

**PERKEMBANGAN JEMBATAN DAN PENGARUH
AERODINAMIK ANGIN TERHADAP KESTABILAN
JEMBATAN KABEL BENTANG PANJANG**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Teknik Sipil
pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada 9 Januari 2024**

**oleh:
Prof. Dr.Ir. Bambang Supriyadi, CES., DEA., IPU., ASEAN Eng.**

Bismillahirrahmannirrahim.

Yang terhormat,

*Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
Gadjah Mada,*

Rektor dan Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada

*Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah
Mada,*

*Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas
Gadjah Mada,*

Para Guru Besar Universitas Gadjah Mada

*Dekan dan Wakil Dekan, Ketua dan Sekretaris Senat Fakultas
Teknik Universitas Gadjah Mada*

*Rekan-rekan Dosen dan Seluruh Sivitas Akademika Universitas
Gadjah Mada*

*Tamu Undangan, Sanak Keluarga serta Hadirin sekalian yang
saya hormati.*

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pertama-tama saya panjatkan puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga kita dapat hadir di ruang Balai Senat ini. Saya ucapkan terima kasih dan selamat datang kepada hadirin semua yang telah berkenan hadir dan mendengarkan pidato pengukuhan saya sebagai Guru Besar dalam bidang ilmu Teknik Sipil, terkhusus pada sub-bidang Teknik Struktur pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pada hari ini, perkenankan saya menyampaikan pidato pengukuhan sebagai guru besar dengan judul:

**Perkembangan Jembatan Dan Pengaruh Aerodinamik Angin
Terhadap Kestabilan Jembatan Kabel Bentang Panjang**

Ibu dan Bapak serta Hadirin yang saya muliakan, izinkan saya membahas mengapa judul ini penting untuk diangkat. Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sekitar tujuh belas ribu pulau yang lima di antaranya merupakan pulau yang sangat besar yang di dalamnya banyak sungai-sungai lebar. Pulau-pulau tersebut dan beberapa wilayah yang dipisahkan oleh sungai yang besar dan lebar sebagian besar belum terhubung oleh transportasi darat sehingga jembatan sebagai prasarana transportasi darat sangat dibutuhkan tidak hanya penghubung antarpulau tetapi juga penghubung antarwilayah serta merupakan mobilitas proses ekonomi terutama di beberapa daerah yang sama sekali belum terjamah akses pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan. Mengapa, karena jembatan merupakan salah satu bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, lembah, selat atau laut, dan jalan lain yang tidak sebidang.

Pada saat akan membangun jembatan, akan muncul pertanyaan: *Tipe jembatan apa yang tepat untuk dibangun?* Dari aspek desain, ada banyak kemungkinan sehingga kreativitas dan kemampuan perencana memainkan peranan besar dalam menjawab pertanyaan di atas. Pada tahap perencanaan jembatan harus didesain dengan beberapa faktor penting seperti kekuatan, kekakuan, stabilitas, servisabilitas, durabilitas, ekonomis hingga faktor estetika. Pemilihan tipe jembatan sangat tergantung pada panjang bentang yang diperlukan. Gelagar Beton bertulang, Gelagar Baja, Box baja ataupun Beton Pratekan sering digunakan untuk jembatan bentang pendek maupun sedang. Untuk jembatan bentang panjang banyak digunakan jembatan tipe kabel seperti jembatan gantung (*suspension bridge*) dan *cable stayed bridge*, karena jembatan dengan sistem kabel cenderung lebih ekonomis pada bentang-bentang panjang (Svensson, 2012). Dalam hal ini jembatan akan menjadi pengontrol volume dan berat lalu lintas yang dapat dilayani oleh sistem transportasi. Oleh karena itu, jembatan dapat dikatakan mempunyai fungsi keseimbangan (*balancing*) dari sistem transportasi.

Vaza pada tahun 2016 mengkaji tentang panjang bentang ekonomis yang dapat dicapai dengan berbagai tipe jembatan yang ada

baik di Indonesia maupun di dunia seperti: Bangunan Atas berupa Gelagar Beton bertulang, lebih ekonomis untuk bentang 10-

18m; Gelagar Beton T untuk bentang 18-25m; Box beton bertulang untuk bentang 25-35m; Box Baja untuk bentang 15-40m; Box Beton Pratekan dapat ekonomis sampai dengan bentang 60-200m; Rangka Baja untuk bentang 40-100m; Pelengkung Baja dapat digunakan untuk bentang 150-250m; *Cable Stayed* untuk memenuhi bentang 200-500m dan Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*) bisa digunakan untuk bentang ekonomis 300-1000m. Walaupun saat ini bentang terpanjang jembatan tipe *cable stayed* adalah 1167 m, di China, sedangkan tipe *suspension* adalah 2023 m di Turkey.

Sejarah perkembangan jembatan

Pengetahuan akan teknik jembatan dan pengalaman praktis di lapangan juga memiliki nilai masukan yang sangat berarti. Oleh sebab itu tinjauan terhadap perspektif sejarah merupakan aspek yang tidak boleh diabaikan. Karena itu pada kesempatan ini akan ditinjau secara keseluruhan tipe jembatan yang pernah dibangun sepanjang sejarah peradaban manusia, termasuk beberapa tipe dan konsep dasar asal mula jembatan.

Terkait Perkembangan Tipe Jembatan, dapat dikatakan bahwa sejarah jembatan sejalan dengan sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi seperti jembatan sekarang ini. Jembatan, sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (*structural engineering*), diawali dengan proses “*try and fail*”.

Sebagai awalnya digunakan metode empiris. Mereka membuat beberapa perkiraan-intelegensi tentang kekuatan bahan dalam membangun jembatan yang sesuai. Beberapa abad yang lampau manusia mengkategorikan lima tipe jembatan: balok (*simple beam*), kantilever (*cantilever*), pelengkung (*arch*), kabel gantung (*suspension*) dan rangka (*truss*). Empat tipe pertama jembatan diilhami dari kehidupan sebelum Masehi.

Supriyadi & Muntohar (2007), menjelaskan contoh alami dari jembatan balok sederhana (*simple beam bridge*) adalah pohon yang tumbang melintas di atas sungai. Perkembangan selanjutnya

digunakan slab-slab batu alam sebagai jembatan. Suatu hal yang telah dicapai manusia purba saat itu adalah pemakaian prinsip-prinsip jembatan kantilever pada kedua pangkal jembatan. Jembatan gantung digambarkan di alam oleh akar-akar pohon yang bergantung dan digunakan oleh hewan dan manusia untuk melewati dari satu pohon ke pohon yang lainnya di atas sungai. Bentuk yang sangat sederhana awalnya jembatan gantung hanya terdiri atas kabel dan lantai jembatan. Banyak jembatan kuno jenis ini yang dibangun. Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa perkembangan teknik jembatan dihasilkan dari evolusi bentuk struktur, material, metode perencanaan, fabrikasi, dan cara pendiriannya.

Pada zaman Romawi Kuno dimulai dari tahun 300 SM dan berlangsung kurang lebih selama 600 tahun, bangsa Romawi merupakan ahli-ahli jembatan pertama. Mereka telah membangun jembatan dari kayu, batu, dan beton. Untuk jembatan batu dan beton, mereka membuat dalam bentuk lengkung (*arch*). Hingga saat ini, konstruksi-konstruksi pelengkung bangsa Romawi masih berdiri di Italia, Spanyol, dan Perancis sebagai hasil karya monumental.

