

Keruntuhan Jembatan Gantung Kutai-Kartanegara, Tenggara

dikumpulkan oleh

Djoko Luknanto
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

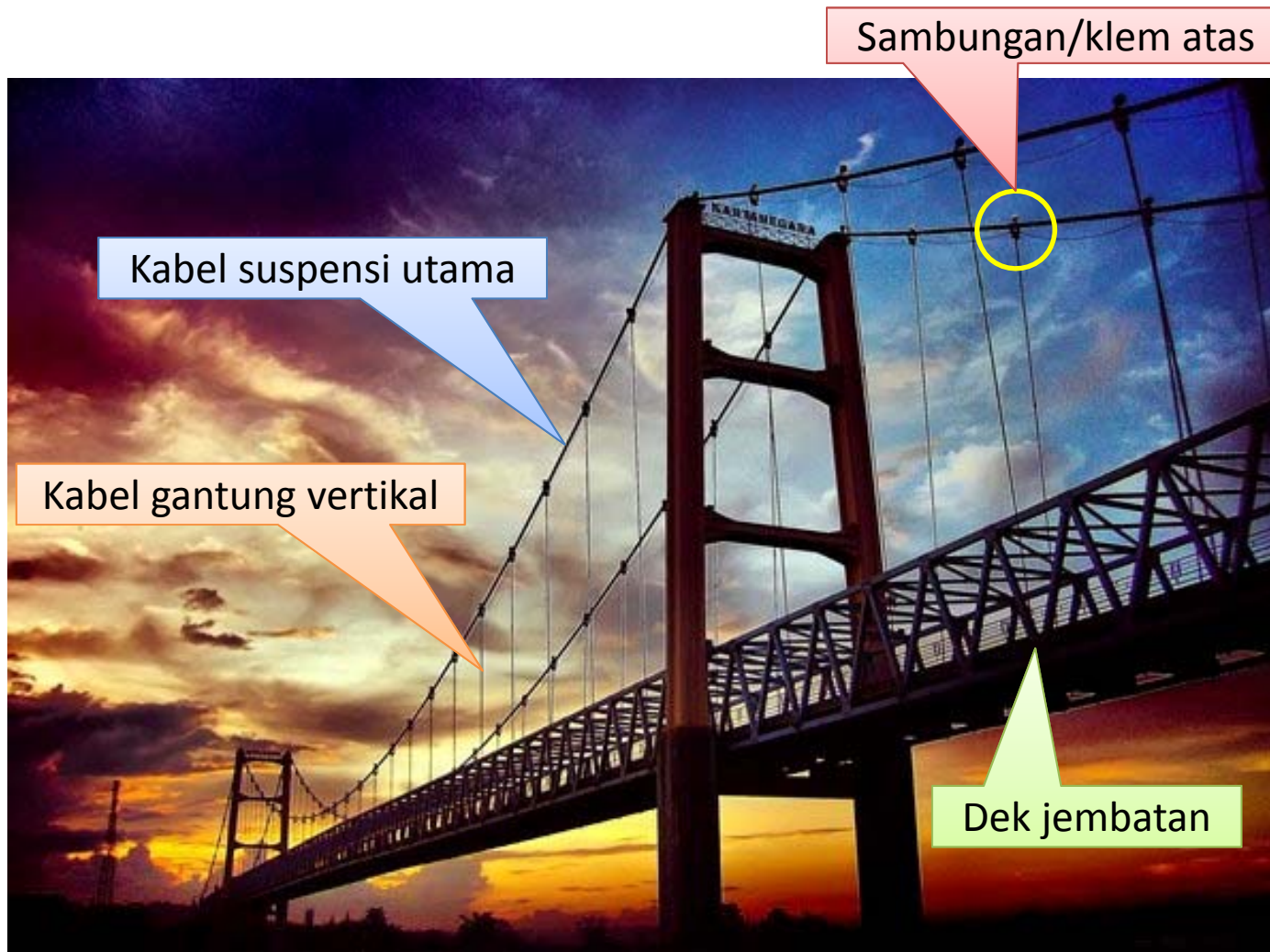
Kronologi Keruntuhan

- Jembatan Kutai Kartanegara yang menghubungkan kota Samarinda dengan Tenggarong Kabupaten Kutai Kartanegara, Sabtu, 26 November 2011, sekitar pukul 16.30 WITA (15.30 WIB), runtuh.
- Keruntuhan terjadi kurang dari 30 detik.
- Pada saat kejadian sedang dilakukan pemeliharaan, oleh karena itu ada pengaturan lalu-lintas di jembatan.

Pendahuluan

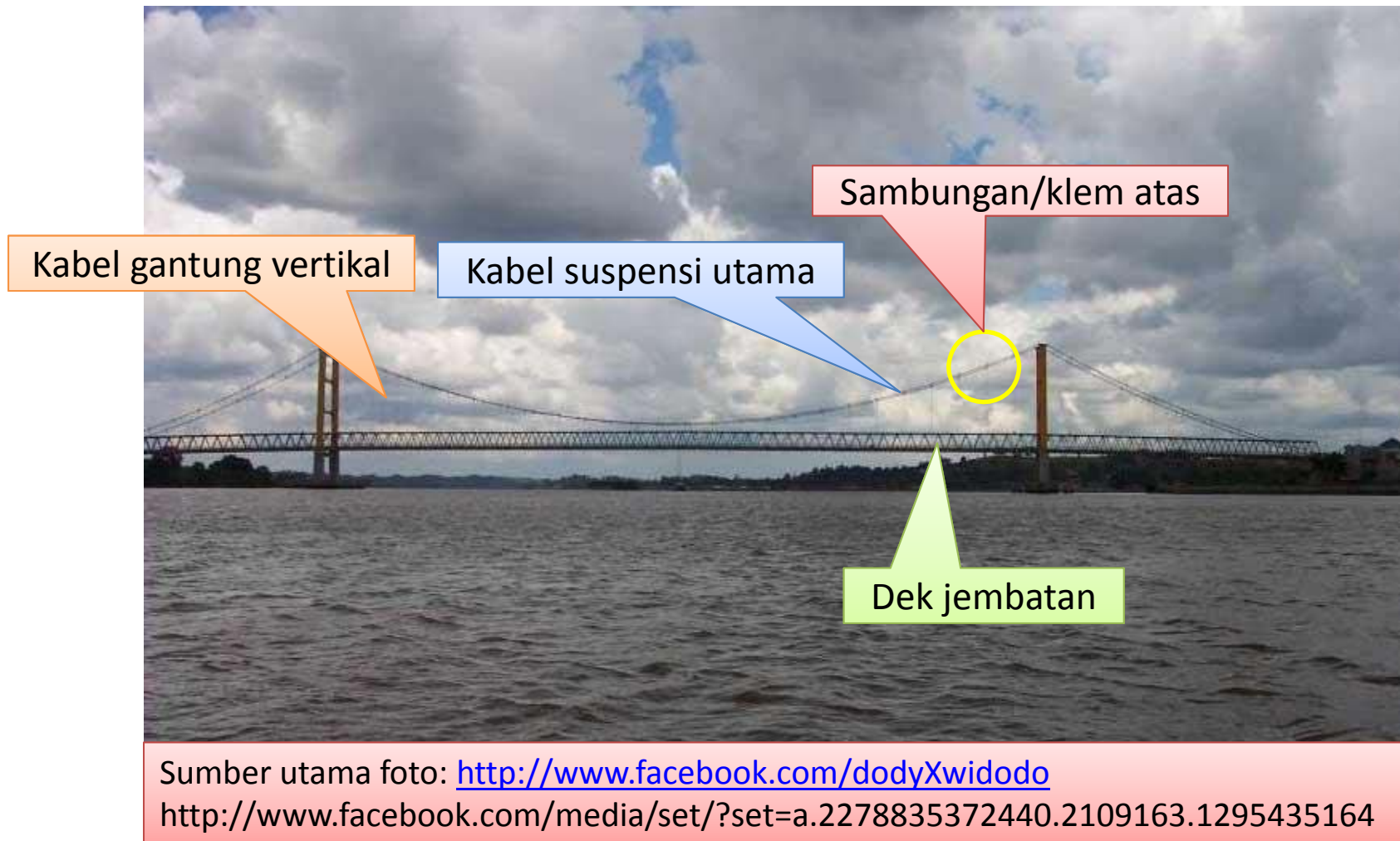
- Sebagai ilmuwan saya merasa harus memberikan penjelasan kepada masyarakat secara rasional tentang kejadian-kejadian di sekeliling kita yang terkait dengan bidang ilmu S1 yang saya tekuni.
- Artikel ini dahulu saya unggah di Facebook namun hilang/terhapus/dihapus oleh sebab yang saya tidak tahu. Oleh karena itu, sekarang saya tulis lagi.
- Judul aslinya: **Runtuhnya Jembatan Kutai-Kartanegara, Tenggarong** by [Djoko Luknanto](#) on Sunday, November 27, 2011 at 5:56am
 - Mulai ditulis: Minggu 27 November 2011, pukul 17:00 wib
 - Tautan untuk artikel ini:
http://www.facebook.com/note.php?¬e_id=328520883829388 ←
sudah hilang
- Pendapat di tayangan ini adalah pendapat pribadi, bukan pendapat/sikap resmi Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, FT UGM.

