

BULETIN  
BINA MARGA  
BERKARYA

# Bineka



**SEMANGAT  
PEMUDA  
MEMBANGUN  
NEGERI**

Ani Mulyani

**TOPIK KESELAMATAN  
JALAN: MAYORITAS  
BLACKSPOT HANYA  
PERLU PENANGANAN  
BERBIAYAMURAH;**

Alfa Adib Ash Shiddiqi

**CPHMA dalam  
Pemulihan Ekonomi  
Nasional Akibat  
Pandemi Covid-19**

Madi Hermadi dan  
Yohanes Ronny P.A.

PINDAI SAYA



9 772746 165008





BULETIN BINA MARGA  
BERKARYA

# BINEKA

Vol. 2 Edisi Oktober 2021

## TAJUK UTAMA

### TIM PENYUSUN

#### Pelindung

Direktur Jenderal Bina Marga

#### Penanggungjawab

Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan

#### Editor

Ir. Marsudi, MT  
Yohanes Ronny P.A, ST., MT  
Fahmi Aldiamar, ST., MT  
Neni Kusnianti, ST., MT  
Yudi Hardiana, ST., MT  
Handiyana, ST., MT  
Ir. Yuli Khaeriah, ME

**Diterbitkan Oleh**  
Direktorat Bina Teknik  
Jalan dan Jembatan

**Alamat Redaksi**  
Jl. A.H Nasution No. 264  
Kota Bandung 40294

**Email:**  
perpustakaan.jatan@pu.go.id

#### Penyunting

Setyo Hardono, ST., MT  
Jaja, ST., MT

#### Fotografer

Ahmad Numan, ST., MT

#### Sekretariat

Ani Mulyani, S.Sos., M.Ak  
Herma Nurulaeni, S.Kom  
Risma Hermawati, ST  
Uman Sumantri, S.S.I  
Iwan Pirdaus, S.AP  
Aditya Abdurachman



## TAJUK UTAMA

III

IV

## DAFTAR Tajuk Utama

<b>ISI</b>	<i>Semangat Pemuda Membangun Negeri</i> .....	1
	Oleh: Ani Mulyani	

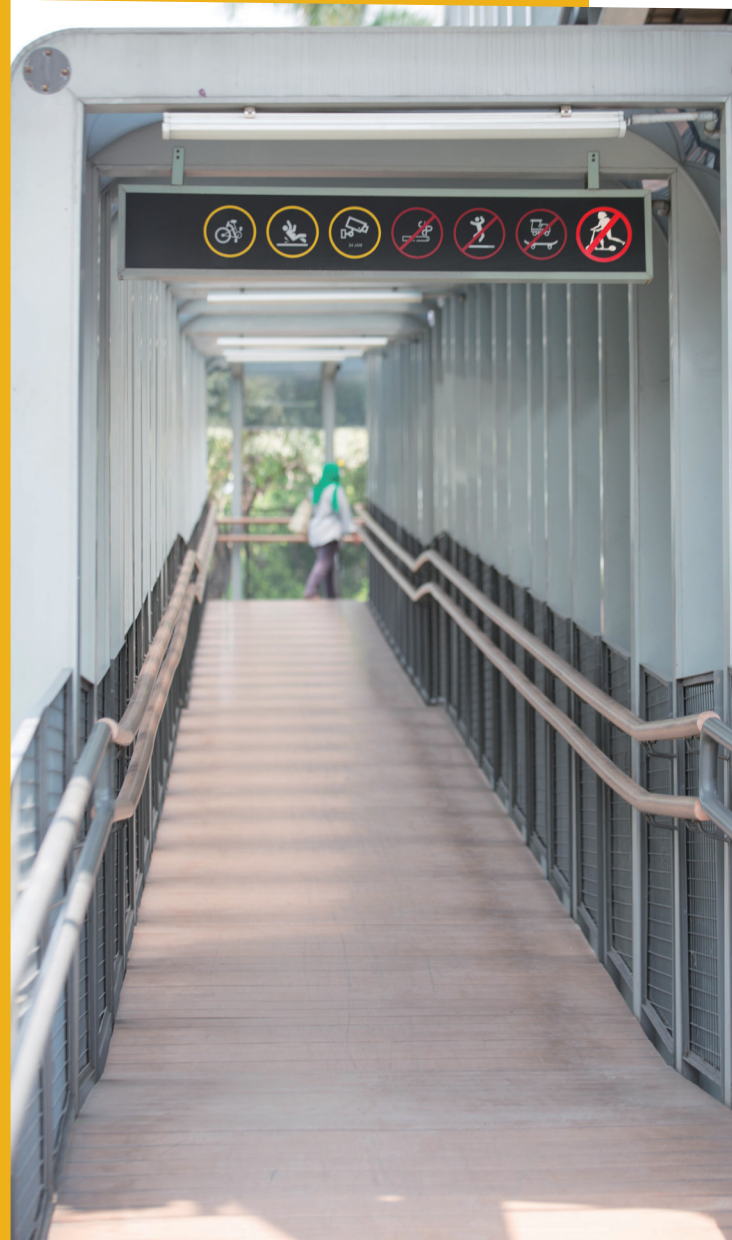
## Naskah Pilihan

CPHMA dalam Pemulihan Ekonomi Nasional Akibat Pandemi <i>Covid-19</i> .....	10
Oleh: Madi Hermadi dan Yohanes Ronny P.A	
Topik Keselamatan Jalan: Mayoritas <i>Blackspot</i> Hanya Perlu Penanganan Berbiaya Murah .....	26
Oleh: Alfa Adib Ash Shiddiqi	
Kegunaan Gelombang Ultrasonik dalam Bidang Teknik Sipil .....	37
Oleh: : Setyo Hardono dan Imam Akbar	
Analisa Kapasitas Jembatan Eksisting Berbasis Peta Gempa 2017 .....	51
Oleh: N. Retno Setiati dan Imam Akbar	
Penentuan Titik Lokasi Pemeliharaan Jembatan Ditinjau dari Nilai dan Fungsi Ruang .....	61
Oleh: Anang Mulyawan	
Menilik <i>Clear Zones</i> di Indonesia .....	75
Oleh: Anjang Nugroho dan Rustijan	
Jembatan <i>Cable Stayed</i> Melengkung Pertama di Indonesia di Kalsel Rampung .....	79
Oleh: Kartika	
Pemeliharaan Rutin Jalan Dekai – Kenyam Kabupaten Yahukimo Provinsi Papua .....	84
Oleh: Kain Meokbun	

## Serba-serbi

<b>Binekapedia</b>	
Jenis - Jenis Jembatan .....	89
Komik Mas Bin dan Mbak Eka .....	96

Redaksi menerima kiriman artikel/tulisan/opini/foto yang berkaitan dengan bidang jalan dan jembatan dalam lingkup kegiatan Bina Marga. Pengiriman dapat dilakukan melalui email ke [perpustakaan.jatan@pu.go.id](mailto:perpustakaan.jatan@pu.go.id) disertai dengan data diri berupa biografi singkat dan alamat, nomor telepon yang dapat dihubungi. Redaksi berhak menyunting dan melakukan perubahan naskah tanpa mengubah isi daripada tulisan

SALAM REDAKSI *Salam Sehat.*

Buletin BINEKA vol.2 edisi ke-2 ini, mengangkat Topik utama dengan tema Semangat Pemuda Membangun Negeri. Pada rubrik pilihan kali ini terdapat 3 artikel tulisan mengenai Jembatan diantaranya Analisa Kapasitas Jembatan Eksisting Berbasis Peta Gempa 2017, Penentuan Titik Lokasi Pemeliharaan Jembatan Ditinjau dari Nilai dan Fungsi Ruang, Jembatan Cable Stayed Melengkung Pertama di Indonesia yang berada di Kalimantan Selatan. Serta rubrik BINEKAPEDIA yang berisi jenis-jenis jembatan yang ada di Indonesia, dimana sangat beragam dengan melihat kondisi geografis di Indonesia.

Buletin BINEKA edisi Oktober ini bertepatan dengan hari Sumpah Pemuda, dimana lahirnya Sumpah Pemuda menjadi titik awal semangat perjuangan para anak muda Indonesia dalam menyatukan perjuangan Bangsa Indonesia. Diharapkan makna semangat Sumpah Pemuda dapat terus kita tanamkan.

Kami berharap dengan adanya buletin BINEKA edisi Oktober kali ini dapat memberikan motivasi semangat muda untuk kita semua agar terus berkarya, dapat memberikan pengetahuan dan informasi sesuai harapan para pembaca. Akan tetapi tentunya buletin edisi kali ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

*Salam Sehat.*

**REDAKSI**

## Semangat Pemuda Membangun Negeri

Oleh: Ani Mulyani



Gambar 1. Tipikal Zona Bebas (Sumber: sddc.army.mil)

Kutipan Ir. Soekarno sebagai bapak bangsa Indonesia menyiratkan makna yang begitu mendalam untuk para pemuda. Bung Karno, menilai para pemuda sebagai manusia enerjik, aktif, dan memiliki semangat serta daya juang yang luar biasa.

Eksistensi pemuda dalam suatu negeri sangat menentukan masa depan bangsa. Pemuda merupakan harapan bangsa karena ditangan pemudalah yang dapat menentukan masa depan bangsa. Ketika pemudanya baik, maka baiklah suatu bangsa tersebut. Kontribusi pemuda selalu dibutuhkan untuk membangun sebuah bangsa.

Pemuda dinilai memiliki semangat dan pikiran yang segar serta kreatif untuk melahirkan inovasi-inovasi baru yang dapat memberikan solusi terhadap suatu tantangan.

Di era 4.0 saat ini, para pemuda berlomba-lomba menciptakan inovasi di berbagai bidang, salah satunya di bidang infrastruktur. Teknologi CMP (*Corrugated Mortar Busa*) sebagai salah satu karya anak bangsa di bidang infrastruktur diciptakan oleh Pemuda bernama Hardiansyah Putra. Pengembangan timbunan ringan mortar busa, digagas oleh tim Balai geoteknik terowongan dan struktur, tim yg terlibat antara lain: Rudy Febrijanto, Fahmi Aldiamar, Maulana Iqbal, Fasma Handayani, Purbosantoso, Rudi Rizal Pahlevi dan Amad Jaenudin.

**“Seribu orang tua hanya dapat bermimpi, satu orang pemuda dapat mengubah dunia”**

*Ir. Soekarno*



**Gambar 2.** Kunjungan Bapak Menteri PUPR Basuki Hadimuljono dan Walikota Solo FX Hadi Rudyatmo di Lokasi Pembangunan Flyover Manahan, Solo 2018

### **HARDIANSYAH, SOSOK PEMUDA DI BALIK FLYOVER MANAHAN**

Hardiansyah adalah sosok pemuda yang berhasil dalam pembangunan flyover Manahan Surakarta. Konstruksi flyover ini menerapkan teknologi baja bergelombang dan timbunan ringan mortar busa Pუსjatan (Ditbintekjatan). Flyover ini dibangun bertujuan untuk menghilangkan persimpangan antara jalan yang digunakan kendaraan pada umumnya dengan jalur kereta api, sedangkan dari segi estetika Pemerintah Kota Solo mendesain dinding flyover Manahan dengan menampilkan seni mural bernuansa Jawa.

Diwawancarai tim redaksi baru-baru ini, insinyur yang kerap disapa Hardi bercerita mengenai debut karirnya di Kementerian PUPR. Menjadi PNS pada tahun 2006, Hardi ditempatkan di Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian PUPR, Bagian

Standar Sekretariat Badan Litbang, banyak pengalaman berharga selama Ia ditempatkan di sana. Tidak berselang lama, Ia ditempatkan di Balai Litbang Geoteknik Jalan, Pusat Penelitian Jalan dan jembatan (saat ini Ditbintekjatan), pada saat itu Ia memilih untuk menjabat sebagai Peneliti. "Saat menjabat sebagai Peneliti, saya terlibat dalam beberapa kegiatan paket penelitian antara lain perkuatan lereng batuan, konstruksi jalan pada tanah ekspansif, timbunan ringan mortar busa, uji dinamik fondasi, terowongan jalan, dan pengembangan struktur teknologi struktur baja bergelombang. "Selain melakukan kegiatan penelitian, saya juga terlibat dalam kegiatan advis teknis untuk mendukung Direktorat Teknis terkait permasalahan dalam bidang Geoteknik Jalan" ungkapnya.



**Gambar 3.** Proses pembangunan Flyover Manahan sisi Jalan DR. Moewardi

Banyak sekali pengalaman berharga yang telah dilalui pemuda kelahiran Palembang ini, antara lain pengalaman pertama ketika ia ditugaskan sebagai pengawas lapangan untuk pekerjaan pengambilan data bor teknik dan petugas pengambil data *inclinometer* di lokasi penanganan longsoran tol Cipularang, selama periode ini kurang lebih 2 bulan tidur di tenda bersama teknisi dan mandi di pancuran mata air alam. Pengalaman tidak terlupakan lainnya, ketika terlibat dalam kegiatan Kajian Aspek Geologi, Geoteknik dan Kegempaan pada rencana terowongan Geurute Aceh tahun 2015, dengan didampingi masyarakat lokal ia bersama tim melakukan peninjauan rencana trase yang mengharuskan naik ke bukit Geurute dengan kondisi hutan masih rimbun dan lembab. Setelah turun dari bukit tersebut ia merasa sejujur

badannya terasa gatal, ternyata ia melihat ada 9 pacet yang sudah gemuk menghisap darah dari badannya. Namun hal tersebut tidak membuatnya gentar, ia tetap menuntaskan tugasnya dengan baik.

### **PENGALAMAN MEMBANGUN FLYOVER MANAHAN**

Jabatan Hardi sebagai Pejabat Pembuat Komitmen di Solo tidak terlepas dari kegiatan penelitian yang terkait timbunan ringan mortar busa dan struktur baja bergelombang di Balai Litbang geoteknik jalan. Pada tahun 2016, ia melakukan uji coba *Full Scale* pembuatan *flyover* di jalan Antapani Bandung. "Teknologi Timbunan ringan adalah material konstruksi yang berupa campuran pasir, semen, air dan busa sehingga menjadi konstruksi yang cukup

kuat serta ringan dan bisa di fungsikan sebagai timbunan pada oprit jembatan/*flyover* sedangkan struktur baja bergelombang adalah material konstruksi berupa lempengan baja yang dibuat bergelombang sehingga mempunyai nilai *inersia* yang lebih tinggi dan dapat difungsikan sebagai struktur jembatan” paparnya.

Pada tahun 2017 Pemkot Solo mengajukan pembuatan *flyover* di beberapa lokasi kota Solo dan direspon oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dengan memasukkan anggaran pembangunan melalui Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang.

Pada proses perencanaan Hardi memberikan pemikirannya untuk konstruksi *flyover* akan menggunakan material timbunan ringan pada opritnya dan girder beton untuk bentang Utama Jembatan, dan dilengkapi dua lengkung struktur baja bergelombang. Dengan penggunaan teknologi ini, maka ia dipercaya pimpinan untuk menjadi Pejabat Pembuat Komitmen di BBPJJN VII Semarang. Perjalanan membangun *flyover* Manahan memberikan banyak pengalaman bagi Hardi.

Banyak tantangan yang dihadapi oleh pria yang memiliki hobi olahraga dan membaca ini, tantangan tersebut disebabkan karena lokasi proyek pembangunan berada di tengah kota Solo maka permasalahan yang timbul terkait pembebasan lahan, dan relokasi utilitas seperti relokasi jaringan kebel listrik, dan kabel fiber optik. Namun, untuk pembebasan lahan ini mendapatkan dukungan penuh dari Pemerintahan Kota Solo begitu juga terkait pemindahan lokasi utilitas.

Terkait permasalahan utilitas, saat akan dilaksanakan konstruksi terlebih dahulu dilakukan koordinasi dengan PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan penyelidikan lapangan. Selanjutnya, didapati jalur jaringan listrik utama tegangan tinggi bawah tanah di salah satu area fondasi *flyover*, maka pada titik ini dilakukan verifikasi lapangan saat pelaksanaan pekerjaan fondasi dan rekayasa teknik berupa perubahan konfigurasi agar tidak mengganggu jaringan listrik tersebut. Langkah tersebut dilakukan Hardi dengan sangat cermat, jika jaringan bawah tanah ini terganggu akan berdampak pada pemadaman listrik yang luas di Kota Solo dengan estimasi waktu perbaikan jaringan listrik yang lama, ini akan sangat merugikan masyarakat .



Gambar 4. Penentuan titik Bor Teknik pada rencana terowongan jalan Geurute Aceh tahun 2015



Gambar 5. Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Flyover Manahan

*Flyover* Manahan dibangun di atas rel kereta Api yang mempunyai frekuensi lalu lintas kereta yang tinggi, sehingga pada saat pelaksana *erection girder* jembatan hanya diberikan waktu kurang lebih 51 menit mulai pukul 23.00 WIB. Hal ini agar tidak menimbulkan gangguan dari jadwal kereta, dengan waktu yang sangat ketat pelaksanaan *erection girder* harus dilakukan dengan cepat sekaligus hati-hati, maka diperlukan koordinasi yang baik dengan PT. Kereta Api Indonesia (PT. KAI).

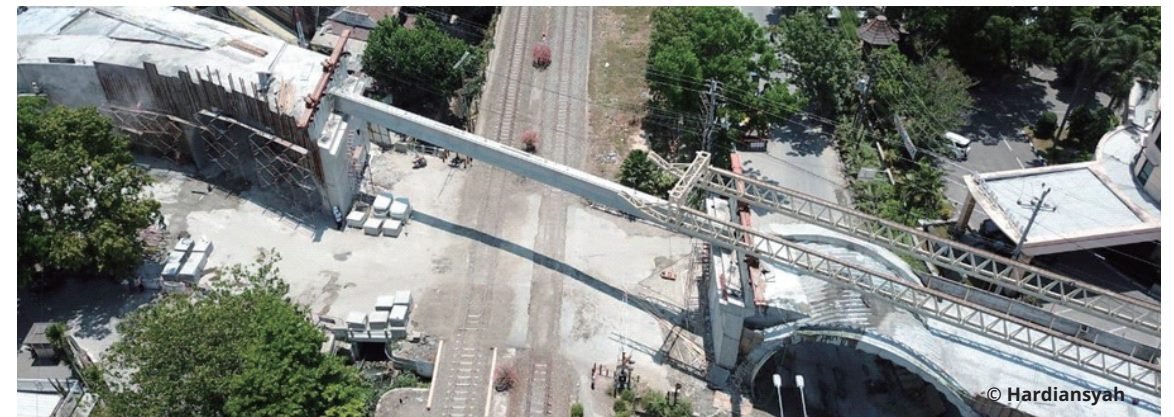
Penyelesaian pekerjaan *flyover* dilakukan dalam waktu 10 bulan dengan dukungan dari berbagai pihak terutama pihak penyedia jasa yakni PT. Yasa Patria Perkasa, Konsultan Pengawas PT. Anugrah Kridapradana, rekan sejawat di Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang, dan dukungan Wali Kota Solo FX Hadi Rudyatmo. Bagi Hardi melaksanakan pekerjaan ini memberikan pengalaman bahwa selain aspek teknis untuk menuntaskan pekerjaan konstruksi juga ada faktor *non* teknis yang harus dikelola.

Pembangunan *flyover* Manahan merupakan tugas yang harus diselesaikan, selama proses pembangunan, ia tinggal di kontrakan bersama

rekan-rekannya dan harus tinggal jauh dengan keluarga merupakan suka duka yang harus ia lalui.

Lebih dalam lagi Hardi membagikan pengalaman paling berkesan dalam proses pembangunan *flyover* adalah ketika hari Sumpah Pemuda 28 oktober 2018. Pada hari tersebut *flyover* Manahan digunakan sebagai lintasan lomba lari Solo Open 10 Kilometer, sebagian besar pekerjaan struktur memang sudah selesai akan tetapi pada satu sisi (Jalan Moewardi) elevasi jalan pendekat masih dibutuhkan penambahan volume timbunan ringan, pekerjaan itu terselesaikan pada tanggal 28 Oktober 2018 pada pukul 04.00 dini hari, hanya selisih 3 jam sebelum dilintasi oleh para peserta lomba. Hal ini sungguh sangat menguji adrenalin Hardi.

Harapan Hardi ke depan agar ada pemanfaatan teknologi-teknologi baru pada pekerjaan di Kementerian PUPR, selain itu semakin banyak yang akan meningkatkan kompetensi pegawai Kementerian PUPR. “Rekan-rekan muda yang baru masuk PUPR banyak belajar untuk meningkatkan kemampuan teknis sehingga pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu, tepat mutu dan tepat biaya” pungkasnya.



Gambar 6. Kondisi Saat Erection Girder Flyover Manahan



Gambar 6. . Pembangunan Flyover Manahan Dengan Progress 94%

© Hardiansyah



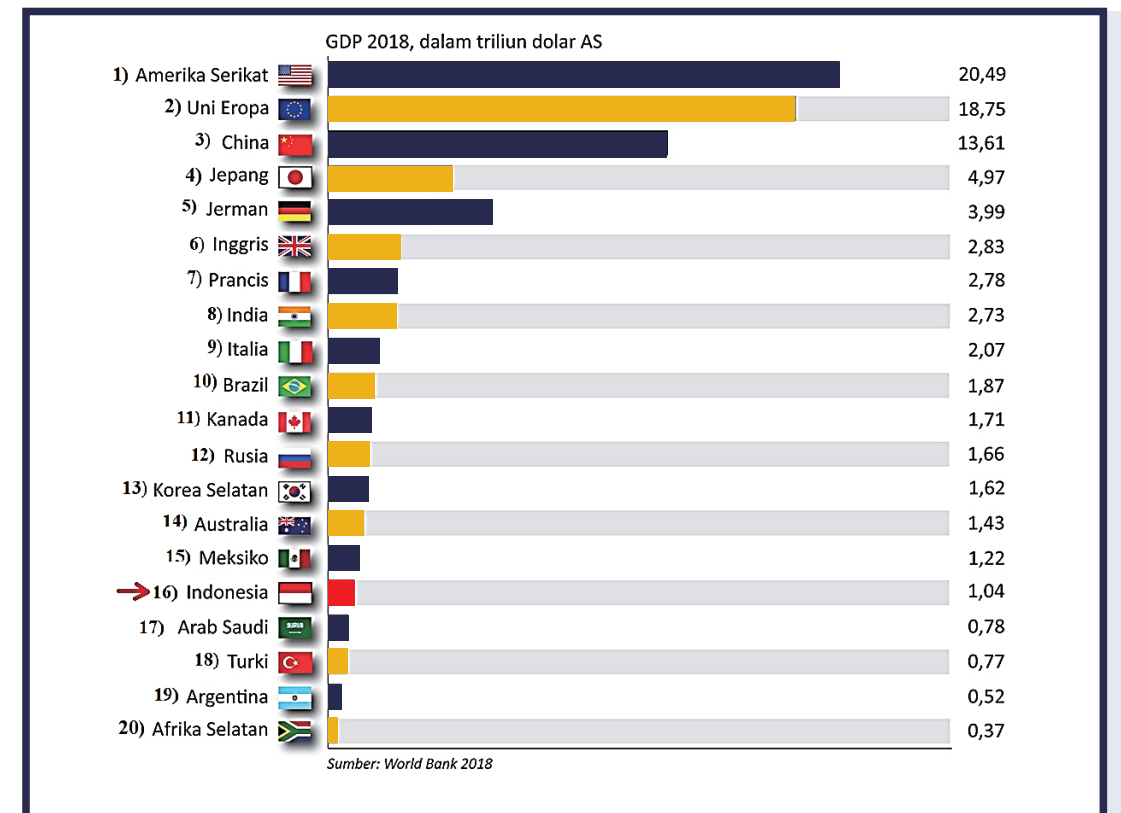
## TAJUK PILIHAN

# CPHMA dalam Pemulihan Ekonomi Nasional Akibat Pandemi Covid-19

Oleh: Madi Hermadi dan Yohanes Ronny P.A.

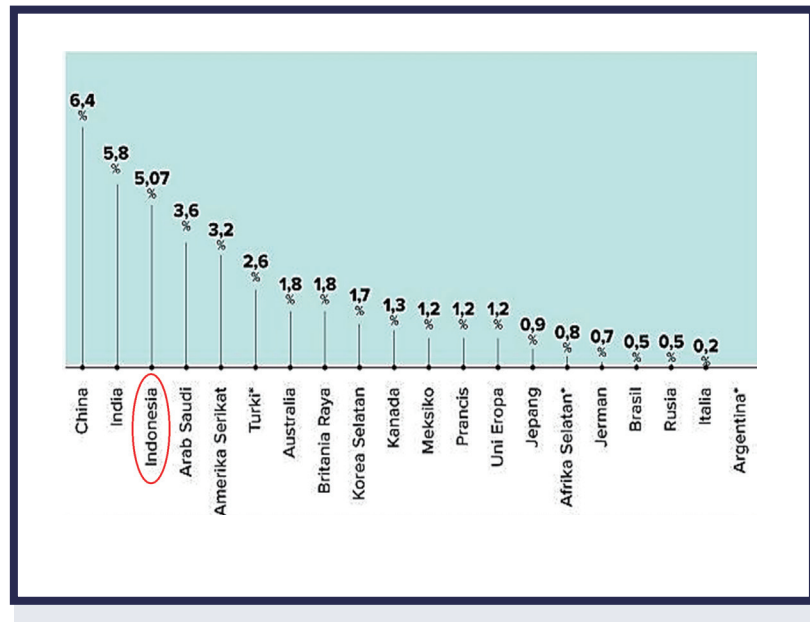
Pandemi Covid-19 hingga tahun 2021 telah memberikan dampak luas terhadap ekonomi global. Pemerintah dari berbagai negara di dunia melakukan langkah mitigasi untuk mempercepat pemulihan pada sektor ekonomi.

Sebelum pandemi Covid-19, perekonomian Indonesia terus tumbuh hingga menurut IMF (*International Monetary Fund*) pada tahun 2018 perekonomian Indonesia berdasarkan PDB (*Produk Domestik Bruto*) mencapai 932 Juta USD berada pada urutan ke 16 dunia, di atas Turkey, Netherlands, Swizerland, Saudi Arabia, dan lainnya.



Gambar 1. Produk Domestik Bruto dalam Triliun USD

Selain itu, menurut CNN pertumbuhan ekonomi Indonesia tahun 2019, berada pada posisi ke 3 terbesar diantara 20 negara yang tergabung dalam kelompok G-20. G-20 adalah kelompok 20 negara dengan ekonomi utama yang terdiri dari 19 negara dengan perekonomian besar di dunia ditambah dengan Uni Eropa. *Trend* perekonomian Indonesia juga terus meningkat sehingga diprediksi pada tahun 2024 akan naik menempati urutan ke 4 dunia.



Gambar 2. Pertumbuhan Ekonomi Negara G-20 per kuartal I 2019 (CNN Indonesia).

Namun disaat Indonesia sedang giat-giatnya meningkatkan perekonomian, terjadi pandemi Covid-19 yang berdampak pada penurunan perekonomian dunia secara global termasuk Indonesia.

Pandemi Covid-19 telah menciptakan krisis yang berefek domino, tidak hanya krisis kesehatan melainkan juga krisis sosial, ekonomi, serta keuangan. Hal ini seiring dengan harus dilakukannya pembatasan aktivitas masyarakat dalam rangka mengendalikan pandemi Covid-19.

Penurunan pertumbuhan ekonomi Indonesia akibat pandemi Covid-19 yaitu dari 4,97% pada triwulan 4 tahun 2019 turun menjadi 2,97% pada triwulan 1 tahun 2020 dan kemudian berkontraksi -5,32% pada triwulan 2 tahun 2020. Secara kumulatif, pertumbuhan ekonomi Indonesia pada semester 1 tahun 2020 dibandingkan dengan Semester 1 tahun 2019 berkontraksi -1,26%.

Sampai pertengahan tahun 2020, keadaan ekonomi Indonesia tersebut sebenarnya masih relatif lebih baik di tingkat regional maupun dunia. Beberapa negara lain mengalami kontraksi yang sangat dalam misalnya Singapura sebesar 41,2%, Amerika Serikat diperkirakan sekitar 10%, dan Inggris sekitar 15%.