Beberapa dari jembatan-jembatan terbesar Bangsa Romawi merupakan *aqueduct*, yang dibangun bukan untuk lalu lintas manusia tetapi untuk saluran air. *Aqueduct* yang saat ini masih ada dan termegah adalah Pont du Gard, dekat daerah Nimes, Perancis. Selain itu, dibangun pula *aqueduct* Segovia di Spanyol, yang dibangun dari batu pecah tanpa mortar.

Pada zaman pertengahan di Eropa berlangsung dari abad ke-11 sampai dengan abad ke-16 sesudah runtuhnya Romawi. Secara prinsip konstruksi jembatan yang dibangun pada periode ini tidak jauh berbeda seperti pada zaman Romawi. Bentuk-bentuk lengkung (*arch bridge*) dan pilar-pilar batu masih sering digunakan seperti pada jembatan Old London yang dibangun pada abad ke-12. Sekitar abad ke-12 juga, di Perancis dibangun jembatan Avignon yang melintasi Sungai Rhone, daerah Perancis Selatan. Bentuk yang digunakan adalah lengkung kurva ellips dengan bagian puncaknya dapat dibuat lebih tipis. Pilar jembatan dibuat dengan tampang bentuk segi tiga pada bagian hulu. Prinsip ini sekarang dikenal dengan "*streamlining*". Beberapa ahli mengatakan bahwa Jembatan Rialto yang dibangun

pada abad ke-16 di atas *Grand Canal*, Venice adalah jembatan terbaik di zaman pertengahan dalam segi pengembangan teknik jembatan dan estetika.

Jembatan gantung pada zaman kuno, jalan sering diletakkan pada bagian atas kabel. Akan tetapi posisi tersebut tidak tepat, dan para pembuat jembatan akhirnya menemukan suatu bahan dari kabel rantai besi untuk menggantungkan jalan tersebut. Jembatan gantung yang pertama menggunakan sistem ini dibangun di Italia pada abad ke-16. Sejak awal abad ke-19, besi batangan digunakan sebagai kabel.

Pada Era jembatan besi dan baja, sejalan dengan adanya Revolusi Industri, untuk pertama kali konstruksi jembatan dibangun menggunakan material besi. Jembatan besi yang pertama kali dibangun adalah Jembatan Coalbrookdale yang melintasi Sungai Severn, Inggris tahun 1776 yang dibangun dengan bagian yang berbeda yang berbentuk setengah lingkaran. Sampai dengan saat ini jembatan ini masih tetap berdiri. Namun pada beberapa tahun baru-baru ini telah dilakukan renovasi perkuatan terhadap abutment dan konstruksi besi yang masih ada. Di zaman pertengahan jembatan besi yang dibangun masih menggunakan prinsip-prinsip bentuk lengkung (*arch bridge*) terutama untuk jembatan jalan raya. Walaupun jembatan yang dibangun menggunakan sistem kantilever, masih tetap memakai bentuk lengkung murni atau dengan beberapa perubahan, seperti pada Jembatan *Firth of Forth* di Skotlandia dan Jembatan *Quebec* di Kanada.

Untuk jembatan jalan rel, beberapa ahli pada saat itu menggunakan jembatan bentuk pipa (*tubular bridge*), seperti Jembatan *Britania* yang melintasi Selat Menai, Inggris, dan Jembatan *Victoria* melintasi sungai *St. Lawrence* di Montreal, Kanada. Salah satu hasil karya lain pemikiran genius dan monumental dari James Eads adalah Jembatan *St. Louis* yang dibangun melintasi Sungai *Misissipi*, Amerika Serikat pada tahun 1860.

Pada Era Jembatan Kabel, jembatan gantung tertua dan terbesar pada abad ke-18 adalah Jembatan *Menai Straits* di Inggris yang dibangun pada tahun 1825. Jembatan ini masih menggunakan menara batu dan kabel dari rantai besi untuk menggantung jalan raya. Pada tahun 1939 kabel penggantung digantikan dengan baja batangan.

Awal kemajuan inovasi jembatan gantung dapat dikatakan adalah pada saat dibangunnya Jembatan Gantung Niagara yang dibangun pada tahun 1851 melintasi air terjun Niagara di Amerika Serikat. Struktur jembatan ini mempunyai dua dek, dek bagian atas untuk jalan rel dan bagian bawah untuk lalu lintas jalan raya. Dek ini berupa “*stiffening truss*” yang terbuat dari kayu. Bentang jembatan digantungkan pada 4 kelompok kabel, didukung dengan 4 bangunan menara dan ujung kabel diangkurkan dalam solid rock di belakangnya. Keberhasilan pembangunan jembatan Niagara ini merupakan sumbangan besar untuk kemajuan ilmu teknologi jembatan.

Penggunaan kabel baja (*wire steel*) menggantikan kabel besi untuk pertama kali digunakan di dunia pada Jembatan Gantung *Brooklyn*, New York (1867). Ciri khusus Jembatan *Brooklyn* adalah sistem kabel yang menjulur ke arah dek dari tower, yang lebih stabil terhadap angin. Pada Jembatan George Washington yang dibangun tahun 1927, digunakan tower berupa rangka baja yang dilapisi dengan beton dan granit. Dekade ini awal dari penggunaan bentuk-bentuk tower berupa rangka. Sebagaimana halnya jembatan-jembatan yang diuraikan di atas, Jembatan *Golden Gate* di California dan *Mackinac Straits* di Michigan menggunakan dek dari *stiffening truss*. Dengan berkembangnya gelagar *box (box girder)*, penggunaan *stiffening truss* sebagai dek mulai berkurang seperti yang digunakan pada Jembatan *Humber* dan *Verrazano-Narrows*. Terdapat kesamaan pada sistem kabel pada 5 jembatan terakhir yaitu digunakannya penggantung tegak (*hanger*). Walau bagaimanapun sistem dek dan penggantung pada dua jembatan terakhir dapat mengurangi berat sendiri dan biaya pembangunan jembatan.

Jembatan gantung memiliki komponen detail dan komponen utama. Komponen-komponen pada struktur atas jembatan gantung meliputi: lantai (*deck*) jembatan, kabel penggantung (*suspension cables/hanger*), kabel utama (*main cable*), dan menara (*pylon/tower*).

Menurut Harazaki (2000) fungsi komponen utama dari jembatan gantung ini adalah: Gelagar/*deck*: Struktur longitudinal yang menopang dan mendistribusikan beban kendaraan yang bergerak, dan dapat juga berfungsi sebagai pengaman stabilitas aerodinamis. Bentuk gelagar jembatan yang digantungkan pada jembatan penggantung dapat

berupa gelagar I, rangka batang, dan juga dapat berupa *box girder*. Pada beberapa jembatan gantung bentang pendek gelagar biasanya tidak memiliki cukup kekakuan sehingga lebih banyak diperkuat oleh tali penggantung, namun pada jembatan gantung bentang panjang biasanya digunakan gelagar rangka batang atau *box girder* sebagai sistem gelagarnya. Pada gelagar I kestabilan aerodinamik menjadi sangat rentan, itulah mengapa pada jembatan bentang panjang tidak digunakan gelagar jenis I, sementara pada gelagar rangka batang dan *box girder* stabilitas aerodinamik cenderung lebih stabil dan memiliki kemudahan dalam tahap konstruksi dan pemeliharaan, estetika dan lain sebagainya (Harazaki, et al, 2000).

Kabel hanger: adalah kabel baja yang digunakan sebagai pengantung dan pendukung gelagar jembatan untuk meneruskan beban gelagar pada kabel utama. Kabel utama: adalah terdiri dari kawat baja paralel yang dibundel sedemikian rupa untuk mendukung keseluruhan *span* jembatan yang tergantung pada kabel hanger. Supriyadi & Muntohar (2007) menyatakan karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan gantung antara lain: mempunyai penampang yang seragam atau homogen pada seluruh bentang, tidak dapat menahan momen dan desak, gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial, bentuk kabel tergantung pada beban yang bekerja padanya, bila kabel menderita beban terbagi merata, maka wujudnya akan merupakan lengkung parabola.

Kabel yang sering digunakan pada jembatan gantung modern saat ini adalah tipe *strand wire* yang contoh penerapan pada jembatan gantung modern adalah pada jembatan Akashi Kaikyo dan jembatan Kurushima Kaikyo Bridge yang menggunakan *Paraller wire strands* yang dilapisi pelindung *polyethylene* (Harazaki, et al, 2000). Tipikal modulus elastisitas dari sebuah kabel *7-wire strad* kira-kira 195.000 MPa, lebih dari 5% sampai 6% dibanding satu buah kawat. Kekuatan ini terjadi akibat puntiran kawat-kawat dalam *helical strand*, di mana kurva perpanjangan *strad (curved strad)* tidak seperti pada individual kawat-kawat. Hal ini karena masing-masing kawat berbentuk spiral arah sumbu memanjang *strand*. (Gimsing et al., 2012).

Menara/pilon: adalah struktur vertikal yang berdiri untuk mendukung kabel utama pada ujung atas pilon dan mentransferkan

gaya ke dalam pondasi yang berada di bawah pylon. Pemilihan bentuk menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika, dan kebutuhan perencanaan serta pertimbangan biaya (Supriyadi & Muntohar, 2007). Beberapa tipe menara di antaranya *Rigid Tower*, *Flexible Tower*, dan *Rocker Tower* yang masing-masing di antaranya memiliki kriteria tertentu. Pada jembatan gantung bentang panjang biasanya digunakan tipe *Flexible Tower*. Untuk jembatan gantung multi span biasa digunakan tipe *Rigid Tower* dan pada tipe *Rocker Tower* biasanya sesekali digunakan pada jembatan gantung bentang pendek. (Harazaki, et al, 2000).

Konfigurasi pada arah transversal pylon untuk jembatan yang telah berdiri saat ini ada beberapa jenis sesuai dengan kebutuhan dan faktor estetika jembatan itu sendiri, seperti jembatan Akashi Kaikyo yang menggunakan *truss* diagonal sebagai penghubung kedua pylon pada arah transversal. Selain itu juga ada tipe pengaku transversal pylon yang hanya menggunakan batang diagonal sebagai penghubung kedua pylon seperti pada jembatan *Great Belt East* dan terdapat pula tipe gabungan dari keduanya seperti yang digunakan pada jembatan Golden Gate.

Jembatan Gantung (Suspension Bridge) menggunakan kabel sebagai bagian terpenting dari jembatan bersuspensi, karena fungsinya adalah menahan beban lantai jembatan yang nantinya diteruskan ke tumpuan yang ada di ujung jembatan. Kabel suspensi ini juga didukung oleh suatu menara yang tugasnya membawa berat dari dek jembatan (Sebastian dan Supartono, 2019). Perilaku *Aeroelastic* pada struktur jembatan bentang panjang dengan penyangga kabel merupakan aspek yang sangat penting untuk dipelajari sebagai bagian dari desain maupun analisis (Abbas et al., 2020). Kegagalan struktur Jembatan Brighton Chain Pier, England (1836), Jembatan Tay, Scotland (1879) dan jembatan Tacoma Narrows, USA (1940) adalah contoh yang paling signifikan kegagalan struktur akibat beban angin (Holmes, 2017). Jembatan Tacoma dirancang dapat bertahan hingga kecepatan angin 193km/h atau (53,6m/s) namun runtuh akibat hembusan angin pada kecepatan 67,6 km/h (18,78m/s) (Hafizh, 2021). Runtuhnya Jembatan Tacoma ini mendasari para engineer jembatan untuk meneliti lebih lanjut mengenai kestabilan jembatan akibat beban aerodina-

mis. Struktur jembatan gantung memiliki kendala berupa angin yang dapat menyebabkan permasalahan keamanan dan pelayanan, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan pada seluruh struktur jembatan. Salah satu permasalahan utama dengan jembatan bentang panjang adalah akibat beban angin dinamik. Runtuhnya Jembatan Tacoma adalah contoh kegagalan struktur akibat ketidakstabilan aerodinamik yang memiliki ketebalan yang kurang ideal dari deck yang tinggi serta lebar dari jembatan dibandingkan dengan bentang dari jembatan untuk menahan beban aerodinamik yang mengakibatkan jembatan mengalami gerak berombak sampai akhirnya jembatan tersebut runtuh (Suangga dan Wiryana, 2008).

Di Indonesia, penggunaan jembatan gantung besar yang dapat menopang beban lalu lintas berat masih jarang digunakan, penggunaannya masih banyak kepada-jembatan kecil seperti jembatan gantung pejalan kaki yang biasanya difungsikan juga sebagai penyeberangan sepeda motor. Sedangkan yang termasuk jembatan gantung besar ada di dekat Sentolo melintasi Sungai Progo, di Kalimantan Selatan melintasi Sungai Barito dan di Kalimantan Timur, Jembatan Kutai Kartanegara (2001 sd 2011).

Sedang untuk *Cable Stayed* di Batam Jembatan Barelang, di Bandung Jembatan Pasupati dan di Surabaya Jembatan Suramadu. Namun bila ditinjau yang di dunia sudah banyak penggunaan jembatan gantung yang panjang sehingga dapat menghubungkan dua daerah yang memiliki jarak sangat jauh. Jembatan Golden Gate, dibangun tahun 1937, lokasi di San Fransisco USA, dengan bentang utama 1280 m dengan bentang samping 345 m dengan tinggi pilon 230 m, serta lebar deck 27 m. Jembatan Hamber, dibangun tahun 1981, lokasi di East Riding of Yorkshire Inggris, dengan bentang utama 1410 m dengan bentang samping 530 m dan 280 m dengan tinggi pilon 162,5 m serta lebar deck 28,8 m. Jembatan Fatih Sultan Mehmet, dibangun tahun 1988, lokasi di Istanbul Turki, dengan bentang utama 1090 m dengan bentang samping 210 m dengan tinggi pilon 111,6 m serta lebar deck 39,4 m. Jembatan Hakucho, dibangun tahun 1998, lokasi di Muroran Hokkaido Japan, dengan bentang utama 720 m dengan bentang samping 330 m dengan tinggi pilon 131 m serta lebar deck 23 m. Jembatan Akashi Kaikyo, dibangun tahun

1998, lokasi di Kobe Japan, dengan bentang utama 1991 m dengan bentang samping 960 m dengan tinggi pylon 297,3 m serta lebar deck 35,5 m. Jembatan Geat Belt, dibangun tahun 1998, lokasi di Korsor-Sprogo Denmark, dengan bentang utama 1642 m dengan bentang samping 535 m dengan tinggi pylon 254 m serta lebar deck 31 m. Jembatan Xihoumen, dibangun tahun 2009, lokasi di Zhoushan, dengan bentang utama 1650 m dengan bentang samping 585 m dengan tinggi pylon 236,5 m. Jembatan Osman Gazi, dibangun tahun 2016, lokasi di Dilovasi-Altinova, dengan bentang utama 1550 m dan tinggi pylon 246 m.

Hadjoh (2016) melakukan penelitian mengenai kestabilan jembatan gantung menggunakan bantuan software SAP2000. yang dilakukan pada jembatan dengan bentang total 470 meter yang terdiri dari 270 meter bentang utama dan 100 meter bentang samping dengan menggunakan variasi lebar dek jembatan mulai dari 9 meter hingga 22 meter. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh rasio perbandingan lebar dan bentang jembatan gantung yang optimum Rasio perbandingan antara lebar dan panjang bentang jembatan yang optimum khusus untuk jembatan gantung (suspension bridge) dengan $B=0,032L$ (B =lebar dan L Panjang bentang jembatan). Berdasarkan hasil analisis menggunakan SAP 2000 dapat diperoleh data deformasi pada deck jembatan, yang masih dalam batas yang diperbolehkan oleh AASHTO dan AISC. Hafizh (2021): melakukan penelitian tentang analisis kestabilan jembatan gantung dengan panjang bentang utama 300 m dan bentang samping 130 m dengan total bentang 560 m menggunakan steel box girder. Pembebanan jembatan dilakukan menggunakan SNI 1725:2016. Variasi lebar deck yang dianalisis mulai dari 6m hingga 24m yang disesuaikan dengan syarat batas yang ditentukan oleh surat edaran kementerian PUPR 08/SE/M/2015. Diteliti juga perhitungan tentang kestabilan angin dinamik pada jembatan.

Abdullah (2012) juga menjelaskan bahwa Suspension Bridge (Jembatan Gantung) merupakan jembatan tipe kabel dengan dek menerus yang digantung pada kabel suspensi oleh bantuan kabel-kabel vertikal yang menghubungkan dek/gelagar dengan kabel suspensi. Dari kabel suspensi lalu dihubungkan ke menara pylon untuk meneruskan beban yang bekerja, dan pada kedua ujung jembatan

terdapat angkur yang mengikat kabel utama untuk menstabilkan posisi jembatan.

Secara statik pengaruh angin terhadap jembatan umumnya memperhitungkan (SNI 1725:2016) Beban Angin Horizontal (E_{Wsh}) yang dihitung berdasar pada: Kecepatan dasar angin rencana (V_B), Kecepatan gesekan angin (V_0), Kecepatan angin pada elevasi 10 m (V_{10}), Elevasi struktur (Z), Panjang gesekan di hulu jembatan (Z_0), yang kemudian dapat ditentukan Kecepatan angin rencana (V_{DZ}), Tekanan angin dasar P_b , Tekanan angin rencana (P_v). Diperlukan juga tinggi box girder ($h_{boxgirder}$), untuk menentukan gaya tekanan angina persatuan luas ($q_{E_{Wsh}}$). Jika haya tekanan angina di bawah 4,4 kN/m maka digunakan gaya tekanan angin persatuan; luas sebesar 4,4 kN/m.

Beban Angin Vertikal (E_{Wsv}): Beban angina vertikal ke lantai jembatan $Q_{E_{Wsv}}$ ditentukan berdasar nilai tekanan angin vertikal rencana pada struktur $P_{E_{Wsv}}$, lebar jembatan B_{ef} , jumlah gelagar. Beban angin pada kendaraan. Tekanan angin yang mengenai kendaraan yang bekerja secara tegak lurus dan resultanaknya diperhitungkan pada ketinggian 1,8 meter dari permukaan jalan, digunakan untuk menentukan besarnya Transfer beban angin horizontal ke lantai jembatan Q_{EWL} .

Mengapa perlu mininjau pengaruh aerodinamik angin?

Fenomena *Aeroelastis*. Menurut Surat Edaran Kementerian PUPR 2015 (08/SE/M/2015) fenomena aeroelastik sangat berperan penting dalam kestabilan jembatan bentang panjang. Fenomena aeroelastik yang terjadi pada jembatan disebut aspek aerodinamik, Vaz et al (2018). Dek jembatan yang umumnya terbuka terhadap aliran angin akan sangat mudah terjadi osilasi (goyangan) torsional dan lentur pada struktur. Perubahan sudut datang angin terhadap gelagar akan menyebabkan terjadinya gaya angkat, efek ini biasa disebut sebagai *flutter* (Walther, 1999). Fenomena *flutter* terjadi karena adanya ayunan lentur dan ayunan torsi yang di akibatkan dari tiupan angin. Akibat kecepatan angin yang melebihi kecepatan angin kritis *Vcrit*, dek akan menerima energi lebih dari yang diantisipasi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya gabungan antara efek torsi

dan bending yang akan terus bertambah hingga terjadi keruntuhan pada jembatan.

Sistem deck pada jembatan bentang panjang selain didesain dengan kapasitas yang mampu menahan beban yang bekerja juga yang perlu diperhatikan adalah kinerja aerodinamis dari bentuk penampang dek jembatan. Bentuk penampang yang relatif ramping merupakan tipe dek yang memiliki kinerja aerodinamis yang baik karena tidak banyak bidang kontak yang langsung berbenturan antara angin dan deck jembatan.

Pilon menerima beban aksial yang besar karena mayoritas beban jembatan disalurkan ke pilon dari kabel utama yang telah menampung beban seluruh jembatan termasuk beban angin. Pilon memiliki struktur yang tinggi dan menerima beban pada area puncak menara, oleh karena itu sering dikhawatirkan defleksi yang terjadi lebih besar dari defleksi izinnya.

Sebagai konsekuensi peningkatan lebar jembatan dan agar Pilon memenuhi syarat kekuatan dan defleksinya maka dimensi pilon juga perlu ditingkatkan. Defleksi pada pilon dihitung berdasar gaya pada kabel yang akan diteruskan ke pilon. Dari komponen gaya kabel dilanjutkan analisis perhitungan defleksi pada puncak pilon.

Kestabilan Aerodinamik Jembatan

Menurut Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 08/SE/M/2015 perlu diketahui tingkat kerentanan jembatan akibat beban angin dinamik yang dinyatakan dengan parameter P_b yang nilainya tergantung pada:

ρ = kerapatan udara (kg/m^3), b = lebar dek jembatan (m), m_d = berat persatuan panjang dek, V = Kecepatan angin rata-rata dalam periode 1 jam (m/s), L = panjang bentang maksimum (m), f_b = frekuensi lentur alami (Hz), dan karakteristik pengaruh angin dinamik pada jembatan dapat dilihat dari besaran nilai P_b . Apabila nilai $P_b < 0,04$ masuk kategori a yang berarti pengaruh angin dinamik pada struktur jembatan tidak signifikan. Bila $0,04 \leq P_b \leq 1,00$ termasuk kategori b yang berarti diperlukan perhatian terhadap bentuk penampang jembatan, sedangkan bila nilai $P_b > 1,00$, masuk kategori c yang berarti pengaruh angin dinamik sangat signifikan.

Menurut Pedoman Bina Marga PUPR No. 02/P/BM/2022 Pedoman Pembahasan Penyelenggaraan Keamanan Jembatan Khusus (PPKJK): untuk Analisis Aerodinamika perlu memperhatikan:

- a. Analisis Aerodinamika diperlukan untuk jembatan khusus yang menggunakan penyangga kabel;
- b. Analisis modal pada struktur jembatan harus memenuhi persyaratan rasio frekuensi torsi terhadap lentur vertikal pertama $\geq 2,5$ (Mathivat, 1983), jika rasio tersebut tidak terpenuhi atau ratio bentang terhadap lebar deck (L/w) > 30 , maka harus dilakukan tes terowongan angin;
- c. Uji terowongan angin dalam hal ini uji sectional model statik dan dinamik wajib dilakukan untuk bentang utama jembatan 200 m sampai dengan 300 m;
- d. Sectional model (statik dan dinamik) disertai dengan full model harus dilakukan untuk keadaan jembatan: 1) Bentang utama > 300 m; 2) Topografi yang mengakibatkan perilaku angin menjadi kompleks; 3) Ketidakteraturan bentuk dari deck jembatan;
- e. Jika diperlukan, dapat dilakukan analisis efektifitas bentuk dan dimensi wind barrier terhadap keamanan lalu lintas pengguna jembatan;
- f. Pemilihan profil hanger pada jembatan gantung harus mempertimbangkan aspek aerodinamik, agar tak terjadi *vortex induced vibration* atau *galloping*;
- g. Kabel pada jembatan *cable-stay* harus dievaluasi aerodinamik agar tidak terjadi *vortex induced vibration* atau *galloping* pada saat hujan dan angin;
- h. Persyaratan kecepatan angin yang digunakan dalam analisis adalah: 1) Kecepatan angin kritis untuk *flutter* dari hasil uji terowongan angin minimal $1,5x$ kecepatan angin nominal rencana; 2) Kecepatan angin nominal rencana adalah kecepatan angin di elevasi deck jembatan yang didasarkan atas periode ulang 100 tahun dan rata-rata dalam 10 menit; 3) Perencanaan angin pada tahap konstruksi didasarkan atas periode ulang 30 tahun.
- i. Perlu dilakukan analisis aerodinamik numerik pada tahap konstruksi.

Selain persyaratan dalam pedoman PPKJK ada beberapa fenomena yang perlu dianalisis antara lain:

Efek *Flutter*, Idealnya untuk mengetahui perilaku struktur jembatan bentang panjang yang terkena efek angin dinamik dilakukan dengan pengujian *wind tunnel* sebagai cara test yang baik dalam memodelkan kestabilan angin dinamik terutama pada efek *flutter* yang dapat membahayakan struktur jembatan. Namun cara pendekatan yang dilakukan oleh Walther (1999) menggunakan metode Klöppel, berdasarkan teori Theodorsen tentang efek *flutter* pada sayap pesawat terbang. Metode ini menggunakan bantuan grafik yang telah dibuat untuk mencari nilai kecepatan kritis (V_{crit}) yang akan menyebabkan jembatan mengalami efek *flutter*, yang penggunaannya membutuhkan nilai μ dan nilai ε yang perhitungannya memerlukan: berat sendiri dek jembatan persatuan panjang (kN/m), Massa jenis udara ($1,3 \text{ kg/m}^3$), setengah lebar deck jembatan (m), Frekuensi torsi (Hz), dan Frekuensi lentur atau bending (Hz) serta nilai kecepatan angin kritis teori. Dengan mengetahui konfigurasi dek yang cocok dan nilai ε yang merupakan fungsi dari frekuensi torsi dan bending maka didapat nilai η yang dapat dikalikan dengan nilai kecepatan angin kritis teori untuk memperoleh kecepatan angin kritis akibat efek *flutter*.

Dalam salah satu grafiknya Walther (1999) menunjukkan semakin kecil rasio lebar-bentang jembatan maka semakin kecil pula kecepatan kritis *flutter* pada jembatan. Kecepatan kritis *flutter* baik teori maupun aktual mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan rasio lebar-bentang jembatan. Kenaikan kecepatan angin kritis ini mengindikasikan semakin tinggi rasio lebar-bentang jembatan maka semakin stabil jembatan terhadap beban angin, karena peluang terjadinya kecepatan semakin mengecil pada kecepatan angin tinggi. Untuk rasio lebar dan bentang kurang dari 4%, kecepatan angina kritis terjadi di bawah 50 m/s, apalagi bila rasio lebar dan bentang kurang dari 3% kecepatan angin kritis di bawah 30 m/s, yang dapat menyebabkan keruntuhan seperti jembatan Tacoma Narrow yang mempunyai rasio hanya 1,38% dengan kecepatan angina kritis terjadi pada 18,89 m/s.

Vortex Shedding. Menurut Xu (2013) fenomena *vortex shedding* biasanya terjadi pada kecepatan angin dan kondisi turbulensi udara yang rendah, namun interaksi yang terjadi antara pusaran (*vortex*) dan komponen jembatan dapat menyebabkan getaran yang berlebihan. Apabila getaran tersebut terjadi secara terus menerus maka akan menyebabkan kerusakan pada jembatan akibat *fatigue*. Dalam menghitung besaran nilai *vortex shedding* diperlukan bilangan *Reynold* (Re) dan angka *Strouhal* (S). Untuk menghitung bilangan *Reynold* dan angka *Strouhal* diperlukan data: Kecepatan angin (m/s), Lebar dek jembatan (m), Viskositas kinematik udara ($0,15 \text{ cm}^2/\text{s}$), Frekuensi torsi jembatan (Hz), Kedalaman/tinggi dek (m).

Nilai rerata besaran angka *Strouhal* (S) untuk dek jembatan berkisar 0,1-0,2 (nilai 0,1 digunakan jika angin hanya bertiup pada satu sisi jembatan). Kestabilan angin dinamik *Vortex shedding* direfleksikan pada bilangan *reynold* yang bernilai 10^{-5} s/d 10^{-7} . Analisis angka kestabilan angin dinamik pada jembatan ini divariasikan nilai kecepatan anginnya mulai dari $10 \text{ m/s}=36 \text{ km/jam}$ sd $30 \text{ m/s}=108 \text{ km/jam}$, sehingga mendapatkan nilai dan kategori kestabilan yang berbeda pada masing-masing lebar-bentang jembatan dan pada masing-masing kecepatan angin.

Untuk rasio lebar dan bentang jembatan lebih besar dari 5%, untuk semua kecepatan angin 10-30 m/s menunjukkan masuk kategori B yang berarti pengaruh tiupan angin tidak signifikan. Kategori C baru muncul dari kecepatan angin 25m/s pada rasio dibawah 3%. Yang berarti makin kecil lebar jembatan semakin berisiko terhadap tiupan angin.

Buffeting merupakan getaran periodik yang terjadi pada struktur jembatan akibat interaksi antara angin yang bergerak cepat dan elemen-elemen jembatan seperti pylon atau kabel. Pengaruh angin yang bertemu dengan elemen-elemen jembatan dapat menciptakan pola aliran turbulen yang menyebabkan getaran periodik pada struktur. *Buffeting* dapat diukur dan dianalisis menggunakan teknik pengukuran getaran serta simulasi numerik untuk memahami bagaimana angin berinteraksi dengan struktur jembatan.

Galloping terjadi ketika angin memicu gerakan lateral yang besar pada elemen jembatan, sering kali terlihat pada elemen seperti

kabel atau pylon. Pengaruh angin dapat menciptakan tekanan yang tidak seimbang pada elemen jembatan, menyebabkan gerakan lateral yang kuat dan berulang. Penentuan *galloping* didasarkan pada kecepatan angin, kecepatan lintasan angin, geometri elemen jembatan, dan sifat aerodinamika elemen-elemen tersebut. Analisis terperinci diperlukan untuk memahami kapan dan bagaimana *galloping* dapat terjadi. *Finite element analysis* dan simulasi *computational fluid dynamics* dapat digunakan untuk menentukan batasan dan mengoptimalkan desain jembatan agar dapat mengatasi pengaruh angin dengan efektif.

Demikian juga perlu dilakukan "*Wind Tunnel test*" atau uji terowongan angin merupakan metode eksperimen di mana model atau prototipe suatu struktur jembatan ditempatkan di dalam terowongan angin untuk mengukur dan memahami dampak angin terhadap model jembatan tersebut. Uji ini memberikan informasi yang sangat penting dalam pengembangan dan perancangan jembatan bentang panjang, terutama pemahaman tentang karakteristik aerodinamisnya; mengukur gaya-gaya yang bekerja pada jembatan karena pengaruh angin serta meningkatkan efisiensi aerodinamis dan kinerja struktur jembatan. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor tekanan, sensor kecepatan angin, dan perangkat lainnya yang ditempatkan pada atau di sekitar struktur jembatan untuk mengukur karakteristik aerodinamis. Hasil analisis dapat digunakan untuk melakukan perubahan desain yang mungkin diperlukan untuk meningkatkan efisiensi atau mengatasi potensi masalah aerodinamis. Penggunaan uji terowongan angin membantu perencana jembatan untuk membuat keputusan informasi yang lebih baik dan menghasilkan produk dengan performa aerodinamis yang lebih baik.

Dalam menganalisis Frekuensi Alami dapat digunakan:

Salah satu cara yang digunakan dalam menghitung frekuensi alami struktur adalah menggunakan idealisasi dengan pendekatan yang menyerupai kondisi sebenarnya. Menurut Walther (1999) dapat diidealisasikan sebagai struktur *lump mass*. Persamaan umum sistem gerakan dari sistem tanpa redaman dengan n derajat kebebasan dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\}$$

Di mana $[M]$: matriks massa struktur, $[K]$: matriks kekakuan struktur, $\{u\}$: matriks deformasi.

Solusi dari persamaan ini salah satunya akan diperoleh ω : frekuensi sudut.

Analisis frekuensi alami dipengaruhi oleh kekakuan struktur dan juga massa yang terlibat pada struktur seperti beban mati dan beban hidup, pengambilan beban untuk partisipasi masa yang dipilih adalah dengan faktor beban mati sebesar 100% dan beban hidup 30%. Analisis frekuensi biasanya digunakan untuk mengamati perbandingan nilai frekuensi bending dan torsi.

Ibu, Bapak, dan Hadirin yang saya muliakan,

Pada bagian akhir pidato pengukuhan ini, saya ingin menyampaikan rasa syukur kepada Allah Swt. dan mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan kepercayaan sebagai Guru Besar dalam bidang Teknik Sipil.
2. Rektor, Dewan Guru Besar, dan Senat Akademik Universitas Gadjah Mada yang telah menyetujui dan mengusulkan diri saya sebagai Guru Besar dalam bidang Teknik Sipil.
3. Senat Fakultas Teknik, Dekan dan seluruh unsur pimpinan Fakultas Teknik yang telah menyetujui usulan kenaikan jabatan fungsional saya ke Guru Besar dalam bidang Teknik Sipil.
4. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah memotivasi, mendukung dan menyetujui usulan kenaikan jabatan fungsional saya ke Guru Besar dalam bidang Teknik Sipil.

Penghargaan dan rasa terima kasih yang mendalam juga saya sampaikan kepada:

1. Guru-guru saya di TK Mrican, SDN Terban Taman, SMP Negeri 5 dan SMA 3B Kotabaru Yogyakarta, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta, ENTPE Lyon dan Ecole Central de

Lyon Perancis, yang telah memotivasi dan memberikan bekal dasar keilmuan yang tak terhingga.

2. Bpk Ir. Soehendrojati, Alm. Ir. Sutoyo Tjokrodihardjo, dan Alm Ir. Fachrurozi selaku pembimbing Tugas Akhir dan pendidik saya selama kuliah S1 di Teknik Sipil FT UGM.
3. Prof. Louis JEZEQUEL pembimbing SP1 (CES tahun 1988) di ENTPE Lyon Perancis.
4. Prof. Louis JEZEQUEL pembimbing Tesis (DEA tahun 1989.) dan sekaligus pembimbing S3 (DR tahun 1993) di Ecole Central de Lyon Perancis
5. Prof. Nizam, Prof. Priyo Sulistyono, Prof. Bambang Suhendro, Prof. Joko Sujono, Prof. Radianto Triatmojo dari Teknik Sipil FT UGM yang telah memotivasi saya untuk mengajukan Guru Besar; dan beberapa staf di Teknik Sipil yang telah membantu menyiapkan dokumen.
6. Prof. Teuku Faisal Fathani dan Prof. Bambang Suhendro atas koreksi dan arahannya untuk terwujudnya bahan pidato ini.
7. Prof. Agus Setyo Muntohar dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan Prof. Sudi Mungkasi dari Universitas Sanata Dharma. yang telah memberikan energi baru dengan berbagai motivasi, dorongan hingga SK Guru Besar Turun.
8. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan para mahasiswa S2, S3 DTSL FT UGM, yang tidak dapat saya sebut namanya satu persatu yang telah membentuk atmosfer akademik sehingga saya menempati jabatan fungsional Guru Besar bidang Teknik Sipil.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga dan doa kepada kedua orang tua saya Almh Ibu Hartaris dan Alm. Bapak Suhadi, Alm Bapak Soehardjo yang telah mengasuh, mengasah dan mendidik dengan kasih sayang dan doa agar supaya saya menjadi orang yang berguna untuk keluarga, masyarakat, nusa dan bangsa. Semoga Allah Swt melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada Ibu dan alm. Bapak saya. Kepada ibu bapak mertua, Almh Ibu Hj. Daruwati dan alm. Bapak Sutaryo, kami ucapkan banyak terima kasih yang telah mendoakan kami sekeluarga. Kepada adik-adik saya sekeluarga, Almh Rini Supriyatni, Irjen Pol (Purn) Hapsoro Wahyu Priyanto, Hapsari WP, Muhram Herkutanto, Nevita H, Novi S, Almh Mustika S terima

kasih atas kebersamaannya dalam suka dan duka; Terima kasih juga saya sampaikan kepada kakak-kakak ipar sekeluarga, *Itien, Syuli* dan Darutaryanto atas doanya. Kepada istri tercinta Hj. Merci Darutaryati BA, dan anak-anak dan mantu tersayang, Ade Primerita Septiana ST, MSc dan Alm Danang Priwastono ST, Basumerta Meina Andreani S.Psi, Psikolog dan Made Wirawan SE, Chancard Basumerda, ST, M.Sc dan Rani Prawitasasi Utama, S.Hut, dr. Deas Primeita, MMR dan dr Ferri Ardianto MMR, Edouard Aryadi Supriyadi, S.TP., MSc dan Dyasti Wulandari Putri S.S, M.A serta 10 cucu tersayang Danita, Deana, Kissa, Kekona, Fatih, Gadis, Haikal, Ashraf, Almira, Arkhan yang telah memberikan motivasi, semangat, energi dan kebahagiaan bersama selama ini, dan semoga Allah Swt meridhoi.

Akhirnya kepada ibu, bapak dan seluruh hadirin yang telah dengan sabar dan tulus menyimak dan mendengarkan pidato pengukuhan saya, di ruang Balai Senat Universitas Gadjah Mada, kami ucapkan terima kasih.