1. Jembatan Kutai-Kartanegara



Jembatan Kutai-Kartanegara sebelum runtuh

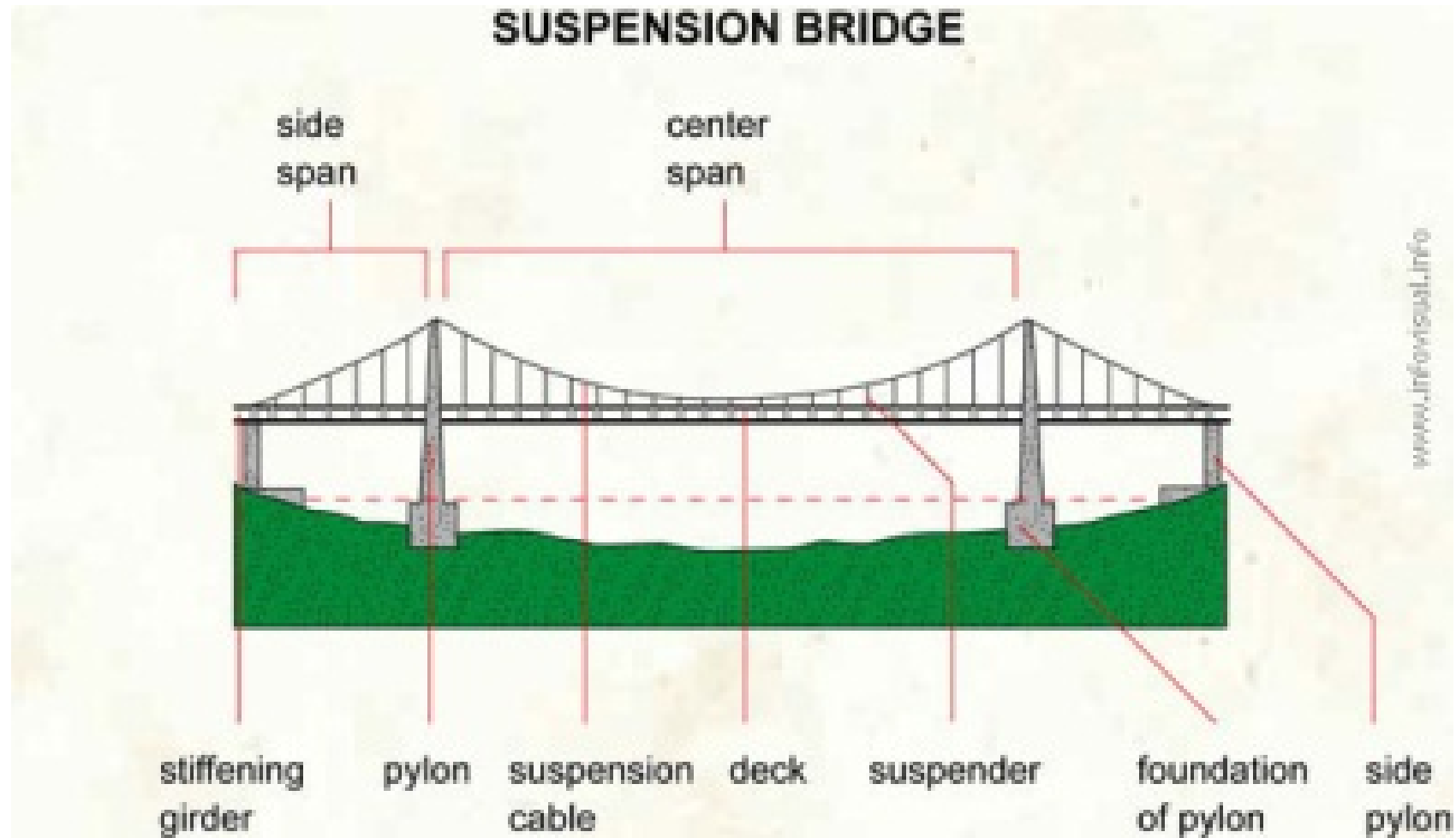
2. Jembatan Kutai-Kartanegara



Pengetahuan Populer

... tentang jembatan gantung ...

1. Bagian-bagian jembatan gantung



Sumber: http://www.infovisual.info/05/028_en.html

2. Bagian-bagian jembatan gantung

- **Suspension bridge:** construction that allows automobiles to travel between two points separated by an obstacle.
- **Side span:** segment between two pylons at the ends of a bridge.
- **Centre span:** segment between two pylons at the centre of a bridge.
- **Side pylon:** tower-like vertical construction situated at the side, usually supporting the cables of a suspension bridge or a cable-stayed bridge.
- **Foundation of a pylon:** very durable lower part of a tower.
- **Suspender:** support cable.
- **Suspension cable:** set of braided wire that supports a bridge.
- **Pylon:** tower-like vertical support that usually supports the cables of a suspension bridge or a cable-stayed bridge.
- **Stiffening girder:** tightener beam.

Sumber: http://www.infovisual.info/05/028_en.html

1. Karakteristik Jembatan Gantung



- The main forces in a suspension bridge of any type are tension in the cables and compression in the pillars. Since almost all the force on the pillars is vertically downwards and they are also stabilized by the main cables, the pillars can be made quite slender, as on the Severn Bridge, on the Wales-England border.
- Sumber: [Wikipedia Jembatan Gantung](#)

2. Karakteristik Jembatan Gantung



- Figure 1. The slender lines of the Severn Bridge In a suspended deck bridge, cables suspended via towers hold up the road deck. The weight is transferred by the cables to the towers, which in turn transfer the weight to the ground.
- Sumber: [Wikipedia Jembatan Gantung](#)

3. Karakteristik Jembatan Gantung



- Assuming a negligible weight as compared to the weight of the deck and vehicles being supported, the main cables of a suspension bridge will form a parabola (very similar to a catenary, the form the unloaded cables take before the deck is added). One can see the shape from the constant increase of the gradient of the cable with linear (deck) distance, this increase in gradient at each connection with the deck providing a net upward support force. Combined with the relatively simple constraints placed upon the actual deck, this makes the suspension bridge much simpler to design and analyze than a cable-stayed bridge, where the deck is in compression.
- Sumber: [Wikipedia Jembatan Gantung](#)

Dimensi Jembatan Kutai-Kartanegara

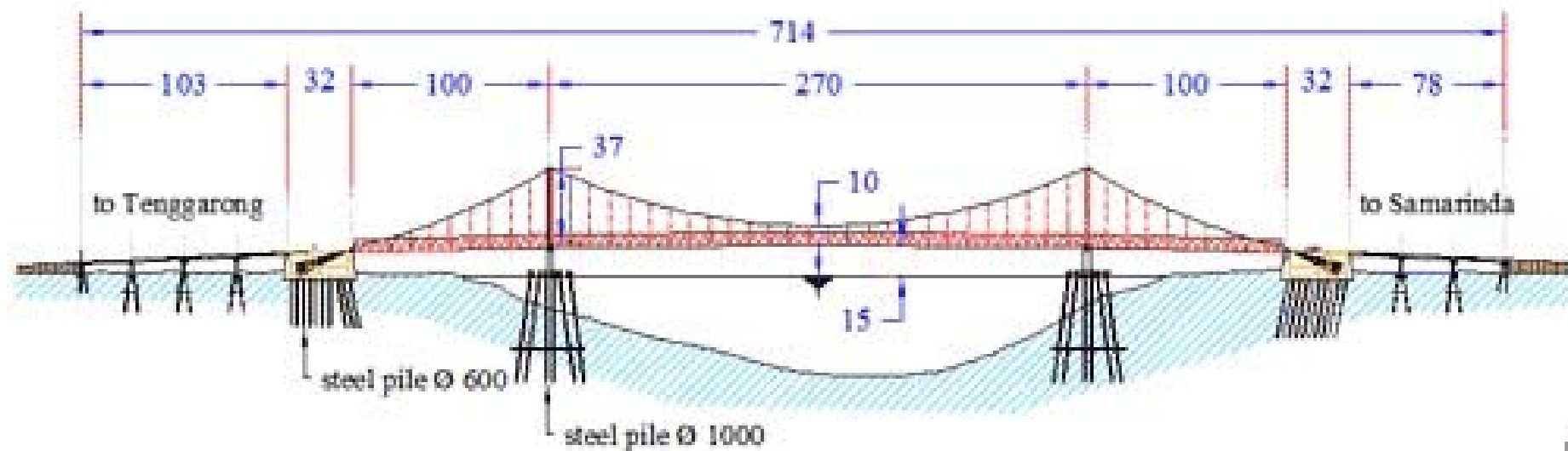


Figure 102. Elevation of The Kartanegara bridge, East Kalimantan (2001)

Situasi Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber utama foto: <http://www.facebook.com/dodyXwidodo>

<http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

1. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

2. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

3. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

4. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



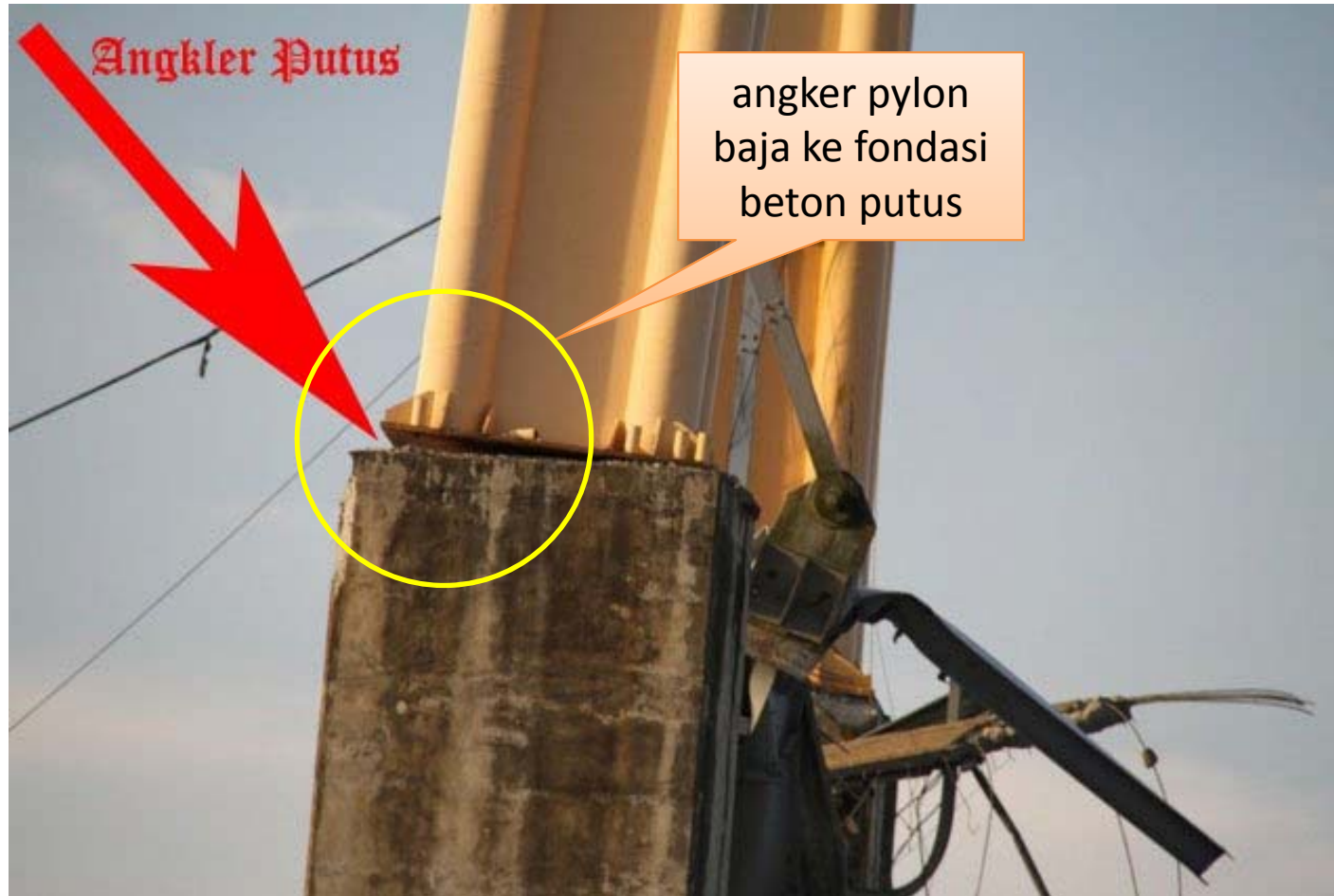
Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

5. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

6. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

7. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



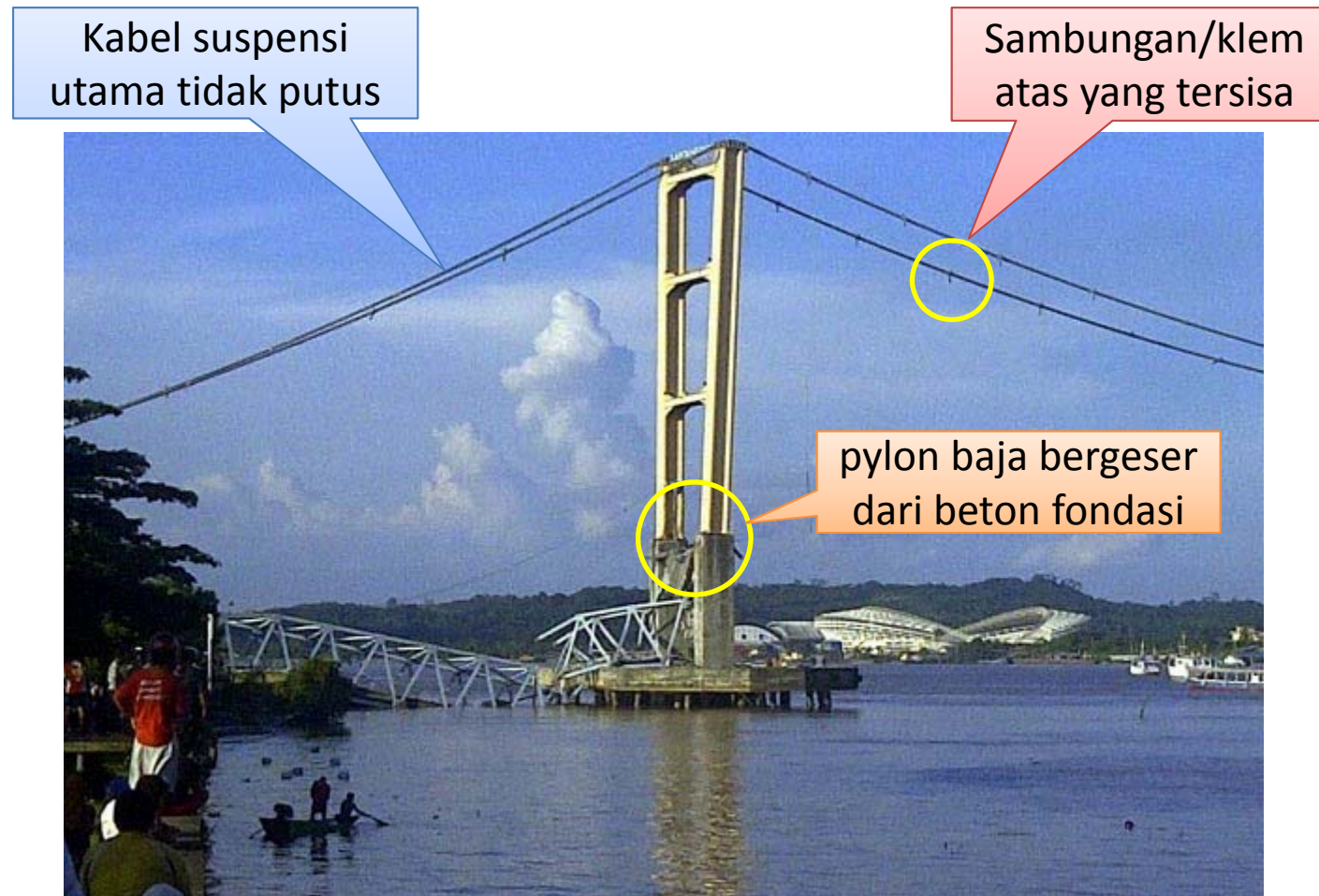
<http://www.facebook.com/photo.php?fbid=2347492808833&set=t.1473164739>

8. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

9. Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara



Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

Fakta dari lapangan 1

Dari foto lapangan tampak bahwa

- Kabel suspensi utama masih utuh
- Pylon baja masih berdiri tegak
- Fondasi beton masih utuh

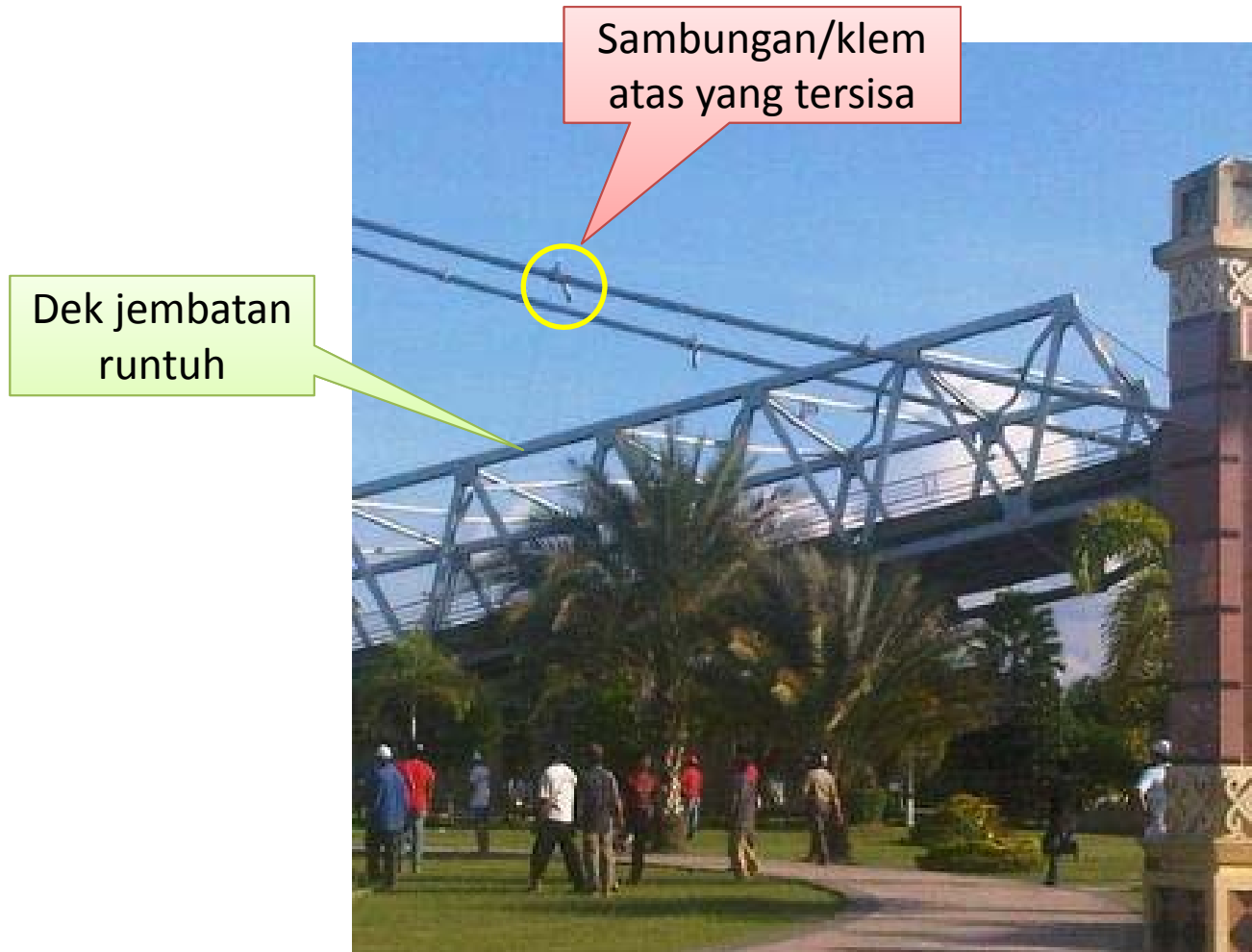
jadi penyebab utama kegagalan struktur bukan pada:

- Kabel suspensi utama
- Pylon baja, maupun
- Fondasi beton.

Klem Atas

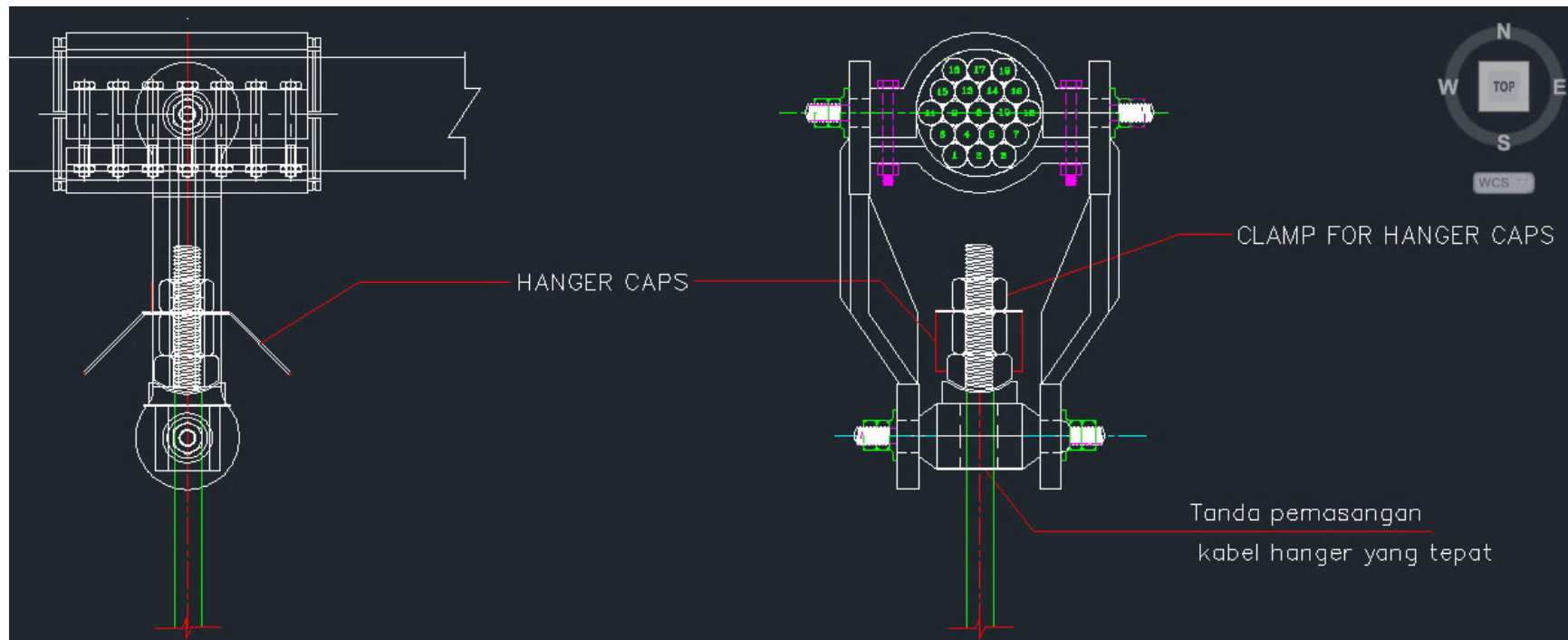
... bagian jembatan Kutai-Kartanegara
yang mengalami kegagalan total ...

