang curang yaitu dalam pelaksaan proyek tidak mengerjakan material yang sesuai dengan spesifikasi, dimana menerapkan material dengan kualitas dibawah standar. 4) Menghindari perbuatan yang mengelabui, pihak pemberi tugas mengizikan penggambaran dan design yang keliru atas kualifikasi dirinya atau rekan kerjanya, sehingga kekeliruan tersebut dibiarkan tanpa ada kualifikasi terlebih dahulu.

Analisis Aspek Profesionalisme

Studi kelayakan yang tidak professional proyek monopole tower yang roboh diawali dengan studi kelayakan yang cacat. Pihak yang bertanggung jawab adalah konsultan, mungkin tidak melakukan survei lokasi secara teliti, termasuk analisis kondisi struktur bangunan gedung, mutu beton struktur, tulangan beton, topografi, dan potensi risiko lingkungan seperti angin kencang dan terjadinya gempa.

Tower rooftop monopole 15meter ini pelaku design bukan tenaga ahli berkompetensi yang memadai yaitu pihak yang mengerjakan penganalisaan dan gambar bukanlah seorang insinyur hanya seorang lulusan Sarjana Teknik, sehingga adanya prinsip-prinsip yang diabaikan dalam melakukan design tersebut. Penerapan prinsip ilmiah dan matematika untuk merancang, mengembangkan, membangun, memelihara, dan memecahkan masalah struktur, mesin, sistem, dan proses secara teknis kurang mendalam. Desain yang dapat diterapkan secara fisik, aman, efisien, dan mematuhi semua standar dan peraturan teknis yang berlaku kurang diperhatikan. Kontraktor pelakasa pemeliharaan (*maintenance*) juga tidak dilakukan oleh tim tenaga ahli yang memadai, tetapi dilakukan oleh tim yang bukan lulusan bidak Teknik sipil bahkan hanya lulusan Sekolah Menengah Atas (SMA).

Desain tower telekomunikasi ini tidak mempertimbangkan aspek keselamatan dan keamanan, seperti jarak aman dari permukiman warga, maka ini adalah pelanggaran profesionalisme yang serius. Dalam pelaksanaan pemeliharaan (*maintenance*) tidak adanya koordinasi antara kontarktor pelaksana dengan konsultan design tentang situasi terbaru (*update*) secara actual tower telekomunikasi tersebut, sehingga tidak dapat menditeksi resiko-resiko yang akan terjadi yang dapat membahaya lingkungan sekitar. Kontraktor ini melakukan pemeliharaan dan pengecekan tower tidak secara detail, hanya melakukan pembersihan sekitar tower. Melakukan perbaikan jika terjadi ada masalah saja, tidak adanya pengecekan secara berkala dan mendetail, sehingga dapat menditeksi resiko-resiko sejak awal.

Analisis Aspek K3L

Analisis dari aspek Keselamatan, Kesehatan, Keamanan Kerja, dan Lingkungan (K3L) menunjukkan adanya berbagai ketidaksesuaian yang signifikan, antara lain tidak tersedianya pagar pengamanan di sekitar tower telekomunikasi, jarak tower yang terlalu dekat dengan bangunan warga, ketiadaan cadangan penguat struktur seperti kabel pengikat pada mini tower, serta tidak adanya papan peringatan bahaya apabila terjadi potensi roboh. Selain itu, prosedur K3 pada saat pelaksanaan pemeliharaan tower dinilai tidak memadai dan tidak didukung dengan kesiapan sistem evakuasi darurat ketika struktur menunjukkan gejala kerusakan. Kondisi tersebut menimbulkan dampak serius terhadap masyarakat sekitar, berupa trauma psikologis dan kerugian ekonomi, sehingga diperlukan tindakan korektif yang menyeluruh melalui pemenuhan standar K3L, peningkatan sistem pengamanan fisik dan nonfisik, serta penataan ulang prosedur keselamatan guna mencegah kejadian serupa di masa mendatang.