Wassalaualaikum Warahmatullah Wa Barakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, T.*, 2020. Assessment of numerical prediction methods for *aeroelastic* instabilities of bridges. Ph.D. Thesis, Bauhaus University, Weimar.
- Abdullah, Ahmed, Adham, 2012, *Analysis and Design of Suspension Bridge*, Irak: Civil Engineering Department, University of Baghdad
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan, Jakarta: BSN.
- Gimsing, Niels, J., & Georgakis, Christos, T., 2012. *Cable Supported Bridges: Concept and Design, Third Edition*. New York: Wiley Interscience Publication.
- Harazaki, I., Suzuki, S., & Okukawa, A. (2000). *Suspension Bridges*. Boca Raton: CRC Press.
- Hadjoh, I., E., S., 2016. Analisis Kestabilan Jembatan Gantung Dengan Variasi Rasio Bentang Terhadap Lebar Jembatan., Tesis. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Hafizh, A. N., 2021. Analisis Kestabilan *Suspension Bridge* (Jembatan Gantung) Tipe *Steel Box Girder* Dengan Variasi Rasio Lebar Terhadap Bentang Jembatan. Tesis. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Holmes, J. D., 2017. *Wind Loading of Structures*. 3rd Edition, Boca Raton.
- Kementerian PUPR, 2015. Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel. 08/SE/M/2015 ed. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Pedoman Bina Marga PUPR No.02/P/BM/2022 Pedoman Pembahasan Penyelenggaraan Keamanan Jembatan Khusus.
- Sebastian, I., Supartono, F. X., (2019). Analisis Struktur Jembatan Gantung. Self-Anchored.

- Suangga, M., dan Wiryana, A., 2008, Analisis *Flutter* Jembatan Tacoma Narrows Lama.
- Supriyadi, B. & Muntohar, A. S., 2007. Jembatan. Yogyakarta: Beta Offset.
- Svensson, H., 2012. *Cable Stayed Bridges 40 Years of Experience Worldwide*. Berlin: Ernst & Sohn
- Vaz, Daniel, C., & Almeida, Raquel, A. B., & Borges, António, R. J., 2018. Wind Action Phenomena Associated with Large- Span Bridges. Creative Commons
- Vaza, Herry, 2016. Kutai Kartanegara *Suspension Bridge*, Dari Desain, Konstruksi Sampai Tragedi Runtuh. Jakarta. Walther, R, 1999. *Cable Stayed Bridges*. 2nd penyunt. London: Thomas Telford
- Xu, Y. L., 2013. *Wind Effects on Cable Supported Bridges*. Singapore: Wiley.

BIODATA

- Nama : Prof. Dr. Ir. Bambang Supriyadi, CES. DEA. IPU.
ASEAN Eng.
- Tempat/Tgl Lahir: Tasikmalaya/03 April 1956
- NIP : 195604031982031004
- Pangkat : Pembina Utama Madya
- Golongan : IVd
- Jabatan : Guru Besar
- Unit Kerja : Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
- Alamat Kantor : Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, FT UGM, Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281
- Alamat Rumah : Mrican Gang Guru no 4, CTT, Depok Sleman
- Alamat Kantor : a. Lab Bahan Bangunan DTSL FT UGM
b. PSPPI FT UGM
- Keluarga :
- Hj. Merci Darutaryati BA. (istri)
1. Ade Primerita Septiana ST, MSc dan Alm Danang Priwastono ST. (anak & mantu)
 2. Basumerta Meina Andreani S.Psi, Psikolog dan Made Wirawan SE. (anak & mantu)
 3. Chancard Basumerda, ST, M.Sc dan Rani Prawitasasi Utama, S.Hut. (anak & mantu)
 4. dr. Deas Primeita, MMR dan dr Ferri Ardianto MMR. (anak & mantu)

5. Edouard Aryadi Supriyadi, S.TP., MSc dan Dyasti Wulandari Putri S.S, M.A. (anak & mantu)

Serta 10 cucu: Danita, Deana, Kissa, Kekona, Fatih, Gadis, Haikal, Ashraf, Almira, Arkhan.

Riwayat Pendidikan

1963 – 1968 SD Terban Taman Samirono, Yogyakarta
 1969 – 1971 SMP Negeri 5, Yogyakarta
 1972 – 1974 SMA Negeri 3, Yogyakarta
 1975 – 1981 Program S1 Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta (Ir)
 1987 – 1988 Program SP1 ENTPE Lyon Perancis (CES)
 1988 – 1889 Program S2 Ecole Centrale de Lyon Perancis (DEA)
 1989 – 1993 Program S3 Ecole Centrale de Lyon Perancis (Dr)
 2020 – 2021 Program Profesi Insinyur PSPPI UGM (IPU)

Hak Kekayaan Intelektual

1. EC00202207201 : GAMA Kreteg Modular

Pengalaman Pekerjaan

Sejak 1981 : Staf pengajar Jurusan T. Sipil FT UGM,
 1996 – 1999 : 1. Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FT UGM
 2. Wakil Direktur Center Grant PAU Teknik UGM
 1999 – 2002 : Academic Secretary QUE T. Sipil FT UGM
 2001 – 2005 : Asisten Directur Bidang Procurement CPMU TPSDP
 (Loan ADB) DIKTI DEPDIKNAS
 2006 – 2008 : Director CPMU-TPSDP (Loan ADB). DIKTI
 DEPDIKNAS
 2008 – 2010 : Ketua Pengelola Magister Teknologi. Bahan
 Bangunan UGM
 2009 – 2010 : Procurement specialist HPEQ Project. DIKTI
 DEPDIKNAS
 2010 – 2018 : Koordinator Kopertis Wilayah 5 Daerah Istimewa
 Yogyakarta
 2018 – 2019 : Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah
 5 DIY

2021 – saat ini: Kepala Laboratorium Bahan Bangunan DTSL FT UGM

Pengalaman Profesi

- 1981 – 1982 : Tim pengawas Proyek Bendungan Busur Beton Tangga dan Powerhouse Sumatra Utara,
- 1983 – 1984 : Tim pengawas perbaikan Rumah Sakit Dr. Sardjito Yogyakarta,
- 1984 – 1985 : 1. Tim studi dan perencana bidang T. Sipil penataan kawasan Malioboro Yogyakarta,
2. Tim perencana bidang T. Sipil RBWK Genuk Semarang,
3. Tim perencana bidang T. Sipil RBWK Tugu Semarang,
- 1986 – 1987 : 1. Tim Perencana Standarisasi Jembatan Jalan Rel
2. Tim perencana struktur Gedung kuliah UGM,
3. Tim perencana struktur Benteng Vredeburg, Yogyakarta,
- 1987 – 1989 : Studi Re-analisis Modal untuk Balok Jembatan, Lyon Perancis,
- 1989 – 1993 : Studi Model Updating untuk Bagunan bertingkat banyak yang menerima gaya-gaya dinamik, Lyon Perancis,
- 1993 – 1994 : 1. Staf Ahli dalam Perencanaan Jembatan Gantung Dawung
2. Koordinator Desain Struktur Perpanjangan Intake Canal Tahap I Muara-Karang Jakarta Utara
- 1994 – 1995 : 1. Tim perencana Struktur Perpanjangan Intake Canal Tahap II Muara-Karang Jakarta Utara,
2. Subject Matter Consultant pada proyek SUDR
- 1995 – 1996 : Team Leader Konsultan Manajemen Pembangunan Lahan Indonesia Air Show (IAS) 1996 di Pelud Soekarno-Hatta Cengkareng
- 1996 -1997 : Ahli Struktur Beton pada perencanaan detil sistem Water Treatment Pupuk Kaltim

- 1997 -1998 : 1. Ahli Struktur Beton pada Perencanaan detil sistem Water Treatment CALTEX
2. Ketua Tim Penelitian Penggunaan Jembatan Gantung Sungai Progo di Srandakan
- 1998 – 1999 : 1. Team Leader Konsultan Manajemen SD/MI Propinsi DIY
2. Ahli Struktur Pada Pemeriksaan Gedung Matahari (terbakar) Solo
- 1999 – 2000 : Ketua Tim Peneliti Kekuatan Sisa Jembatan Beton Gantiwarno Klaten Jawa-Tengah
- 2002 : Tim Peneliti Kerusakan dan Kekuatan Sisa 3 buah Jembatan Beton Pertamina Balikpapan
- 2003 – 2008 : Tim Pakar Jembatan Surabaya Madura
- 2008 – saat ini: Asesor BAN PT (APS & APT)
- 2009 : Technical Assistant untuk Gap Analisis UNS Surakarta. IMHERE Project UNS Surakarta
- 2013 : Penanggung Jawab Renovasi gedung Kopertis Wilayah 5 DIY
- 2020 : Koordinator Tim Kajian Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung FKKMK
- 2022 : Ketua Tim Kajian Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Fakultas Pertanian UGM
- 2021– saat ini : Evaluator Program PKKM dan Matching Fund DIKTI
- 2022 – saat ini: Asesor LAM TEKNIK

Pengalaman Penelitian

- 1993-1994 : 1. The used of Finite Element Method Based on the Force Formulation to Calculate Frequency and Mode of a Beam, OPF UGM
2. The Detection of Damage Location of a Beam from Changes in Force Mode Shapes, DPP FT UGM
- 1994 -1995 : The Residual Strength Estimation of a Crack Concrete Beam of Bridge Using the Changes of the Natural Mode Shapes, DPP FT UGM

- 1997 – 1999 : The Residual Strength Estimation of a Crack Concrete Beam of Bridge Using Experimental Mode Shapes Data, Hibah Tim DIKTI
- 2000 – 2003 : Pengaruh Beban Hidup Dinamik Pada Struktur Lantai Gedung Berbentang Panjang, Hibah Bersaing DIKTI
- 2019-2020 : Pengaruh Perkuatan CFRP Wrap Pada Balok T Terhadap Perilaku Dinamik

Pengalaman Publikasi

1. Dynamic Reanalysis of Modified Structure, Forum Teknik Sipil, August 1993
2. The Used of Sensitivity Method for High-rise Buildings Design, Media Teknik, August 1993
3. Model Updating Techniques for Multi-Story Buildings, Forum Teknik, February 1994
4. The Detection of Damage Location of a Beam Using the Changes of The Force Mode shapes, Media Teknik, April 1994
5. The Used of Finite Element Method Based On Force Formulation to Calculate Frequency and Mode of a Beam, Media Teknik, August 1994
6. The Influence of Updating Frequency and Mode in The Dynamic Displacement and Velocity Analysis of a High-rise Building Model, Forum Teknik Sipil, December '94
7. Usaha Peningkatan Frekuensi Alami Struktur Lantai Gedung Berbentang Panjang Menggunakan Rangka Baja (Studi Kasus Gedung Grha Sabha Pramana UGM) Media Teknik Februari 2008
8. Pengaruh Beban Sejumlah Orang Bernyanyi dan Berjoget Bersama pada Struktur Lantai Gedung Berbentang panjang (Studi Kasus Gedung Grha Sabha Pramana UGM), Media Teknik Sipil, Juli 2008
9. Analisis Kuat Layan Struktur Atas Jembatan (Balok Menerus) Akibat Runtuhnya Salah Satu Pilar Jembatan (Studi Kasus Jembatan Gantiwarno, Klaten Jawa Tengah), Juli 2008
10. Pengaruh Penambahan Lebar Dek Jembatan Pada Struktur Jembatan Gantung Sederhana (Studi Kasus Jembatan Gantung Sederhana Butuh Sragen), Media Teknik, November 2008

11. Finite Volume Numerical Solvers for Non Linear Elasticity in Heterogeneous Media, International Journal for Multiscale Computational Engineering Vol. 14 No.5, pages 479-488
12. Structural Dynamic Modification Using Matrix Perturbation for Vibrations Without Friction, International Journal "Journal of Physics: Conference Series", Vol. 776 No.1, pages 012078 1-6.
13. Steady flow over an arbitrary obstruction based on the gravity wave equations, International Journal "Journal of Physics: Conference Series" Vol. 776 No.1, pages: 012080 (1-5).
14. The Behavior Semi-Precast Slab Under Dynamic Load, International Journal "Procedia Engineering", Vol. 171 No.1, pages: 1204–1213 (SJR:0.24, hindex:23).
15. Development of cold formed steel-timber composites for roof structures: Connection systems, International Journal "International Journal of Technology", Vol. 7 No.6, pages: 1117 1127.
16. Economic Review of Variation of Prestressed Girder Length On Bridge Construction Practices, International Journal of GEOMATE, Dec., 2020, Vol.19, Issue 76, pp. 165–172.
17. Long-Term Deflection of Prestressed Concrete Box Girder Bridges Due to Creep and Shrinkage. International Journal of GEOMATE, July, 2023. Vol. 25, Issue 107, pp. 17-24.

Seminar dan Short Course

- September – 1992 : Pembicara pada 17th International Seminar on Modal Analysis Heverlee- Belgium
- December – 1993 : Pembicara pada Short Course Bencana Alam dan Penanggulangannya, UGM Yogyakarta
- May – 1994 : Pembicara pada Konferensi Tahunan Teknik Jalan ke 5 Litbang Jalan PU, Bandung
- October – 1994 : Pembicara pada Seminar National Pengembangan Wilayah Rawan Gempa, Yogyakarta
- November – 1994 : Pembicara pada International Conference on Modern Design and Construction of Structure, Civil Engineering Petra Surabaya

- November 1997 : Pembicara pada 2nd Asia- Conference on Shock & Impact Loads on Structures, Melbourne Australia.
- Februari 1998 : Pembicara pada Seminar Fatigue & Fractures Mechanics, Bandung.
- November 1999 : Pembicara pada 3rd Asia-Pacific Conference on Shock & Impact Loads on Structures, Singapore
- November 2001 : Pembicara pada 4th Asia-Pacific Conference on Shock & Impact Loads on Structures, Singapore
- Maret 2002 : International Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management and Maintenance of Building Structures, Bali Indonesia
- Januari 2004 : Pembicara pada Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II, Perkembangan Terbaru Rekayasa Kegempaan dan Mitigasi Bencana Gempa Bumi di Indonesia, Yogyakarta, Indonesia
- Oktober 2006 : Regional Seminar on Anticorruption, Manila, Philippines
- Juli 2009 : Pembicara pada Seminar Nasional Perkembangan Mutakhir Struktur Baja Universitas Parahiyangan Bandung, Indonesia.
- Agustus 2016 : Pembicara pada Seminar Internasional 3rd SCESCM 2016, Bali Indonesia
- Maret-Des 2012 : Lemhannas RI PPRA 48
- September 2016 : Pembicara pada International Conference “SCESCM 2016” Bali Indonesia
- Desember 2016 : Pembicara pada International Conference “ISCEE 2016” Malaca, Malaysia
- September 2017 : Pembicara pada International Conference “CSM 2017” Zurich, Swiss.

Keanggotaan

1. HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia)
2. P I I (Persatuan Insinyur Indonesia)
3. Dewan Pengurus LPJK Propinsi DIY, 2000-2003
4. Dewan Pendidikan Tinggi, DIKTI DEPDIKNAS.