10 Keruntuhan Jembatan Kutai-Kartanegara

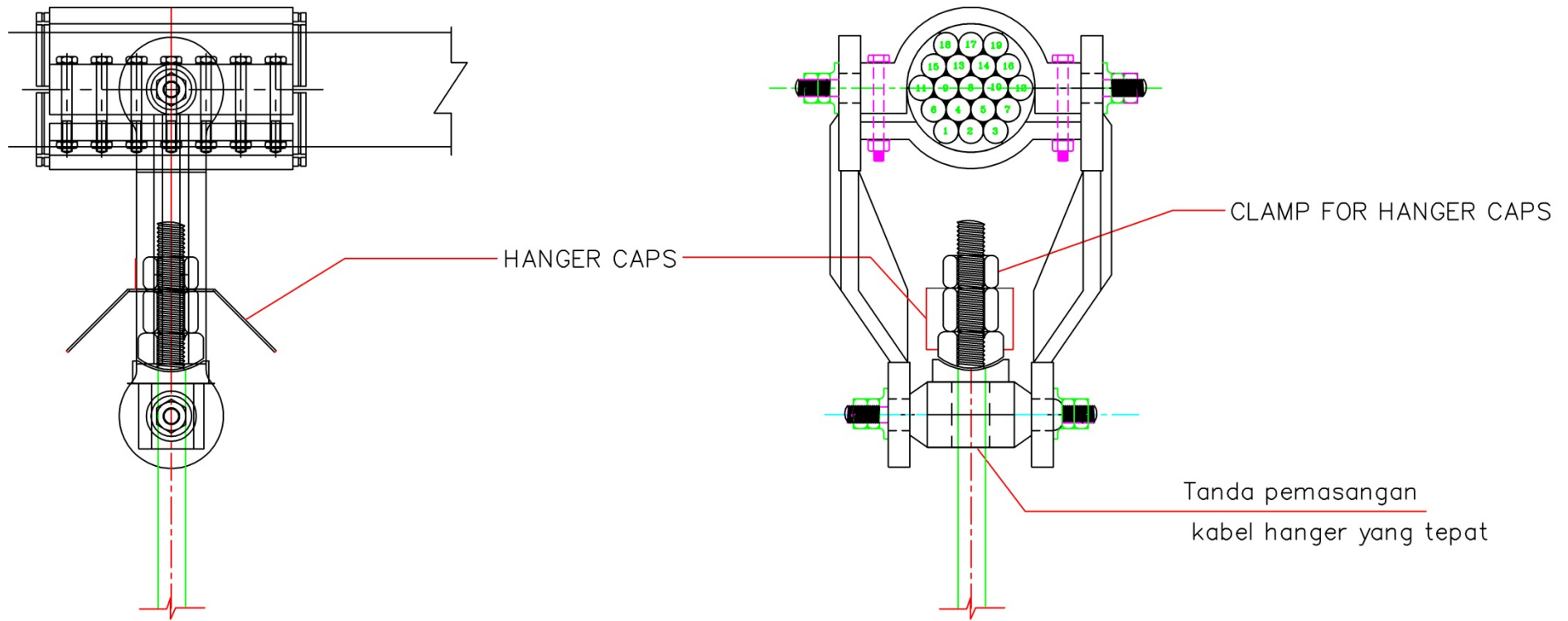


Sumber: <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>

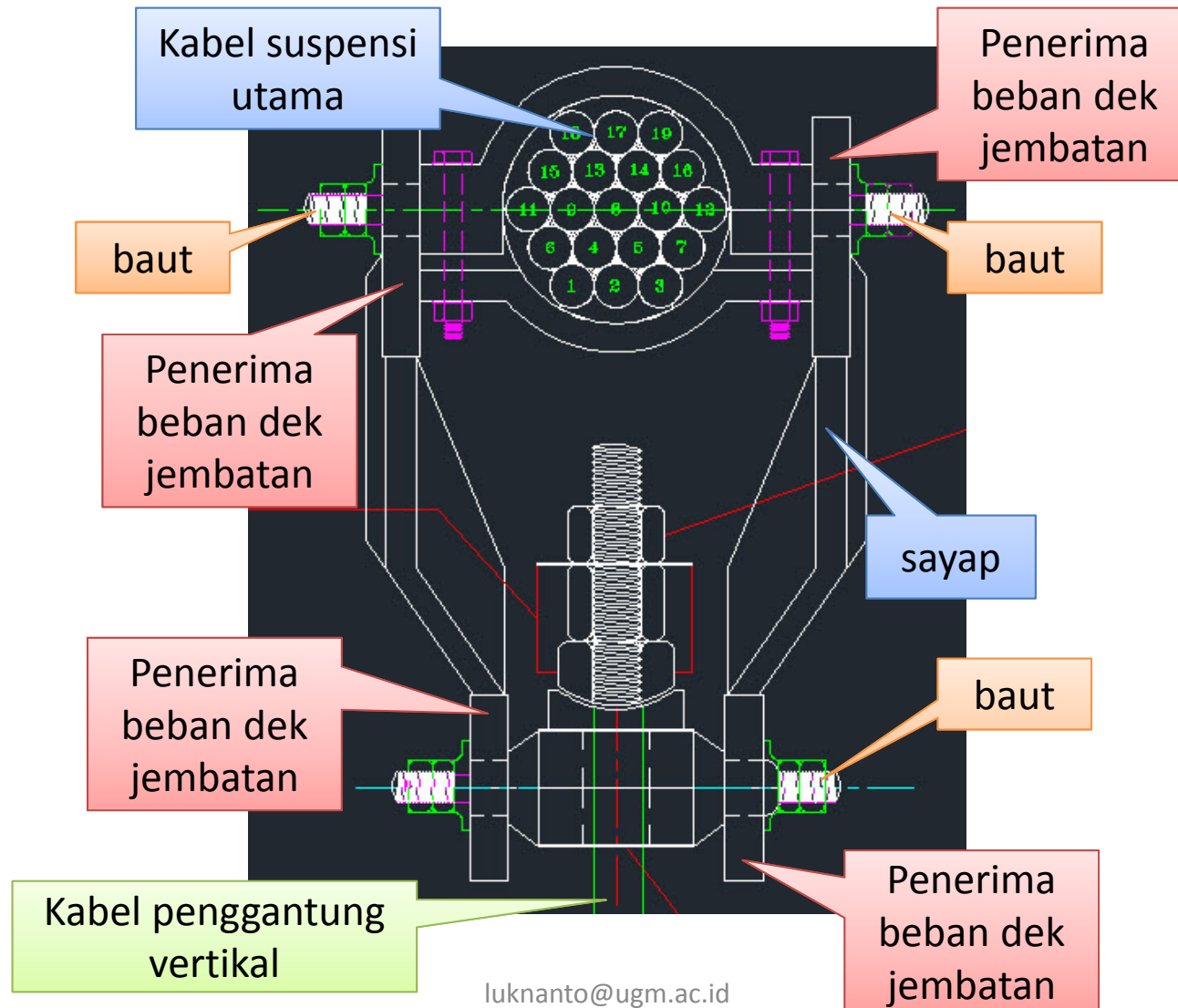
1. As Built Drawing: Klem Atas



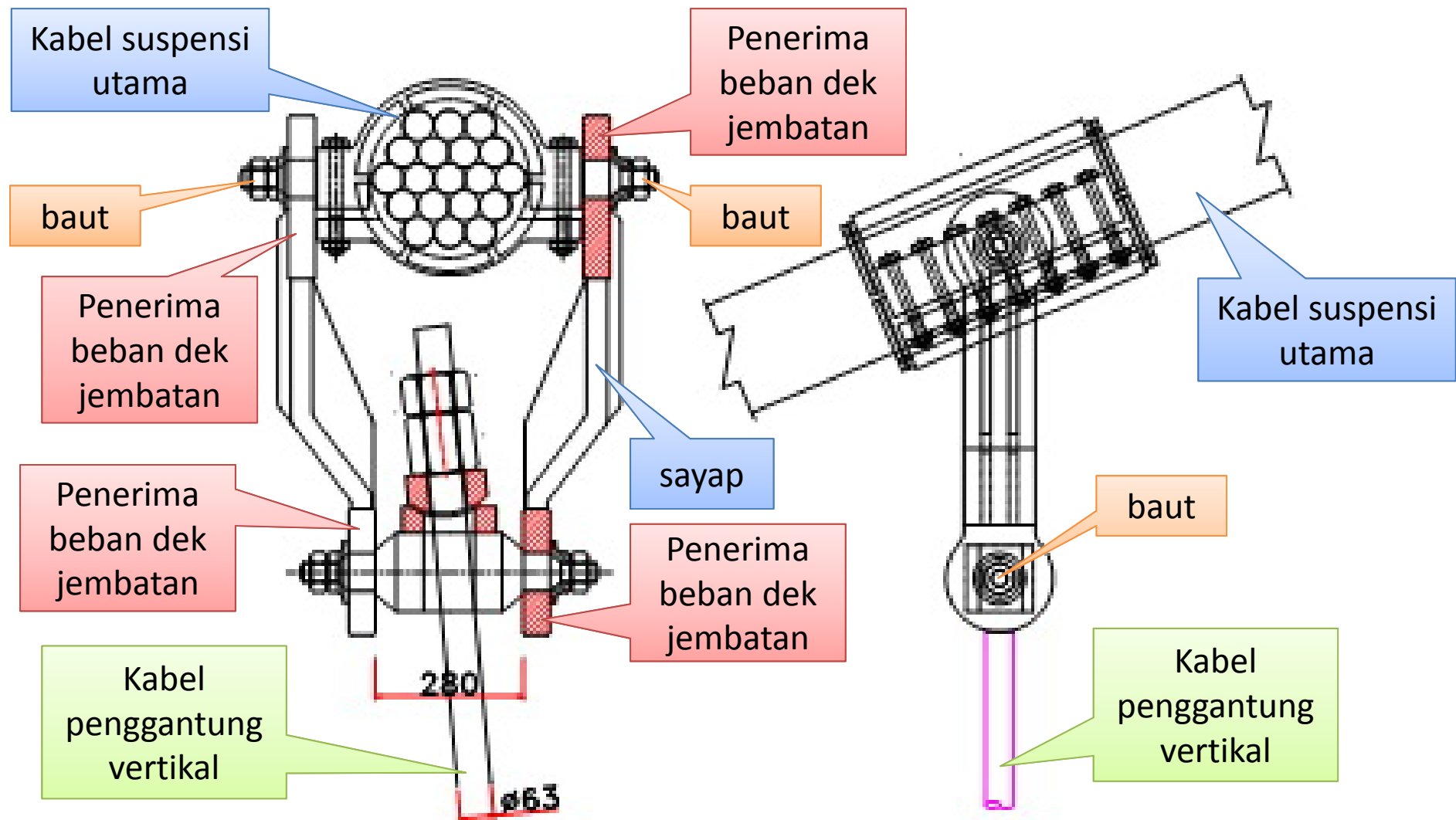
2. As Built Drawing: Klem Atas



3. As Built Drawing: Klem Atas



Klem Atas Jembatan Suspensi Kabel

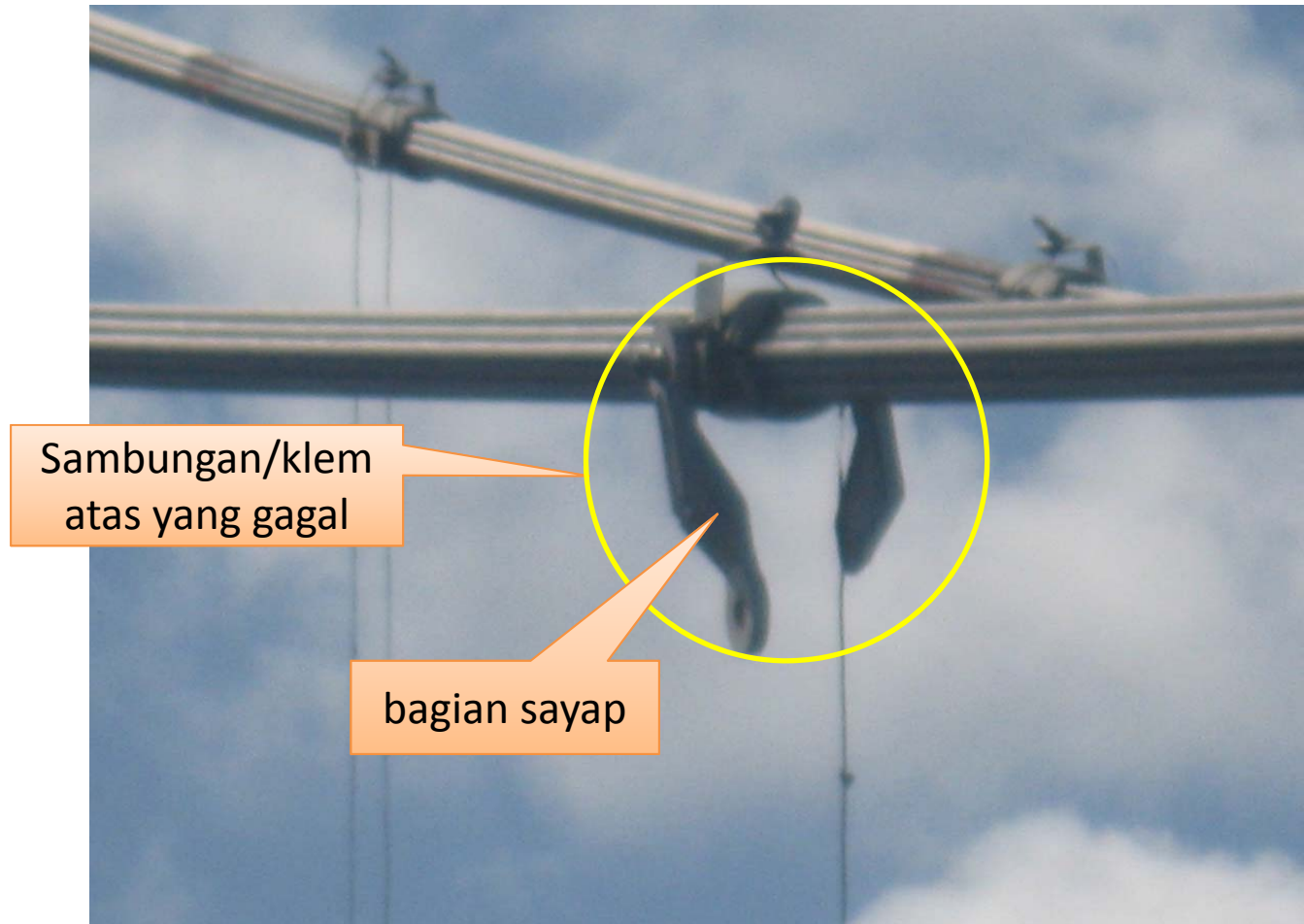