Aspek Teknis

Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan struktur tower monopole tidak disebabkan oleh kerusakan batang utama tower, melainkan oleh kegagalan sistem perlekatan antara tower dan struktur gedung. Posisi angkur yang berada di luar tulangan balok beton serta jarak angkur yang terlalu dekat dengan tepi beton menyebabkan daya tahan terhadap momen guling menjadi sangat rendah. Kondisi ini diperparah oleh tidak adanya detail pembesian khusus pada pedestal dudukan baseplate (Sharma et al., 2015).

Selain itu, ditemukan penurunan kekencangan baut dan korosi pada angkur, yang mengindikasikan lemahnya sistem pemeliharaan. Mutu beton eksisting yang berada di bawah spesifikasi desain juga berkontribusi terhadap kegagalan struktur secara keseluruhan. Kombinasi faktor tersebut menyebabkan struktur tidak mampu menahan beban angin ekstrem meskipun beban perangkat tidak mengalami penambahan signifikan.

Kegagalan Desain dan Pelaksanaan

Secara desain, ketidaksesuaian antara dimensi baseplate (450 × 450 mm) dan lebar balok beton (400 mm) merupakan cacat perencanaan mendasar. Secara pelaksanaan, indikasi beton tambahan (stacking) tanpa integrasi tulangan struktural memperlihatkan penyimpangan dari kaidah konstruksi beton bertulang. Hal ini menunjukkan lemahnya koordinasi antara perencana, pelaksana, dan pengawas.

Aspek Etika dan Profesionalisme

Dari sudut pandang etika keinsinyuran, kejadian ini mencerminkan pengabaian prinsip keselamatan publik. Penugasan desain dan pemeliharaan kepada tenaga yang tidak memiliki kompetensi keinsinyuran memadai bertentangan dengan prinsip profesionalisme. Selain itu, kurangnya inspeksi berkala menunjukkan kegagalan dalam memenuhi tanggung jawab moral dan profesional terhadap masyarakat.

Aspek K3L

Ketiadaan pagar pengaman, papan peringatan bahaya, serta rencana tanggap darurat mengindikasikan bahwa penerapan K3L pada tower rooftop ini tidak berjalan efektif. Dampak kegagalan tidak hanya bersifat struktural, tetapi juga menimbulkan korban luka, trauma psikologis, serta kerugian ekonomi bagi masyarakat sekitar.

Kasus ini menegaskan bahwa tower rooftop memerlukan pendekatan desain yang lebih ketat dibanding tower greenfield, karena melibatkan interaksi langsung dengan struktur gedung eksisting dan lingkungan publik. Integrasi aspek teknis, etika, profesionalisme, dan K3L merupakan keharusan untuk mencegah kegagalan serupa di masa mendatang.

Solusi Teknis

Solusi teknis yang dapat diterapkan berdasarkan hasil analisis yang telah dipaparkan adalah melakukan desain ulang secara menyeluruh akibat adanya kesalahan sejak tahap perencanaan awal, termasuk analisis struktur gedung eksisting, penambahan atau penyesuaian struktur tower (stacking), serta perencanaan ulang tower rooftop monopole setinggi 15 meter. Selain itu, perlu dilakukan survei dan pendataan detail terhadap kondisi struktur bangunan gedung serta studi kelayakan teknis dan sosial guna memastikan keamanan konstruksi dan meminimalkan potensi trauma bagi masyarakat sekitar.

Tower eksisting yang mengalami kerusakan harus dibongkar sepenuhnya dan tidak diperkenankan menggunakan kembali komponen tower lama atau rusak dalam pembangunan tower baru (Peng & Timms, 2020). Seluruh angkur yang telah terpasang

pada balok bangunan perlu dibongkar, diikuti dengan perbaikan struktur pondasi balok tower melalui penambahan perkuatan yang memadai. Sebagai bagian dari pengendalian mutu, pengecekan dan pengencangan baut harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan SNI 8458:2017 tentang metode uji pengencangan baut mutu tinggi guna menjamin kinerja dan keselamatan struktur secara keseluruhan.

Solusi Etika dan Profesionalisme

Solusi etis dalam menangani insiden robohnya tower rooftop monopole setinggi 15 meter harus berlandaskan pada prinsip tanggung jawab, transparansi, dan prioritas keselamatan publik, dengan memastikan bahwa seluruh tahapan desain dan implementasi proyek hanya dilaksanakan oleh tenaga ahli yang memiliki kompetensi dan kemampuan keinsinyuran yang memadai (Gunathilaka, 2015). Secara etis, pihak pemilik tower (provider) wajib mengakui tanggung jawab penuh atas insiden dan seluruh dampaknya, baik terhadap korban jiwa, luka-luka, maupun kerugian material masyarakat sekitar, disertai dengan pelaksanaan evaluasi menyeluruh untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan, baik dari aspek konstruksi, pemeliharaan, maupun faktor eksternal, serta menyampaikan hasilnya secara terbuka kepada publik dan otoritas terkait (Balikabya & Teshnizi, 2025).

Bentuk tanggung jawab tersebut juga harus diwujudkan melalui pemberian kompensasi yang adil dan layak tanpa proses yang berbelit, percepatan pembersihan puing dan pemulihan lingkungan, serta penyediaan saluran komunikasi yang jelas bagi masyarakat terdampak (Kim et al., 2023). Ke depan, perusahaan perlu meninjau dan memperketat standar keselamatan, prosedur inspeksi dan pemeliharaan, menggunakan teknologi yang lebih aman, serta menetapkan lokasi tower dengan jarak aman dari pemukiman, yang didukung oleh penguatan budaya keselamatan dan pelatihan etika profesional secara berkelanjutan bagi seluruh karyawan dan mitra kerja guna mencegah terulangnya kejadian serupa (International Journal of Steel Structures, 2024).

Solusi K3L

Solusi Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L) dalam penanganan insiden robohnya tower telekomunikasi harus mencakup respons tanggap darurat, evaluasi menyeluruh, serta upaya pencegahan berkelanjutan di masa mendatang, yang diawali dengan penentuan lokasi tower yang aman dan berjarak minimal 10 meter dari bangunan terdekat sesuai peraturan guna meminimalkan dampak kegagalan struktural. Selain itu, desain dan konstruksi tower harus direncanakan secara kuat dan andal dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan lokal seperti beban angin dan gempa serta menggunakan material berkualitas tinggi.

Penerapan Sistem Manajemen K3L (SMK3L) yang efektif menjadi keharusan, meliputi identifikasi, pencegahan, dan pengendalian risiko secara berkesinambungan, yang didukung oleh pelatihan dan sertifikasi K3L bagi seluruh pekerja, khususnya yang bekerja di ketinggian, serta penggunaan alat pelindung diri sesuai standar. Upaya ini perlu diperkuat melalui inspeksi dan pemeliharaan rutin untuk mendeteksi potensi kerusakan struktural sejak dini, edukasi keselamatan kepada masyarakat sekitar terkait potensi bahaya dan prosedur darurat, serta transparansi dan komunikasi yang jelas antara perusahaan, vendor, dan masyarakat dalam setiap tahap pembangunan dan operasional tower.

KESIMPULAN

Robohnya tower rooftop monopole 15meter site adalah akibat gabungan kegagalan teknis, lemahnya profesionalisme, pelanggaran etika, dan penerapan K3L yang tidak optimal. Kegagalan ini menimbulkan trauma, kerugian ekonomi, dan hilangnya kepercayaan publik. Bagi profesi insinyur, kasus ini menjadi pengingat bahwa keselamatan publik, integritas, dan tanggung jawab sosial adalah nilai utama yang harus dijunjung. Kesimpulan dari analisa diatas adalah: Salah satu factor penyebab robohnya tower ini adalah posisi angkur dan struktur dudukan mainpole yang tidak memenuhi kaidah teknis sehingga ketika terjadi pembenambahan beban yang berlebihan baik itu beben perangkat maupun beban angin, maka angkur dan baseplate tidak memberikan daya dukung yang optimal.

Desain awal tidak menyertakan detail pembesian untuk dudukan mainpole, begitu pula hal tersebut tidak ter-cover dalam barbending schedule yang menyebabkan kualitas pekerjaan di lapangan menjadi tidak sesuai harapan. Terdapat indikasi bahwa baut angkur dalam keadaan longgar. Korosi pada angkur mainpole. Pelaku design perancanaan dan pelaksaan pembanguna tower tidak dilakukan oleh tenaga ahli yang berkompetensi yang memedai.

DAFTAR PUSTAKA

Balikabya, F., & Teshnizi, S. (2025). Sustainability study of telecommunication towers: Comparing lattice 4-legged with 3-legged structures under increased equipment load tenancy ratios. Journal of Engineering Research and Applied Science, 14(1), 113–132. http://www.journaleras.com/index.php/jeras/article/view/384

Gunathilaka, A. M. L. N. (2015). Seismic performance of rooftop telecommunication towers. Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka, 48(3), 1–10. https://www.academia.edu/4848536/2_Influence_Of_Telecommunication_Tower_On_Response_Of_Host_Structure

Heni, F. (2025). Buku referensi manajemen infrastruktur: Strategi dan pemeliharaan. PT Media Penerbit Indonesia.

International Journal of Steel Structures. (2024). A review of research on supported transmission line tower failure studies: Analysis, tower testing and retrofitting. International Journal of Steel Structures, 24, 276–295. https://doi.org/10.1007/s13296-024-00814-x

Kim, J. H., Lee, S. W., & Park, J. (2023). An experimental study on defect detection of anchor bolts using non-destructive testing techniques. Materials, 16(13), 4732. https://doi.org/10.3390/ma16134732

Mutia, I. (2024). Peran teknik sipil dalam pengembangan infrastruktur berkelanjutan. Circle Archive, 1(6).

Peng, Y., & Timms, W. (2020). Hydrogeochemical modelling of corrosive environment contributing to premature failure of anchor bolts in underground coal mines. Journal of Central South University, 27, 1599–1610. https://doi.org/10.1007/s11771-020-4393-z

Prasetyo, D. A. (2024). Efektivitas perlindungan hukum terhadap pembangunan infrastruktur dalam mendukung industri strategis untuk kesejahteraan nasional. Journal of Social & Technology/Jurnal Sosial Dan Teknologi (SOSTECH), 4(6).

Saragi, M. (2023). Membangun infrastruktur berkelanjutan: Kontribusi insinyur sipil untuk masa depan. Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan, 4(1), 28–35.

Sharma, K. K., Duggal, S. K., Singh, D. K., & Sachan, A. K. (2015). Comparative analysis of steel telecommunication tower subjected to seismic & wind loading. Civil Engineering and Urban Planning: An International Journal, 2(3), 17–34. https://doi.org/10.5121/civej.2015.2303

Siahay, M. C., Ahmad, S. N., Gusty, S., Supacua, H. A. I., Ampangallo, B. A., Rachman, R. M., Latupeirissa, J. E., & Maitimu, A. (2023). Pembangunan infrastruktur di Indonesia. Tohar Media.

Szafran, J., & Rykaluk, K. (2016). A full-scale experiment of a lattice telecommunication tower under breaking load. Engineering Structures, 54, 131–145. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.01.006

Wang, L., Li, Z., Fu, Y., Xu, X., & Chu, X. (2025). Multi-scale analysis of stress-corrosion failure and anti-corrosion strategies for anchor bolts in Tashan coal mine. Scientific Reports, 15, 31064. https://doi.org/10.1038/s41598-025-31064-4

Copyright holder:
Duden Dodi Hartono* , Mohamad Haifan, Richo Rachmad Kurniawan, Muhammad Farid Rahman (2026)

First publication right:
Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