Sementara itu, Bank Dunia memprediksi ekonomi global pada tahun 2020 akan mengalami kontraksi sebesar 5,2% dan Indonesia 0,3%, sehingga Indonesia dapat menjadi negara kedua terbaik ekonominya setelah Vietnam yang diperkirakan pertumbuhannya positif.

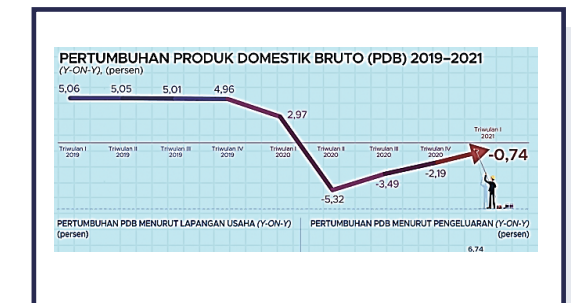
## STRATEGI PEMULIHAN EKONOMI NASIONAL (PEN) TRIWULAN III DAN IV TAHUN 2020

Upaya agar perekonomian nasional dapat segera pulih dari keterpurukan akibat Covid-19, pada triwulan III dan IV tahun 2020 perekonomian Indonesia mulai digerakkan kembali, beriringan dengan penanganan Covid-19.

Pemerintah telah memutuskan suatu strategi kebijakan yang disebut Strategi Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) untuk dijalankan yaitu:

01. Peningkatan belanja pemerintah khusus di triwulan III dan IV tahun 2020. Diperlukan realisasi belanja pemerintah minimal Rp 800 triliun per kuartal di berbagai sektor untuk mempersempit ruang pertumbuhan negatif.
02. Meningkatkan program padat karya sebagai upaya mengatasi kian meningkatnya pengangguran akibat pemutusan hubungan kerja.
03. Pemberdayaan UMKM (Usaha Mikro, Kecil dan Menengah) dan Koperasi
04. Pemanfaatan bahan lokal.

Strategi ini sebenarnya cukup efektif menaikan trend pertumbuhan ekonomi nasional pada triwulan III dan IV tahun 2020 hingga triwulan 1 tahun 2021. Namun pada saat perekonomian Indonesia mulai optimis dapat bangkit kembali, kejadian yang tidak terduga yaitu pandemi Covid-19 gelombang dua hadir dengan varian Delta yang lebih mudah menyebar di masyarakat, sehingga berimbas kembali pada pertumbuhan ekonomi di tahun 2021



Gambar 3 Pertumbuhan Perekonomian Indonesia 2019-2021.

**“...Pemerintah telah memutuskan suatu strategi kebijakan yang disebut Strategi Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) ...”**

## STRATEGI “PEN” DI BIDANG INFRASTRUKTUR PADA SEMESTER II TAHUN 2020

Saat memberikan sambutan pada peresmian Jalan Tol Sigli-Banda Aceh Seksi 4 ruas Indrapuri-Blang Bintang di Kabupaten Aceh Besar tanggal 25 Agustus 2020, Presiden Joko Widodo menyampaikan bahwa pembangunan infrastruktur menjadi salah satu strategi pemerintah untuk mengangkat percepatan Pemulihan Ekonomi Nasional. Meskipun bangsa Indonesia tengah menghadapi pandemi Covid-19, pembangunan infrastruktur tetap dijalankan karena kondisi prasarana di Indonesia masih tertinggal di bandingkan negara lain. Ketertinggalan Infrastruktur Indonesia menyebabkan biaya logistik menjadi lebih mahal sehingga daya saing menjadi lebih lemah jika dibandingkan dengan negara lain.

Selain itu, pembangunan infrastruktur juga akan mendorong pertumbuhan dan pemerataan ekonomi, serta dapat menyerap tenaga kerja.

Di bidang infrastruktur jalan terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan khusus dalam rangka pelaksanaan program Pemulihan Ekonomi Nasional di triwulan III dan IV tahun 2020 yaitu revitalisasi drainase, pengadaan karet alam untuk bahan jalan, pengadaan bahan lokal *rosin ester* untuk marka jalan, serta pengadaan CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) untuk tambalan, bahu jalan dan *overlay* di jalan dengan lalu lintas ringan sampai sedang.



© Madi Hermadi dan Yohanes Ronny P.A.

Gambar 4. CPHMA dalam Kemasan Kantong Saat Dihamparkan Secara Manual

## CPHMA PRODUK CAMPURAN BERASPAL ASBUTON YANG SIAP HAMPAR ATAU DIBENTANGKAN

CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) atau Campuran Beraspal Panas Asbuton Hampar Dingin adalah produk campuran beraspal yang menggunakan *Asbuton* (aspal alam dari Pulau Buton) sebagai bahan pengikatnya.

CPHMA merupakan produk jadi campuran beraspal yang dikemas dalam kantong dan siap dihamparkan, baik untuk lapis *overlay* atau lapis perata (Spesifikasi Umum Tahun 2018 Revisi 2 Seksi 6.6), untuk lapis perkerasan pada bahu jalan atau sebagai bahan tambalan (*patching*) (Spesifikasi Khusus SKh-1.M.01), namun untuk jalan dengan lalu lintas sedang sampai ringan (Permen PUPR No. 18/PRT/M/2018).

Pembuatan CPHMA dilakukan dengan mencampur *Asbuton*, *agregat* dan aspal minyak jika diperlukan secara panas di Unit Pencampur Aspal (Asphalt Mixing Plant, AMP), kemudian diberi bahan pelunak dan bahan anti penggumpalan agar bisa dihampar dingin. Selanjutnya CPHMA dikemas dalam kemasan kantong jika akan disimpan lebih dari 3 hari sampai maksimum 3 bulan, atau dalam bentuk curah jika akan segera digunakan paling lama 3 hari.

Produk CPHMA menjadi alternatif pilihan untuk pembangunan jalan di daerah yang memiliki keterbatasan fasilitas AMP sehingga tidak memungkinkan dihampar secara panas. Daerah tersebut misalnya di daerah terpencil, di *pulaupulau* kecil, antisipasi disaat AMP *over capacity*, atau untuk tambalan yang lokasinya spot-spot dengan volume kecil-kecil



Gambar 5. Permen, Spesifikasi Umum dan Spesifikasi Khusus Rujukan CPHMA



Gambar 6. Pelaksanaan Penambalan Jalan dengan CPHMA Secara Manual.

### CPHMA SEBAGAI BAGIAN DARI PROGRAM PEMULIHAN EKONOMI NASIONAL (PEN)

CPHMA sangat tepat digunakan sebagai bagian dari Pemulihan Ekonomi Nasional karena menggunakan bahan lokal dengan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) sebesar 77,52%, sehingga menurut Perpres 16/2018 Pasal 66 (2) masuk kedalam kriteria wajib dipakai karena melebihi batas minimum 40%. Selain itu, CPHMA juga diproduksi oleh UMKM (Usaha Kecil Menengah dan Mikro) serta padat karya.

Bila melihat pada pengadaan CPHMA pada tahun 2020 di BBP/JN/BP/JN seluruh Indonesia dengan anggaran sekitar Rp 200 miliar, telah melibatkan 12 vendor yang 11 diantaranya berkategori UMKM.

Dari 12 belas vendor CPHMA tersebut, agar lebih praktis dan harga dapat ditekan lebih rendah, dalam memproduksinya vendor bekerjasama dengan 19 AMP lokal di provinsi-provinsi. Jumlah total UMKM yang terlibat di 34 provinsi ada sekitar 94 UMKM dengan tenaga kerja yang terlibat meliputi tenaga kerja di pabrik CPHMA, di AMP, saat pengemasan CPHMA ke dalam karung, supir dan kernet pengangkut, serta tenaga bongkar muat di 34 provinsi tujuan, total ada sekitar 28.000 tenaga kerja. Selanjutnya keterlibatan UMKM terjadi saat pelaksanaan penghamparan CPHMA yang bersifat padat karya karena pelaksanaannya juga dapat dilakukan secara manual.



Gambar 7. Asbuton Feeder System

### FILOSOFI TEKNOLOGI CAMPURAN BERASPAL CPHMA

Permasalahan CPHMA beserta solusi penanganannya dapat diatasi apabila filosofinya sudah dipahami. CPHMA adalah campuran beraspal yang unik, memiliki bahan pengikatnya *Asbuton* (aspal alam dari Pulau Buton) yang berbeda dari aspal minyak atau bahkan aspal alam lainnya di dunia, sehingga pada saat mengembangkannya, pendekatan CPHMA tidak dapat langsung menggunakan pendekatan *Hot Mix Asphalt*, *Cold Mix Cutback asphalt* atau *Cold Mix Emulsion Asphalt* seperti yang sudah banyak disampaikan pada literatur dalam dan luar negeri.

Untuk itu memahami CPHMA harus mampu mengetahui semua teknologi campuran beraspal tersebut ditambah memahami karakteristik *Asbuton*. Dari segi cara pencampuran, CPHMA sama dengan campuran beraspal panas sehingga perlu *AMP* namun yang dimodifikasi dengan menambah *Asbuton Feeder System*. *Asbuton Feeder System* adalah alat tambahan yang dipergunakan untuk memasukkan *asbuton* ke dalam sistem *AMP*.

*Asbuton Feeder System* diperlukan karena aspal alam *Asbuton* jenis B 50/30 yang digunakan dapat dimasukkan ke dalam sitem AMP melalui ketel aspal karena dengan kandungan mineral yang tinggi (sekitar 75%) tidak dapat dicairkan seperti aspal. Selain itu, *Asbuton* juga tidak dapat dimasukkan ke dalam sistem AMP bersamaan dengan *agregat* karena *Asbuton* mengandung aspal (*bitumen*) yang dapat terbakar pada saat memasuki *dryer agregat*.

Berbeda dengan *Hot Mix* aspal, pada umumnya temperatur agregat CPHMA di AMP harus lebih tinggi dari temperatur pencampuran (sekitar 180- 200 °C), karena *Asbuton* dengan proporsi sekitar 20% terhadap campuran ditambahkan tanpa melalui pemanasan (temperatur udara) serta memiliki kandungan air sekitar 2-4%. Untuk mencapai temperatur pencampuran (sekitar 155 °C) serta proses pengeringan, *Asbuton* perlu panas dari agregat.

Dari segi teknik penghamparan dan pemadatan di lapangan, CPHMA relatif sama dengan campuran beraspal dingin aspal cair (*cutback asphalt*) atau aspal emulsi yang dilakukan pada temperatur udara (dingin). Pada temperatur ini, pemadatan tidak semudah pada *hot mix* karena struktur kekentalan aspal jauh lebih kental (lebih keras) dibandingkan struktur kekentalan yang ideal pada aspal untuk pemadatan (280 cst) yang biasa dilakukan pada *hot mix*. Implikasinya, untuk menghasilkan perkerasan jalan CPHMA yang baik adalah sebagai berikut:

- Kekuatan CPHMA lebih besar disumbangkan dari *interlocking* agregat dibanding kekerasan aspal. Namun demikian, penggunaan minyak ringan serta bahan-bahan tambah yang dapat mengeraskan aspal setelah dipadatkan seiring waktu (baik karena menguap atau bereaksi secara kimia semisal *epoxy*) dapat meningkatkan kinerja CPHMA di lapangan.

- Sifat aspal dalam campuran (aspal total terdiri dari *bitumen Asbuton*, *modifier* dan aspal lainnya jika ada) harus relatif lebih lunak dari aspal pada *hot mix*. Sifat aspal relatif sama dengan aspal pada campuran dingin yaitu minimum memiliki nilai penetrasi 100 dmm. Namun, meskipun dipersyaratkan CPHMA, hanya diisyaratkan nilai penetrasi minimum 100 dmm, apabila nilai penetrasi di atas 200 dmm berpengaruh pada rendahnya nilai stabilitas Marshall CPHMA
- Gradasi agregat tidak sama dengan gradasi *hot mix* untuk lapis permukaan (*AC-WC*). Karena saat dipadatkan, aspal relatif keras maka harus dipilih gradasi yang mudah menyebabkan agregat saling menumpu dan menjadi tulangan pada campuran. Gradasi seperti itu biasanya gradasi berukuran seragam (*single size*). Namun apa bila terlalu seragam pun dapat berpengaruh pada tingginya rongga udara (*Void in Mix, VIM*) campuran dan menyebabkan campuran tidak cukup kedap air sehingga CPHMA mudah raveling terutama saat musim hujan. Produsen CPHMA harus mampu mendapatkan gradasi ideal CPHMA, yaitu gradasi yang tidak rapat (gradasi semi terbuka, senjang atau istilah lainnya) namun menjadi relatif rapat karena rongga diantara agregat yang sudah saling menumpu diisi oleh mastik asbuton (campuran mineral halus asbuton, bitumen, pelunak dan aspal jika diperlukan) yang relatif lebih lunak dibanding mastik dengan aspal pen 60 pada *hot mix SMA (Split Mastic Asphalt)*.
- Dalam proses pemadatan, adanya air (tambahan air) di antara butiran agregat terselimuti aspal (di luar selimut aspal pada agregat) sampai maksimum 4% juga dapat membantu proses pemadatan.



Gambar 8. Asbuton Feeder System

### EVALUASI TEKNIS TERHADAP PELAKSANAAN CPHMA HASIL PENGADAAN TAHUN 2020

Kajian secara teknis dilakukan terhadap pelaksanaan CPHMA yang dilaksanakan pada tahun anggaran 2020. Kajian tersebut meliputi kendala-kendala yang terjadi, kemungkinan penyebabnya serta cara mengatasinya. Dengan adanya kajian ini maka diharapkan apabila pandemi Covid-19 gelombang ke dua sudah mulai terkendali dan Pemulihan Ekonomi Nasional dilakukan dengan salah satu mengaplikasikan kembali CPHMA, maka dapat diharapkan berbagai kendala yang sebelumnya terjadi, tidak terulang lagi. Hasil monitoring pelaksanaan CPHMA diperoleh informasi bahwa CPHMA ada yang berhasil sesuai yang diharapkan, akan tetapi ada juga yang kurang berhasil. Khusus untuk pelaksanaan CPHMA yang kurang berhasil, diperoleh keluhan sebagai berikut:

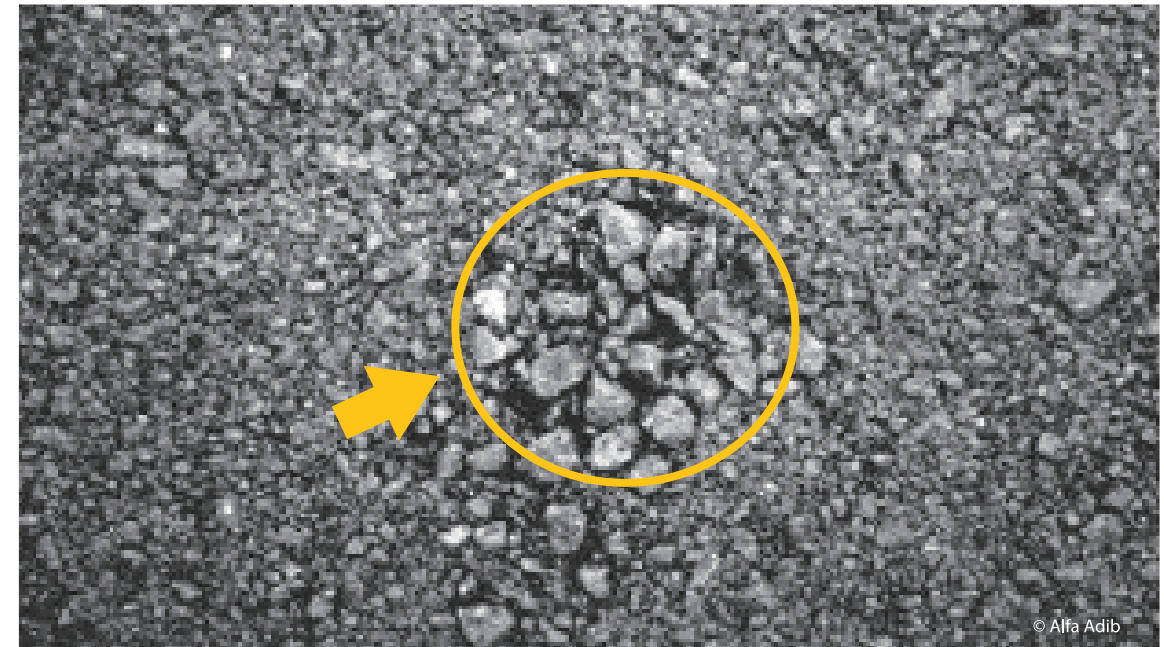
- Produk tidak konsisten (terlalu bervariasi);
- Stabilitas rendah;
- Hasil pelaksanaan *bleeding* (Gambar 7);
- Hasil Pelaksanaan terjadi alur;
- Hasil pelaksanaan *raveling* (Gambar 8);
- Menggumpal dalam kemasan;
- Tekstur permukaan perkerasan kasar;
- Terjadi segregasi (Gambar 9);
- Bagaimana jika CPHMA kadaluarsa;
- Dapatkah CPHMA diterapkan pada jalan dengan lalu lintas berat.



**Gambar 9.** Kerusakan berupa *bleeding* pada tambalan dengan CPHMA



**Gambar 10.** Kerusakan *Raveling* pada Perkerasan Jalan dengan CPHMA



**Gambar 11.** Kerusakan Segregasi pada Perkerasan Jalan dengan CPHMA

## **PENYEBAB KEGAGALAN CPHMA PADA PELAKSANAAN TAHUN 2020**

### **01. Produk tidak konsisten**

Salah satu penyebab produk CPHMA tidak konsisten mutunya atau kualitasnya, ada yang baik dan ada yang tidak baik adalah karena CPHMA tidak dirancang dengan baik. Untuk saat ini masih bisa dimaklumi, karena tidak seperti jenis campuran beraspal lainnya, CPHMA merupakan teknologi baru yang belum banyak diketahui oleh pihak-pihak terkait.

Tata cara rancangan CPHMA belum terformulasikan secara baik, tidak sama dengan *hot mix* dan *cold mix* yang sudah ada standar formulasi, sehingga CPHMA lebih banyak uji coba (*trial and error*).

Mutu produk yang tidak konsisten sebenarnya dapat dihindari bila dilakukan monitoring produk. Monitoring minimal dilakukan pengujian stabilitas Marshall dan rongga udara (VIM) dengan baik. Monitoring oleh produsen dapat menghindari pengiriman produk yang tidak memenuhi persyaratan, sedangkan pengujian oleh PPK (Pejabat Pembuat Komitmen) dapat mencegah penerimaan produk yang tidak baik serta menghindari kegagalan setelah pelaksanaan.

Apabila kegagalan CPHMA terjadi setelah penghamparan maka kerugian menjadi jauh lebih besar, dibanding jika kegagalan atau tingkat kualitas diketahui sebelum penghamparan. Jika ketidaksesuaian mutu CPHMA diketahui sebelum penghamparan maka produk CPHMA tersebut yang menjadi tanggungjawab produsen untuk dapat diolah serta diperbaiki kembali.

## 02. Stabilitas Marshall lebih rendah dari persyaratan

Stabilitas Marshall CPHMA minimum 500 kg, apabila lebih rendah kemungkinan disebabkan oleh terlalu lunaknya aspal akibat modifier atau pelunak terlalu banyak. Hal ini terjadi apabila produsen tidak melakukan pengujian kadar dan sifat *bitumen Asbuton* yang digunakan (perlu alat ekstraksi *reflux* dan *rotational evaporator*) sehingga tidak tahu proporsi pelunak yang diperlukan. Selanjutnya, stabilitas Marshall juga mungkin rendah sebagai efek dari gradasi yang cenderung lebih terbuka. Gradasi ideal harus dicari pada saat melakukan rancangan campuran yang menjadi tanggungjawab produsen untuk dapat diolah serta diperbaiki kembali.

## 03. Terjadi *bleeding* pada perkerasan CPHMA

Terjadinya *bleeding* pada perkerasan CPHMA dapat karena rancangan campuran tidak optimal, antara lain karena proporsi mastik asbuton (proporsi *asbuton* ditambah pelunak dan aspal) melebihi volume rongga diantara agregat. Selain itu, dapat juga karena kesalahan dalam penerapan. Persyaratan CPHMA yang berlaku saat ini untuk jalan dengan lalu-lintas ringan hingga sedang, tidak sesuai jika diterapkan pada lalu-lintas berat.

## 04. Terjadi alur pada perkerasan CPHMA

Terjadinya alur, jika tidak disertai *bleeding*, kemungkinan karena pemadatan yang kurang maksimal atau perkerasan CPHMA per lapisannya terlalu tebal melebihi 6 cm. Gradasi *agregat* yang lebih seragam diantaranya untuk mempermudah pemadatan agar tidak terjadi alur.

## 05. Terjadinya *raveling* pada perkerasan CPHMA

*Raveling* terjadi apabila kadar aspal (*bitumen*) kurang, rongga udara terlalu besar di atas 10% (tidak kedap air), aspal terlalu keras/getas serta kelekatan aspal kurang. Aspal terlalu getas dapat karena solvent minyak ringan dari bahan pelunak sudah menguap (misalnya kadaluarsa) atau bitumen dalam bahan baku *Asbuton* terlalu keras. Rongga udara terlalu besar apabila kepadatan kurang atau gradasi agregat terlalu terbuka sehingga tidak tahan air. Semua hal itu pada intinya karena rancangan campuran, baik aspal ataupun agregat, tidak optimal.

## 06. Terjadinya penggumpalan saat penyimpanan

Terjadinya penggumpalan saat penyimpanan pada CPHMA akan menyulitkan pelaksanaan penghamparan. Ini menjadi tanggung jawab produsen dan produsen dapat memperbaikinya dengan menambahkan anti penggumpalan baik yang berbasis minyak ringan, air atau aditif lain.

## 07. Tekstur permukaan perkerasan CPHMA kasar

Tekstur perkerasan CPHMA lebih kasar dari *hot mix AC-WC* karena gradasi yang lebih terbuka. Namun apa bila dikehendaki tekstur yang lebih halus dapat menggunakan gradasi dengan ukuran maksimum yang lebih kecil. Selain itu, permukaan kasar bisa juga karena terjadi segregasi saat pelaksanaan

## 08. Jika CPHMA kadaluarsa apa yang dapat dilakukan

Sebaiknya produsen dapat memberikan pelayanan penuh apabila ada keluhan setelah terjual termasuk jika kadaluarsa. Kadaluarsa dapat menyebabkan CPHMA lebih kering, sulit dipadatkan dan kurang daya ikatnya. Ini dapat diperbaiki dengan menambahkan kembali pelunak minyak ringan.





**"Merdeka hanyalah  
sebuah jembatan,  
Walaupun jembatan  
emas, di seberang  
jembatan itu jalan pecah  
dua: satu ke dunia sama  
rata sama rasa, satu ke  
dunia sama ratap sama  
tangis!"**

*Ir. Soekarno*





## T A J U K P I L I H A N

# TOPIK KESELAMATAN JALAN: MAYORITAS *BLACKSPOT* HANYA PERLU PENANGANAN BERBIAYA MURAH;

Optimalisasi pemeliharaan rutin dan koordinasi dengan Forum Lalu Lintas adalah kunci suksesnya penanganan *blackspot*!!

Oleh: Alfa Adib Ash Shiddiqi



© Irna handayani

Direktorat Jenderal Bina Marga memandang bahwa hal Keselamatan Jalan menjadi isu penting seperti tercantum dengan adanya indikator keselamatan pada Renstra Bina Marga 2020-2024.

Kegiatan-kegiatan terkait keselamatan jalan seperti Audit Keselamatan Jalan, Uji Laik Fungsi Jalan dan Investigasi Kecelakaan perlu didalami

kembali serta didiseminasikan lebih sering. Diskusi *monitoring blackspot* menunjukkan bahwa mayoritas rekomendasi penanganan *blackspot* berupa penanganan minor rambu dan marka yang dapat ditangani dengan pemeliharaan rutin dan koordinasi antar instansi. Artikel ini mengulas mengenai hal-hal tersebut.

Renstra Bina Marga 2020-2024 mengamanatkan adanya Indikator Kinerja Program baru yaitu *Rating Keselamatan Jalan Nasional* dari 3,51 poin di 2020 dengan target 2,82 poin pada Tahun 2024. *Rating Keselamatan Jalan Nasional* dihitung berdasar pada angka kecelakaan per populasi dan angka *blackspot* per populasi. Diskusi pada tulisan ini tidak secara khusus membahas perhitungan rating keselamatan tersebut, namun lebih menekankan bahwa penanganan *blackspot* pada periode ini juga merupakan indikator keberhasilan program Dirjen Bina Marga seperti halnya kondisi kemandirian jalan dan tingkat aksesibilitas.

Selain itu, latar belakang lain akan pentingnya topik keselamatan adalah adanya draft Peraturan Presiden tentang RUNK LLAJ (Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas Angkutan Jalan) 2021-2040.

Perpres RUNK LLAJ tersebut melanjutkan RUN Keselamatan Jalan *Decade of Action* 2010- 2020 dan sejalan dengan RPJPN, RPJMN, dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG's). Hal menarik dari perpres RUNK-LLAJ 2021-2040 adalah adanya perubahan program pada Pilar II yang tadinya 7 program menjadi 14 program.

Beberapa program yang baru misalnya: peneringkatan keselamatan jalan, fasilitas pejalan kaki dan persepeda, pengendalian fungsi rumija, penanganan perlintasan kereta api sebidang, lajur khusus angkutan massal, pembatasan akses sepeda motor, dan pembatasan kecepatan.

**“...Penggunaan terminologi *blackspot* sering terjadi pada pendapat yang mencampuradukkan antara jalan substandar (tidak berkeselamatan) dengan lokasi *blackspot*. Pada dasarnya penentuan *blackspot* harus mengacu pada data kecelakaan resmi yang dirilis oleh kepolisian...”**

### **BLACKSPOT VS JALAN TIDAK BERKESELAMATAN**

Sebelum masuk pada pembahasan *blackspot* atau Daerah Rawan Kecelakaan, perlu diperjelas perbedaan antara *blackspot* dengan lokasi kecelakaan menonjol pada jalan tidak berkeselamatan. Hal ini menjadi penting terkait penggunaan terminologi *blackspot* karena bisa jadi ada pendapat yang mencampuradukkan antara jalan sub-standar (tidak berkeselamatan) dengan lokasi *blackspot*.

Pada dasarnya penentuan *blackspot* harus berdasar pada data kecelakaan (resmi dari kepolisian). Tanpa adanya data kecelakaan resmi suatu lokasi tidak dapat didefinisikan sebagai *blackspot*. Sedangkan jalan tidak berkeselamatan bisa ditentukan tanpa adanya data kecelakaan, dengan berdasar pada kondisi geometrik dan perlengkapan jalan.

Karenanya, suatu jalan meskipun secara fisik (geometrik, kondisi, dan perlengkapan) jalan memenuhi standar jika terdapat banyak kecelakaan maka jalan tersebut tetap didefinisikan sebagai *blackspot*. Sebaliknya jika suatu ruas jalan tidak memenuhi standar secara geometrik, kondisi dan perlengkapan namun tidak ditemukan adanya laporan terjadi kecelakaan maka ruas jalan tersebut tidak bisa didefinisikan sebagai *blackspot*, alih-alih disebut sebagai jalan tidak berkeselamatan (negasi dari Jalan Berkeselamatan).

**Tabel 1.** Perbedaan Jalan Tidak Berkeselamatan dengan *Blackspot*

JALAN TIDAK BERKESELAMATAN	BLACKSPOT
1. Berdasar fisik geometrik, perlengkapan dan kondisi jalan	1. Berdasar data kecelakaan resmi (kepolisian)
2. Jalan sub-standar	2. Kecelakaan dimungkinkan terjadi bukan disebabkan oleh geometrik, kondisi fisik jalan
3. Terindikasi rawan terjadi kecelakaan	3. Geometrik dan kondisi fisik jalan bisa jadi memenuhi standar
4. Tidak didasarkan oleh data kecelakaan resmi	4. Bina Marga hanya dapat intervensi/ menangani dari sisi penyelenggara jalan
5. Perlu dilaksanakan Audit Keselamatan Jalan	5. Tanggung jawab bersama instansi penyelenggara jalan, prasarana dan sarana angkutan jalan, dan operasi lalu lintas
6. Tanggung jawab penyelenggara jalan	

*Blackspot* didefinisikan sebagai suatu segmen (kira-kira sepanjang 500 m) yang sering terjadi kecelakaan dengan AEK (Angka Ekuivalensi Kecelakaan) > 30 yang dihitung berdasar data kecelakaan selama 2 tahun. Hal ini mengacu pada Keputusan Kakorlantas Polri No. 43/2016 tentang Pedoman Penentuan dan Pengkajian *Blackspot*. AEK dihitung berdasarkan data kecelakaan dari Kepolisian yang terhimpun dalam sistem IRSMS (*Indonesian Road Safety Management System*).