Sumber: http://farm8.staticflickr.com/7021/6409718165_62a0fcaae3.jpg

Satu-satunya klem atas yang masih utuh

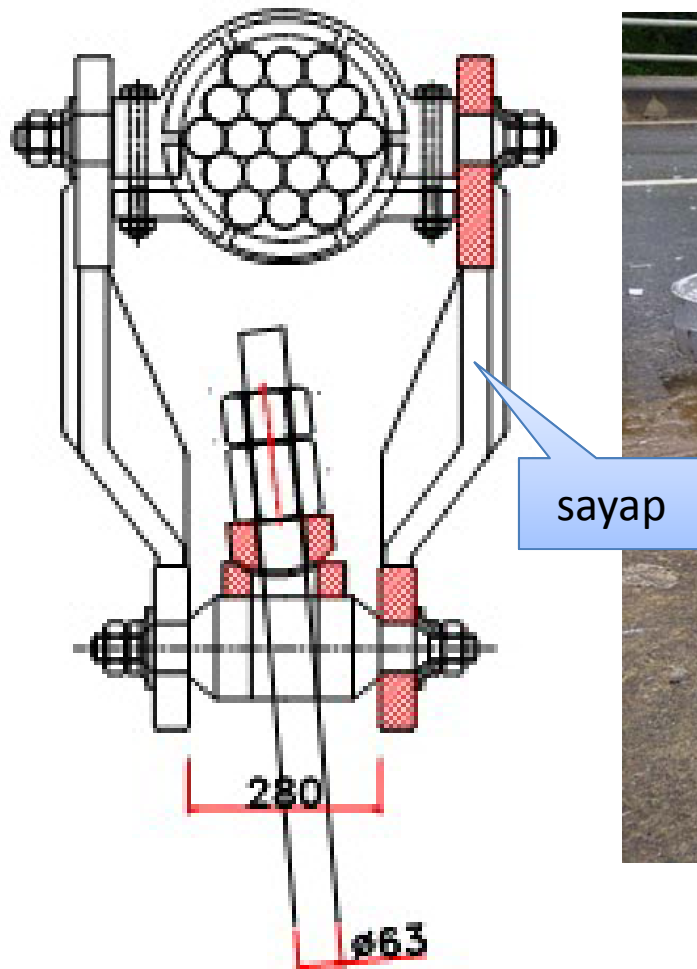


Klem atas yang gagal



Klem atas yang gagal namun masih menggantung di kabel utama

Bagian sayap klem atas



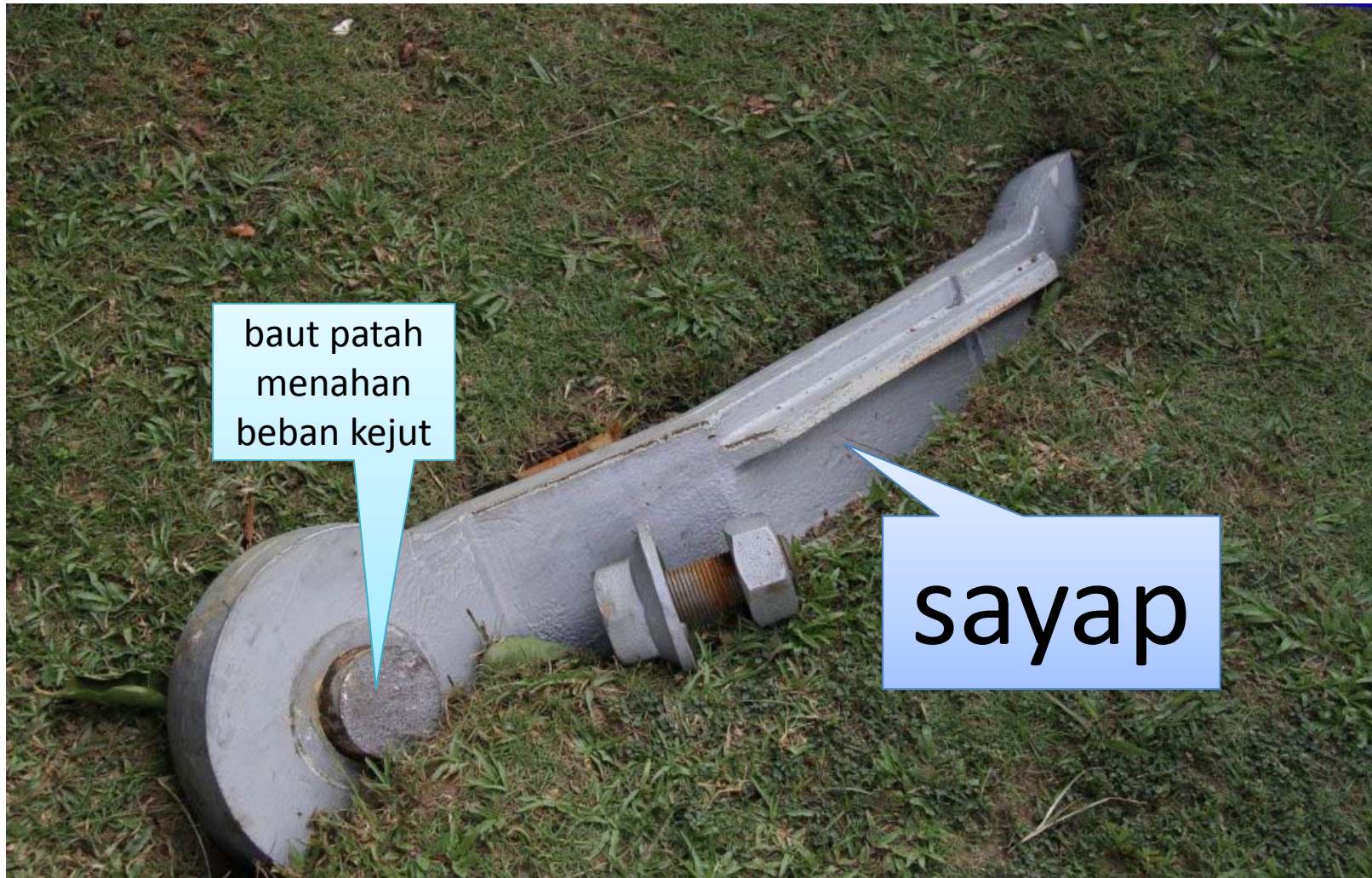
Bagian sayap klem atas yang jatuh ke bawah.
Sayap secara struktural masih utuh.

Bagian klem atas yang gagal



Bagian penjepit sayap berupa lingkaran yang pecah; terdapat pecahan yang baru (warna terang) dan pecahan/retakan lama (warna gelap)

Bagian klem atas yang gagal



Fakta dari lapangan 2

Dari foto lapangan tampak bahwa

- Klem atas gagal total, hanya sisa satu yang masih “utuh”

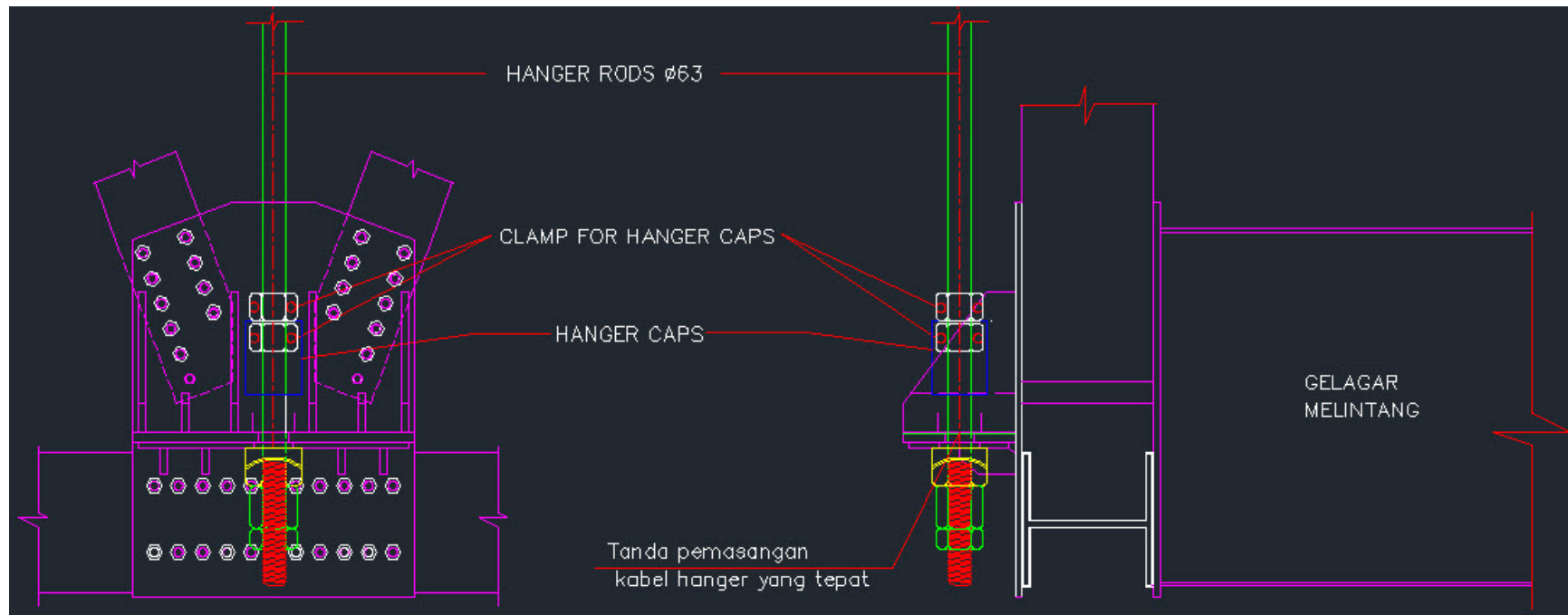
jadi penyebab utama kegagalan struktur adalah klem atas:

- Baut dan sayap ulir mengalami gagal struktur, kemungkinan besar oleh gaya geser kejut.
- Bagian sayap klem atas bukan penyebab kegagalan, bahkan secara struktur terlalu kuat dibanding bagian yang lain (baut dan ulir).

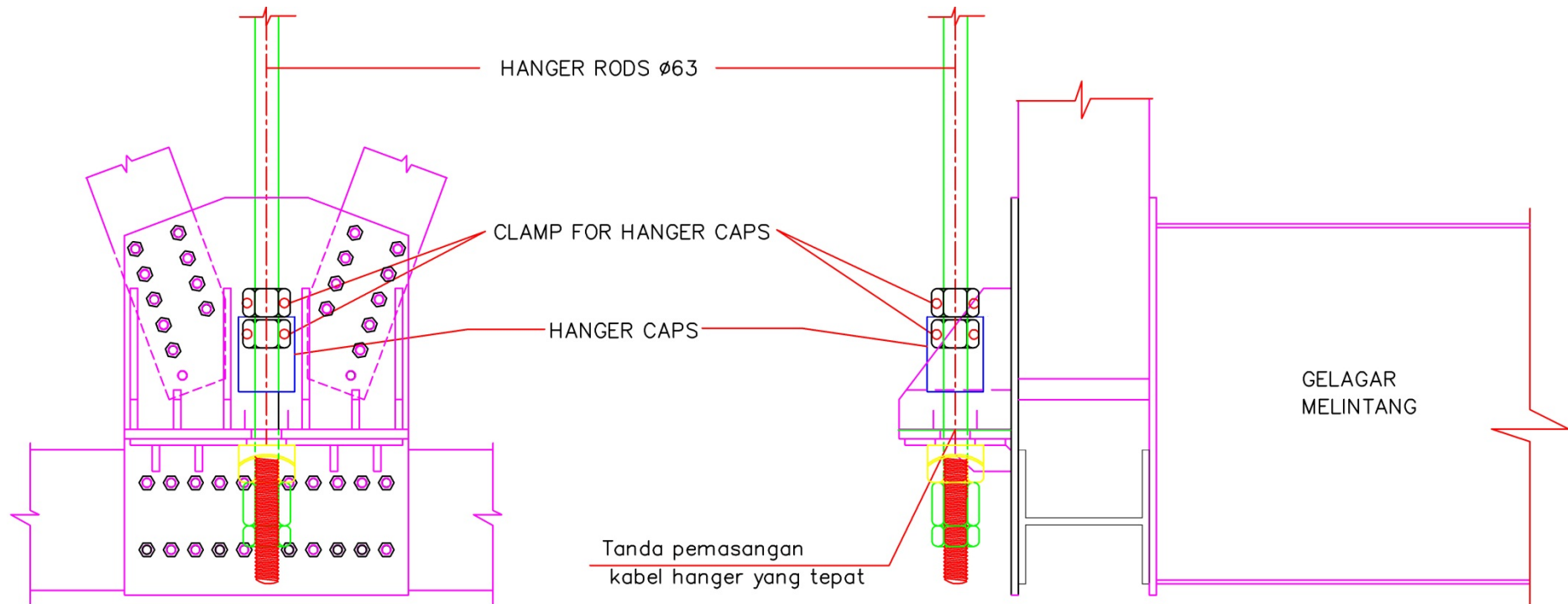
Klem Bawah

... klem bawah masih sakti
mandraguna ...

1. As Built Drawing: Klem Bawah



2. As Built Drawing: Klem Bawah



1.Salah klem bawah yang masih utuh



2. Salah satu klem bawah yang masih utuh



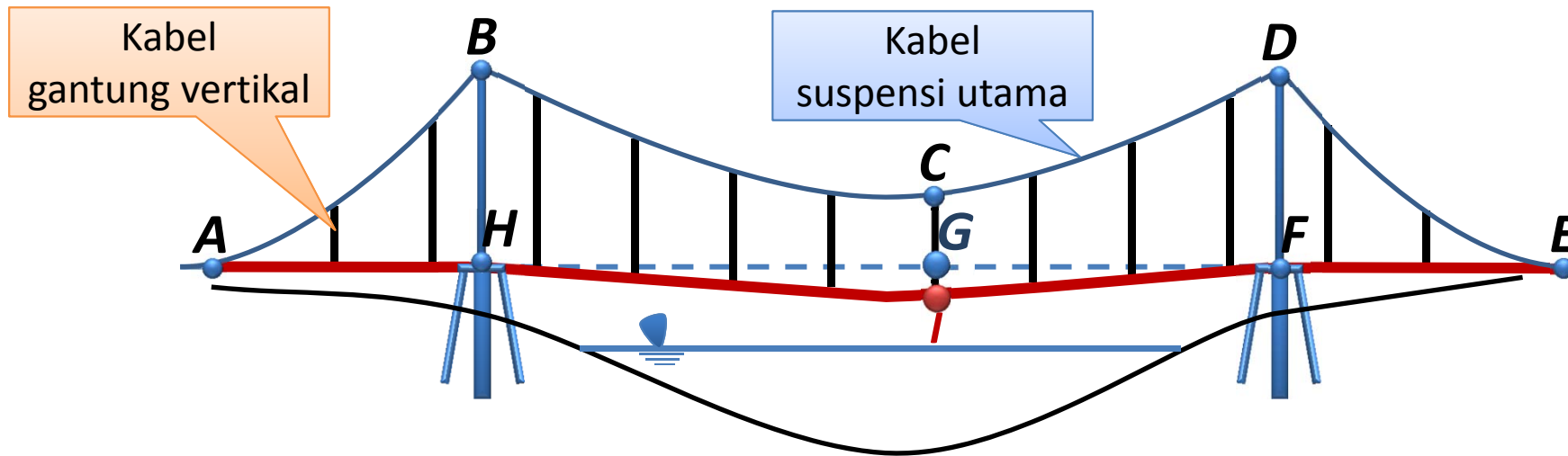
Fakta dari lapangan 3

- Dari foto lapangan tampak bahwa klem bawah bukan penyebab kegagalan.
- Walaupun:
 - Kabel suspensi utama
 - Pylon baja
 - Fondasi beton
- bukan penyebab kegagalan, tetapi kondisinya setelah keruntuhan tidak layak untuk digunakan lagi dan berbahaya bagi lingkungan di sekitarnya. Oleh karena itu sebaiknya diruntuhkan.

Ini lho pendapatku!

... menggunakan data yang tersedia
di internet ...

Kondisi normal sebuah jembatan gantung

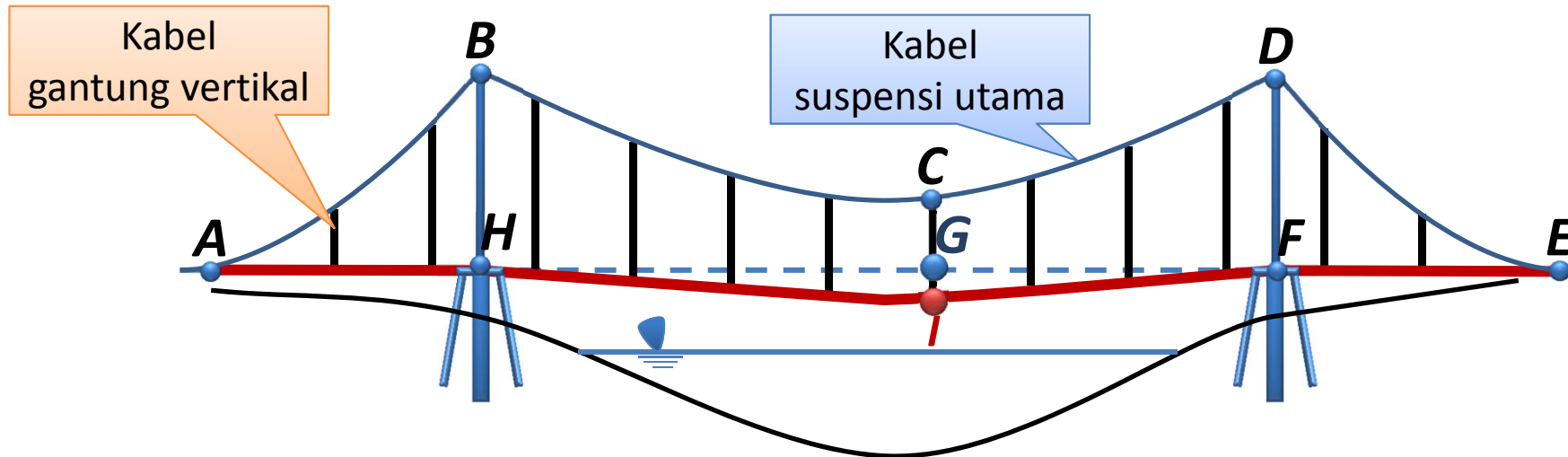


Pada saat perancangan dan pembangunan awal:

- bentuk jembatan sesuai dengan kurva/garis *ABCDEFIHA*.
- Segmen *EFGHA* (dek jembatan) merupakan garis horisontal.