Data kecelakaan kemudian dihimpun dalam jarak 500 meter, dan dihitung jumlah kecelakaan yang terjadi selama 2 tahun. Tiap kecelakaan bergantung pada keparahan korban mendapat skor bobot yang berbeda, yaitu 10 poin untuk korban meninggal, 5 poin luka berat, dan 1 poin luka ringan. Skor tersebut dijumlahkan untuk suatu segmen sepanjang 500 meter, dan bila skor AEK > 30 maka segmen tersebut dapat didefinisikan sebagai *blackspot*. Tiap poin dihitung berdasar kejadian kecelakaan, jadi 2 kecelakaan dengan korban meninggal dunia masing-masing 5 orang dihitung menjadi 20 poin.

Setelah memahami definisi tersebut, maka pertanyaan terkait seperti “apakah yang dimaksud dengan survei *blackspot*?”

Apakah ada pedoman survei *blackspot*?” dapat lebih dipahami kembali. Definisi *blackspot* harus mengacu data kecelakaan, karenanya *blackspot* tidak ditentukan melalui survei, namun melalui analisa perhitungan data kecelakaan. Survei atau tinjauan lapangan yang dilakukan adalah dalam rangka survei kondisi jalan, topografi dan survei-survei lain dalam rangka penyusunan DED (*Detail Engineering Design*) penanganan jalan pada lokasi *blackspot* yang mana, survei-survei tersebut sudah tersedia pedomannya.

Hal lain adalah survei/tinjauan lapangan pada lokasi *blackspot* biasanya dilakukan dalam rangka Audit Keselamatan Jalan ataupun Inspeksi Keselamatan Jalan yang juga sudah tersedia pedomannya. Tinjauan lapangan dapat pula dalam rangka investigasi kecelakaan pada lokasi jalan pasca terjadi kecelakaan lalu lintas.

Selain *blackspot* terdapat juga kebingungan yang sering terjadi terkait topik keselamatan jalan yakni: (a.) Uji Laik Fungsi Jalan; (b.) Audit Keselamatan Jalan (AKJ); (c.) Inspeksi Keselamatan Jalan (IKJ); (d.) Investigasi kecelakaan transportasi; (e.) Monitoring dan evaluasi jalan yang berkeselamatan.

Uji Laik Fungsi Jalan, seperti diatur oleh Permen PUPR No.11 tahun 2010 tentang Tata Cara Uji Laik Fungsi Jalan adalah suatu pengujian untuk memastikan suatu jalan laik untuk dioperasikan untuk masyarakat umum pengguna jalan.

Laik Fungsi Jalan adalah kondisi suatu ruas jalan yang memenuhi persyaratan teknis kelaikan untuk memberikan keselamatan bagi pengunanya, dan persyaratan administratif yang memberikan kepastian hukum bagi penyelenggara jalan dan pengguna jalan, sehingga jalan tersebut dapat dioperasikan untuk umum.

AKJ sesuai dengan Pedoman Pd T 17-2005-B didefinisikan sebagai bagian dari strategi pencegahan kecelakaan lalu lintas dengan suatu pendekatan perbaikan terhadap kondisi desain geometri, bangunan pelengkap jalan, fasilitas pendukung jalan yang berpotensi mengakibatkan konflik lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas melalui suatu konsep pemeriksaan jalan yang komprehensif, sistematis, dan independen.

Pedoman tersebut juga mensyaratkan bahwa AKJ dilaksanakan pada tahapan berikut: a) tahap pra rencana (*pre design stage*), b) tahap *draft* desain (*draft engineering design stage*), c) tahap detail

desain (*detailed engineering design stage*), dan d) audit pada tahap percobaan beroperasinya jalan atau pada ruas jalan yang telah beroperasi secara penuh (*operational road stage*).

Setelah jalan beroperasi, maka audit tersebut dilaksanakan melalui terminologi/konsep Inspeksi Keselamatan Jalan. Mengenai IKJ sampai saat ini belum ditemukan pedomannya (hanya terdapat Modul Pelatihan IKJ Tahun 2011 yang disusun Ir. AB Syailendra).

Modul tersebut tentu berbeda dengan Pedoman Pelaksanaan Inspeksi Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan PerDJHubdar SK5637/2017 yang mengatur mengenai inspeksi kendaraan dan terminal.

IKJ didefinisikan sebagai pemeriksaan sistematis dari jalan atau segmen jalan untuk mengidentifikasi bahaya-bahaya, kesalahan-kesalahan dan kekurangan-kekurangan yang dapat menyebabkan kecelakaan. Intinya, IKJ dilaksanakan dengan semangat yang sama dengan AKJ namun dilaksanakan pada saat jalan sudah beroperasi dan sudah diluar masa pemeliharaan.

Tabel 2. Perbedaan Topik Keselamatan Jalan

Uji laik Fungsi Jalan (ULFJ)	Audit Keselamatan Jalan (AKJ)	Inspeksi Keselamatan Jalan (IKJ)	Investigasi kecelakaan transportasi	Monitoring dan Evaluasi Jalan berkeselamatan
<b>Pedoman/Referensi</b>				
Permen PU No. 11 /PRT/M/2010 Tentang Tata Cara Dan Persyaratan Laik Fungsi Jalan	Pd T-17-2005-B Audit Keselamatan Jalan	Modul-6 Pedoman IKJ (Syailendra, 2011)	PP No 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi	Pedoman monev umum: PP 39/2006 tentang Tata Cara Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan
<b>Aktor</b>				
Bina Marga, Perhubungan Darat, Polri	Bina Marga (Balai/Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional)	Bina Marga	KNKT	Bina Marga (Direktorat)

Investigasi kecelakaan transportasi sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi yang digawangi oleh KNKT (Komisi Nasional Keselamatan Transportasi). Monitoring dan evaluasi jalan berkeselamatan lebih fokus pada manajerial pemantauan pencapaian rencanarencana jalan berkeselamatan, misalnya pada level makro yaitu pemantauan dan evaluasi pencapaian target renstra ataupun target rencana aksi. Penggunaan nomenklatur investigasi hanya ada pada investigasi kecelakaan, bukan investigasi keselamatan jalan.

memerlukan biaya besar. Secara peraturan, rambu dan marka jalan ini juga menjadi konsentrasi dan kewenangan dari instansi yang menyelenggarakan prasarana lalu lintas yaitu Ditjen Perhubungan Darat dan Dinas Perhubungan Provinsi/Kab/Kot. Peraturan Dirjen HUBDAT Nomor 4303 Tahun 2017 tentang Petunjuk Teknis Pemeliharaan Jalan menjelaskan bahwa pemeliharaan perlengkapan jalan berikut: (a) Alat Pemberi Isyarat Lalu lintas, (b) rambu lalu lintas, (c) marka jalan, (d) Alat Penerangan Jalan, (e) guardrail, (f) cermin tikungan, (g) delineator, (h) pita penggaduh, (i) Alat Pengendali Pengguna Jalan merupakan tugas

Tabel 3. Klasifikasi Investigasi Kecelakaan

Tahap Perencanaan dan Pembangunan				Jalan Eksisting/operasi		
Studi kelayakan	Desain Awal	Detail Engineering Desain	Pra Operasi	Operasi/ Eksisting	Terjadi kecelakaan	
AKJ tahap pra rencana (Studi Kelayakan)	AKJ tahap desain awal	AKJ Tahap DED	AKJ Tahap Pra Operasi	<b>UJI LAIK FUNGSI JALAN</b>	Investigasi Kecelakaan	

**KOORDINASI ANTAR INSTANSI**

Pertanyaan dan konsentrasi lainnya yang sering muncul dari balai pelaksana adalah apakah ada anggaran/paket khusus terkait penanganan *blackspot*? (seperti halnya paket khusus penanganan pada longsor). Saat ini, penganggaran penanganan *blackspot* dapat menggunakan skema dana preservasi seperti pemeliharaan rutin, preservasi long segmen, holding, maupun pelebaran jalan. Membuat anggaran untuk penanganan *blackspot* bergantung pada rekomendasi penanganan yang perlu dilaksanakan.

Mayoritas penanganan *blackspot* dapat ditangani dengan perbaikan marka dan rambu, serta perlengkapan jalan/lalu lintas lainnya yang tidak

dari instansi penyelenggara sarana dan prasaran lalu lintas jalan. Ditambah lagi pada Permenhub PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas dijelaskan bahwa “pada kondisi dan alasan tertentu, pengadaan dan pemasangan perlengkapan jalan dapat dilaksanakan oleh penyelenggara jalan dengan persetujuan tertulis Perhubungan Darat”. Karenanya, meskipun pengadaan dan pemasangan perlengkapan jalan dapat diadakan dari Bina Marga, namun koordinasi dengan instansi terkait adalah hal yang tidak boleh ditinggalkan.

Pentingnya koordinasi dengan forum lalu lintas diatur dalam PP Nomor 37 Tahun 2011 tentang Forum Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan menjelaskan bahwa Forum Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (FLLAJ) adalah wahana koordinasi antar instansi penyelenggara lalu lintas dan angkutan jalan. Pada tingkat daerah, forum ini dibentuk melalui SK Gubernur/Bupati/Walikota.

FLLAJ terdiri atas 7 unsur utama, dan 4 unsur tambahan sesuai dengan isu yang dibahas. Unsur utama adalah (a) instansi bidang sarana dan prasarana LLAJ (Perhubungan Darat/Dishub), (b) instansi bidang jalan, (c) instansi bidang industri, (d) institusi pengembangan teknologi,

(e) Kepolisian, (f) badan usaha di bidang LLAJ, dan (g) asosiasi perusahaan angkutan umum. Sedangkan unsur tambahan adalah (h) perguruan tinggi, (i) tenaga ahli bidang LLAJ, (j) lembaga swadaya masyarakat di bidang LLAJ, dan (k) pemerhati LLAJ.

Karenanya, alih-alih berkutat dengan permasalahan/hambatan anggaran, sebaiknya para penyelenggara jalan lebih memperhatikan dan menambah daya upaya pada ranah koordinasi antar instansi baik secara horizontal maupun vertikal.



© Irna handayani

### POTRET *BLACKSPOT* TAHUN ANGGARAN 2021

Subdit Keselamatan dan Keamanan Jalan dan Jembatan bersama dengan para PPK terkait dan P2JN dan BB(B)P2JN, selama bulan April-Juli 2021 telah membahas titik per titik *blackspot* secara detail. Dari pembahasan tersebut diketahui karakteristik umum *blackspot* dan penanganan-penanganan yang sering direkomendasikan. Lebih lanjut mengenai gambaran dari 321 titik *blackspot* yang menjadi target penanganan Tahun Anggaran 2021 adalah sebagai berikut. Jalan nasional bertipe 4/2 D antarkota menjadi konfigurasi jalan nasional yang paling aman. Tipe jalan yang menjadi lokasi *blackspot* umumnya berlokasi jalan nasional bertipe 2/2 UD antarkota, 4/2 UD antarkota dan 4/2 D dalam kota.

Sebanyak 59,9% *blackspot* Tahun Anggaran 2021 berada pada jalan bertipe 2/2 UD, dan 37,5% berada pada jalan nasional bertipe 4/2 D dalam kota, dan hanya sekitar 3% yang bertipe 4/2 UD antarkota. Hal ini dapat disimpulkan bahwa usaha mengurangi kecelakaan pada titik *blackspot* tidak bisa tuntas bila pada jalan nasional (*arteri primer*) dengan kecepatan rencana yang cukup tinggi bila masih berkonfigurasi 2/2 UD, apalagi dengan lebar lajur yang sub-standar dan kualitas bahu yang tidak *forgiving*.

Selain pada ruas jalan, 27% *blackspot* berlokasi pada simpang; 17% pada simpang tiga dan 11% pada simpang empat. Umumnya, simpang-simpang yang bermasalah tersebut terganggu oleh adanya jalan akses ataupun properti yang berada di sekitar simpang, selain juga pada beberapa kasus ditemui simpang dengan geometrik (pulau jalan ataupun marka) yang

membingungkan pengendara.

Terkait alinemen jalan, sekitar 30% *blackspot* Tahun Anggaran 2021 berada pada tikungan, dan 9,6% *blackspot* berlokasi pada tanjakan/turunan. Hal ini berarti sekitar 40% *blackspot* terkait langsung dengan geometrik jalan yang memang karena keterbatasan lahan (misal samping jurang) ataupun karena terrain pegunungan. Penanganan *blackspot* terkait alinemen idealnya berupa penanganan geometrik yang bersifat mayor. Namun demikian, secara jangka pendek, rambu dan marka serta perbaikan bahu cukup efektif untuk mengurangi tingkat kecelakaan.

Rona lingkungan sisi jalan juga cukup mempengaruhi keselamatan jalan. Lebih dari 64% *blackspot* dipengaruhi oleh adanya akses properti yang cukup ramai seperti sekolah, pertokoan, tempat ibadah, dan perkantoran. Pada jalan antarkota, 32% *blackspot* teridentifikasi berada pada lokasi dekat dengan jalan akses perumahan warga. Hal ini mengingatkan kita kembali akan teori filosofi dasar terkait hierarki jalan, dimana jalan arteri menghubungkan PKN ke PKN dan secara hierarki harus diteruskan oleh Jalan Kolektor dan Jalan lokal. Pelanggaran atas konsep hierarki jalan dimana jalan arteri langsung terhubung dengan jalan lingkungan apalagi persil berdampak langsung pada tingkat keselamatan jalan.

Lebih lengkap mengenai karakteristik lokasi *blackspot* dijelaskan pada tabel berikut;

**“....Selain pada ruas jalan, 27% *blackspot* berlokasi pada simpang; 17% pada simpang tiga dan 11% pada simpang empat...”**

**Tabel 4.** Kategorisasi 321 Blackspot Target Renstra TA 2021  
(Sumber : Hasil olah Dari Kajian Konsultan KMP 2021 Subdit KKJJ)

Karakteristik lokus Blackspot	Kategori	Jml	% (dari total)
Tipe jalan	2/2 UD luar kota	187	59,9%
	4/2 UD luar kota	8	2,6%
	4/2 D dalam kota	117	37,5%
Simpang	Simpang 3	54	17,3%
	Simpang 4	31	9,9%
Alinemen	Tikungan	94	30,1%
	Tanjakan/turunan	30	9,6%
Rona Sisi Jalan	Akses ke properti (sekolah/toko/masjid)	201	64,4%
	Jalan akses perumahan	101	32,4%
	Hazard tepi jalan (pohon/lampu)	97	31,1%
	Tepi jurang/sawah	70	22,4%
	Jembatan/ sekitar oprit jembatan	14	4,5%
<b>Total Blackspot TA 2021</b>		<b>321</b>	

Berdasarkan tabel tersebut mayoritas *blackspot* dapat ditangani dengan biaya murah, karena dari pembahasan 321 titik *blackspot* Tahun Anggaran 2021 ditemukan bahwa 62% titik *blackspot* perlu perbaikan marka dan 76% titik direkomendasikan perbaikan/penataan rambu lalu lintas. Rekomendasi yang juga cukup sering adalah perlunya perbaikan bahu jalan (40%) dimana banyak ditemukan bahu yang beda tinggi, belum diperkeras, kurang lebar, ataupun perkerasan yang rusak. Mengenai perbaikan bahu ini juga terkait erat dengan kondisi drainase jalan.

Hasil monitoring menunjukkan bahwa banyak jalan nasional di luar Jawa dengan marka yang sudah mengelupas, belum marka kuning, dan bahkan marka tepi (bahu) yang belum ada. Sering juga ditemukan pasca pekerjaan *overlay* tidak langsung dilanjutkan dengan pemarkaan. Memastikan marka jalan dalam kondisi terlihat dan dapat dimengerti sangat penting terkait keselamatan jalan. Marka membantu pengguna jalan untuk menavigasi lalu lintas, memberitahu akan adanya resiko bahaya dan memberikan informasi utama mengenai berkendara.

Studi yang dikumpulkan *Babic et al (2020)* menjelaskan pentingnya marka jalan terhadap perilaku pengendara dan keselamatan jalan.

Kualitas dan properti dari bahu jalan yang kurang berkeselamatan menjadi hal penting untuk diperhatikan. Banyak bahu jalan yang beda tinggi, belum diperkeras, maupun terlalu sempit dan banyak ditumbuhi rumput. Bahu jalan penting karena berperan terkait drainase jalan dan sebagai lajur darurat.

Riset Heimbach (1974) menemukan bahwa pada jalan antarkota 2/2 UD dengan bahu diperkeras memiliki tingkat kecelakaan yang jauh lebih rendah daripada jalan dengan bahu yang tidak stabil. Lebih lengkap terkait rekomendasi penanganan yang sering diperlukan dijelaskan pada tabel berikut.

**Tabel 5.** Rekomendasi Penangan

Rekomendasi penanganan (measure)	jml	% (dr total)
Marka	199	62,0%
Rambu	245	76,3%
Guardrail/ Guidepost	42	13,1%
Perbaikan Bahu (beda tinggi, kurang lebar,diperkeras)	129	40,2%
ZOSS/Zebra Cross/Fasilitas Pejalan Kaki	48	15,0%
Perbaikan Median/Penutupan Bukaian Liar	38	11,8%
Rumble Strip/Pita Penggaduh	46	14,3%
Road Stud/ Paku Jalan	63	19,6%
Pelebaran Jalan / Perbaikan Geometrik Major	26	8,1%

Jika pada jalan antarkota, isu yang juga penting (selain rambu dan marka) adalah bahu jalan, maka pada jalan perkotaan isu yang mengemuka adalah bukaian median (*u-turn*) liar dan tidak sesuai peraturan.

PRT 19 Tahun 2011 tentang persyaratan teknis jalan mensyaratkan jarak antar simpang ataupun jarak antar jalan masuk paling dekat adalah 0,5 km (untuk jalan kolektor).

Hal itu diperkuat oleh Permenhub PM 96 Tahun 2015 tentang Manajemen Rekayasa Lalu Lintas yang menyatakan persyaratan fasilitas berputar arah (*u-turn*) harus memenuhi ketentuan: jarak antar bukaian sekurang-kurangnya 500 meter pada jalan kolektor di dalam kota.

Penegakan aturan tersebut bisa mengurangi titik konflik pada jalan dalam kota. Riset Lu, John & Dissanayake, Sunanda & Castillo, Nelson. (2001) menjelaskan bahwa pengendalian *u-turn* terbukti dapat mengurangi tingkat kecelakaan.

**“...Bahu jalan penting karena berperan terkait drainase jalan dan sebagai lajur darurat....”**

**PENUTUP**

Optimalisasi preservasi jalan dan koordinasi dengan Forum Lalu Lintas adalah kunci suksesnya penanganan *blackspot*!! *Item-item* pada pemeliharaan rutin dirasa cukup untuk melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan rambu dan marka yang sangat vital bagi keselamatan jalan. Tidak hanya itu koordinasi antar instansi sangat penting dilakukan, mengingat bahwa keselamatan lalu lintas tidak hanya dapat ditangani dari aspek fisik lingkungan jalan saja, namun juga aspek kendaraan dan perilaku pengguna jalan dan masyarakat sekitar.

Apakah forum LLAJ sudah berjalan efektif di daerah anda? Hal ini akan menjadi topik pada tulisan selanjutnya. Artikel ini dapat mengingatkan pentingnya penyelenggara jalan harus selalu bertindak profesional. Perlu diingat juga akan pasal mengenai konsekuensi hukum untuk penyelenggara jalan pada Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, jika tidak memperdulikan penyediaan standar keselamatan jalan. Komunikasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan lalu lintas angkutan jalan merupakan hal kunci yang tidak boleh dilupakan.

**“...Optimalisasi preservasi jalan dan koordinasi dengan Forum Lalu Lintas adalah kunci suksesnya penanganan blackspot!! Item-item pada pemeliharaan rutin dirasa cukup untuk melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan rambu dan marka yang sangat vital bagi keselamatan jalan...”**



# KEGUNAAN GELOMBANG ULTRASONIK DALAM BIDANG TEKNIK SIPIL

Oleh: Setyo Hardono dan Imam Akbar

## MENGENAL ULTRASONOGRAPHY

Masyarakat Indonesia sudah tidak awam lagi mendengar kata *ultrasonography* sebagai salah satu metode pemeriksaan di bidang medis. Seperti pembaca yang telah mempunyai buah hati pasti pernah memeriksakan janin dalam kandungan menggunakan alat *Ultrasonography (USG)*. Alat tersebut digunakan seorang dokter ahli kandungan untuk mendeteksi kesehatan calon bayi, kesehatan kandungan, dan jenis kelamin bayi tersebut. Mengingat keunggulan dari gelombang ultrasonik ini, maka telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Seperti pada artikel ini akan memberikan informasi kegunaan gelombang ultrasonik dalam bidang teknik sipil.

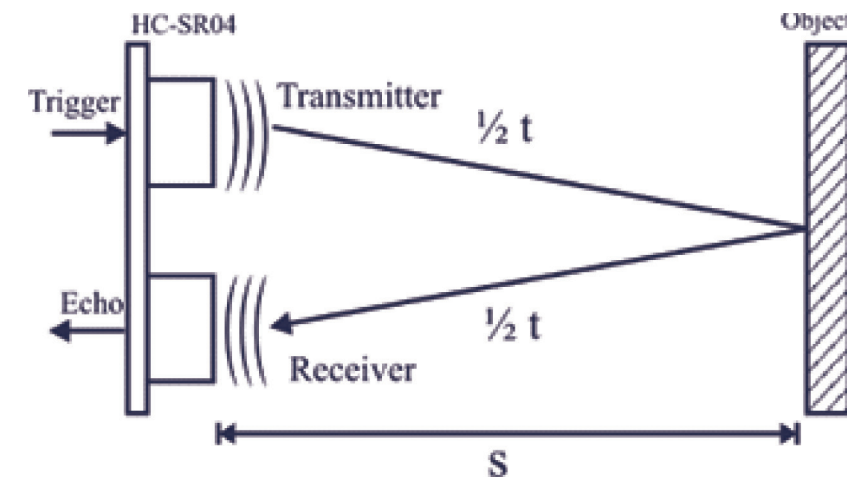
Dalam forensik struktur, sering dijumpai kecacatan atau kegagalan pada material benda uji. Kecacatan tersebut terjadi karena beberapa faktor, yaitu sumber daya manusia yang kurang ahli, sarana dan prasarana yang kurang mendukung, atau pembebanan yang diluar perhitungan. Untuk mengetahui suatu kecacatan, terdapat metode yang sering digunakan berupa Destructive Test, yakni data kekuatan material diambil dari sampel benda uji. Namun, tes ini kurang efisien, karena harus ada kerusakan pada benda atau material yang di uji dan seringkali berbiaya tinggi. Perkembangan teknologi telah memunculkan metode berupa pengujian tidak merusak (*Non Destructive Test, NDT*), yang merupakan pengujian material untuk mengetahui tingkat kekuatannya tanpa merusak material tersebut.

## NON DESTRUCTIVE TEST (NDT)

Pengujian NDT, saat ini telah banyak digunakan dalam dunia sipil. Salah satu metode dari NDT adalah penggunaan *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*, yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan beton, mendeteksi adanya retak, melihat homogenitas beton, ketebalan pelat baja, cacat las, ketebalan cat, dan lain-lain.

Prinsip metode UPV didasarkan pada kecepatan gelombang suara yang melintasi sebuah benda dengan bergantung kepada sifat elastis dan kepadatan benda tersebut. Adapun cara kerja UPV yaitu, *transmitter (transduser pengirim)* mengirimkan gelombang ultrasonik melewati benda dan ditangkap oleh receiver (*transduser penerima*) yang terletak sejauh  $L$  meter dari transmitter.

Alat UPV menampilkan nilai waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melalui benda, yang disebut travel time ( $\Delta t$ ). Dengan demikian, kecepatan gelombang dapat dihitung dengan panjang lintasan gelombang dalam satuan meter ( $L$ ) dibagi waktu tempuh dalam satuan detik ( $\Delta t$ ).



Gambar 1. Prinsip Kerja Penggunaan Gelombang Ultrasonik

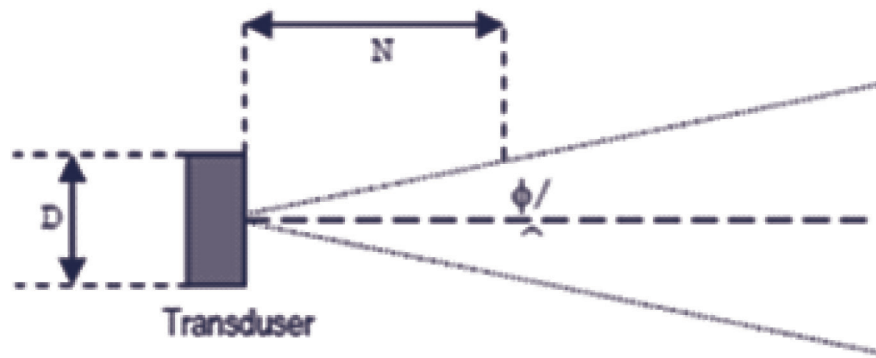
## MATERIAL PENGHASIL GELOMBANG ULTRASONIK

Pada sistem elektronik, gelombang ultrasonik dapat dibangkitkan melalui kristal tipis yang bersifat *piezoelektrik* yang terbuat dari bahan alami kuarsa, garam *rochelle*, *tourmaline* atau bahan *piezoelektrik* buatan, misalnya: *Barium Titanate*, *Lead Circonate-titanate*, *Lead Metaniobate*. Bahan tersebut bersifat kapasitor atau komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik dengan tetapan atau konstanta dielektrik tertentu yang memiliki perbedaan muatan listrik dalam lapisannya.

Penggunaan gaya perubahan bentuk atau tegangan pada kristal asimetris akan menciptakan suatu tegangan listrik, fenomena ini disebut dengan efek piezoelektrik. Ketika transduser piezoelektrik berfungsi sebagai pemancar (*transmitter*), energi listrik diubah

menjadi energi mekanis (efek piezoelektrik terbalik), dan ketika berfungsi sebagai penerima (*receiver*), energi mekanis diubah menjadi energi listrik (efek *piezoelektrik*). Untuk membangkitkan gelombang ultrasonik, bahan tersebut digetarkan oleh rangkaian osilator.

Pola radiasi yang dipancarkan melalui *transduser* yang berada didepannya bergantung kepada diameter transduser dan panjang gelombangnya, sehingga *transduser* yang sama dapat memiliki pola radiasi yang berbeda jika medium yang dilalui juga berlainan. Pola radiasi suatu *transduser* ultrasonik merupakan gabungan antara gelombang bidang datar (bergerak hanya ke satu arah) dan gelombang bola seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Pola Radiasi Gelombang Ultrasonik

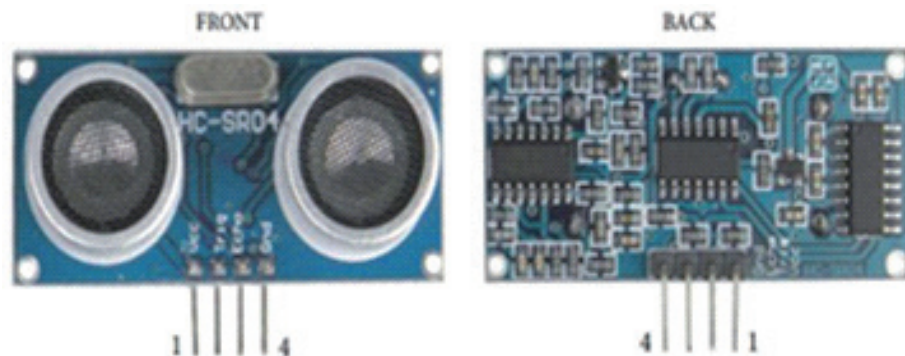
Terlihat bahwa dari permukaan *transduser* sampai jarak tertentu yang disebut medan dekat, gelombang ultrasonik yang dipancarkan merupakan gelombang bidang datar. Panjang medan dekat ini dihitung dengan diameter *transduser* kuadrat ( $D$ ) dibagi 4 kali lambda (panjang gelombang yang dipancarkan).

Intensitas gelombang ultrasonik yang diradiasikan dalam suatu medium akan mengalami proses *atenuasi* (pelemahan). Proses ini disebabkan oleh penyebaran gelombang dan *absorpsi* (penyerapan) gelombang oleh media yang dilaluinya.

**PRINSIP DASAR PENGGUNAAN GELOMBANG**

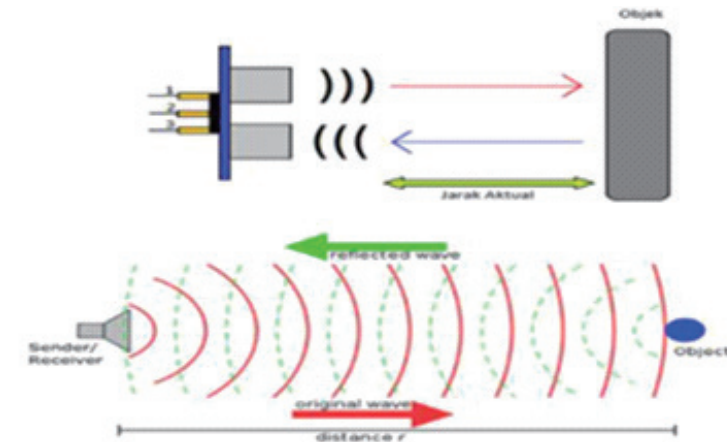
Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran fisis atau bunyi menjadi besaran listrik dan juga sebaliknya. Cara kerja pada sensor ini adalah dengan cara pantulan suatu gelombang suara yang dapat

digunakan untuk menafsirkan eksistensi atau jarak suatu benda menggunakan frekuensi tertentu. Sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik) dalam mendeteksi suatu jarak benda.



Gambar 3. Bentuk Sensor Ultrasonik HC-SR04

Gelombang ultrasonik dapat merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik pada permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik pada permukaan zat cair. Cara kerja sensor ultrasonik adalah:



Gambar 4. Cara Kerja Sensor Ultrasonik Dengan Transmitter Dan Receiver

Pada sensor ultrasonik ini gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan *piezoelektrik* dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik dapat menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut.

Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu media/target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target selanjutnya ditangkap oleh sensor.

Kemudian sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Ketika gelombang ultrasonik melewati media dengan sifat material yang berbeda, sebagian energi dari gelombang tersebut akan tersebar dari lintasan awal gelombang.

Misalnya, dengan adanya rongga, retak, atau partikel agregat yaitu bahan-bahan mineral tidak bergerak, misalnya pasir, debu, batu, kerikil,

pecahan batu yang bercampur semen, kapur, atau bahan aspal untuk mengikat campuran tersebut dalam beton akan menyebarkan sebagian energi gelombang kompresi dari lintasan awal gelombang tersebut.

Tingkat penyebaran akan bertambah jika panjang gelombang yang merambat bernilai lebih kecil atau sama dengan ukuran bagian penyebarannya.

Saat gelombang ultrasonik merambat melalui media yang berbeda, contohnya couplant (sebagai media di antara *transduser* dengan benda uji) dan beton, maka pada batas couplant dan beton akan terjadi pantulan gelombang yang merambat dalam bentuk gelombang *longitudinal (P-wave)* dan gelombang geser (*S-wave*), yakni gelombang geser merambat tegak lurus lintasan, sedangkan gelombang longitudinal merambat sejajar lintasan sebagai gelombang yang pertama kali mencapai *transduser* penerima.

Kemudian gelombang tersebut diubah menjadi sinyal elektronik oleh *transduser* penerima, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur.

## PERAMBATAN GELOMBANG ULTRASONIK

Frekuensi gelombang suara yang dapat didengar oleh manusia memiliki batas maksimal 20.000 Hz. Adapun frekuensi gelombang suara yang lebih dari 20.000 Hz disebut gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik dapat dihasilkan oleh bahan *piezoelektrik* yang jika dialiri oleh arus listrik akan menghasilkan getaran tertentu. Kecepatan transmisi gelombang ultrasonik yang melalui suatu material padat berhubungan dengan sifat elastisitas material tersebut. Gelombang ultrasonik yang ditransmisikan kepada suatu material, merupakan sebuah bentuk perpindahan energi. Pada material elastis isotropik tidak terhingga dan homogen maka kecepatan gelombangnya dinyatakan dalam persamaan berikut,

$$V = \sqrt{\frac{KE_d}{\rho}}$$

Nilai K dirumuskan sebagai:

$$K = \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

### Keterangan:

**V = kecepatan gelombang suara kompresi (km/det) .**

**Ed = modulus elastisitas dinamis (kN/mm<sup>2</sup>)**

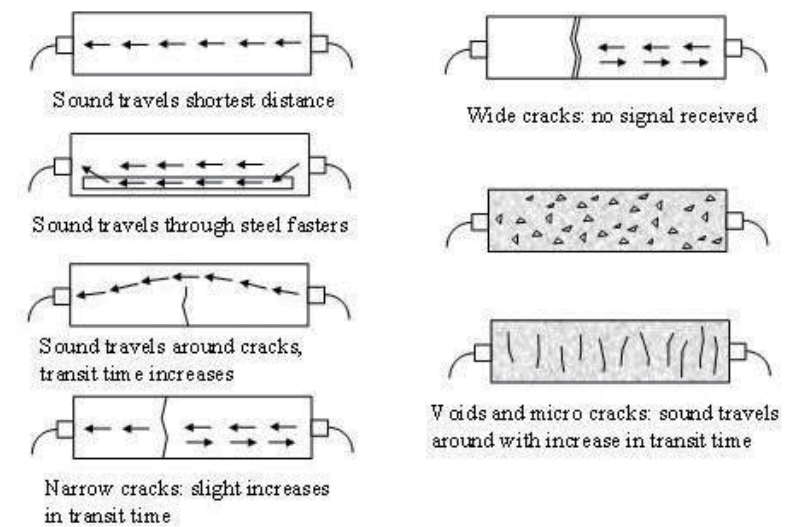
**$\rho$  = densitas (kg/m<sup>3</sup>)**

**K = konstanta yang bergantung pada nilai poison rasio ( $\nu$ )**

Uji NDT umumnya dilakukan untuk mengetahui keberadaan suatu cacat di dalam suatu material. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk pemotongan dan pembuangan bagian dari material tersebut atau peleburan kembali. Tetapi umumnya apabila sudah diketahui ada sesuatu yang cacat, maka perlu diketahui juga jenis kecacatannya. Untuk jenis cacat yang tidak berbahaya, bagian dari suatu material tidak perlu dibuang atau dilebur kembali. Misalnya, cacat volume seperti porositas atau *inclusion* dianggap tidak berbahaya dibandingkan dengan cacat bidang seperti retakan (*cracklike*).

Retakan yang ukurannya kecil tidak perlu dibuang, namun dapat dilakukan perlakuan mekanik atau pemanasan terhadap material untuk menghilangkan cacat kecil tersebut. Posisi retakan di dalam suatu material (sejajar dengan permukaan, tegak lurus terhadap permukaan atau miring) juga merupakan informasi yang penting dalam perlakuan material yang sedang diperiksa. Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa dengan NDT, dapat diketahui cacat serta jenis, ukuran dan orientasi dari cacat tersebut di dalam suatu material. Pada NDT, gelombang ultrasonik dipancarkan ke dalam suatu material oleh *transduser/probe*.

Gelombang tersebut dapat berupa gelombang longitudinal, transversal ataupun gelombang permukaan (*Rayleigh wave*), tergantung jenis transduser yang digunakan. Bila ada cacat pada permukaan atau di dalam suatu material, akan terjadi interaksi antara berkas gelombang ultrasonik dan cacat tersebut yang dapat berupa pantulan atau difraksi, sebagaimana pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Rambat Gelombang Ultrasonik Pada Material Normal Dan Cacat

Untuk cacat yang tegak lurus terhadap berkas gelombang, sinyal yang dihasilkan oleh transduser penerima berasal dari pantulan cacat yang amplitudonya sebanding dengan ukuran cacat. Dengan demikian, besarnya ukuran cacat dapat diperkirakan menggunakan analisis amplitude. Bila posisi cacat miring terhadap berkas gelombang, sinyal yang diperoleh berasal dari difraksi pada kedua tepi cacat, sehingga ukuran cacat tidak dapat ditentukan dari amplitudanya melainkan dari selang waktu antara kedua sinyal difraksi tersebut.

Dengan melakukan beberapa pengukuran menggunakan analisis waktu, ukuran, dan kemiringan, maka cacat dapat ditentukan. Akan tetapi, bila cacatnya juga kecil sedemikian rupa sehingga kedua sinyal difraksinya saling tumpang tindih, maka dalam hal ini analisis waktu tidak dapat digunakan. Demikian juga, bila terdapat derau yang cukup besar sehingga sinyalnya terbenam dalam derau. Kedua masalah ini dapat ditanggulangi dengan metoda-metoda yang menggunakan analisis frekuensi.

Pada keadaan tertentu seperti orientasi dari cacat telah diketahui, ukuran cacat dapat ditentukan dengan analisis amplitude, misalnya menggunakan cacat acuan flat bottom hole pada blok acuan (*reference block*). Cara ini dilakukan dengan membandingkan amplitude sinyal pantulan cacat terhadap *amplitude* sinyal pantulan cacat referensi yang telah diketahui besarnya. Dari perbandingan kedua amplitude ini dapat diperkirakan besarnya cacat yang sedang dideteksi. Tetapi cara ini hanya berhasil dengan baik bila material yang sedang diperiksa sama dengan material dari blok acuan.

Hal ini disebabkan karena material yang berbeda mempunyai atenuasi yang berbeda pula yang akan mempengaruhi amplitude sinyal yang diterima. Selain itu meskipun materialnya sama, bila jarak cacat dari permukaan berbeda dengan jarak cacat buatan pada blok acuan, maka hasil pemeriksaan dengan cara ini tidak teliti. Hasil yang teliti baru bisa diperoleh bila tersedia cukup banyak blok-blok acuan dengan berbagai ukuran cacat dan berbagai kedalaman cacat.

Pengukuran ukuran cacat yang lebih teliti dapat dilakukan dengan menggunakan diagram Distance Gains Scale. Cara ini bisa digunakan untuk material apa saja dan jarak cacat berapa saja sehingga dapat mengatasi beberapa kekurangan dari metode blok referensi. Diagram DGS itu sendiri berupa grafik dua dimensi dengan sebuah parameter.

Ordinatnya menunjukkan amplitude sinyal yang biasanya dinyatakan dengan satuan dB, yaitu besarnya penguatan (*gain*) yang ada pada ultrasonic *Flaw Detector*. Di sini juga dilakukan perbandingan antara *amplitude* pantulan cacat dan *amplitude* pantulan dari dinding bagian belakang dari material (*back wall echo*). Absisnya menunjukkan jarak cacat yang dinyatakan dengan jarak dekat (*near zone*) dari transduser sedangkan parameternya menunjukkan ukuran cacat yang dinyatakan dengan diameter transduser.

Oleh karena itu diagram DGS ini baru dapat digunakan bila frekuensi transduser dan diameternya diketahui. Jadi setiap transduser ultrasonik memiliki DGS tersendiri. Kedua metoda konvensional tersebut hanya bisa dilakukan bila orientasi dari cacat telah diketahui. Yang paling mudah adalah bila cacatnya sejajar dengan permukaan dimana dapat digunakan transduser longitudinal (*straight beam probe*).

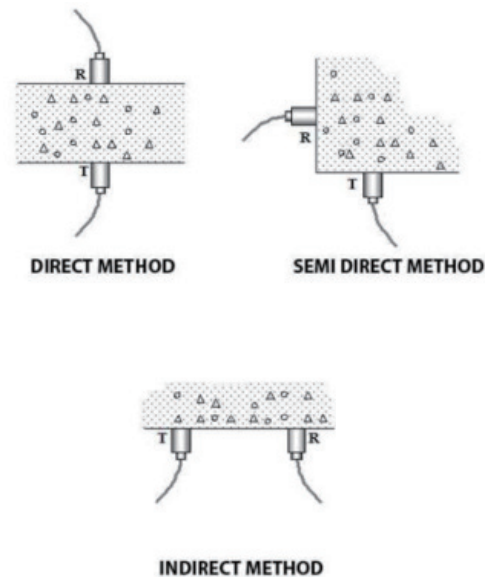
Bila kemiringan memiliki nilai tertentu (450, 600 atau 750), maka dapat digunakan *transduser transversal (single beam probe)*. Untuk cacat dengan kemiringan sembarang harus digunakan universal angle beam probe, yaitu transduser yang sudut pembiasannya (*refraction angle*) dapat diubah-ubah besarnya

## PENGGUNAAN GELOMBANG ULTRASONIK DALAM DUNIA SIPIL

Mengingat perilaku gelombang ultrasonik di atas, maka gelombang tersebut telah banyak digunakan dalam pengujian NDT di dunia konstruksi sipil, seperti:

1. Cacat pada beton (kedalaman retak, keropos, mutu),
2. Cacat pada baja (retak, keropos, *slag*),
3. Ketebalan profil baja,
4. Ketebalan cat,
5. Pengujian cacat las,
6. Pengujian keutuhan pondasi *bore pile*

Posisi probe pada pengujian kualitas beton pada umumnya ada 3 (tiga) sebagaimana pada gambar berikut.



**Gambar 6.** Posisi Probe UPV Pada Beton  
(Sumber: [www.testindo.com/article/521/ultrasonic-pulse-velocity-test-jasa-ultrasonic-pulse-velocity-test](http://www.testindo.com/article/521/ultrasonic-pulse-velocity-test-jasa-ultrasonic-pulse-velocity-test))



**Gambar 7.** Posisi Probe UPV Pada Uji Retak Beton

## 1. UJI KERAPATAN BETON

Prinsip kerja pengukuran menggunakan metode UPV didasarkan pada durasi/waktu tempuh (*transit time*) yang dibutuhkan oleh perambatan gelombang suara di dalam material beton.

Bila di dalam suatu bahan padat terdapat cacat atau rongga, maka gelombang tersebut akan merambat melalui daerah sekitar yang tidak cacat (masih utuh), sehingga waktu tempuh yang dibutuhkan akan lebih lama dibandingkan dengan waktu tempuh gelombang pada bahan yang utuh/padat (tanpa cacat) sehubungan dengan jarak tempuh gelombang menjadi lebih jauh.

Sedangkan untuk menentukan mutu beton, dapat dilakukan dengan mengukur besarnya kecepatan pulsa yang melewati suatu panjang lintasan (panjang) beton. Pada suatu lintasan

yang jaraknya sama/tetap, semakin kecil waktu tempuh yang diperlukan, maka semakin besar/tinggi kecepatan rambat gelombangnya dan ini berarti semakin baik kondisi/ kualitas betonnya (padat).

Begitu pula sebaliknya, semakin lama/besar waktu tempuh rambatan gelombangnya dari transmitter ke receiver, dan ini berarti semakin kurang baik kualitas betonnya (tidak padat/poros/banyak porinya).

Untuk melihat secara umum, termasuk kategori yang mana kondisi beton dari hasil pengujian UPV yang dilakukan pada 10 titik lokasi uji, maka sebelumnya perlu diketahui tabel kondisi umum kualitas beton berdasarkan uji UPV seperti yang tercantum dalam ACI- 1989 di bawah ini:

Tabel 1. Hubungan Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik Terhadap Kuat Tekan Beton

Cepat rambat Gelombang Ultrasonic (KM/S)	Kualitas Homogenitas Beton
< 2,13	Kurang
2,13 - 3,05	Cukup
3,05 - 3,66	Cukup sekali
3,66 - 4,57	Baik
> 4,57	Baik sekali

Tata cara pengambilan data cepat rambat dengan UPV Test diatur dalam ASTM C597 Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, sedangkan interpretasi hasil pengukuran cepat rambat terhadap mutu beton diatur berdasarkan ACI 228.1R-03 In-Place Methods to Estimate Concrete Strength, khususnya pasal 2.6 mengenai UPV. Dalam pasal tersebut dikatakan bahwa hubungan antara kuat tekan dan cepat rambat adalah nonlinear dan hubungan yang sesungguhnya antara kedua hal ini sangat bergantung kepada campuran beton itu sendiri.

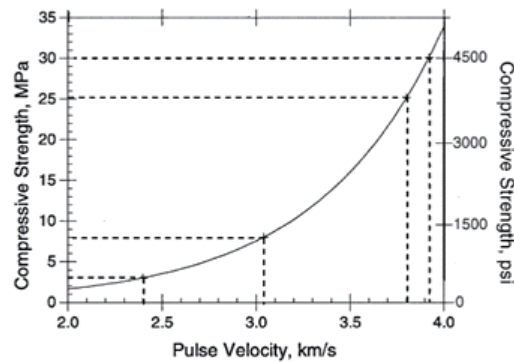
Berarti hubungan antara kuat tekan beton dan cepat rambat dari masing-masing campuran beton kemungkinan tidak sama. Gambar 4 merupakan contoh yang diberikan oleh ACI 228.1R-03 untuk korelasi antara kuat tekan beton dengan cepat rambat.



Gambar 8. Contoh Uji Kerapatan Beton

**TEORI CEPAT RAMBAT VS KERAPATAN MATERIAL**

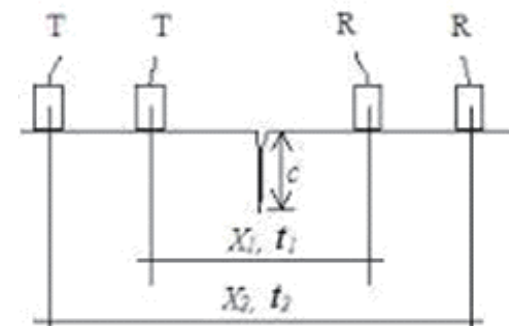
Metode ultrasonic pulse velocity test bekerja berdasarkan pengukuran kecepatan gelombang ultrasonik dari saat dikirim hingga diterima kembali oleh alat tersebut. Hasil ultrasonic pulse velocity test dapat digunakan untuk melihat seberapa bagus kualitas dari suatu beton. Semakin cepat gelombang ultrasonik yang diterima kembali setelah dikirim, maka semakin bagus juga kualitas beton tersebut.



Gambar 9. Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Kecepatan Rambat Gelombang Ultrasonik

**2. UJI KERETAKAN BETON**

Untuk estimasi kedalaman keretakan, metode yang digunakan adalah indirect method yang diukur waktu perambatan gelombang dari transmitter ke receiver pada satu bidang permukaan. Dalam metode ini dilakukan 2 (dua) kali pengukuran rambatan gelombang. Pertama, transmitter dan receiver diletakkan berseberangan dalam satu bidang permukaan dengan jarak yang sama dari garis keretakan yaitu pada jarak X1. Kedua pada jarak X2, ilustrasi pengukuran terlihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 10. Skema Pengujian Retak Beton Dengan Alat Ultrasonik

$$C = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{X_2^2 T_1^2 - X_1^2 T_2^2}{T_2 - T_1}}$$

**Keterangan:**

- X1** = jarak antar transducer (transmitter dan receiver) pada pengukuran pertama.
- X2** = jarak antar transducer (transmitter dan receiver) pada pengukuran kedua.
- T1** = waktu yang perambatan gelombang dari transmitter ke receiver pada pengamatan pertama.
- T2** = waktu yang perambatan gelombang dari transmitter ke receiver pada pengamatan kedua.



Gambar 11. Pelaksanaan Pengujian Retak Beton Dengan Alat Ultrasonik

**3. UJI MUTU PADA PEKERJAAN BAJA**

Banyaknya kegunaan dari logam, khususnya bahan baja, mengakibatkan bertambah banyaknya permintaan terhadap pembuatan konstruksi baja dan semakin bertambah perusahaan yang berdiri dalam bidang konstruksi baja di seluruh dunia. Tingkat persaingan dan permintaan konsumen yang semakin besar terhadap kualitas baja mengakibatkan perusahaan harus meningkatkan kualitas dari produknya.

Kualitas merupakan hal yang penting dalam kegiatan produksi. Untuk itu, kini tersedia banyak metode yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Selain itu kini terdapat banyak teknologi yang bermunculan untuk mengantisipasi kerusakan-kerusakan baik bersifat sementara maupun permanen.

H-beam merupakan gabungan besi baja berupa plat (flat) berbentuk H yang disatukan dengan proses pengelasan yang fungsi utamanya untuk mendukung bangunan beserta fasilitas operasionalnya.

Kerusakan (*defect*) seringkali muncul ketika baja tersebut sudah terpasang atau sudah beroperasi. Kerusakan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan dan dapat mengancam keselamatan para pekerja. Getaran-getaran yang kuat yang berasal dari mesin-mesin besar dapat memicu keretakan. Pada dasarnya keretakan yang terjadi akibat pengelasan dan tidak dapat dilihat dari luar dan tidak bisa diprediksi, terkadang visual check tidak dapat memastikan sepenuhnya bahwa H-beam yang dilas itu tidak terjadi keretakan (*defect cracks*). Oleh karena itu, harus dilakukan pencegahan atau pengeindentifikasian terhadap faktor-faktor kerusakan untuk mengetahui keretakan yang mungkin terjadi.

Inspeksi ultrasonik menggunakan beberapa peralatan seperti: (1) Generator sebagai alat yang menghasilkan sinyal elektronik yang mengeluarkan semburan tegangan listrik bolak-balik; (2) *Couplant*, zat penghantar gelombang getaran ultrasonik ke benda uji dan sebaliknya; (3) Piranti (*osiloskop*) untuk menampilkan atau mengidentifikasi rekaman output dari benda uji berupa karta atau cetakan komputer; dan (4) *Transduser* sebagai perangkat yang mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lain. Frekuensi yang digunakan pada pengujian ketebalan baja berkisar 2 MHz, bergantung pada kemampuan alat yang digunakan dalam pengukuran ketebalan pelat.



**Gambar 12.** Pelaksanaan Pengujian Ketebalan Pelat Baja Dengan Alat Ultrasonik

Dengan prinsip yang sama pada pengujian ketebalan baja, maka gelombang ultrasonik bisa mengukur ketebalan cat (atau galvanis) ataupun cacat las.

Contoh-contoh pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 13.** Pelaksanaan Pengujian Ketebalan Galvanis Dengan Alat Ultrasonik

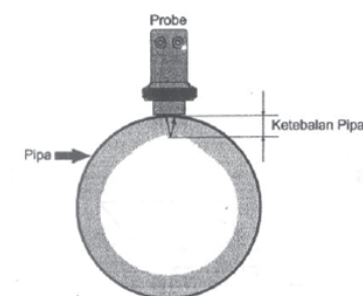


**Gambar 14.** Pelaksanaan Pengujian Cacat Las

#### 4. UJI KETEBALAN PIPA REAKTOR NUKLIR

Pipa merupakan aset yang penting pada pengoperasian reaktor, yaitu sebagai komponen dalam sistem penyaluran air pendingin reaktor. Pipa yang mengalami kegagalan akan menyebabkan kerugian yang besar bagi semua pihak yang terkait pengoperasian reaktor tersebut. Oleh karena itu, analisis terhadap ketebalan pipa tersebut sangat dibutuhkan untuk menghindari terjadinya kegagalan pipa pada saat beroperasi. Dengan diketahui laju penipisan pipa dan ketebalan minimum pipa, umur pipa dapat diprediksi dalam pemantauan aspek penuaan pipa.

Pemeriksaan tebal bahan atau adanya cacat dalam bahan dengan gelombang ultrasonik dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: teknik *resonans*, teknik transmisi, dan teknik gema. Dari ketiga teknik tersebut, teknik gema kontak langsung yang menggunakan *ultrasonic thickness gauge* dengan prinsip pencatatan waktu tempuh *transmitter* benda-*receiver*, merupakan metode yang paling sering digunakan pada pemeriksaan di lapangan. Ilustrasi pengukuran ketebalan pipa dengan uji ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 14 di bawah ini.



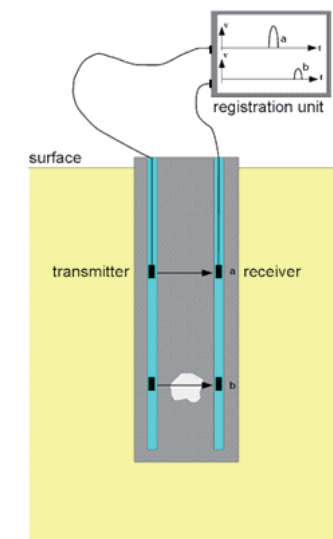
**Gambar 15.** Pengukuran Ketebalan Pipa Dengan Uji Ultrasonik

Perhitungan ketebalan pipa dapat dilakukan dengan memakai tekanan kepada pipa ( $P$ ) dikalikan diameter nominal pipa ( $D$ ) dibagi hasil 2 kali tegangan bahan ( $S$ ).

#### 5. UJI MUTU BORE PILE

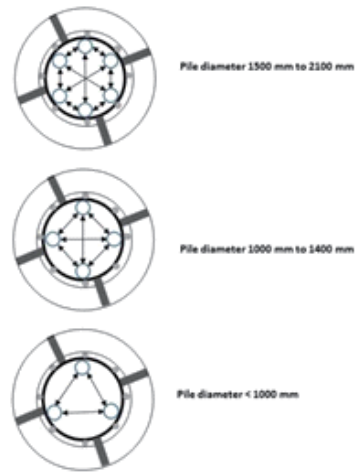
*Crosshole sonic logging* (CSL) merupakan sebuah metode penentuan integritas struktural poros yang dibor dan tiang pancang beton lainnya. Metode tersebut dianggap lebih akurat daripada pengujian gema suara dalam menentukan tingkat kesehatan beton di dalam poros yang dibor di dalam sangkar tulangan.

Prinsip dasar pengujian tersebut adalah kecepatan pulsa ultrasonik yang melewati suatu beton bersifat proporsional dengan kerapatan beton tersebut. Dengan pengukuran waktu lintas (*travel times*) sebuah pulsa yang melintasi sebuah jarak yang telah diketahui, ukuran kerapatan, dan dengan demikian kualitas beton tersebut dapat ditentukan. Metode ini tidak memberikan jenis kerusakan yang tepat, tetapi hanya memberikan informasi keberadaan kerusakan.



**Gambar 16.** Prinsip Pengujian *Sonic Logging* Pada Pondasi Beton  
(Sumber: [https://mccivilengineering.com/crosshole-sonic-logging-test/#Test\\_procedure](https://mccivilengineering.com/crosshole-sonic-logging-test/#Test_procedure))

Jumlah tabung suara meningkat terhadap penambahan ukuran *pile*. Gambar 16 memperlihatkan jumlah tabung suara untuk berbagai rentang ukuran *pile*. Juga, untuk rangkaian pengujian tersebut.



**Gambar 17.** Jumlah Pipa *Sonic Logging* Terhadap Diameter Bored Pile

Uji integritas pada pondasi bored pile dapat dilakukan dengan metode CSL, dengan mengacu pada ASTM D6760



**Gambar 18.** Contoh Pengujian *Sonic Logging* Pada Pondasi Bore Pile

## 6. PENGGUNAAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA DISIPLIN ILMU LAIN

Beberapa kegunaan uji tidak merusak yang menggunakan gelombang ultrasonik pada disiplin ilmu lain adalah sebagai berikut:

- Kedokteran (pemeriksaan kehamilan, ginjal, hati, kacamata bagi tuna netra, menghilangkan plak gigi, dan terapi persendian dan otot);
- Maritim (kedalaman laut dan objek bawah laut);
- Kimia (plastic welding, pembersihan peralatan medis);
- Pertanian (homegenisasi susu, efek depresi pada hama, uji kematangan buah, pembunuh mikroba pembusuk makanan, dan ekstraksi rendeman);
- Komunikasi hewan (kelelawar dan Lumba-lumba);
- Industri (termoplastik, pemotongan semua material dari keramik hingga produk makanan, pelepasan pigmen tanaman, kristalisasi, filtrasi, homogenisasi, emulsifikasi, ekstraksi), dan lain sebagainya

## KELEBIHAN GELOMBANG ULTRASONIK

Penggunaan gelombang ultrasonik memiliki banyak kelebihan, diantaranya

- Dapat melakukan pemeriksaan dari satu sisi.
- Dapat mendeteksi dan menentukan letak serta ukuran internal discontinuities pada material-material logam dan non logam.
- Terdiri dari peralatan yang portabel dan ringan.
- Tidak akan menimbulkan terjadinya bahaya radiasi.
- Dapat digunakan dalam memeriksa benda yang panjang dan tebal.
- Dibekali juga dengan scanning yang memiliki tingkat kecepatan yang tinggi.

## KEKURANGAN GELOMBANG ULTRASONIK

Penggunaan gelombang ultrasonik tidak terlepas dari kekurangan, diantaranya:

- Memerlukan seorang operator yang sudah terlatih dan terampil, serta harus dilaksanakan dengan hati-hati dan penuh dengan konsentrasi.
- Dengan adanya diskontinuitas yang letaknya sejajar dengan gelombang suara sehingga tidak dapat melakukan pendeteksian.
- Perlu adanya couplant yang dimana material tersebut biasanya berupa cairan yang digunakan untuk media transmisi yang berasal dari energi ultrasonik berasal dari ke tes specimen atau bisa juga material uji.
- Dapat terjadi non relevant indications akibat adanya bentuk komponen, cacat-cacat yang membentuk sudut serta adanya pantulan.
- Tidak dapat digunakan dalam pemeriksaan material yang memiliki ketebalan kurang dari 5 mm dikarenakan adanya dead zone. Dead zone ini merupakan daerah yang terlihat pada layar didekat pulsa awal dan biasanya terdapat banyak gelombang yang telah dipengaruhi dengan adanya getaran yang ikut masuk kedalam benda kerja tersebut, sehingga diskontinuiti tidak dapat terdeteksi oleh probe.
- Jika terdapat benda dengan permukaan yang kasar, memiliki bentuk yang tidak beraturan, ukurannya kecil dan tipis, serta tidak memiliki homogen, maka sangat sulit untuk dilakukan pengujian.
- Jika diskontinuiti sangat dekat dengan permukaan maka akan sulit untuk dilakukan pendeteksian.

## PENUTUP

**Berdasarkan studi terhadap beberapa hasil penelitian terkait energi gelombang ultrasonik (UPV), dapat disimpulkan sebagai berikut:**

1. Pemanfaatan gelombang ultrasonik di bidang teknik sipil sangat luas. Metode ultrasonik sangat tepat digunakan dalam penentuan kecacatan beton, laminasi baja, dan sebagainya. Metode ini lebih cepat, efisien, dan menarik dibanding metode konvensional.

2. Metode ultrasonik pulsa gema memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam menentukan modulus elastisitas pada material logam-logam lainnya, galat dari modulus elastisitas hasil pengujian ultrasonik ditentukan oleh frekuensi dan diameter probe yang menghasilkan tingkat atenuasi serta daerah nearfield yang berbeda.

**Adapun saran-saran berdasarkan studi hasil penelitian, sebagai berikut :**

1. Perlu diperhatikan kestabilan transduser serta jumlah cairan couplant saat melakukan pengujian UPV.
2. Penajaman ketelitian dalam pembacaan travel time pada alat UPV agar hasil pembacaan mendapatkan data yang valid untuk menghindari kesalahan data.
3. Perlunya penggunaan keseragaman vaselin agar hasil pembacaan travel time mempunyai nilai deviasi yang tidak terlalu jauh.

# ANALISIS KAPASITAS JEMBATAN EKSISTING BERBASIS PETA GEMPA 2017

Oleh: N. Retno Setiati dan Imam Akbar

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki 17.504 pulau dan luas perairan 3,25 juta km<sup>2</sup>. Luasnya daerah kepulauan dan perairan menjadikan Indonesia sebagai daerah rawan gempa bumi karena berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng Bumi).

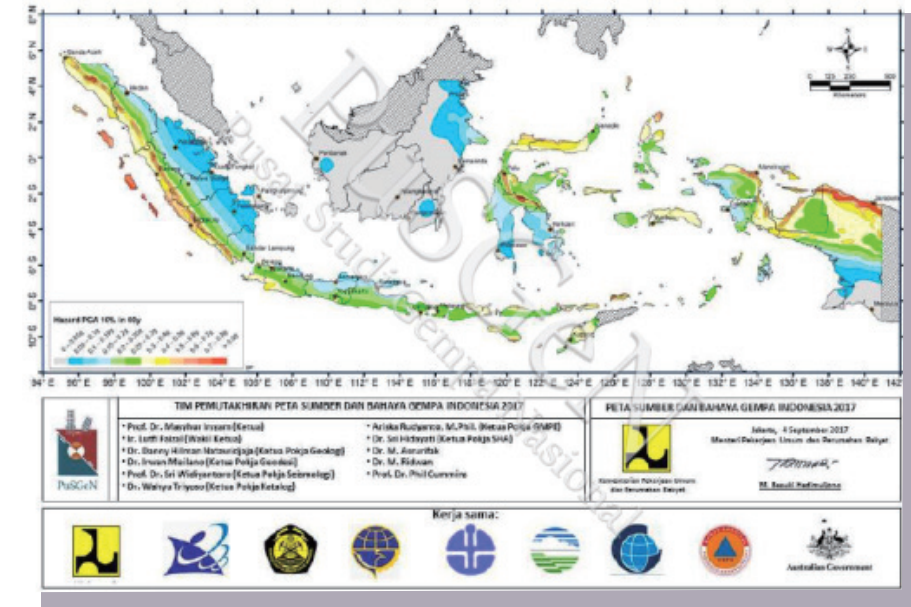
Kondisi kegempaan setiap wilayah di Indonesia telah disusun dalam bentuk Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang merupakan pemuktahiran Peta Gempa Indonesia Tahun 2010. Pentingnya pemuktahiran peta gempa Indonesia secara berkala berdasarkan sumber gempa terbaru dan *state of the art seismic hazard analysis* dapat memberikan gambaran dalam menentukan beban gempa terhadap struktur bangunan khususnya jembatan.

Analisis struktur kapasitas bangunan jembatan di Indonesia hingga saat ini masih menggunakan Peta Gempa Tahun 2017. Hal ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja jembatan eksisting terhadap peta gempa 2017.

## SEKILAS PETA GEMPA

Sebagian besar jembatan yang telah terbangun di Indonesia umumnya dirancang menggunakan peraturan tahun 1987 sampai peraturan tahun 2005. Seiring dengan terjadinya gempa besar dalam beberapa tahun terakhir, seperti gempa Aceh yang disertai tsunami pada tahun 2004 (9,2 skala Richter), gempa Nias pada tahun 2005 (8,7 skala Richter), gempa Jogja pada tahun 2006 (6,3 skala Richter), gempa Padang pada tahun 2009 (7,6 skala Richter), gempa Palu pada tahun 2018 (7,4 skala Richter), gempa Lombok pada tahun 2018 (7 skala Richter), dan gempa Bengkulu pada tahun 2021 (5,1 skala Richter) dan yang terbaru terjadi gempa di Papua (6,00 skala Richter) menunjukkan tren kegempaan di Indonesia meningkat di tahun 2021, sehingga perlu dikaji kembali kekuatan struktur jembatan yang dirancang menggunakan beban gempa sesuai peraturan lama.

Pengkajian tersebut harus dapat dibandingkan dengan Peta Gempa Indonesia Tahun 2017. Peta Gempa Indonesia Tahun 2017 untuk kebutuhan perencanaan jembatan terdiri dari peta percepatan puncak (PGA), respon spektra percepatan 0,2 detik dan 1,0 detik di batuan dasar (SB) dengan periode ulang 1000 tahun serta kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Gambar 1 menunjukkan peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 1. Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (SB) Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun  
(Sumber: Peta Sumber dan bahaya gempa Indonesia, 2017)

## PERHITUNGAN BEBAN GEMPA UNTUK JEMBATAN MENGGUNAKAN STANDAR TERDAHULU

Perencanaan jembatan terhadap beban gempa akan terus mengalami perubahan, perubahan tersebut selalu mengikuti perkembangan peta gempa terbaru. Sebagai contoh, jembatan eksisting yang dibangun sekitar tahun 2000 harus dievaluasi kekuatannya terhadap gempa yang terjadi dalam dekade tahun sekarang.

Begitu pula dengan jembatan yang akan dibangun pada tahun ini harus mengacu pada beban gempa yang terjadi saat ini. Dalam analisis perencanaan jembatan akibat beban gempa hal yang harus diperhatikan adalah perubahan nilai respons spektrum yang memengaruhi tingkat kinerja struktur dalam mengakomodasi beban gempa yang bekerja.



Gambar 2. Jembatan Penghubung Retak Akibat Gempa  
Lombok Utara Berkekuatan 6,2 SR  
(Sumber: <https://daerah.sindonews.com>).



**Gambar 3.** Jembatan Roboh Pasca Gempa Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur Berkekuatan 6,0 SR (Sumber: <https://www.suara.com>).

Beberapa perilaku sistem jembatan pada saat terjadinya gempa yang perlu diperhatikan, yaitu:

**1. Struktur bawah daktail dengan struktur atas elastis**

**2. Struktur bawah elastis dengan struktur atas daktail**

**3. Struktur bawah dan struktur atas elastis dengan mekanisme fuse di antara keduanya.**



**Gambar 4.** Kerusakan Berat Jembatan Kuning Palu Sulawesi Tengah Akibat Gempa Berkekuatan 7,4 SR (Sumber: <https://detakpos.com>)

Standar pembebanan untuk jembatan berpedoman pada SNI 1725-2016 yang merupakan standar lebih awal daripada standar pembebanan untuk jembatan SNI 2833:2016. SNI 1725-2016 telah memuat beberapa penyempurnaan dari SNI sebelumnya. Namun, untuk perhitungan beban gempa masih digunakan tahapantahapan dalam SNI 2833:2016. Untuk menilai beban rencana gempa minimum dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$T_{EQ}^* = K_h I W_T \text{ dan } K_h = C S$$

**Keterangan:**

$T_{EQ}^*$  gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN),

$K_h$  koefisien beban gempa horizontal,

$C$  koefisien geser dasar untuk daerah, waktu, dan kondisi setempat,

$I$  faktor kepentingan,

$S$  faktor tipe bangunan,

$W_T$  berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN).

#### RESPON SPEKTRA DI PERMUKAAN TANAH

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan menggunakan rumus-rumus:

$$S_{DS} = F_a S_s \text{ dan } S_{D1} = F_v S_1$$

Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  didapatkan dari persamaan berikut:

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  adalah sama dengan  $S_{DS}$ .

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

**Keterangan:**

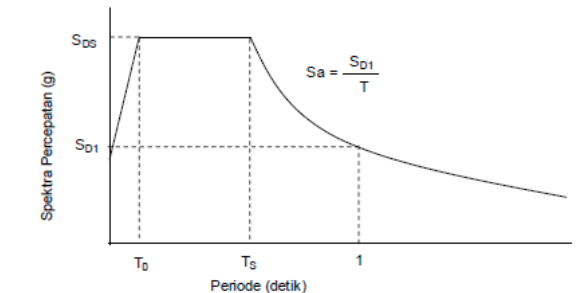
$S_{DS}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode DS pendek ( $T = 0,2$  detik),

$S_{D1}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 d1 detik

Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  didapatkan dari persamaan berikut:

$$T_0 = 0.2 T_s \text{ dan } T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Penggunaan semua persamaan tersebut untuk membentuk respon spektra di permukaan, diperlihatkan dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Bentuk Tipikal Respons Spektra Di Permukaan Tanah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010)

Pada perencanaan jembatan respon spektra desain yang digunakan merupakan respon spektra di batuan dasar dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan kelas situs.

**PENINGKATAN NILAI KOEFISIEN GEMPA**

Dengan penggunaan Peta Gempa terbaru tahun 2017 terhadap perancangan jembatan eksisting pada kenyataannya dapat meningkatkan nilai koefisien gempa, terutama untuk struktur bangunan bawah jembatan. Peningkatan nilai koefisien gempa ini berpengaruh pada beban gempa *lateral*.

Dengan terjadinya beberapa gempa besar dalam 6 tahun terakhir, antara tahun 2015-2021 dan semakin meningkatnya tren kegempaan di Indonesia, maka koefisien dalam peraturan gempa terbaru menggunakan pendekatan probabilitas, yang setiap faktor daktilitasnya perlu diperhitungkan secara rinci.

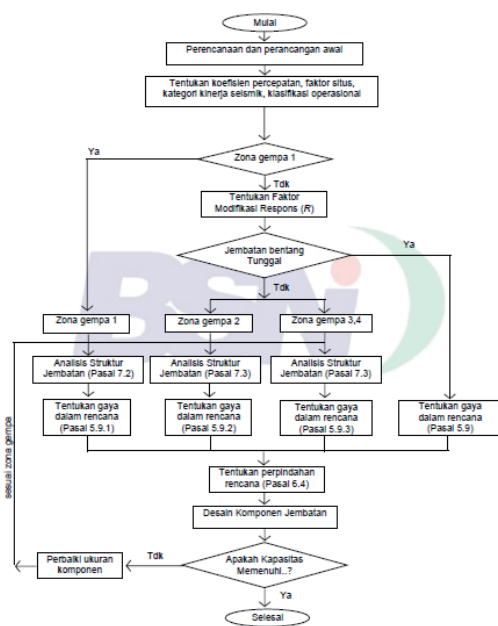
Beban gempa nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh tingkat daktilitas struktur yang mengalaminya, dan oleh kekuatan lebih yang terkandung di dalam struktur tersebut.

Menurut Standar ini, peluang dilampauinya beban tersebut dalam kurun waktu umur gedung 50 tahun adalah 10% dan gempa yang menyebabkannya disebut Gempa Rencana (dengan periode ulang 500 tahun), tingkat daktilitas struktur gedung dapat ditetapkan sesuai dengan kebutuhan, sedangkan faktor kuat lebih  $f_1$  untuk struktur gedung secara umum nilainya adalah 1,6. Dengan demikian, beban gempa nominal adalah beban akibat pengaruh pelelehan pertama di dalam struktur gedung, kemudian direduksi dengan faktor kuat lebih  $f_1$ .

**“Beban gempa nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh tingkat daktilitas struktur yang mengalaminya, dan oleh kekuatan lebih yang terkandung di dalam struktur tersebut...”**

**TAHAPAN PERANCANGAN DAN EVALUASI JEMBRAN EKSISTING**

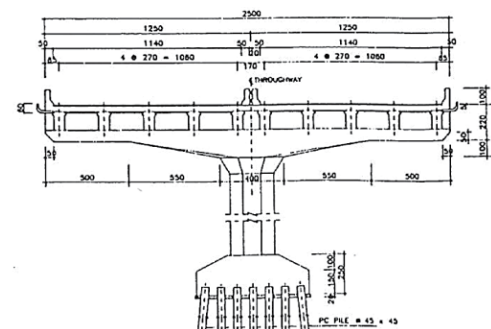
Tahapan yang dilakukan dalam melakukan perancangan dan evaluasi jembatan eksisting berdasarkan Peta Gempa 2017 meliputi beberapa tahapan di antaranya perencanaan dan perancangan awal, penentuan standar penghitungan, penentuan zona gempa, penentuan analisis struktur, penentuan gaya rencana, penentuan perpindahan rencana, desain komponen jembatan dan pemenuhan kapasitas jembatan. Lebih rinci ditunjukkan dalam Gambar 6.



**Gambar 6.** Tahapan Perancangan Dan Evaluasi (Badan Standardisasi Nasional)

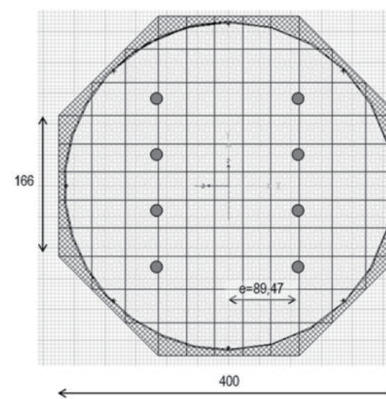
**KAPASITAS JEMBRAN WIYOTO WIYONO BERBASIS PETA GEMPA TAHUN 2017**

Jembatan eksisting Wiyoto Wiyono adalah salah satu jembatan tol layang yang menghubungkan Cawang - Tanjung Priok – Ancol Timur – Jembatan Tiga/Pluit, sepanjang 30,68 km. Pembangunan jembatan ini dimulai sejak 1987 silam dan masih eksisting hingga saat ini sebagai koneksi *toll to toll*. Studi kasus dilakukan pada jembatan eksisting Wiyoto Wiyono dengan skema penampang pilar ditunjukkan pada Gambar 7.



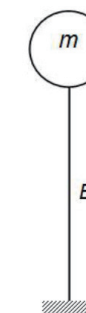
**Gambar 7.** Potongan Melintang Jembatan Wiyoto Wiyono (CMNP, 1999)

Bentuk penampang pilar ditunjukkan dalam Gambar 8.



**Gambar 8.** Penampang Pilar (CMNP, 1999)

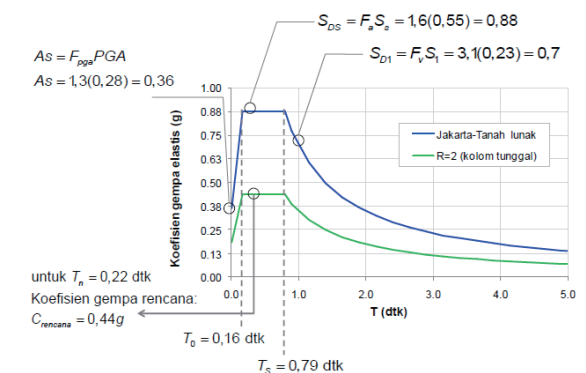
Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat idealisasi pemodelan. Dalam analisis, pilar dimodelkan sebagai struktur pilar tunggal dalam arah memanjang dan melintang. Struktur pondasi diasumsikan sangat kaku dan berperilaku seperti struktur dengan satu derajat kebebasan (*Single Degree of Freedom/SDOF*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 9.



**Gambar 9.** Idealisasi Model Pilar

Berdasarkan analisis diperoleh beberapa parameter sebagai berikut:

Kekakuan lateral  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$  dan periode alami  $K = \frac{3EI}{L^3}$  diketahui nilai  $N < 15$  (tanah lunak).  $I = 14m^2$ ,  $E = 20000$  MPa,  $m = 2000$  kN,  $K = 1640625$  kN/m.  $T = 0,22$  detik. Respon spektra untuk wilayah Jakarta Utara ditunjukkan dalam Gambar 10.



**Gambar 10.** Respon Spektra Wilayah Jakarta – Tanah Keras

Hasil gaya gempa kemudian dianalisis dan menimbulkan gaya-gaya dalam (berupa gaya horisontal, vertikal, dan momen). Berdasarkan analisis, titik performa struktur diperoleh setelah struktur mengalami deformasi inelastis melebihi kapasitas leleh (*yield*). Titik performa diperoleh pada kondisi struktur berikut:

- Gaya geser dasar :5643 kN
- Simpangan :0,03 m (3 cm)
- Sa :0,278
- Sd :0,029
- TEFF :0,658S
- Deff :24,2%

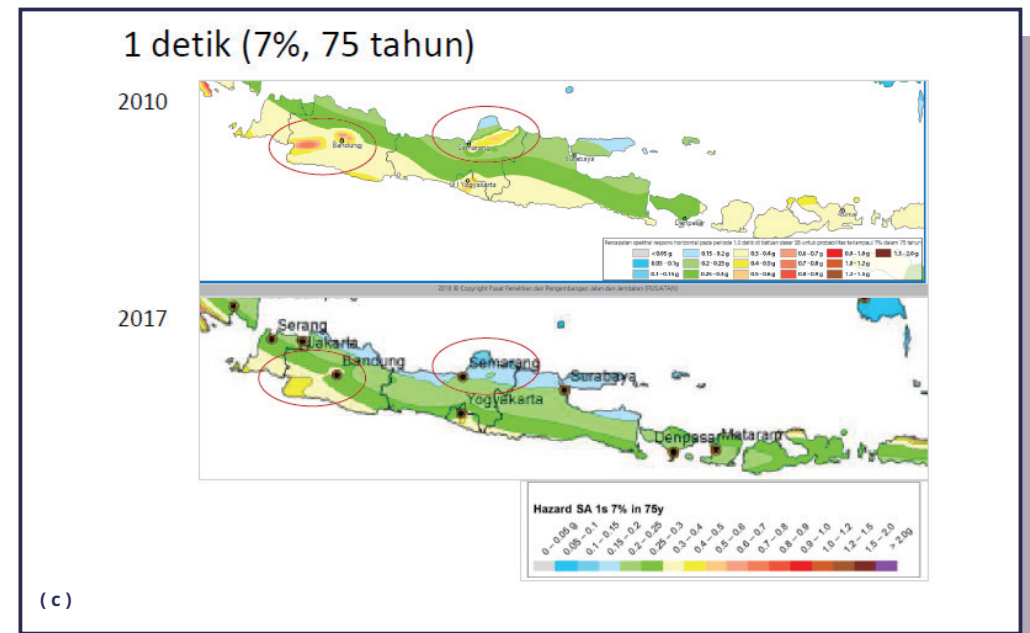
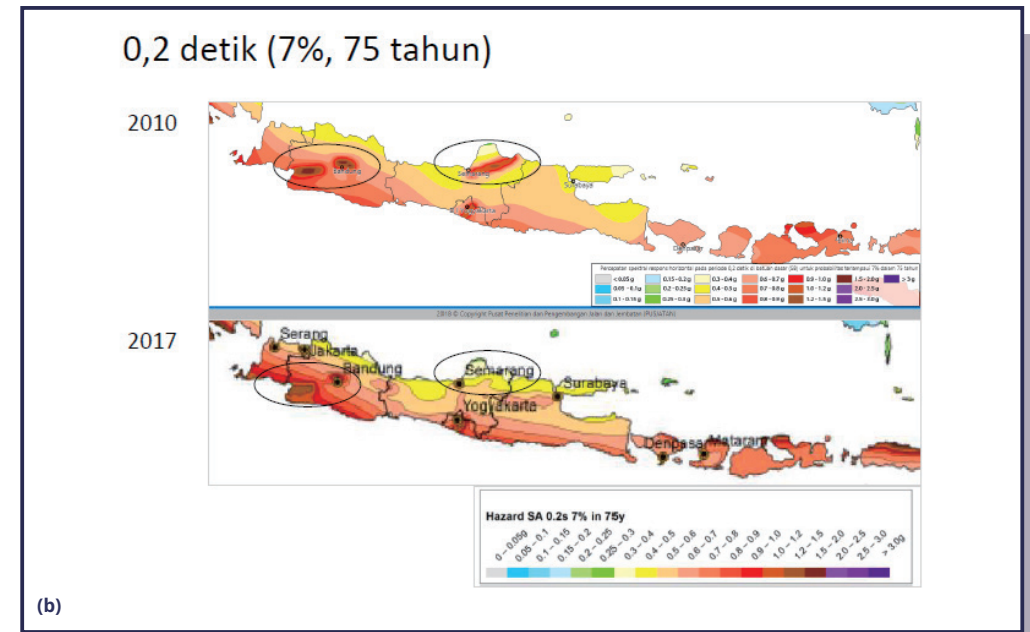
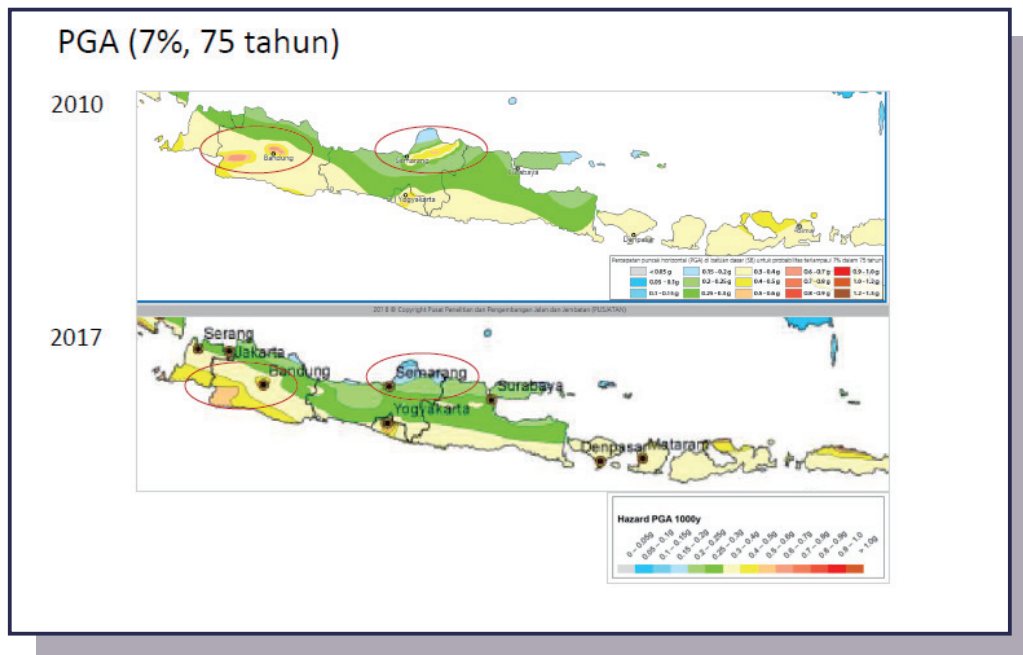
Dari hasil analisis *pushover* dapat diketahui lokasi dan tingkat sendi plastis yang terjadi. Pada step tertentu hanya sendi plastis pada bagian bawah pier yang sudah mencapai kondisi *Immediate Occupancy* (IO).

Sedangkan sendi plastis di lokasi lain masih berada pada tingkat linear.

Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa penampang eksisting pilar pada jembatan Wiyoto Wiyono ternyata masih mampu menerima beban gempa.

Penentuan kapasitas jembatan eksisting terhadap peta gempa terbaru perlu didukung oleh data teknis jembatan yang lengkap pada saat jembatan akan dievaluasi, salah satunya adalah data tanah.

Evaluasi data tanah sangat diperlukan kaitannya dengan penentuan respon spektra terhadap percepatan puncak pada batuan dasar. Gambar 11 menunjukkan peta percepatan gempa pada batuan dasar untuk pulau Jawa.



Gambar 11. (a), (b), dan (c) Perbandingan Peta Gempa Pulau Jawa

Evaluasi struktur pilar dilakukan dengan analisis pushover untuk mengetahui performa struktur terhadap kondisi gempa desain. Gempa desain yang digunakan adalah gempa berdasarkan SNI2833-2016 dan Peta Gempa Nasional 2017.

Analisis push over dilakukan dengan mendefinisikan sendi plastis dan perilaku inelastis struktur setelah melampaui batas elastiknya. Pada saat kondisi gempa desain, titik performa diperoleh pada kondisi *immediate occupancy*, dan sendi *plastis* terjadi pertama kali pada bagian bawah pier.

Dari analisis yang telah dilakukan performa struktur pada saat gempa desain masih di bawah *level life safety* yang disyaratkan oleh peraturan. Dalam hasil analisis *push over*, kinerja diperlihatkan oleh struktur adalah LS (*life safety*), yang artinya bahwa target perpindahan telah terpenuhi dan struktur jembatan aman.

Pada kondisi *Immediate Occupancy* (IO), sendi plastis di tingkat *Life Safety* (FS), dan sendi plastis di tingkat *Collapse Prevention* (CP) yang artinya terhindar dari keruntuhan.

**“...Penentuan kapasitas jembatan eksisting terhadap peta gempa terbaru perlu didukung oleh data teknis jembatan yang lengkap pada saat jembatan akan dievaluasi, salah satunya adalah data tanah....”**

## PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi pilar jembatan Wiyoto Wiyono masih dalam kondisi aman dari beban gempa berdasarkan peta gempa 2017. Namun, masih perlu dilakukan sistem pemeriksaan jembatan eksisting lainnya terhadap peta gempa tahun 2017 untuk memastikan bahwa jembatan eksisting lain benar-benar berada dalam kondisi aman.

Selain itu diperlukan juga pembaharuan terhadap peta gempa 2017 sehingga pemeriksaan terhadap jembatan eksisting terus terbaharui dengan meningkatnya tren kegempaan di Indonesia di tahun 2021 ini, semakin terbaharui maka semakin pula akurat perhitungan untuk tingkat keamanan jembatan eksisting.



# Penentuan Titik Lokasi Pemeliharaan Jembatan Ditinjau Dari Nilai Dan Fungsi Ruang

Oleh: Anang Mulyawan



Gambar 1. Infrastruktur Jembatan Layang (detik.com)

© Anang Mulyawan

Pagi itu terlihat dua orang pedagang ikan, seorang pedagang menggunakan sepeda motor dan pedagang lainnya menggunakan sepeda ontel tua, keduanya menjual ikan tangkapan segar dan menggunakan wadah yang sama yaitu styrofoam, mereka biasa disebut pedagang “bakul keliling”.

Mereka sering berdagang di sekitaran wilayah KSP Pangandaran (Kawasan Strategis Propinsi), namun akhir-akhir ini pendapatan keduanya menurun dan bukan mereka saja yang bernasib sama.

Ada juga para pelaku usaha kecil non formal lainnya yang bernasib sama dengan mereka yang mengalami penurunan pendapatan.

Saat ini di Indonesia sedang mengalami percepatan pembangunan infrastruktur khususnya infrastruktur jalan dan jembatan, selain pembangunan di dalamnya termasuk juga sistem penanganan dan pemeliharaannya.

Dari sekian banyak jenis infrastruktur, pembangunan dan perawatan jembatan juga

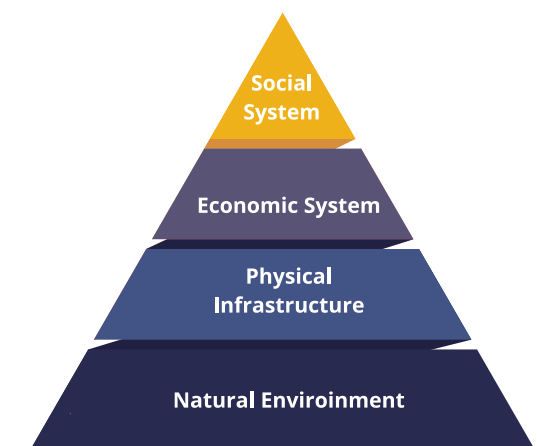
merupakan salah satu elemen yang paling vital dan penting.

Proses pemeliharaan, perbaikan atau bahkan pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan sering sekali memberi dampak secara sosial dan ekonomi masyarakat sekitar seperti penggalan cerita singkat para pedagang ikan wilayah KSP Pangandaran, sehingga perlu adanya skala prioritas didalam pengambilan keputusan untuk menentukan lokasi sebagai prioritas penanganan.

Hal ini dilakukan agar meminimalisir dampak yang terjadi pada masyarakat. Salah satu caranya adalah dengan menganalisis dan mempertimbangkan ruang wilayah sekitar karena didalamnya terdapat beberapa kepentingan hidup orang banyak seperti sektor sosial ekonomi masyarakat dan lainnya.

## PENGERTIAN INFRASTRUKTUR

Infrastruktur adalah sistem fisik yang menyediakan transportasi, pengairan, drainase, bangunan gedung dan fasilitas publik lainnya, yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia baik kebutuhan sosial maupun kebutuhan ekonomi (Grigg, 1988).



Gambar 2. Hubungan Antara Sistem Sosial, Ekonomi dan Infrastruktur Fisik (Sumber; Grigg, 1998)

Pembangunan bidang infrastruktur khususnya prasarana jalan dan jembatan sudah barang tentu menjadi perhatian pemerintah. Seperti yang ditegaskan, Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Basuki Hadimuljono dalam sambutan yang dibacakan Plt. Dirjen Bina Konstruksi Danis H Sumadilaga pada Konstruksi Indonesia 2017 dan *The Big 5 Construct Indonesia 2017* serta *Indonesia Infrastructure Week (IIW) 2019*, di Jakarta, bahwa “Pembangunan infrastruktur dinilai menjadi salah satu kunci agar Indonesia dapat menjadi negara maju dan mengejar ketertinggalan dibandingkan dengan negara lain”.

Perhatian tersebut kemudian direalisasikan tidak hanya sebatas pada persoalan anggaran semata, namun yang lebih penting adalah bagaimana pembangunan infrastruktur tersebut benar-benar berdampak baik bagi pertumbuhan ekonomi jangka panjang khususnya bagi masyarakat dan sektor ekonomi lainnya.

### JEMBATAN

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, menerangkan “jembatan” sebagai jalan yang terletak di atas permukaan air dan/atau di atas permukaan tanah. Dijelaskan lebih lanjut, jembatan merupakan salah satu prasarana transportasi strategis di dalam sebuah jaringan jalan yang berfungsi untuk melewati lalu-lintas kendaraan, agar lalu lintas tersebut tidak terputus.

Pembangunan dan pengembangan serta perbaikan infrastruktur jembatan akhir-akhir ini menjadi salah satu program prioritas pemerintah dalam rangka mendukung percepatan jalur transportasi darat penghubung dari suatu daerah ke daerah lain.

Selain itu, jembatan juga diperlukan dalam mendukung jalan akan menentukan besaran cakupan dari deliniasi wilayah yang meliputi pusat-pusat kegiatan wilayah, deliniasi wilayah inilah yang akan menentukan seberapa besar pengaruh jembatan didalam ruang, sehingga peranan ruang wilayah penting sekali yang nantinya sebagai bahan perbandingan antara fungsi dan nilai ruang terhadap prioritas penanganan kerusakan jembatan

### RUANG DAN STRUKTUR RUANG

Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 Pasal 1 ayat 1 dan 3 tentang penataan ruang, menjelaskan bahwa “ruang” adalah wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah, tempat manusia dan makhluk lain hidup.

Selanjutnya “struktur ruang” adalah susunan pusatpusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarki memiliki hubungan fungsional untuk melakukan semua kegiatan.

### SEKILAS PERBAIKAN JEMBATAN DI LINTAS SELATAN JAWA BARAT

Pada akhir tahun 2019 tepatnya di ruas jalan nasional (Kalipucang-Pangandaran) wilayah BBPJN VI/PJN III melakukan perbaikan dan pergantian struktur bangunan dua buah jembatan di ruas jalan yang sama dan dua wilayah kecamatan yang berbeda dengan waktu pengerjaan yang paralel hampir bersamaan (berkelanjutan) sehingga dampak yang ditimbulkan terhadap aktifitas kegiatan

sosial ekonomi masyarakat dilihat dari waktu pengerjaan lebih lama, seperti meningkatnya biaya operasional perjalanan lebih besar dan barang-barang produksi terhambat dalam pendistribusiannya.

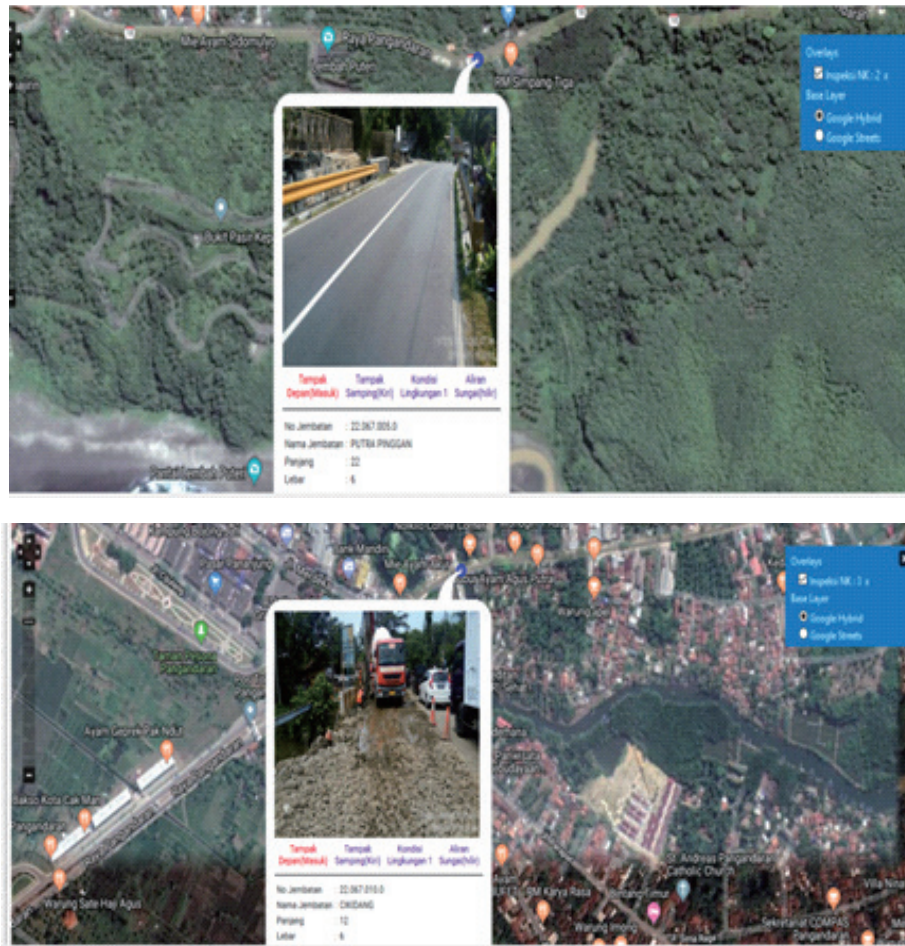
Dari gambar di bawah dan hasil pemeriksaan detail nilai kondisi (NK) berbasis aplikasi INVI-J (Inspeksi Visual Jembatan) yang mengadopsi program BMS'92 (*Bridge Management System*), sistem manajemen BMS

ini dikembangkan Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 1992 untuk pelaksanaan manajemen jembatan pada jalan nasional dan provinsi.

Hasil pemeriksaan tersebut didapat dua buah jembatan yang menjadi prioritas penanganan yaitu jembatan Lembah Putri Putrappinggan Kecamatan Kalipucang dan jembatan Cikidang Kecamatan Pangandaran.



Gambar 3. Deliniasi Wilayah Titik Lokasi Jembatan (Sumber: Google Earth)



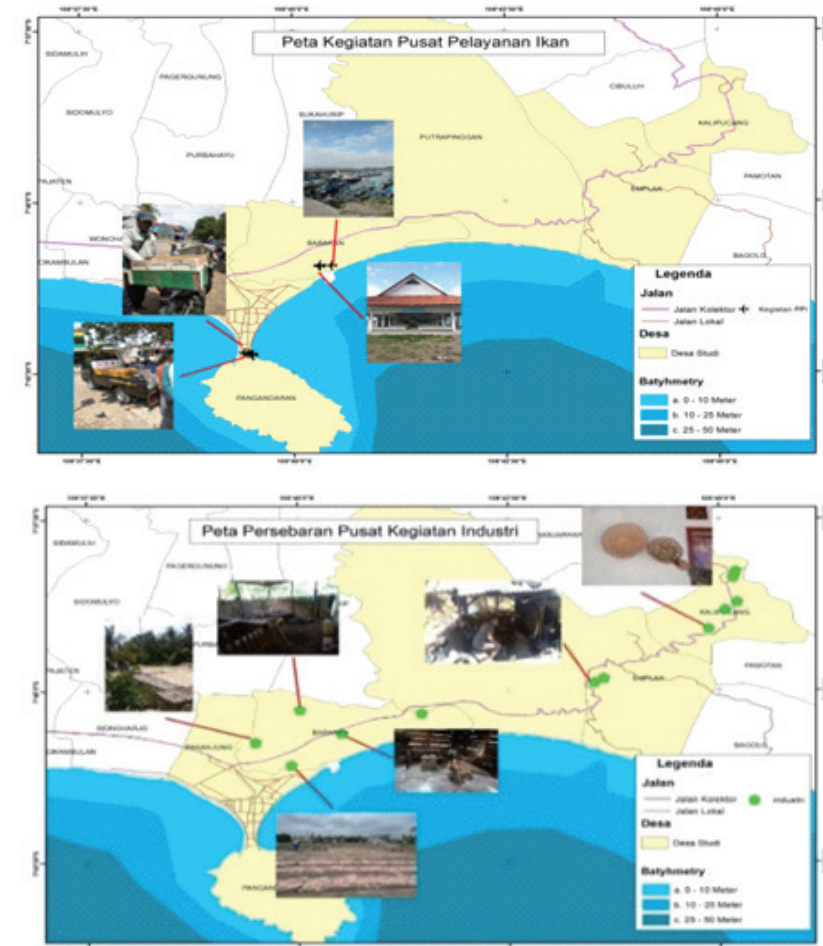
Gambar 4. Lokasi Perbaikan Jembatan (Sumber: INVI-J 2019)

Kemudian dilihat dari fungsi nilai ruang wilayah akan didapat jembatan mana yang lebih diprioritaskan untuk dikerjakan perbaikannya terlebih dahulu. Untuk membandingkan nilai fungsi ruang diantara kedua wilayah dimana lokasi perbaikan dua buah jembatan itu berada, maka dilakukan analisis kekuatan dan interaksi antar wilayah dengan melihat kondisi prasarana transportasi yang menghubungkan suatu wilayah dengan wilayah lain di sekitarnya, prasarana kegiatan wilayah dan kegiatan ekonomi wilayah dilakukan menggunakan beberapa analisis teori

lokasi seperti teori Grafik. Teori ini digunakan untuk mengetahui potensi kekuatan interaksi antar wilayah ditinjau dari struktur jaringan jalan dengan membandingkan jumlah wilayah yang memiliki banyak ruas jalan sebagai sarana penghubung wilayah tersebut. Selanjutnya analisis aksesibilitas untuk mengetahui tingkat pelayanan fasilitas umum terhadap penduduk dengan pengukuran jarak dan waktu tempuh, dan teori Gravitasi untuk mengukur kekuatan interaksi antara dua wilayah atau lebih, diukur dengan memperhatikan faktor jumlah penduduk dan jarak antara kedua wilayah tersebut

Selain melihat dari fungsi dan nilai ruang dalam proses perbaikan/pembangunan jalan dan jembatan, analisis ini dapat melihat dampak terhadap ekonomi masyarakat terkait manfaat keuntungan (*benefit*) dan biaya (*cost*). Pengaruhnya terhadap biaya dan waktu yang dibutuhkan oleh masyarakat terlihat ketika jembatan di salah satu ruas jalan diperbaiki maka akan membutuhkan waktu yang cukup

lama, sehingga masyarakat pengguna jalan sangat terganggu terhadap semua aktifitasnya dan memerlukan waktu serta biaya yang lebih dalam menjalankan kegiatan sehari-harinya. Melihat dari analisis faktor pelayanan jalan di kedua wilayah menggunakan data sampel TC (*Traffic counting*) pergerakan kendaraan bermotor / LoS (*Level of Service*).



Gambar 5. Peta Pusat Sebaran Kegiatan Ekonomi Masyarakat

**HASIL SURVEI DAN ANALISIS DATA**

Adapun dari hasil survei dan analisa data nilai kondisi (NK) jembatan sebelum dan sesudah perbaikan untuk jembatan Putrapinggan sebagai data terbaru adalah tahun pembangunan, tipe jembatan, lebar jembatan dan nilai kondisi (NK) jembatan.

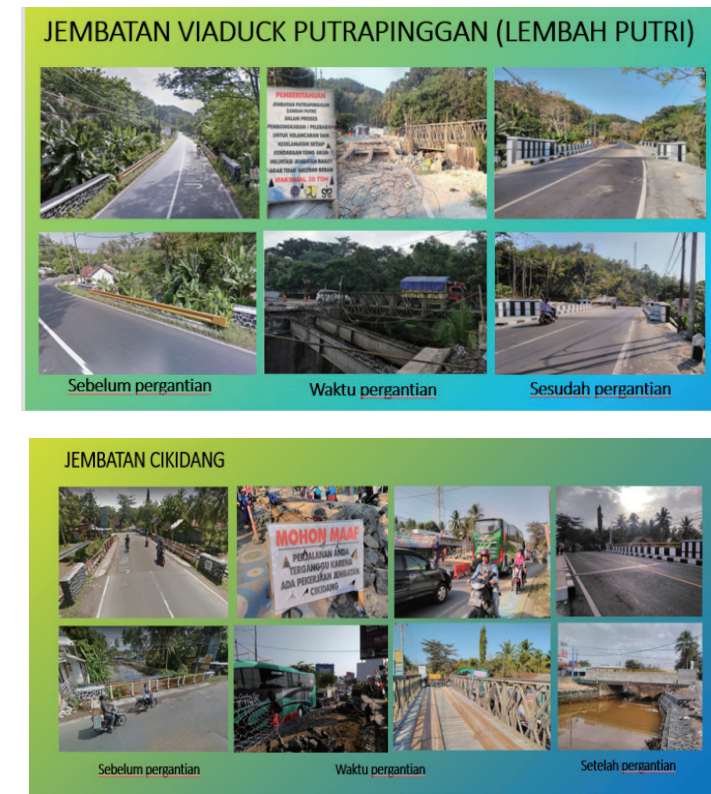
**Tabel 1.** Data Terbaru Nilai Kondisi Jembatan Putrapinggan  
(Sumber: Data Survey Lapangan)

DATA TEKNIS LAMA	DATA TEKNIS BARU (UPDATE)
Nomor jembatan : 22.038.003.0	Nomor jembatan : 22.038.003.0
Nama Jembatan : Putrapinggan	Nama Jembatan : Putrapinggan
Ruas jalan : Banjar-Pangandaran	Ruas jalan : Banjar-Pangandaran
Panjang : 21,6 m	Panjang : 21,6 m
Lebar : 6.1 m	Lebar : 7.0 m
Jumlah Bentang : 1 (satu)	Jumlah Bentang : 1 (satu)
Km Bdg : 204 + 600	Km Bdg : 204 + 600
Tahun : 1993	Tahun : 2019
Tipe : GBI	Tipe : GPI
Titik Koordinat : 7°40'22.10"S 108°42'45.20"E	Titik Koordinat : 7°40'22.10"S 108°42'45.20"E
Nilai Kondisi : 3 (tiga) <i>(sumber: data survey 2018)</i>	Nilai Kondisi : 1 (satu) <i>(sumber: data hasil survey 2019)</i>

Sementara untuk jembatan Cikidang data terbaru adalah tahun pembangunan, jumlah bentang, tipe jembatan, lebar jembatan dan nilai kondisi (NK) jembatan.

**Tabel 2.** Data Terbaru Nilai Kondisi Jembatan Cikidang  
(Sumber: Data Survey Lapangan)

DATA TEKNIS LAMA	DATA TEKNIS BARU (UPDATE)
Nomor jembatan : 22.067.010.0	Nomor jembatan : 22.067.010.0
Nama Jembatan : Cikidang	Nama Jembatan : Cikidang
Ruas jalan : Banjar - Pangandaran	Ruas jalan : Banjar-Pangandaran
Panjang : 12.3 m	Panjang : 12.3 m
Lebar : 6.5 m	Lebar : 7.0 m
Km Bdg : 210+900	Km Bdg : 210+900
Tahun : 1971	Tahun : 2019
Tipe : MBI	Tipe : GPI
Jumlah Bentang : 3 (tiga) Bentang	Jumlah Bentang : 1 (satu) Bentang
Titik Koordinat : 7°41'2.90"S - 108°39'18.10"E	Titik Koordinat : 7°41'2.90"S - 108°39'18.10"E
Nilai Kondisi : 3 (tiga) <i>(sumber: data survey 2018)</i>	Nilai Kondisi : 1 (satu) <i>(sumber: data survey 2019)</i>



**Gambar 6.** Kondisi Progress Pengerjaan Perbaikan Kedua Jembatan  
(Sumber: Data Survey Lapangan)

Selama berlangsungnya perbaikan kedua jembatan tidak sedikit warga masyarakat yang terdampak terhadap aktifitasnya sehari-hari dikarenakan meningkatnya biaya perjalanan, karena lama dan jauhnya waktu jarak tempuh, sehingga dari analisis ekonomi B/C-R (*Benefit Cost Ratio*) / NPV (*Net Present Value*) dari kemacetan selama perbaikan jembatan itu menyebabkan penurunan pendapatan dari berbagai sektor usaha masyarakat. Sedangkan dari hasil analisis faktor pelayanan jalan LoS (*Level of Service*) di kedua wilayah dengan menggunakan data sampel TC (*Traffic counting*) pergerakan kendaraan didapatkan nilai interpretasi yang berbeda diantara kedua

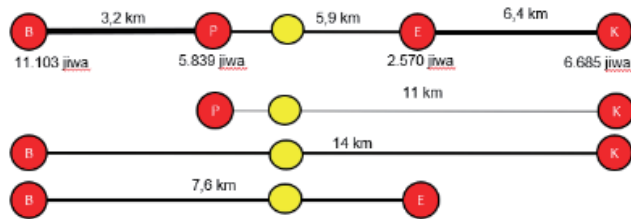
wilayah seperti nilai interpretasi B yaitu pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan dan arus sedikit stabil tetapi kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, dan sebagian kondisi banyak memiliki nilai interpretasi C yaitu arus kurang stabil karena kemacetan dan kecepatan pergerakan kendaraan mengalami kelambatan serta pengemudi dikendalikan dan dibatasi dalam memilih kecepatan. Kemudian untuk hasil analisis perbandingan kekuatan interaksi antar wilayah di Kecamatan Kalipucang dan Kecamatan Pangandaran, terlihat pada matrik perbandingan antar wilayah I dan II pada gambar berikut dibawah ini.

**Tabel 3.** Nilai Perbandingan Analisa INVI-J Dan Analisa Ruang Wilayah  
(Sumber : Data Survey Lapangan)

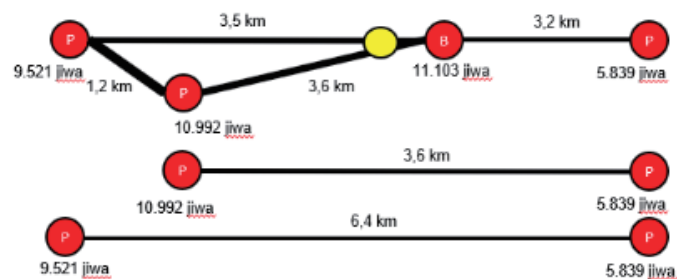
WILAYAH	BMS/ INVI-J		GRAVITASI	GRAFIK	INDEKS AKSESIBILITAS	TINGKAT AKSESIBILITAS
	I	II				
WIL I	3	1	6.331.095 952.972	0,8	0,75 6,00	8,44
WIL II	3	1	9.416.989 8.629.524	1,8	114,21 15,83	20,77

JEMBATAN	BMS	BMS Spasial				
		Gravitasi	Grafik	Indeks Aksesibilitas	Tingkat Aksesibilitas	Ekonomi
Viaduck Putrapinggan	1	6.331.095 952.972	0,8	0,75 6,00	8,44	3,4/>1
Cikidang	2	9.416.989 8.629.524	1,8	114,21 15,83	20,77	4,5/>1

Dari hasil perbandingan penentuan urutan prioritas dan penentuan lokasi jembatan untuk dilakukan proses penanganannya antara hasil analisis terdapat perbedaan hasil yakni untuk hasil nilai kondisi (NK) jembatan versi INVI-J (Inspeksi Visual Jembatan) prioritas pertama adalah jembatan Putrapinggan, sedangkan hasil dari analisis nilai fungsi ruang yang menjadi prioritas utama adalah jembatan Cikidang.



**Gambar 7.** Kekuatan Interaksi Wilayah I (Sumber : Hasil Analisa)



**Gambar 8.** Kekuatan Interaksi Wilayah I (Sumber : Hasil Analisa)

Dilihat dari hasil analisis kekuatan interaksi pada (gambar 7 dan 8) wilayah I lebih rendah tingkat interaksinya dibanding wilayah II, karena tingkat interaksi hanya ada di dua daerah yaitu Putrapinggan (P) dan Babakan (B), dan titik lokasi jembatan berada di ruas jalur interaksi yang tidak begitu tinggi.

Sedangkan wilayah II berada di tingkat interaksi yang lebih tinggi karena melibatkan tiga daerah yaitu Pananjung, Pangandaran dan Babakan dan tiga ruas jalan utama, kemudian titik lokasi pembangunan jembatan pun berada di ruas jalan utama yang tingkat interaksinya lebih tinggi.

**KENAPA JEMBATAN CIKIDANG PRIORITAS PERTAMA YANG HARUS DIPERBAIKI?**

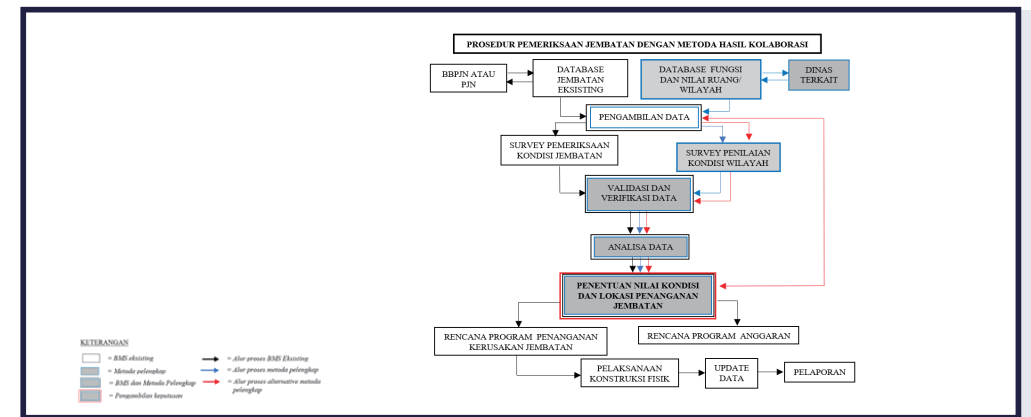
Sesuai hasil analisa seperti tabel dan gambar diatas (Tabel: 3 dan gambar 7-8) ada beberapa faktor yang membuat jembatan Cikidang sebagai prioritas didalam perbaikan jembatan adalah :

1. Terletak di wilayah KSP Pangandaran (Kawasan Strategis Propinsi) jadi kualitas infrastruktur jadi faktor utama

2. Jaringan ruas jalan lebih banyak, sehingga bisa dijadikan jalan alternatif untuk pengguna jalan
3. Tingkat intensitas aksesibilitas masyarakat, pergerakan roda perekonomian sebagai wilayah sektor ekonomi unggulan dan pergerakan rute kendaraan yang tinggi.
4. Sentra pusat khusus industri ikan dimana ada dua buah tempat PPI (Pelabuhan Penangkapan Ikan).
5. Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) terpusat seperti pusat kegiatan pariwisata, pemer intahan, pendidikan, ekonomi perdagangan, bisnis pariwisata, instansi-instansi jasa pelayanan, industri UKM, dan lain-lain.

**SKEMA DIAGRAM ALUR SISTEM PEMERIKSAAN NILAI KONDISI JEMBATAN HASIL KOLABORASI**

Diagram alur sistem penggabungan/kolaborasi dari kedua sistem penilaian dalam prosedur pemeriksaan jembatan dalam rangka penilaian kondisi (NK) jembatan dan penentuan titik lokasi pemeliharaan/perbaikan jembatan. Terlihat pada gambar berikut dibawah ini.



**Gambar 9.** Diagram Alir Pemeriksaan Nilai Kondisi Jembatan Hasil Kolaborasi

## PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pengkajian teori, penentuan titik lokasi pemeliharaan jembatan dapat disimpulkan bahwa,

- Salah satu pertimbangan dalam pengajuan program penanganan infrastruktur jembatan selama ini baik program pemeliharaan, berkala, rehabilitasi atau pergantian sebagian hanya atas dasar hasil survei nilai kondisi (NK) dari jembatan tersebut, namun tidak melihat pengaruh atau dampaknya terhadap ruang wilayah yang keduanya mempunyai hubungan yang erat sekali dan saling mempengaruhi termasuk hubungannya dengan sosial ekonomi masyarakat.

- Perlu dilakukan sosialisasi kepada instansi atau pihak-pihak yang berkepentingan dengan rencana proses pemeliharaan dan perbaikan jembatan terkait dengan mengolaborasikan keduanya yaitu sistem penanganan jembatan dan pentingnya nilai dan fungsi ruang.
- Dengan melibatkan pentingnya aspek ruang sebagai pertimbangan untuk penentuan lokasi pemeliharaan jembatan sangat membantu para stakeholder dalam pengambilan keputusan dalam rencana proses perbaikan infrastruktur jembatan.

**“Salah satu pertimbangan dalam pengajuan program penanganan infrastruktur jembatan selama ini baik program pemeliharaan, berkala, rehabilitasi atau pergantian sebagian hanya atas dasar hasil survey nilai kondisi (NK) dari jembatan tersebut, namun tidak melihat pengaruh atau dampaknya terhadap ruang wilayah yang keduanya mempunyai hubungan yang erat sekali dan saling mempengaruhi termasuk hubungannya dengan sosial ekonomi masyarakat.”**





## Menilik Clear Zones di Indonesia

Oleh : Anjang Nugroho dan Rustijan

Selama Sepuluh Tahun terakhir ini, pemeliharaan jalan di Indonesia mulai serius untuk memperhatikan masalah keselamatan manusia dalam berlalu lintas. Pemerintah dituntut untuk memperhatikan masalah keselamatan sebagai prioritas nasional. Berdasarkan data Rencana Umum Nasional Keselamatan Tahun 2011 menyebutkan bahwa, jumlah korban kecelakaan lalu lintas paling banyak ada pada usia produktif (22-50 tahun) dan kerugian akibat kecelakaan lalu lintas diperkirakan sekitar 3% dari total PDB Indonesia.

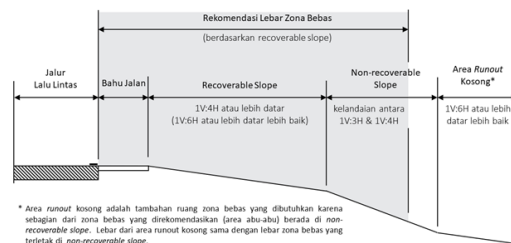
Seperti akhir-akhir ini, sering terjadi kecelakaan kendaraan akibat pengemudi kehilangan kendali yang menyebabkan kendaraan keluar dari jalur lalu lintas. Permasalahan terjadi karena kendaraan tidak berhenti begitu saja. Namun hampir 30% disebabkan faktor prasarana dan lingkungan, sehingga menyebabkan kendaraan menabrak rumah warga, terguling, menabrak pohon, serta paling fatal adalah kendaraan tertusuk ketika menabrak pagar pengaman. Pagar pengaman sebenarnya difungsikan sebagai perlindungan pada kendaraan, maka idealnya sisi jalan harus bebas dari benda yang memiliki potensi membahayakan ketika kendaraan lepas kendali. Konsep inilah yang kemudian disebut dengan *clear zone* atau zona bebas, selengkapnya terlihat pada gambar berikut,



Gambar 1 Tipikal Zona Bebas  
(Sumber: sddc.army.mil)

### KONSEP ZONA BEBAS SECARA INTERNASIONAL

Pada tahun 2005, proyek RISER mendefinisikan zona keselamatan (yang biasa disebut zona bebas) sebagai total area batas sisi jalan yang diukur mulai dari marka tepi jalur lalu lintas yang disediakan untuk mengakomodasi kesalahan pengemudi agar tetap selamat. Zona bebas terdiri dari bahu jalan, *recoverable slope*, *non-recoverable slope* dan/atau area *run-out* yang kosong. Penentuan lebar zona bebas tergantung pada volume lalu lintas, kecepatan dan geometri sisi jalan (Thompson, dkk, 2006).



Gambar 2 Bagian-Bagian Dari Zona Bebas  
(Sumber : AASHTO, 2011)

*Federal Highway Administration* atau biasa disingkat dengan FHWA (2009) menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan selamat dalam mengakomodasi kesalahan pengemudi adalah dapat berhenti atau dapat mengendalikan kembali kendaraannya.

Sementara menurut *American Association of State Highway and Transportation Officials* atau biasa disingkat AASHTO (2018) merumuskan zona bebas secara komprehensif sebagai area diluar jalur lalu lintas yang tidak terhalang dan dapat dilalui untuk mengendalikan kembali kendaraannya yang telah melewati jalurnya.

Berbeda dengan studi dan pedoman sebelumnya, Austroads (2020) memiliki pendekatan bahwa penetapan zona bebas dapat membuat seolah-olah bahaya sisi jalan di luar zona bebas diperbolehkan. Dalam studinya pada tahun 2018, Austroads menekankan potensi kendaraan untuk menabrak bahaya sisi jalan sejauh 20–30 m dari jalan masih ada.

Pada awalnya, perencana jalan raya di Amerika menyediakan zona bebas sejauh 9 meter untuk jalan di perdesaan yang memiliki lalu lintas dan kecepatan yang tinggi. Namun pada jalan yang dibangun di atas timbunan, ternyata kendaraan yang lepas kendali memerlukan lebih dari 9 meter.

Sebaliknya pada jalan perkotaan dengan lalu lintas kecil atau pada area dengan kecepatan rendah, zona bebas sejauh 9 meter akan terkesan terlalu berlebihan dan memerlukan justifikasi.

Oleh karena itu, konsep zona bebas didasarkan pada tiga variabel yaitu LHR (Lalu Lintas Harian Rata-Rata), kecepatan, dan kelandaian sisi jalan. Pada jalan dengan kecepatan rencana 110 km/jam dan LHR lebih dari 6000 kendaraan, zona bebas yang diperlukan dapat mencapai lebar 14 meter. Sementara untuk jalan dengan kecepatan rencana kurang dari 60 km/jam dan LHR di bawah 750 kendaraan, lebar zona bebas yang diperlukan hanya 2-3 meter (AASHTO, 2011).

### BAGAIMANA ZONA BEBAS DI INDONESIA?

Zona Bebas sebagai ruang bebas untuk melengkapi badan jalan di atur berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan (selanjutnya disebut PP 34/2006), ruang bebas ditujukan untuk melengkapi badan jalan sebagai upaya menunjang pelayanan lalu lintas dan angkutan jalan serta pengamanan konstruksi jalan. Ruang bebas memiliki lebar sesuai dengan lebar badan jalan. Sementara pada Peraturan Menteri PU No. 19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan (selanjutnya disebut PermenPU 19/2011), ruang bebas ditentukan sebagai

**“...ruang yang dikosongkan dari segala bentuk bangunan atau penghalang atau bentuk muka tanah yang dapat mencederai berat pengguna jalan atau memperparah luka akibat kecelakaan kendaraan yang keluar dari badan jalan. Ruang bebas diukur mulai dari batas terluar badan jalan sampai dengan batas luar Ruwasja. Penyelenggara jalan harus mengusahakan tersedianya ruang bebas.”**

Tidak sesuai dalam mengartikan ruang bebas ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan pemahaman batas pemenuhan ruang jalan. Pada tahun 2006 penyelenggara jalan di Indonesia memahami ruang bebas hanya sampai batas pada pemenuhan ruang yang mendatar atau disebut dengan ruang horizontal yang dibutuhkan untuk arus lalu lintas kendaraan saja. Sedangkan pada tahun 2011 pemahaman ruang bebas adalah ruang yang berada di luar badan jalan.

Melihat dari uraian mengenai zona bebas dalam pedoman atau kajian dari beberapa negara, maka dapat disimpulkan bahwa pengertian ruang bebas dalam PermenPU 19/2011 lebih mendekati pada maksud dan tujuan dari zona bebas tersebut. Kata “mendekati” digunakan untuk menekankan bahwa zona bebas di dalam PermenPU 19/2011 memiliki perbedaan mendasar pada titik acuan awal pengukuran lebarnya.

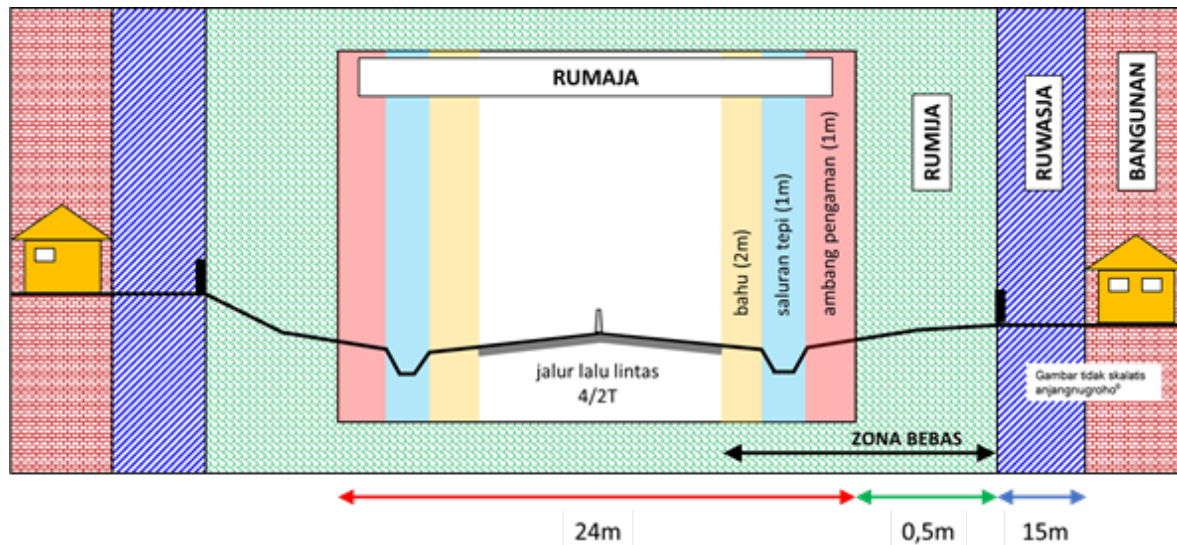
Dalam peraturan tersebut, zona bebas yang diukur dari batas terluar badan jalan seharusnya diukur mulai dari marka tepi luar jalur lalu lintas. Karena pada umumnya lalu lintas kendaraan tidak melaju pada bahu jalan, sehingga bahu jalan dapat dimasukkan sebagai bagian dari zona bebas.

Untuk memperjelas perbedaan istilah ruang bebas dalam PP 34/2006 dan PermenPU 19/2011, maka koreksi bahasa pada istilah ruang bebas dalam PermenPU 19/2011 direkomendasikan menjadi zona bebas.

Untuk selanjutnya ruang bebas akan lebih diarahkan sebagai definisi istilah *horizontal clearances* yakni jarak yang disediakan untuk kebebasan ruang gerak kendaraan ke objek tetap vertikal di sisi jalan, baik ketika berjalan maupun ketika parkir.

Ketentuan zona bebas masih harus dilakukan penyesuaian dengan bagian-bagian jalan diantaranya Ruang Manfaat Jalan (Rumaja), Ruang Milik

Ditambah dengan fakta bahwa bahu jalan bukan sebagai jalur lalu lintas, maka sebaiknya lebar zona bebas di PermenPU 19/2011 perlu untuk direvisi menjadi pengukuran dimulai dari marka tepi luar jalur lalu lintas ke batas luar Rumija, sehingga pada jalan raya arteri (jalan raya utama) yang datar dengan lalu lintas kurang dari 61.000 kendaraan zona bebas yang harus diusahakan tersedia adalah 4,5 meter (terlihat pada Gambar 3).



Gambar 3 Lebar Zona Bebas yang Direkomendasikan Pada Jalan Raya Arteri Datar 4/2T

Jalan atau Ruang Milik Jalur (Rumija) dan Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) agar dapat memenuhi aspek legalitas sehingga tidak ada kendala dalam penerapan zona bebas seperti penentuan lebar, kelandaian sisi jalan atau kemiringan sisi jalan, dan keberadaan drainase.

Dari sisi penentuan lebar, komitmen penyediaan zona bebas mulai dari luar bahu jalan sampai dengan batas terluar Ruwasja pada kenyataannya tidak sesuai dengan keberadaan patok Rumija yang terbuat dari besi atau beton yang dipasang di antara Rumija dan Ruwasja.

Lebar tersebut memang dinilai masih kurang untuk jalan raya arteri yang dominan menjadi jalan dengan lalu lintas padat dengan kecepatan 60km/jam. Namun, untuk pemenuhan zona bebas tidak dapat terlepas dari keberadaan patok jalan, tiang rambu, tiang penerangan jalan, saluran drainase tepi jalan, utilitas (daya guna), dan bangunan pelengkap jalan serta benda-benda lain seperti pohon yang berpotensi tertabrak oleh kendaraan jika kehilangan kendali.

## MENGHADAPI KETERBATASAN PEMENUHAN ZONA BEBAS

Konsep "*Forgiving roadsides*" diresmikan sebagai sebuah konsep jalan yang memberikan toleransi kesalahan pengemudi, yang merupakan hasil pengalaman dan penelitian puluhan tahun. Berbeda dengan *self-explaining roads* yang lebih mencegah kesalahan pengemudi, *forgiving roadsides* menawarkan konsep yang mengurangi terjadinya kecelakaan karena pengemudi lepas kendali yang mungkin diakibatkan oleh kelalaiannya sendiri, kondisi jalan yang tidak bagus, dan/atau kerusakan kendaraan serta meminimalkan tingkat fatalitas apabila sampai terjadi kecelakaan.

*Forgiving roadsides* mengarahkan perencanaan jalan dengan memastikan apabila ketersediaan zona bebas tidak mencukupi maka dalam rangka mengurangi tingkat keparahan dari kecelakaan dapat dipilih beberapa desain. Dalam urutan preferensi, dimulai dari menghilangkan objek bahaya, memindahkan objek bahaya ke lokasi yang lebih jarang untuk ditabrak, mendesain ulang objek bahaya agar mudah rusak ketika ditabrak, dan yang terakhir melindungi objek bahaya dengan pagar pengaman atau peredam tabrakan (AASHTO, 2011).



Gambar 4 Contoh Modifikasi Struktur Dari Patok Jalan Menjadi Breakaway (Sumber: transpo.com)

Oleh karena itu, pada kasus pemenuhan kebutuhan zona bebas di jalan arteri yang kurang keberadaan patok jalan, maka patok jalan yang tidak dapat dihilangkan dan dipindahkan seharusnya dapat dimodifikasi kembali agar kendaraan tetap aman ketika menabrak patok jalan.

Akan tetapi, Austroads (2020) menyatakan bahwa memitigasi objek bahaya di dalam zona bebas saja dianggap tidak cukup memberikan gambaran bahaya sisi jalan secara keseluruhan. Adanya peningkatan jumlah kendaraan hilang kendali yang menabrak objek di luar zona bebas telah mengubah persepsi tentang zona bebas yang dapat menjamin keselamatan pengendara.

Austroads menyimpulkan bahwa konsep zona bebas sudah tidak relevan pada lalu lintas padat dan menetapkan zona bebas sebagai salah satu jenis penanganan dalam mitigasi bahaya sisi jalan yang belum tentu menjadi pilihan pertama dari sekian jenis penanganan.

Seperti membuat pagar pengaman, membuat pita penggaduh (*shoulder rumble*), menghilangkan objek bahaya, memindahkan objek bahaya ke lokasi yang lebih jarang untuk ditabrak, mengurangi tingkat keparahan dari dampak yang ditimbulkan oleh objek bahaya, memperbaiki delineasi jalan, dan menerima resiko dari objek bahaya yang tidak bisa ditangani apabila frekuensi dan tingkat keparahannya rendah.

## PENUTUP

Hingga saat ini, *clear zone* atau zona bebas di Indonesia belum memperhatikan variabel jumlah lalu lintas harian (LHR), kecepatan rencana, dan kelandaian sisi jalan. Selain itu, mitigasi objek bahaya di dalam zona bebas juga masih belum sepenuhnya tertuang di dalam peraturan pemerintah termasuk pertimbangan teknis, lingkungan, dan ekonominya. Diperlukan keputusan dari pemerintah terkait kewajiban penyediaan zona bebas atau hanya menjadi salah satu opsi penanganan bahaya sisi jalan. Keputusan ini selanjutnya akan menentukan arah kebijakan-kebijakan penyelenggaraan jalan terutama tentang penanganan bahaya sisi jalan dalam menghadirkan jalan yang berkeselamatan sesuai dengan karakteristik kecelakaan di Indonesia.

# Jembatan *Cable Stayed* Melengkung Pertama di Indonesia di Kalsel Rampung

Oleh : Kartika



Open Traffic Jembatan Sei Alalak

Jembatan Sei Alalak, Kalimantan Selatan, rampung. Jembatan *Cable Stayed* Melengkung Pertama di Indonesia itu telah melalui tahap uji laik fungsi struktur dan PHO pertengahan September 2021.



Gambar 1. Loading Test Jembatan Sei Alalak (Sore Hari)

Uji coba laik fungsi struktur jembatan berlangsung selama dua hari, 30-31 Agustus 2021, prosesnya diawasi oleh Direktorat Pembangunan Jembatan, Balai Jembatan Kementerian PUPR, dan Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan (KKJTJ). Dalam prosesnya, 32 unit armada truk masing-masing bermuatan 24 ton, dijejer melintas di Jembatan Sei Alalak. Masing-masing truk dibagi dalam beberapa kelompok melalui 4 skema pembebanan. Tiap skema pembebanan memiliki jumlah truk dengan total beban bervariasi.

Hari pertama pelaksanaan pembebanan dilakukan menggunakan skema 1 dan 4 (beban maksimum) dan keesokan harinya dilaksanakan pembebanan skema 2 dan 3 dengan beban kendaraan yang lebih kecil. Proses pembebanan tersebut dilakukan melalui pengujian dinamis dan statis.

Keberadaan Jembatan Sei Alalak sangat vital dalam menunjang aktivitas masyarakat terutama wilayah Kalsel (Kalimantan Selatan) – Kalteng (Kalimantan Tengah) dan wilayah Kalimantan secara umum, yang mana jembatan ini juga menjadi bagian dari Ruas Lintas Selatan Trans Kalimantan.



Gambar 2. Jembatan Sei Alalak

Sejak 30 tahun terakhir, jembatan yang dulunya dikenal Jembatan Kayu Tangi I dibangun ulang semenjak era kepemimpinan Presiden Joko Widodo.

Kondisi jembatan yang terletak di dua sisi Kota Banjarmasin dan Kabupaten Barito Kuala itu memang sudah tidak layak dan tidak memungkinkan lagi untuk menunjang mobilitas kegiatan penduduk yang semakin meningkat, mengingat kawasan tersebut sebagai lokasi pengembangan kota.

Meski menghadapi sejumlah kendala termasuk pandemi Covid-19 dan bencana banjir yang pernah terjadi, namun progres pembangunan kian hari terus meningkat dan pertengahan September 2021 sudah bisa digunakan untuk masyarakat umum.

## SISTEM *CABLE STAYED* JEMBATAN SEI ALALAK

Jembatan Sei Alalak dibangun menggunakan sistem *Cable Stayed* dengan panjang 850 meter dan lebar 20 meter. Tersedia 4 lajur dengan 2 arah lalu lintas, dapat menampung beban kendaraan yang jauh lebih besar dibandingkan jembatan lama. Jembatan ini sanggup menahan beban sumbu kendaraan hingga 10 ton.

Desain Jembatan Sei Alalak menggunakan sistem *cable stayed* dengan struktur melengkung didasari atas keterbatasan lahan untuk pembangunan jembatan baru. Desain melengkung ini tentunya sudah memenuhi aspek dan pokok perencanaan yang telah diuji oleh para pakar di forum KKJTJ (Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan). Implementasi desain jembatan telah mendapatkan persetujuan dengan diterbitkannya Surat Persetujuan Desain untuk Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Sei Alalak oleh Menteri PUPR. Selain itu, Jembatan Sei Alalak memiliki keunikan tersendiri dibanding dengan jembatan *cable stayed* pada umumnya.

Keunikan Jembatan Sei Alalak secara spesifik adalah struktur lantai/deck jembatannya yang melengkung secara 3 dimensi dengan ditopang oleh struktur *pylon* yang melengkung asimetris serta merupakan jenis pertama di Indonesia. PPK 1.5 Provinsi Kalsel, Andika Mulrosha mengungkapkan dengan struktur melengkung ini, ditambah keunikan lainnya hingga kompleksitas pekerjaan jembatan tersebut menjadi tantangan tersendiri dalam pelaksanaannya.

Pasalnya, tidak banyak proyek pembangunan infrastruktur yang dijuluki *State of The Art (SOTA) of Technology Construction* (Teknik Konstruksi Seni Luar Biasa), dan Jembatan Sei Alalak merupakan salah satu *extraordinary*-nya.

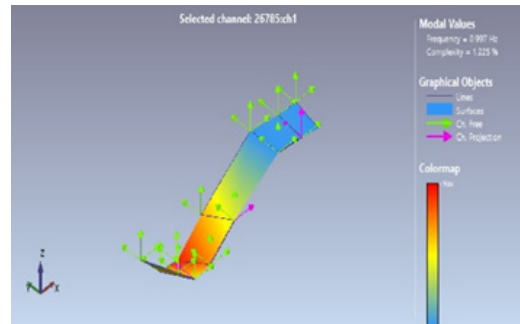


**Gambar 3.** Aktivitas Pengerjaan Penggantian Jembatan Sei Alalak

Kompleksitas pekerjaan ini memberikan dampak lain, salah satunya adalah banyak memberikan pengalaman luar biasa melalui perancangan dan aplikasi metoda pelaksanaan dan teknologi baru khususnya dalam dunia *Civil Engineering*.

Maklum, jika selama ini struktur jembatan *cable stayed* pada umumnya memiliki jumlah *strand cable stayed* yang sama di bagian kiri kanan dan depan belakang agar distribusi gaya yang seimbang dari *deck* dan *pylon* jembatan yang lurus, namun berbeda dengan Jembatan Sei Alalak. Pada Jembatan Sei Alalak struktur *deck* dan *pylon* melengkung, sehingga mengakibatkan garis pengaruh yang tidak berada pada *center* jembatan. Lantas, perbedaan distribusi gaya inilah yang menyebabkan jumlah *strand cable stayed* di bagian kiri dan kanan pada segmen yang sama, jumlahnya berbeda.

Pada Jembatan Sei Alalak jumlah *cable* pada sisi depan (*front span*) dan belakang (*back span*) juga berbeda (asimetris). Terdapat 14 *cable* pada sisi depan dan 10 *cable* pada sisi belakang. Perbedaan ini di seimbangkan selain dengan jumlah *strand cable* yang berbeda dan juga dengan menggunakan struktur *counterweight* pada sisi belakang.



**Gambar 4.** Mode Shape 1 Dari Analisis Struktur (Berkaitan dengan bentuk vibrasi hasil perencanaan atau uji)

Keunikan Jembatan Sei Alalak ini menghadirkan tantangan baru untuk dapat melaksanakannya sesuai dengan desain. Hal hasil, diperlukan kontrol geometrik dengan menggunakan bantuan permodelan yang diaplikasikan sesuai dengan *staging* pelaksanaan *erection*, *staging* penarikan *cable* sampai *final tuning* yang telah ditentukan dan dikontrol dengan menggunakan alat *Robotic Total Station* pada saat pelaksanaannya.

Di sisi lain, meski Kalsel tidak mengalami bencana gempa, namun dalam perencanaannya tetap memperhatikan ketahanan struktur terhadap gempa yang sifatnya dinamis di masa mendatang. Sementara itu, Jembatan Sei Alalak juga dikategorikan jembatan khusus yang memiliki fungsi strategis yang ditentukan oleh instansi berwenang, dirancang memiliki usia layan hingga 100 tahun atau 1 abad.

Dengan begitu, tim di lapangan juga terus memperhatikan faktor penting lainnya, sebagai daya dukung jembatan utama, seperti pondasi. Pemilihan struktur pondasi tentunya berdasarkan hasil kajian analisis struktur dan lingkungan sekitar proyek, mengingat sebagian besar wilayah merupakan daerah rawa.

“Kita ketahui bersama bahwa proyek Jembatan Sei Alalak ini berlokasi di wilayah perkotaan (berbatasan langsung dengan RSUD Dr Ansari Saleh) dengan lapisan tanah yang didominasi oleh lapisan tanah lempung sangat lunak dan cukup tebal (30 meter dari permukaan tanah terdapat lensa pasir setebal variasi 5 sampai dengan 6 m), namun membutuhkan daya dukung yang cukup besar,” terang Andika Mulrosha.

Dalam penyelidikan struktur tanah tidak ditemukan lapisan tanah keras hingga kedalaman 100 meter dari permukaan tanah eksisting. Dengan kondisi lapisan tanah tersebut, maka hampir tidak mungkin untuk menggunakan tiang pancang (*spun pile*) sebagai struktur pondasi jembatan. Lantas, diputuskan struktur pondasi bored pile dengan kedalaman hingga 70 meter dan berdiameter 1.8 meter sebagai penopang struktur utama Jembatan Sei Alalak.

#### PONDASI BORED PILE

Pondasi *bored pile* digunakan agar mampu mengakomodir kebutuhan terhadap daya dukung struktur atas, serta mempertimbangkan pekerjaan yang berada di wilayah padat penduduk atau perkotaan karena minim menimbulkan efek buruk kepada lingkungan sekitar.



**Gambar 5.** Pengecoran Bored Pile

Tantangan terbesar pekerjaan *bored pile* adalah tidak diperkenankan terjadi kegagalan pelaksanaan di lokasi yang sangat tinggi probabilitas kegagalannya.

Hal tersebut dikarenakan ruang bebas (*space*) untuk kemungkinan penambahan baris pondasi ke arah sungai dan ke arah samping tidak memungkinkan lagi. Dalam pelaksanaannya dilakukan mitigasi dan kontrol yang ketat. Pelaksanaan *bored pile* sendiri menggunakan metode *auger bucket* dengan bantuan *bentonite*.

Metode ini diterapkan akibat daya dukung tanah yang rendah dibutuhkan *casing SWP* sepanjang 15 m untuk mencegah keruntuhan tanah karena proses pengeboran. Pada kedalaman 15 sampai dengan 70 meter menggunakan bantuan *bentonite* untuk menjaga keutuhan lubang bor.

“*Platform* pengeboran sendiri kita tentukan elevasinya berada 1 meter di atas muka air tanah (muk air banjir) dan menggunakan *bentonite* yang memiliki massa jenis yang lebih daripada air. Sehingga dalam pelaksanaannya *bentonite* selalu rutin dicek pencampuran, viskositas, dan massa jenisnya,” beber Andika.

Pada pelaksanaan *bored pile* juga dibatasi dengan ketatnya waktu diakibatkan kemampuan *bentonite* untuk menahan tekanan air dan tanah, sehingga dalam pelaksanaannya haruslah kontinuitas dan terukur.



**Gambar 6.** Pengecoran Bored Pile

Pada pekerjaan pembetonan digunakan beton  $F_c' 35$  yang memiliki retensi sampai dengan 8 jam untuk menjamin keseragaman beton saat pengecoran dengan menggunakan metode pipa tremie, untuk menjamin pematatan beton digunakan beton dengan *slump test*  $18 \pm 2$  cm.

Dalam menjaga mutu *bored pile* dilaksanakan pengujian-pengujian berupa uji keutuhan bored pile dengan menggunakan *Crosshole Sonic Logging Test (CSL)* dan *Thermal Integrity Profiling (TIP)*, uji daya dukung bored pile dengan menggunakan *Pile Driving Analysis (PDA)* dan *BiAxial Test* dengan *Ostenberg Cell*, serta uji lateral.

## KOMPLEKSITAS PEKERJAAN JEMBATAN SEI ALALAK

Selain pondasi, mutu beton yang menjadi perhatian serius adalah saat proses pekerjaan struktur utama Jembatan Sei Alalak. Dalam pembangunan Jembatan Sei Alalak menggunakan beton mutu tinggi  $f_c$  45 MPa secara *in situ* maupun *precast* yang sangat jarang dilakukan dalam pekerjaan struktur utama jembatan.

Pasalnya cukup beresiko jika minim keahlian dikarenakan *precast* yang dilaksanakan adalah melengkung dan menggunakan sistem *match cast longline* yang mana dilaksanakan sesuai kondisi real terpasang nantinya. Selain itu, pemilihan komposisi dan kualitas yang tepat terhadap material agregat, semen, air, serta bahan additif, jadi faktor penentu kualitas/mutu pekerjaan beton.

Terdapat beberapa jenis *Job Mix Design* untuk beton  $f_c$  45 yang diperuntukkan sesuai dengan peruntukannya seperti  $f_c$  45 Single Size,  $f_c$  45 Double Size,  $f_c$  45 Wet Joint, dan  $f_c$  45 Slab. Masing-masing *Job Mix Design* tersebut menggunakan komposisi dan additif yang berbeda.

Namun dalam pembuatan JMF dilakukan pembatasan penggunaan semen (maksimal 500 kg) untuk mencegah suhu yang berlebih (maksimal 85 derajat) saat hidrasi melalui perhitungan kalor hidrasi beton dengan menggunakan %tase kimiawi semen. Pada pelaksanaan *mass concrete* juga dilakukan percobaan dengan melalui *mock up* yang dilengkapi dengan *thermocouple* yang diletakkan pada beberapa tempat yang representatif untuk mengetahui panas hidrasi.

Berdasarkan data tersebut dapat dilakukan mitigasi *mass concrete* sehingga dilakukan dengan memanfaatkan pengecoran *layer per layer* dengan memanfaatkan tulangan sebagai media pendingin, menggunakan es pada air, dan menggunakan dilatasi suhu dengan melapisi beton sesaat dibuka bekisting dengan sika antisol (*curing*) serta melapisi dengan gabus dan plastik *wrapping*. Untuk material penyusun beton yang digunakan, keseluruhannya bersumber dari wilayah Kalimantan Selatan.

Perhatian serius lainnya dalam pengerjaan Jembatan Sei Alalak, yaitu pekerjaan struktur utama yang terdiri *edge beam* dan *cross beam* (balok melintang) dilakukan secara *pracetak/precast*. Pembuatan beton *edge beam* khususnya juga menggunakan sistem *match cast longline* seperti pemasangan lego, yang bertujuan untuk memastikan *erection* struktur bisa berjalan dengan baik saat di lokasi kerja sesuai permodelan dan mengurangi volume beton *wet joint* yang secara tidak langsung mempercepat proses *erection*. *Match Cast Longline* ini tujuannya lebih kepada ketepatan dan keakuratan dari pengaplikasian struktur bentang utama yang kompleks.

Terakhir yang tidak kalah kompleks juga pada Perencanaan *3D Chamber*. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa beton struktur bentang utama jembatan yang terdiri dari struktur utama yaitu *edge beam* dan *cross beam* tidak memiliki penyimpangan di luar toleransi ketika dipasang (*erection*). *3D Chamber* ini diaplikasikan menjadi suatu sistem pembuatan beton *pracetak* pada  *Casting Yard* dengan telah memperhitungkan *prechamber* jembatan secara vertikal dan lekukan struktur secara horizontal.

Pekerjaan Jembatan Sei Alalak yang dimulai sejak 2018, menggunakan dana dari Surat Berharga Syariah Negara (SBSN) tahun anggaran 2018-2021, senilai Rp 278,4 miliar, melalui skema Kerja Sama Operasi (KSO) antara PT Wijaya Karya (Persero) Tbk dengan PT Pandji Bangun Persada, dengan skema pekerjaan tahun jamak (*multiyears contract*).

Hadirnya Jembatan Sei Alalak, disamping memberikan fungsi yang sangat vital dalam menunjang aktivitas masyarakat serta pertumbuhan perekonomian wilayah Kalimantan Selatan, juga menjadi ikon baru bagi Kalimantan Selatan. Terlebih lagi, Jembatan Sei Alalak merupakan pertama di Indonesia yang dibuat dengan struktur melengkung.

## “PEMELIHARAAN RUTIN JALAN DEKAI – KENYAM KABUPATEN YAHUKIMO PROVINSI PAPUA”

Oleh Kain Meokbun

“Meningkatnya Konektivitas Masyarakat, akan terbentuk juga jalur logistik baru yang mendukung tumbuhnya embrio pusat perekonomian” Menteri PUPR Basuki Hadimulyo

Kabupaten Yahukimo merupakan dataran rendah, dataran tinggi, daerah bergunung dan perbukitan yang berada di Provinsi Papua. Yahukimo masih mengalami keterbatasan fasilitas dan infrastruktur sebagai konektivitas masyarakat menuju wilayah lain. Menurut Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2020-2024, konsepsi pengembangan wilayah diilustrasikan sebagai pembangunan infrastruktur wilayah PUPR yang terpadu dan diarahkan untuk mempercepat pembangunan fisik di pusat-pusat pertumbuhan ekonomi kawasan sesuai dengan klusternya, terutama pengembangan wilayah di luar Jawa (Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua) dengan memaksimalkan keuntungan aglomerasi, menggali potensi dan keunggulan daerah dan peningkatan efisiensi dalam penyediaan infrastruktur dalam kawasan, antar kawasan, maupun antar wilayah.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Yahukimo dalam Angka 2021, Kabupaten Yahukimo memiliki wilayah seluas 17.512 km<sup>2</sup>. Distrik Kurima menjadi distrik dengan wilayah terluas di Kabupaten Yahukimo dengan luas wilayah 605 km<sup>2</sup>. Sebaliknya Distrik Duram menjadi distrik dengan luas wilayah paling kecil di Kabupaten Yahukimo dengan luas 100 km<sup>2</sup>. Distrik Dekai sebagai ibukota Kabupaten Yahukimo memiliki luas 520 km<sup>2</sup>. Menurut Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Papua 2018-2023 Kawasan Pengembangan Ekonomi Berbasis

Wilayah Adat di Provinsi Papua, Wilayah Kabupaten Yahukimo merupakan Kawasan Budaya Lapago dengan fokus pengembangan Perkebunan dan Industri Sagu, Buah Merah, Ubi Jalar dan Pariwisata.

Pendirian Kabupaten Yahukimo diputuskan menurut Undang-Undang (UU) Nomor 26 Tahun 2002 dan diresmikan pada 11 Desember 2003. Kabupaten Yahukimo merupakan kabupaten hasil pemekaran Kabupaten Jayawijaya yang berawal dari sebuah distrik, yakni Distrik Kurima. Distrik ini dimekarkan dan diproduksi menjadi Distrik Ninia, Distrik Anggruk dan Distrik Apalahapsili, sesuai dengan UU No. 22 Tahun 2000 tentang Persyaratan Pembentukan Kabupaten, yang menjelaskan bahwa pemekaran dapat dilakukan jika minimal terdapat tiga distrik.

Nama Yahukimo berasal dari nama empat suku yang bermukim di daerah tersebut, yaitu Yali, Hubla, Kimyal dan Momuna. Di Kabupaten ini terdapat dua kawasan yang cukup terkenal untuk penggemar *trekking*, yaitu Kurima dan Anggruk. Kabupaten Yahukimo memiliki sejarah sebagai suku terasing atau masyarakat primitif yang kehidupannya identik dengan perang suku dan kanibalisme. Sejarah ini dimuat dalam buku tulisan Don Richardson berjudul Anak Perdamaian.

Sejalan dengan pembangunan pengembangan ekonomi berbasis wilayah adat terdapat isu strategis Kabupaten Yahukimo yang tercantum pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Daerah Yahukimo 2016-2021, diantaranya:

- 1 Minimnya ketersediaan Infrastruktur atau sarana prasarana di segala bidang baik pendidikan, kesehatan maupun aksesibilitas antar wilayah.
- 2 Masih tingginya angka kemiskinan.
- 3 Tenaga kerja di Kabupaten Yahukimo minim kualitas dan lapangan usaha yang digeluti oleh tenaga kerja tersebut juga tidak memberikan hasil pendapatan yang optimal.
- 4 Belum optimal dan meratanya pelayanan kesehatan.
- 5 Masih rendahnya kualitas dan pemerataan pendidikan untuk masyarakat.
- 6 Semakin luasnya titik-titik rawan bencana alam.
- 7 Tingkat kesejahteraan dan ekonomi masyarakat yang masih relatif rendah.
- 8 Sumber daya alam yang tersedia belum mampu dimanfaatkan dengan maksimal untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Wamena, termasuk dalam Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Tipe A dengan wilayah penanganan meliputi 14 Kabupaten di antaranya Kabupaten Mimika, Kabupaten Deiyai, Kabupaten Paniai, Kabupaten Intan Jaya, Kabupaten Puncak, Kabupaten Puncak Jaya, Kabupaten Tolikara, Kabupaten Lanny Jaya, Kabupaten Nduga, Kabupaten Membramo Tengah, Kabupaten Yalimo, Kabupaten Jayawijaya, Kabupaten Yahukimo, dan Kabupaten Pegunungan Bintang.

Dalam rangka pelaksanaan Renstra Kementerian PUPR yang berakhir pada tahun 2024, instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2020 Tentang Percepatan Pembangunan Kesejahteraan di Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat kepada Menteri Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat konektivitas jalan untuk mendorong pengembangan ekonomi wilayah, pembukaan isolasi daerah, sentra-sentra ekonomi, perbatasan negara, dan aksesibilitas di daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3 T) sesuai dengan kebijakan Major Project Trans Papua di RPJMN Tahun 2020-2024. Kebijakan tersebut

mengembangkan model pengembangan sentra-sentra komoditas dan kawasan perdesaan yang terpadu di koridor Trans Papua Kabupaten Yahukimo sendiri mempunyai “pekerjaan rumah” yang banyak diantaranya, pembangunan 13 Jembatan dengan variasi bentang jembatan 20m – 100m dan pemeliharaan rutin Jalan Dekai-Kenyam dengan panjang 40 Km. Namun keterbatasan pembiayaan pada Tahun Anggaran 2021, Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Wamena melalui Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah V Provinsi Papua (Puncak Jaya), PPK 5.2 melaksanakan 2 (dua) kegiatan yaitu Pemeliharaan Rutin Jalan Dekai – Kenyam KM 70+000 (titik akhir) dan Pembangunan Jembatan Kali Yegi (Tahap II) KM 43+600.



Sumber: Bahan Monitoring PPK 5.2  
Gambar 1. Stripmap Ruas Jalan Dekai- Kenyam di Kabupaten Yahukimo

### PEMELIHARAAN KONSTRUKSI JALAN

Pekerjaan pemeliharaan konstruksi jalan merupakan pekerjaan yang penting untuk dilaksanakan karena konstruksi jalan merupakan investasi modal yang besar sehingga apabila pelaksanaannya diabaikan akan membutuhkan biaya rekonstruksi yang sangat mahal untuk bisa mempertahankan *performance standard* (perbaikan ke standar kondisi yang layak). Tujuan dari pemeliharaan konstruksi jalan yaitu:

- 1 Mempertahankan kondisi jalan
- 2 Memperkecil biaya operasional kendaraan
- 3 Mengurangi laju kerusakan.

Pekerjaan pemeliharaan konstruksi jalan memberikan dampak positif bagi masyarakat setempat untuk peningkatan ekonomi dan penambahan lapangan pekerjaan baru. Kementerian PUPR melalui Dirjen Binamarga membuat surat edaran Direktur Jenderal Binamarga Nomor : 8/SE.Db./2020 Tentang Mekanisme Padat Karya di Direktorat Binamarga. Padat karya ialah kegiatan yang melibatkan pemberdayaan masyarakat (penganggur, setengah penganggur dan miskin dalam kegiatan pelaksanaan rutin jalan di ruas jalan Dekai-kenyam (Pengendalian Tanamam) dengan durasi pekerjaan 16 (enam belas hari), Tenaga Kerja per hari 7 (tujuh) orang memperkerjakan 112 (seratus duabelas). orang

### PEMELIHARAAN RUTIN (ROUTINE MAINTENANCE)

Pemeliharaan rutin merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terus menerus sepanjang tahun. Pemeliharaan tersebut meliputi diantaranya: perbaikan kerusakan kecil, penambalan lubang, pemburasan, perbaikan kerusakan tepi perkerasan, perawatan trotoar.



Sumber: Dokumentasi Pribadi  
Gambar 2. Ruas Jalan di Kabupaten Yahukimo(Titik 0)

Pemeliharaan rutin dilakukan sesuai Standar Dan Pedoman Direktorat Pembangunan Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga yang terdiri dari Divisi 8 tentang Rehabilitasi Jembatan, Divisi 9 Pekerjaan Harian dan Pekerjaan lain-lain, dan Divisi 10 Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja.

### Divisi VIII Rehabilitasi Jembatan

8.3.(2a) Pengecatan dekoratif pada elemen struktur beton, tebal : 10mm

- 1 Jenis bahan cat yang akan digunakan pada permukaan harus (kompatibel) dengan bahan dasar struktur beton yang akan diberi lapisan pelindung dan tujuan perlindungan beton.
- 2 Jenis cat harus sesuai dengan persyaratan dari pabrik pembuat berdasarkan spesifikasi serta sertifikat yang menjamin keaslian bahan cat yang digunakan dan disetujui oleh pengawas pekerjaan.
- 3 Cat yang digunakan harus tahan terhadap cuaca (UV), tahan terhadap alkali, tahan terhadap karbonasi.
- 4 Untuk memastikan hasil akhir yang dapat diterima, maka harus dilakukan pemeriksaan akhir terhadap semua permukaan yang telah dicat terhadap kerusakan serta dilakukan juga pengukuran ketebalan cat dengan menggunakan alat pengukur ketebalan cat dalam kondisi basah maupun kering.
- 5 Untuk pengecatan dekoratif dapat menggunakan jenis cat: *Water-based Portland cement, Water-based polymer latex, single-component polymer and Two-component polymer*. Untuk pengecatan dekoratif, jumlah pelapisan dan ketebalan cat mencapai keseragaman (*uniformity*) dalam warna dan tekture, tanpa merusak atau menurunkan kualitas.

**“...Konstruksi jalan merupakan investasi modal yang besar sehingga apabila pelaksanaannya diabaikan akan membutuhkan biaya rekonstruksi yang sangat mahal untuk bisa mempertahankan performance standard...”**

### 8.10 (2) Perbaikan lantai jembatan

Merujuk pada standar dan pedoman Divisi 8 (8.10(2)) dijelaskan bahan perbaikan lantai jembatan meliputi:

#### 1 Kayu

Jenis bahan atau material kayu yang akan digunakan sebagai struktur utama jembatan kayu secara lengkap atau untuk konstruksi lantai kayu pada jembatan sementara atau semi permanen harus mempunyai mutu minimum sama dengan kayu kelas I jika tidak disebut lain dalam Gambar.

#### 2 Bahan pendukung

Material pendukung mencakup pelat baja pengangkut, baut sambungan, paku, klem serta bahan-bahan lain diperlukan dalam pekerjaan struktur kayu. Mutu bahan yang digunakan sebagai pendukung harus sesuai persyaratan dalam gambar atau disetujui oleh pengawas pekerjaan

### Divisi IX Pekerjaan Harian dan Pekerjaan lain-lain

#### 9.2 (3b) Rambu jalan ganda dengan permukaan pemantul *Engineering Grade*

Rambu jalan harus mempunyai ukuran, warna, jenis dan luas permukaan yang memantul sesuai ketentuan dari Peraturan Menteri Perhubungan No.PM 13/2014.

#### 9.2 (6a) Patok kilometer

Selama Masa Pelaksanaan agar dapat memelihara keamanan jalan lama sebaik mungkin pemasangan baru atau penggantian rambu jalan, patok pengaman, patok kilometer, patok hektometer rel pengaman, paku jalan tidak memantul dan/atau memantul, kereb beton, blok beton, beton pemisah jalur, lampu penerangan jalan, pagar pemisah pedestrian harus dilaksanakan dan marka jalan harus dicat pada permukaan jalan sedini mungkin.

### Divisi X Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja

#### 10.1.(21) Pembersihan drainase

#### 10.1.(22) Pengendalian tanaman

Pekerjaan pemeliharaan rutin harus mencakup operasi seperti pembuangan lanau, daun, kotoran, tanah sedimen atau endapan, semak dan bahan-bahan lain yang mengganggu saluran samping, gorong-gorong dan sistem drainase yang ada. Pengembalian kondisi pasangan batu dengan mortar atau drainase yang dilapisi lainnya atau gorong-gorong dan pekerjaan perbaikan seperti galian untuk selokan baru, perluasan, peninggian, realinyemen atau pelapisan pada drainase, dan selokan yang ada atau pergantian perpanjangan atau pembuatan struktur drainase baru seperti gorong-gorong, lubang penangkap (*catch pits*), db.



Sumber: Bahan Monitoring PPK 5.2  
Gambar 3. Foto Pelaksanaan Ruas Jalan Dekai- Kenyam di Kabupaten Yahukimo

Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah sebagai penyelenggara jalan sebagaimana diamanatkan Pasal 13 UU No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan mempunyai kewajiban wajib memprioritaskan pemeliharaan, perawatan dan pemeriksaan jalan secara berkala untuk mempertahankan tingkat pelayanan jalan sesuai dengan standar pelayanan minimal yang ditetapkan. Pembiayaan pembangunan jalan umum dan jembatan menjadi tanggung jawab pemerintah pusat dan/atau pemerintah daerah.

Lebih jelas menurut J'afar M. (2007) menyatakan bahwa, infrastruktur memiliki peranan positif terhadap pertumbuhan ekonomi dengan jangka pendek menciptakan lapangan kerja sektor konstruksi, sedangkan jangka menengah serta jangka panjang akan mendukung peningkatan efisiensi, produktivitas sektor-sektor terkait.

Infrastruktur dapat menjadi jawaban dari kebutuhan negara-negara yang ingin mendorong pertumbuhan ekonomi, melalui penanggulangan kemiskinan, meningkatkan kualitas hidup, mendukung tumbuhnya pusat ekonomi dan meningkatkan mobilitas barang dan jasa serta merendahkan biaya aktifitas investor dalam dan luar negeri.

### PENUTUP

Model pengembangan sentra-sentra komoditas dan kawasan perdesaan terpadu di koridor Trans Papua yang dinilai layak sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi dan Kabupaten perlu dikembangkan terkait;

- 1 Peningkatan pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi di Kabupaten Yahukimo, Pemerintah perlu lebih meningkatkan pembangunan infrastruktur dengan mengacu pada pembangunan berdasarkan Kontekstual Papua.
- 2 Kendala pembangunan infrastruktur yang dihadapi adalah hak ulayat dan keamanan pekerja yang bekerja dilapangan.

- 3 Proporsi anggaran untuk infrastruktur jalan diprioritaskan baik untuk memperbaiki jalan yang rusak maupun untuk membuka jalan baru, agar daerah-daerah pedalaman yang terisolir dapat terhubung dengan daerah-daerah lain yang ada di Kabupaten Yahukimo dengan demikian akan mempercepat pertumbuhan ekonomi.

- 4 Pengeluaran Pemerintah untuk infrastruktur jalan masih rendah dan pengalokasiannya belum efektif sehingga menyebabkan kelambatan dalam peningkatan pertumbuhan ekonomi. Hal ini didasarkan pada Data Badan Pusat Statistik PDRB Kabupaten Yahukimo tahun terakhir yang mengalami kenaikan.

Visi Indonesia 2045, "Berdaulat, Adil dan Makmur" Infrastruktur PUPR diharapkan dapat menjadi pemicu pengembangan wilayah di pulau-pulau besar serta perbatasan/ Pulau-pulau terluar Republik Indonesia, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi maupun peningkatan kualitas masyarakat.

**"...Pekerjaan pemeliharaan konstruksi jalan merupakan pekerjaan yang penting untuk dilaksanakan karena konstruksi jalan merupakan investasi modalyang besar sehingga apabila pelaksanaannya diabaikan akan membutuhkan biaya rekonstruksi yang sangat mahal..."**

# BINEKAPEDIA JENIS-JENIS JEMBATAN

Oleh: Risma Putra  
Pratama Sastrawiria

Jembatan merupakan struktur penghubung jaringan jalan yang dibangun diatas rintangan seperti sungai, laut, lembah/jurang, lintasan kereta api, maupun jalan. Jenis-jenis jembatan yang ada di Indonesia sangat beragam, mengingat kondisi geografis di Indonesia yang terdiri dari pegunungan, lembah, sungai, serta kondisi lalu lintas jalan yang membutuhkan persimpangan tidak sebidang.

Berdasarkan sejarah, beberapa tipe jembatan yang umumnya ada di masa pra kemerdekaan di Indonesia (<1945), diantaranya yaitu tipe Pasangan Batu/Bata, Rangka Baja, Gelagar Beton/Baja, dan Kayu. Sedangkan pasca kemerdekaan, teknologi pembangunan jembatan dengan material beton dengan perkuatan mulai banyak digunakan sebagai alternatif pemilihan tipe bangunan atas jembatan.

## 01 Tipe Pelengkung Pasangan Batu/Bata



Sumber : BBPJJN Jawa Tengah DIY © Logung (emi)



Sumber : BBPJJN Jawa Tengah DIY © Praholo (esi)



## 02 Tipe Rangka Baja



Sumber : BBPJJN Jawa Tengah DIY © Jurug C (rbb)

## 04 Tipe Gelagar Beton



Sumber: ©Bondet B (eti)

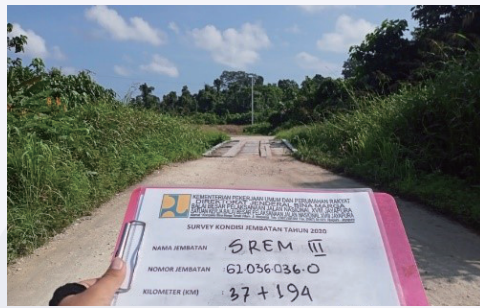
## 03 Tipe Gelagar Baja



Sumber : BBPJJN Jawa Timur Bali (Jembatan Tukad Grogak)



# 05 Tipe Kayu



Sumber : BPJN Jayapura (Jembatan Srem III)



Pada masa pra kemerdekaan sekitar tahun 1950 an – 1980 an pemanfaatan beton mengalami peningkatan, maka begitu pula teknologi jenis bangunan atas jembatan menjadi banyak berkembang dengan menggunakan beton. Beberapa teknologi tersebut diantaranya yaitu gelagar beton dengan teknologi pracetak pratekan, tipe boks pracetak, tipe pelat, pelengkung beton, dan teknologi beton lainnya. Untuk material Baja mulai digunakan untuk beberapa struktur jembatan Khusus (bentang Panjang).

# 06 Tipe Pelengkung Beton (Serayu Cindaga)



Sumber: BBPJN Jawa Tengah DIY

# 07 Tipe Gelagar Beton Pracetak Pratekan



Sumber: Pusjatan ( Jembatan Cilawi)

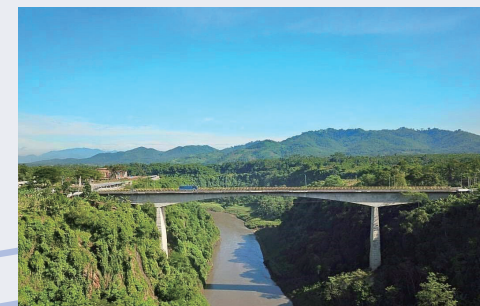
# 08 Tipe Pelat Berongga (Voided Slab)



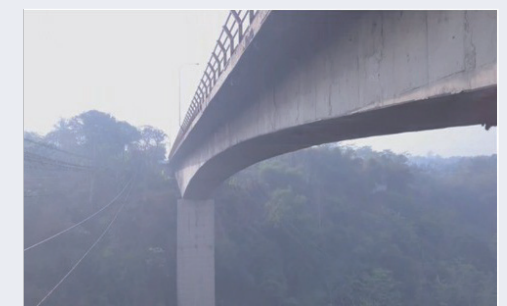
Sumber : Jembatan Kaliwaru A



# 09 Tipe Boks Beton Prategang (Rajamandala)



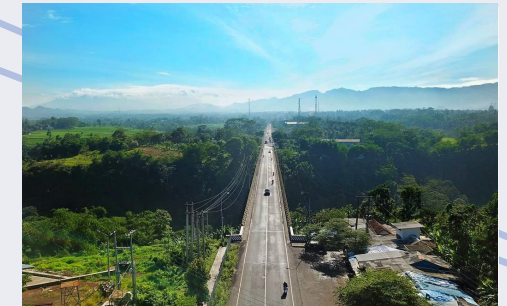
Sumber: Facebook @ahmadfaizaliksian



Sumber: BBPJN Jawa Barat DKI



Sumber : Kreasiprimaland.com



Sumber : © Ahmad Faizal Iksan

# 10 Tipe Boks Baja Tomang *Interchange*



Sumber: @ThroughTheL3ns via <https://www.flickr.com/photos/72458541@N07/>

# 11 Tipe Gelagar Baja (Khusus) Jembatan Ampera



Sumber: BBPJN Sumatera Selatan

# 12 Tipe *Suspension* (Gantung) Jembatan Barito



Sumber: <https://backpackerjakarta.com/jembatan-barito-pernah-menjadi-jembatan-gantung-terpanjang-di-indonesia/>



Pada Era tahun 1990 sampai dengan 2000 an, mulai dibangun jembatan bentang Panjang dengan sistem *Suspension* dan *Cable Stayed*.

# 13 Tipe Kabel (*Cable Stayed*) Jembatan Fisabilillah



Sumber: BPJN Kepulauan Riau



Sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Jembatan\\_Tengku\\_Fisabilillah\\_\(jembatan\\_I\).jpg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Jembatan_Tengku_Fisabilillah_(jembatan_I).jpg)

# 14 Tipe Pelengkung Baja Jembatan Merah Youtefa



Sumber: Dokumentasi Biro Komunikasi Publik Kementerian PUPR

"Pemuda hari ini harus turun tangan, berkarya nyata menjawab semesta Indonesia."

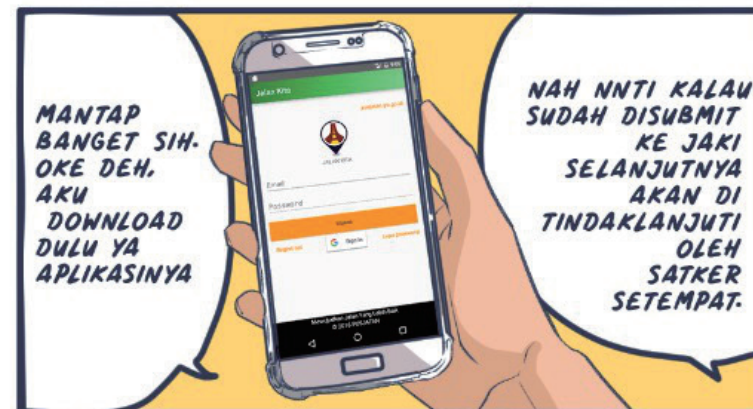
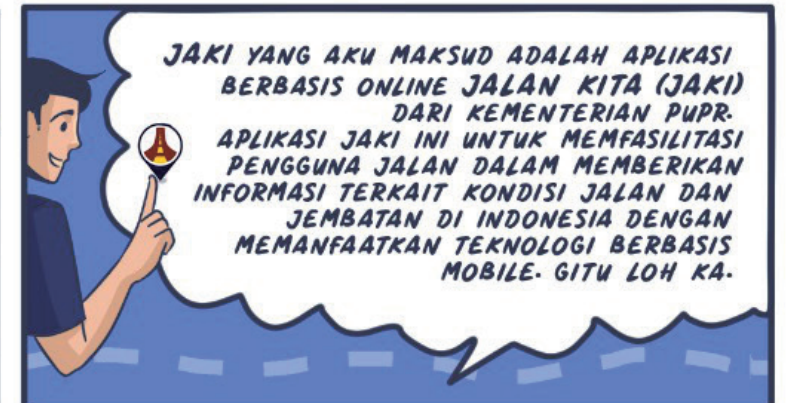
Najwa Shihab



KLUAN  
Mampang  
Kuningan  
Menteng  
200 M



# MAS BIN & MBAK EKA





**binamarga.pu.go.id**

2021