- Setelah beroperasi beberapa tahun biasanya dek jembatan secara normal mengalami penurunan/defleksi/lendutan, menjadi *ABCDEFIHA*.
- Penurunan dek jembatan sebesar *GI* di bagian tengah merupakan hal yang normal bagi operasional sebuah jembatan.

1. Kasus Jembatan Kutai-Kartanegara

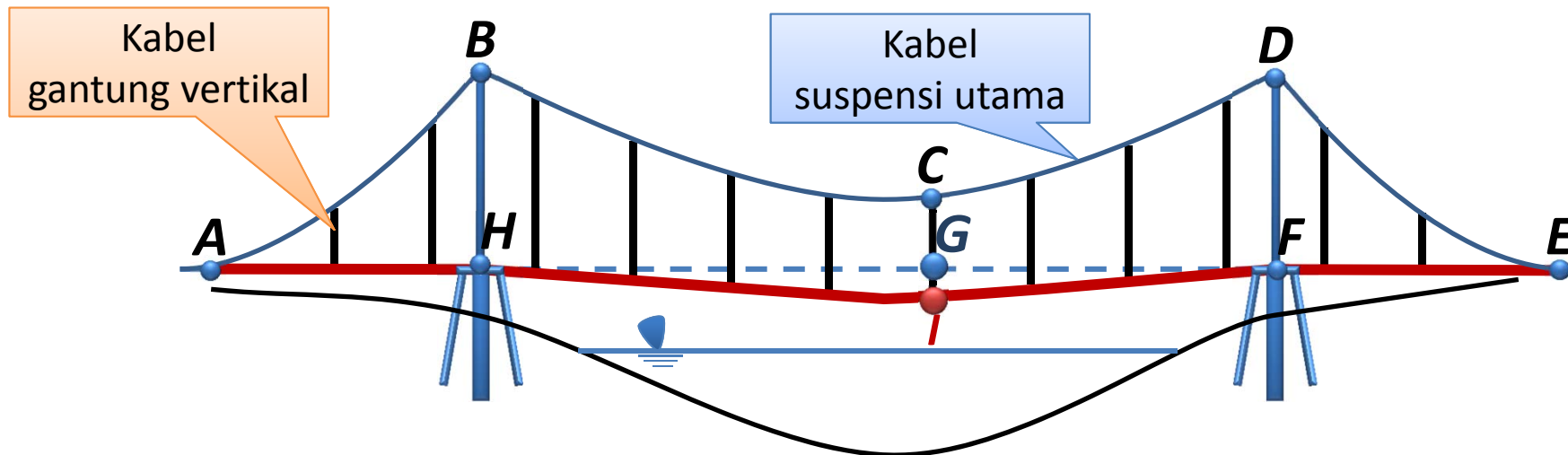


Sebagai operasi normal sebuah jembatan gantung:

1. Di lapangan terjadi lendutan GI sekitar 75 cm (data prakiraan berdasarkan *online resources*).
2. Pemeliharaan dilakukan agar defleksi GI menjadi nol kembali sehingga dek jembatan kembali horisontal.

3. Pemeliharaan dilakukan dengan mendongkrak dengan dongkrak khusus pada Titik I agar kembali ke posisi semula Titik G .
4. Pada saat pendongkrakan tersebut dilakukan oleh petugas lapangan, maka jembatan Kutai-Kartanegara mendadak runtuh.
5. Keruntuhan tersebut (berdasarkan data lapangan) kurang dari 30 detik.

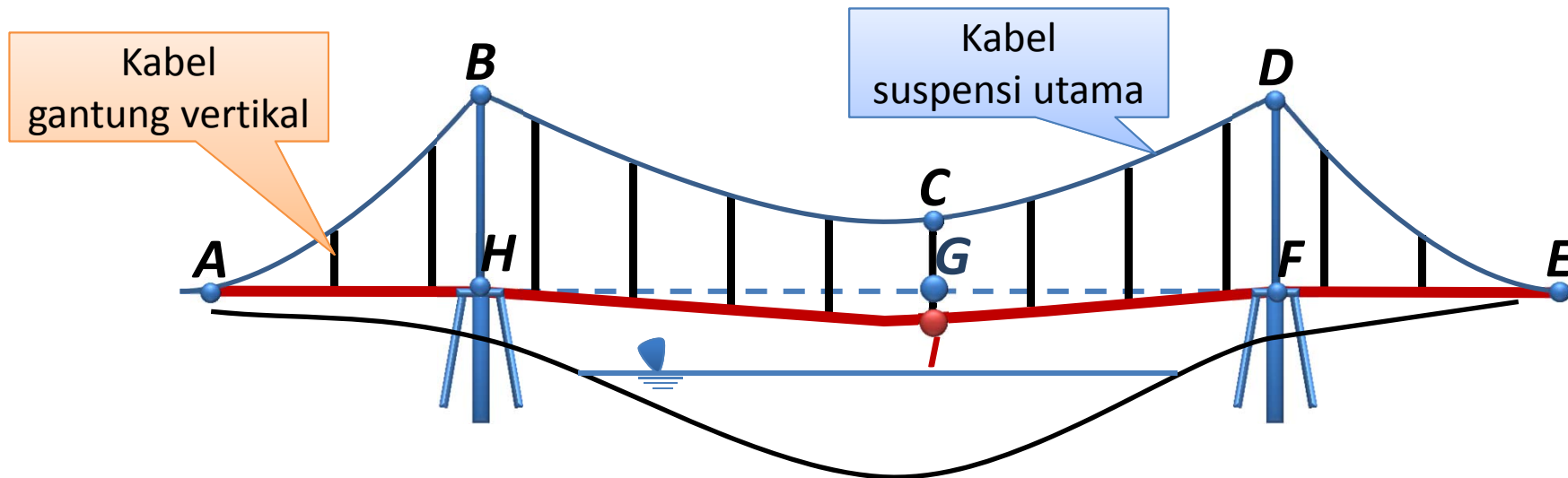
2. Kasus Jembatan Kutai-Kartanegara



Analisis saya sebagai seorang insinyur teknik sipil:

1. Pada jembatan gantung, kabel gantung vertikal menahan beban merata, itulah sebabnya kabel suspensi utama berbentuk parabola.
2. Pendongkrakan yang dilakukan pada Titik / menyebabkan sebagian besar beban menjadi hanya bertumpu kepada kabel gantung Segmen *CGI* saja.
3. Tampaknya di lapangan pada saat pendongkrakan, beban yang ditahan Segmen *CGI* melebihi beban ijinnya, sehingga terjadi keruntuhan segmen ini.
4. Setelah Segmen *CGI* ini runtuh, maka terjadi redistribusi beban (kejut) pada setiap kabel gantung vertikal.
5. Tampaknya kabel gantung vertikal yang lain ini pun tidak mampu menahan redistribusi beban, terjadilah keruntuhan total Jembatan Kutai-Kartanegara.

3. Kasus Jembatan Kutai-Kartanegara



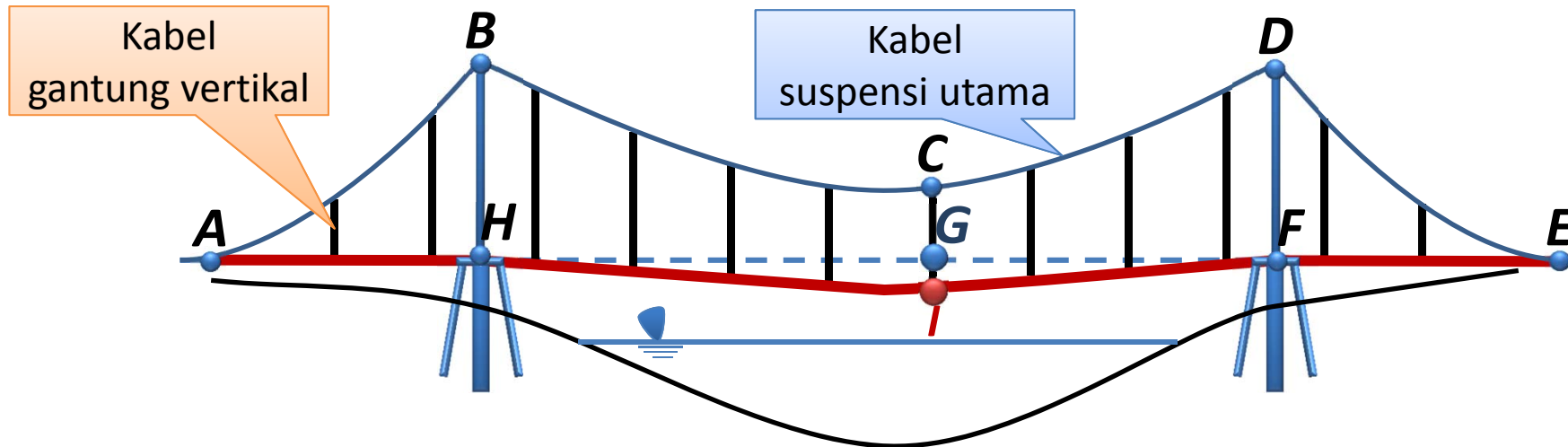
Pertanyaan saya sebagai seorang insinyur teknik sipil mengenai pemeliharaan:

1. Kenapa Segmen *CGI* didongkrak sepanjang defleksi yang terjadi. Seharusnya pendongkrakan dilakukan bertahap pada setiap kabel gantung vertikal?

2. Bertahap maksudnya andaikan defleksi maksimum yang terjadi 75 cm, maka pendongkrakan dilakukan, misalkan, setiap 5 cm dan dimulai dari kabel gantung vertikal dengan defleksi minimum.

3. Seharusnya sebelum pemeliharaan dilakukan simulasi pembebanan yang akan terjadi.

4. Kasus Jembatan Kutai-Kartanegara

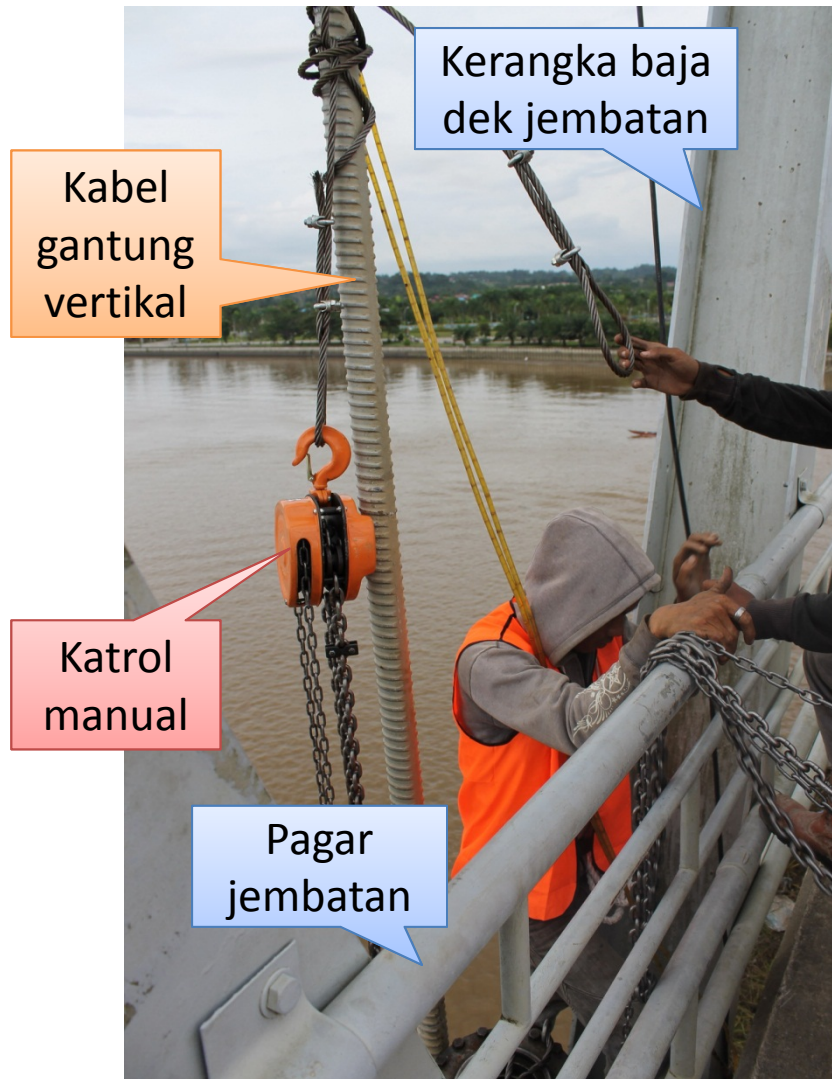


Pertanyaan saya sebagai seorang insinyur teknik sipil mengenai perancangan:

1. Kriteria perancangan jembatan Kutai-Kartanegara apa sudah ditinjau ulang?
2. Kenapa setelah Segmen *CGI* runtuh, **seluruh** kabel gantung vertikal ikut runtuh?

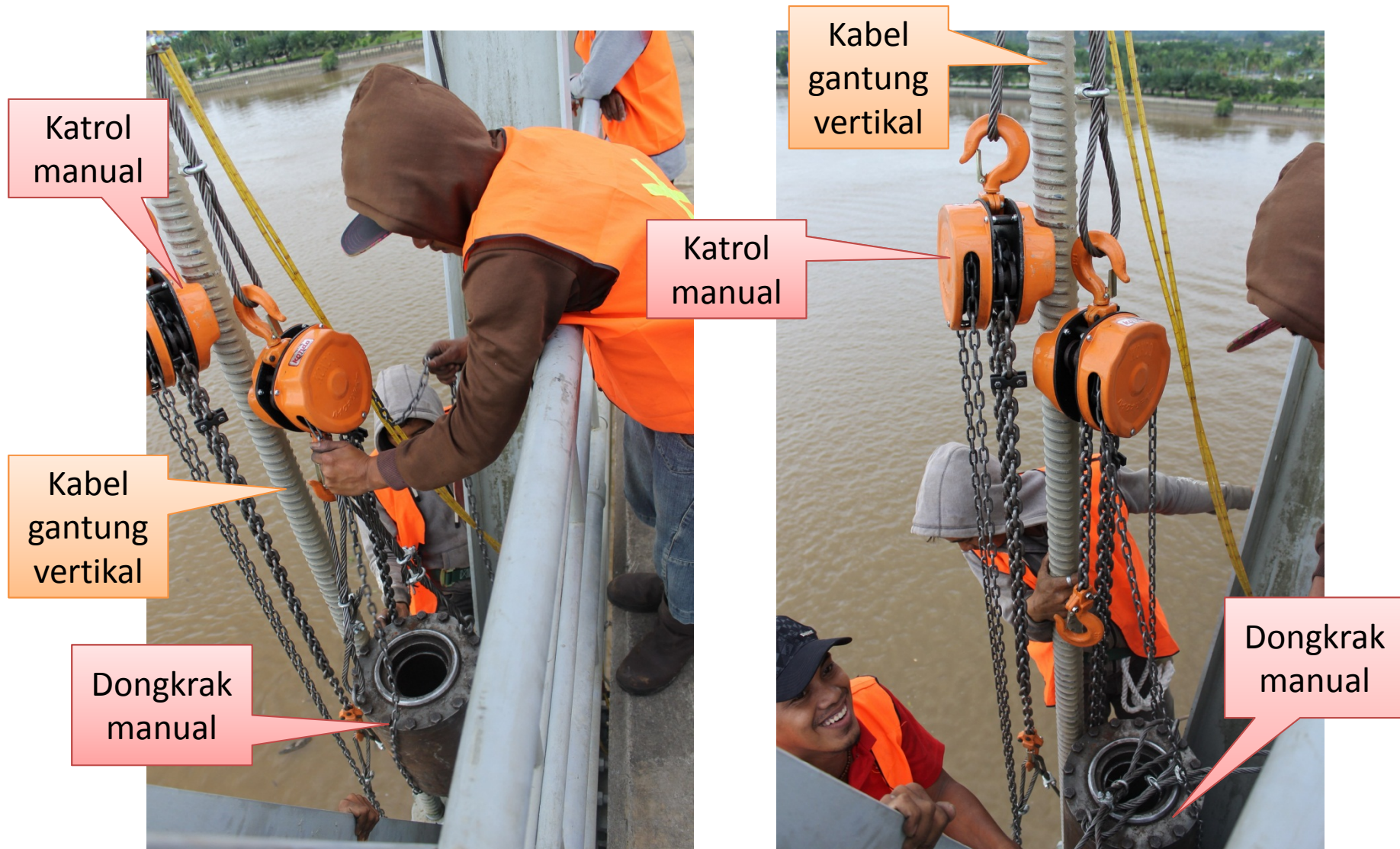
2. Kenapa penyebab utama keruntuhan hanya pada klem atas?
3. Apakah perancangan kekuatan bahan untuk klem atas sesuai dengan kriteria perancangan?:
 - terutama baut yang digunakan
 - beberapa bagian tampak sudah mengalami keretakan untuk waktu lama (bandingkan warna bahan setelah gagal, lihat foto-foto lapangan)

1. Proses penaikan lendutan

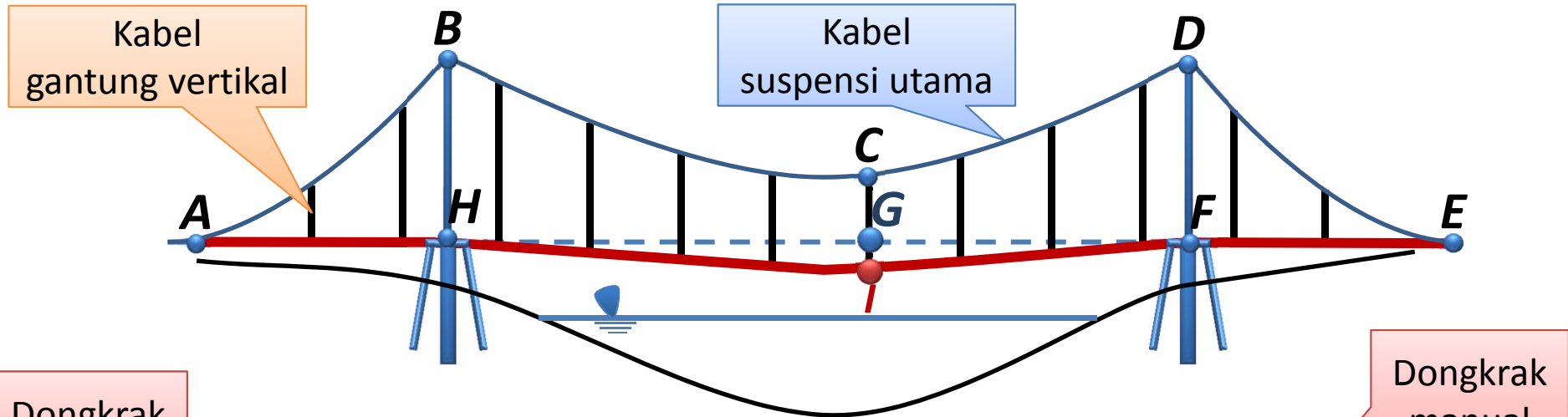


- Dalam rangka perbaikan pada penurunan/defleksi/lendutan yang terjadi, maka dilakukan pendongkrakan (penaikan) dek jembatan pada titik-titik gantungnya.
- Gambar di sebelah kiri menunjukkan persiapan pemasangan dongkrak yang digunakan untuk menaikkan titik-titik lendutan.

2. Proses penaikan lendutan



3. Proses penaikan lendutan



Dongkrak yang digunakan untuk menaikkan titik lendutan dari posisi I ke G

Kasus Serupa

- Silver Bridge:
http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_Bridge
- West Virginia Historical Society Quartely: The Collapse of the Silver Bridge,
<http://www.wvculture.org/history/wvhs1504.html>

Pustaka Umum

- <http://www.facebook.com/media/set/?set=a.2278835372440.2109163.1295435164>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_bridge
- The Visual Dictionary: http://www.infovisual.info/05/028_en.html
- Struktur klem atas: http://farm8.staticflickr.com/7021/6409718165_62a0fcaae3.jpg
- Foto kegagalan klem atas jembatan Kukar:
<http://www.kaskus.us/showpost.php?p=564893164&postcount=652>
<http://img0.uploadhouse.com/fileuploads/15143/1514374082cb76215d831fb84bed4edae099ffe1.jpg>
<http://www.tempo.co/read/news/2011/11/27/179368609/Jembatan-Tenggarong-Pernah-Ditabrak-Ponton-Enam-Kali>
- http://www.waspada.co.id/index.php?option=com_content&view=article&id=225042:jembatan-tenggarong-runtuh&catid=77:fokusutama&Itemid=131
- Pemeliharaan jembatan kabel suspensi: <http://iabse-bd.org/old/102.pdf>
- Persamaan matematika jembatan kabel suspensi: <http://www.math.hmc.edu/~dyong/papers/strings.pdf>
- Penjelasan populer jembatan kabel suspensi: <http://static.howstuffworks.com/pdf/ups-suspension-bridge.pdf>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Mackinac_Bridge

Pustaka Terkait Pendongkrakan

- <http://www.tempo.co/read/news/2011/12/03/063369728/Buka-Bantah-Dongkrak-Kabel-Vertikal-Jembatan>
- <http://www.korankaltim.co.id/read/news/2011/20108/detik-detik-runtuhnya-jembatan-mahakam-ii.html>
- <http://www.pa-tenggarong.com/index.php/lain-lain/kutai-kartanegara/berita-seputar-runtuhnya-jembatan-kutai-kartanegara/413-detik-detik-runtuhnya-jembatan-mahakam-ii>
- <http://www.radartarakan.co.id/index.php/kategori/detail/Utama/20492>
- <http://nasional.vivanews.com/news/read/269746--keanehan--jembatan-kutai-terlihat-pada-2006>

Ucapan Terima Kasih

- Terima kasih kepada Pak Dody Widodo (<http://www.facebook.com/dodyXwidodo>) atas foto-fotonya,
- kemudian teman-teman lain yang ikut menambahkan foto-foto pada komentar mereka di Facebook.

**Semoga Indonesia
bertambah baik!**

dikumpulkan oleh

Djoko Luknanto
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada