TEKNOLOGI JALAN UNTUK KONEKTIVITAS DI KORIDOR SUMATERA

oleh

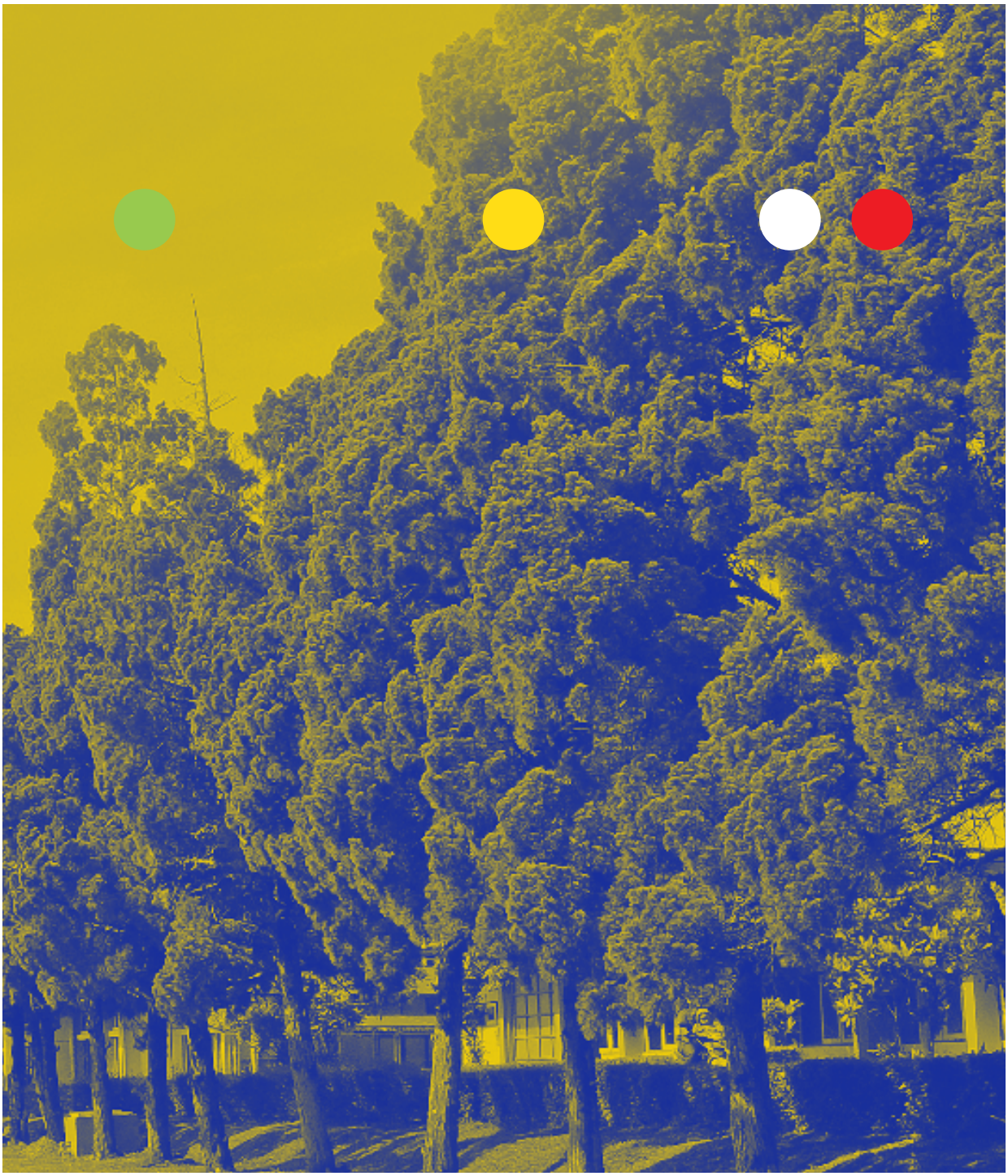
HARLAN PANGIHUTAN

ACHMAD SIDHI PURNAMA

PUSLITBANG

JALAN DAN JEMBATAN

2014



TEKNOLOGI JALAN UNTUK KONEKTIVITAS DI KORIDOR SUMATERA

Penulis
Harlan Pangihutan
Achmad Sidhi Purnama

Cetakan Ke-1 Desember 2014

ISBN
978-602-264-114-8

Kode Kegiatan
2432.001.011

Koordinator Penelitian
Ir. IGW. Samsi Gunarta, M.Appl.Sc
Puslitbang Jalan Dan Jembatan

Editor
Dr. Ir. Tri Basuki, MT

Layout dan Design
Gifran Muhammad Asri
Rilies Kelviana

Penerbit
Kementerian Pekerjaan Umum
Badan Penelitian dan Pengembangan
Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

Dicetak oleh
CV ADIKA (Anggota IKAPI)

Pemesanan
Perpustakaan Puslitbang
Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id

KEANGGOTAAN SUB TIM TEKNIS BALAI TEKNIK LALU LINTAS DAN LINGKUNGAN JALAN

Ketua
Ir. Agus Bari Sailendra, MT

Sekretaris
Ir. Nanny Kusminingrum

Anggota
Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.Sc
DR. Ir. IF. Poernomosidhi, M.Sc
DR. Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc
Dr. Ir. Dadang Mohammad, M.Sc
Dr. Ir. Tri Basuki J, M.Sc
Dr. Ir. Sri Hendarto, M.Sc
Prof. Dr. Ir. Budi Hartanto, M.Sc

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada di bawah Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini memiliki peranan yang sangat strategis di dalam mendukung tugas dan fungsi Kementerian Pekerjaan Umum dalam menyelenggrakan jalan di Indonesia. Sebagai lembaga riset, Pusjatan memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan yang terkemuka dan terpercaya, dalam menyediakan jasa keahlian dan teknologi bidang jalan dan jembatan yang berkelanjutan, dan dengan misi sebagai berikut:

-1-

Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikatif, dan berdaya saing,

-2-

Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal, dan

-3-

Menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengembangan bidang jalan dan jembatan.

Pusjatan memfokuskan dukungan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaran litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna. Kemudian Pusjatan memiliki fungsi untuk memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi, dan nilai-nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

Prakata

Buku naskah ilmiah merupakan hasil dari kegiatan penelitian dan pengembangan dengan judul " Konsep Teknologi Jalan yang Mendukung Pengembangan Koridor I" dengan nomor kode kegiatan 2432.001.011.107.

Secara umum buku ini terdiri atasi beberapa bagian yaitu Pentingnya Pengembangan Prasarana Jalan di Pulau Sumatra, Permasalahan Penanganan Jalan di Pulau Sumatra, BEST PRACTICES Pemanfaatan Teknologi dalam Menangani Permasalahan Transportasi dan Usulan Teknologi yang dapat dimanfaatkan di Pulau Sumatra.

Bandung, Desember 2014
Tim Penulis

Daftar Isi

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Bab I

Pentingnya Pengembangan Prasarana Jalan di Pulau Sumatra

1.1 POTENSI PULAU SUMATRA

Pulau Sumatra merupakan pulau yang strategis, salah satunya adalah di Sumatera terdapat berbagai potensi ekonomi, seperti yang tertuang dalam dokumen *Masterplan* Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI). Pulau Sumatra memiliki potensi berupa perkebunan karet dan sawit serta tambang besi baja dan batu bara. Selain potensi itu, Pulau Sumatra berperan penting karena menjadi jembatan penghubung antara Indonesia dan negara-negara Asia yang akan dilewati Jalan Trans Asia. Tabel 1 menunjukkan kontribusi provinsi-provinsi di Pulau Sumatra terhadap perekonomian Indonesia. Secara keseluruhan, provinsi-provinsi di Pulau Sumatera memberi konstribusi sebesar 23,8%, yaitu menempati posisi tertinggi kedua setelah Pulau Jawa dengan kontribusi 57,6%. Hal ini berarti bahwa pengembangan Pulau Sumatra akan berkontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia. Jika terjadi sesuatu yang menyebabkan perekonomian di Pulau Jawa lesu, provinsi-provinsi di Pulau Sumatra dapat berperan menopang perekonomian Indonesia. Namun, jika melihat tingginya kerapatan pembangunan di Pulau Jawa, pengembangan apa pun di Pulau Jawa hanya akan berdampak kecil bagi perekonomian Indonesia.

PROVINSI/PROVINCES	TAHUN					LPE RATA-RATA	ANDIL %
	2008	2009	2010	2011*	2012**		
Sumatra	978,187	1,055,937	1,224,127	1,420,608	1,600,166	13,1 %	23,8 %
Jawa	2,476,819	2,726,253	3,074,191	3,470,424	3,878,690	11,9 %	57,6 %
Bali	51,916	60,292	67.194	74,029	83,939	12,8 %	1,2 %
Kalimantan	442,550	428,495	487,700	575,556	625,928	9,4 %	9,3 %
Sulawesi	182,824	207,579	239,404	277,684	319,064	14,9 %	4,7 %
Nusa Tenggara Barat	35,188	44,015	49,632	48,825	49,529	9,4 %	0,7 %
Nusa Tenggara Timur	21,656	24,179	27,746	31,222	35,253	13,0 %	0,5 %
Maluku	6,270	7,070	8,085	9,599	11,469	16,3 %	0,2 %
Maluku Utara	3,862	4,691	5,390	6,039	6,918	15,7 %	0,1 %
Papua Barat	13,975	18,145	26,873	36,179	42,760	32,7 %	0,6 %
Papua	61,516	76,887	87,773	76,559	77,765	7,0 %	1,2 %
Total Semua Provinsi	**4,274,764**	**4,653,461**	**5,295,075**	**6,026,723**	**6,731,482**	**12,0 %**	**100,0 %**

Tabel 1 Konstribusi PDRB Provinsi-Provinsi di Indonesia terhadap Perekonomian Nasional

Sumber: BPS 2013

Selain dari sisi PDRB, jumlah penduduk di Pulau Sumatra yang merupakan terbanyak ke-dua di Indonesia setelah Pulau Jawa dengan jumlah 41.199.319 jiwa, juga menjadi potensi perkembangan ekonomi, seperti terlihat pada Tabel 2, baik sebagai pasar maupun sebagai produsen. Jumlah tersebut diproyeksikan akan meningkat mengingat luas Pulau Sumatra empat kali lebih besar dari Pulau Jawa dengan luas 446.687 km2. Luas wilayah ini pun mengindikasikan potensi pembangunan kawasan ekonomi, seperti yang diprogramkan di MP3EI (Gambar 1), akan dibangun 13 Kawasan Perhatian Investasi (KPI) dan 6 KPI Potensial. Apabila seluruh KPI tersebut terbangun, dapat dibayangkan meningkatnya pertumbuhan ekonomi di Pulau Sumatra ini.

NO.	NAMA PULAU	POPULASI (JIWA)	LUAS WILAYAH (KM^2)
1	Sumatra	41.199.319	446.687
2	Jawa	128.470.457	129.306
3	Bali & Nusa Tenggara	11.828.277	71.296
4	Kalimantan	13.723.561	627.104
5	Sulawesi	15.787.955	193.847
6	Papua & Maluku	4.924.081	511.811
	Total	215.933.650	1.980.052

Tabel 2 Populasi beserta Luas Wilayah Pulau-Pulau di Indonesia

Sumber: BPS 2010

Gambar 1 Kawasan Perhatian Investasi (KPI) Koridor Ekonomi Sumatra

Sumber: Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan MP3EI Koridor Ekonomi Sumatra, Kementerian Kehutanan (2014)

1.2 KENDALA PERTUMBUHAN PEREKONOMIAN PULAU SUMATRA

Potensi-potensi yang disebutkan pada subbab sebelumnya akan sia-sia apabila infrastruktur pendukung pergerakan arus orang/barang tidak berjalan dengan baik. Maka dari itulah pembangunan/penyediaan infrastruktur jalan harus berjalan lancar agar tidak menghambat perkembangan ekonomi. Namun, kondisi yang ada justru tidak demikian. Dari wawancara yang dilakukan dengan BPJN I, II, dan III, Jalan Lintas Sumatra yang menjadi tulang punggung (*backbone*) lalu lintas antar wilayah ternyata rawan macet. Permintaan perjalanan yang tinggi membuat sedikit saja gangguan, seperti ban pecah , dapat menyebabkan kemacetan parah. Kemacetan yang kerap terjadi di Jalan Lintas Sumatra tersebut menjadi permasalahan yang harus diselesaikan agar arus orang dan barang dapat berjalan lancar. Kemacetan tersebut disebabkan, selain karena permintaan perjalanan yang tinggi, juga oleh antara pergerakan barang antarkota dan pergerakan dalam kota; tingginya persentase kendaraan berat; tingginya hambatan samping (terutama di dalam kota).

Pangihutan (2014) membuat model sederhana jaringan jalan nasional di Pulau Sumatra, seperti pada Gambar 2. Model dibangun untuk mengetahui batas waktu kemampuan Jalan Lintas Sumatra untuk dapat bertahan apabila diasumsikan pertumbuhan permintaan perjalanan adalah 9,69%. Besar pertumbuhan didapat dari pertumbuhan rata-rata produksi komoditas unggulan di Pulau Sumatra.

Gambar 2 Model Jaringan Jalan Pulau Sumatra

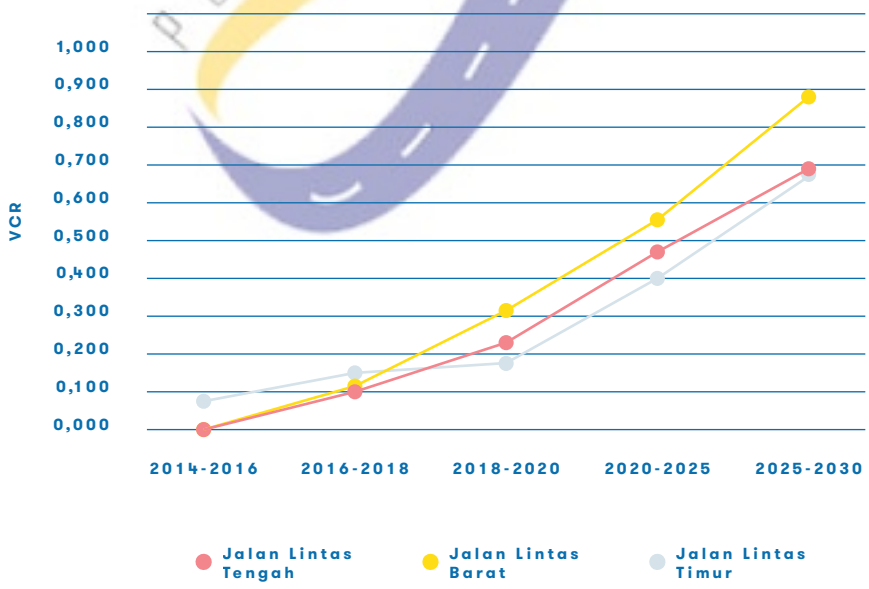
Sumber: Pangihutan, 2014

KORIDOR	2014		2018		2020		2025		2030	
	VCR	TRAVEL TIME (JAM)	VCR	TRAVEL TIME (JAM)	VCR	TRAVEL TIME (JAM)	VCR	TRAVEL TIME (JAM)	VCR	TRAVEL TIME (JAM)
Jalan Lintas Timur	0,502	51,3	0,716	64,1	0,894	90,7	1,307	>>>	>>>	>>>
Jalan Lintas Tengah	0,402	49,5	0,569	53,2	0,806	75,2	1,267	>>>	>>>	>>>
Jalan Lintas Barat	0,442	54,1	0,519	58,8	0,845	99,4	1,400	>>>	>>>	>>>

Tabel 3 Hasil Pemodelan Kondisi Jaringan Jalan Lintas Sumatra

Sumber: Pangihutan, 2014

Hasilnya, seperti pada Tabel 3, adalah bahwa pada tahun 2020 kondisi jaringan Jalan Lintas Sumatra sudah dalam kondisi jenuh dengan ketiga Jalan Lintas VCR-nya di atas 0,8. Dari hasil analisis tersebut juga diketahui bahwa Jalan Lintas Barat merupakan jaringan jalan yang paling cepat peningkatan VCR-nya. Hal tersebut disebabkan kapasitas Jalan Lintas Barat lebih kecil jika dibandingkan dengan jaringan jalan lainnya sehingga ketika dibebankan lalu lintas yang semakin besar, maka peningkatan VCR-nya pun semakin besar.

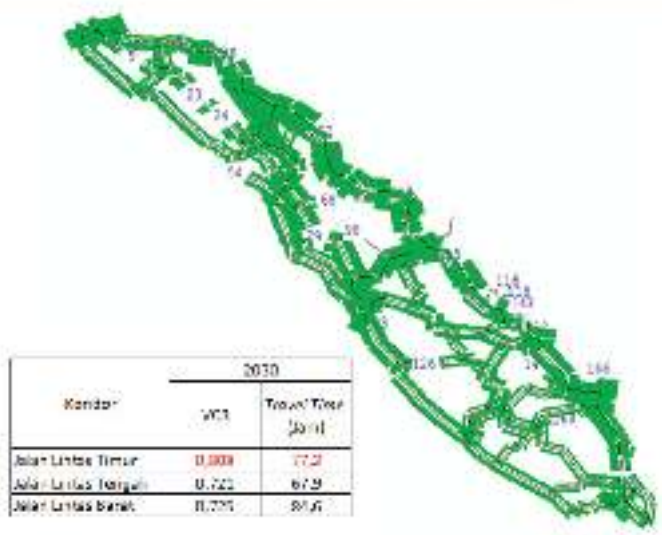


Gambar 3 Selisih Kenaikan VCR Setiap Tahun Pengamatan

Sumber: Pangihutan, 2014

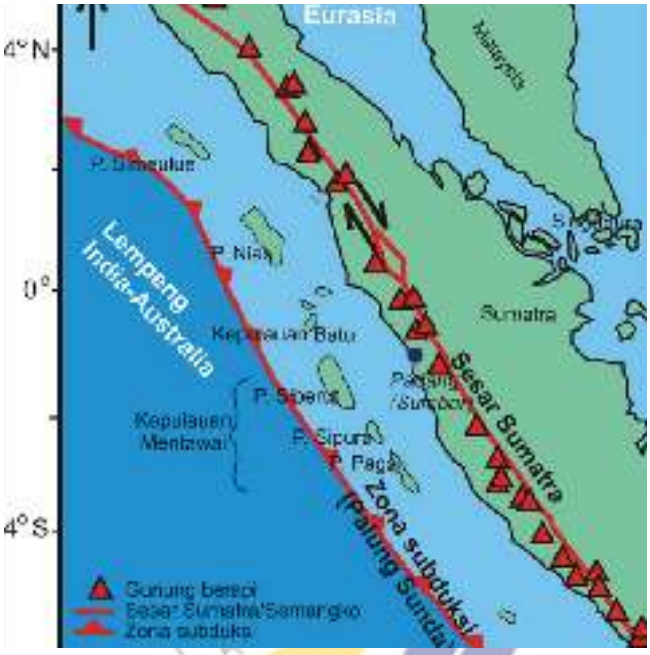
Permasalahan ini tidak dapat diselesaikan hanya dengan memperbaiki kondisi jaringan jalan eksisting karena kapasitasnya yang terbatas sehingga harus disediakan alternatif jaringan jalan yang baru, seperti yang disimulasikan pada model berikutnya dengan menambahkan jaringan jalan baru, yaitu Jalan *High Grade Highway* yang diperlihatkan pada Gambar 4, yang pada tahun 2030 hanya Jalan Lintas Timur yang VCR-nya di atas 0,8. Sementara jaringan jalan lain masih dapat melayani sampai dengan tahun 2030 dengan VCR 0,721 di Jalan Lintas Tengah dan 0,725 di Jalan Lintas Barat.

Perubahan kondisi tata guna lahan (*land use*), baik yang sesuai dengan RTRW atau dokumen perencanaan lainnya maupun yang tidak sesuai menyebabkan berubahnya permintaan perjalanan dan juga mengakibatkan hambatan samping semakin besar ketika pusat kegiatan menumpuk di satu titik.



Gambar 4 Model Jaringan Jalan Pulau Sumatra dengan *High Grade Highway*

Sumber: Pangihutan, 2014



Gambar 5 Kondisi Geografis Pulau Sumatra

Namun, pengembangan infrastruktur di Pulau Sumatra, terutama jalan, juga dihadapkan pada kondisi geografis yang sulit, seperti terlihat pada Gambar 5, Pulau Sumatra dibentuk oleh rangkaian Pegunungan Barisan di sepanjang sisi baratnya, yang memisahkan pantai barat dan pantai timur, lerengnya mengarah ke Samudra Indonesia dan pada umumnya curam. Hal ini mengakibatkan jalur pantai barat kebanyakan bergunung-gunung, kecuali dua ambang dataran rendah di Sumatra Utara (Melaboh dan Singkel atau Singkil) yang lebarnya ±20 km. Sisi timur dari pantai Sumatra ini terdiri atas lapisan tersier yang sangat luas serta berbukit-bukit dan berupa tanah rendah aluvial. Sementara dataran rendah terdapat di bagian timur.

Hasil *Feasibility Study* Tol Terbanggi Besar–Palembang dan Tol Dumai–Tebingtinggi pada tahun 2014 menunjukkan bahwa pada rute Terbanggi Besar–Palembang terdapat sekitar 27–49,5 km daerah hutan rawa, sedangkan pada rute Dumai–Tebingtinggi lebih banyak lagi, yaitu 44,5–104 km. Hasil survei geoteknik pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pada rute Terbanggi Besar–Palembang terdapat tanah lunak di sepanjang 36 km dan kondisi ekstremnya untuk rawa 17 km dan gambut 5 km. Pada rute Dumai–Tebingtinggi terdapat tanah lunak di sepanjang 69 km dan kondisi ekstremnya adalah terdapat 21 km lahan rawa dan 42 km lahan gambut.

BAGIAN	TANAH LUNAK BIASA	TANAH LUNAK EKSTREM			TOTAL TANAH LUNAK
		RAWA	GAMBUT	TOTAL	
Selatan (186 km)	36 km (19%)	17 km	5 km	22 km (12%)	58 km (31%)
Utara (354 km)	69 km (19%)	21 km	42 km	63 km (18%)	132 km (37%)

Tabel 4 Kondisi Geoteknik Rute Terbanggi Besar–Palembang dan Tol Dumai–Tebingtinggi

Sumber: Feasibility Study Tol Terbanggi Besar–Palembang dan Tol Dumai–Tebingtinggi, Laporan Antara (2014)

Kondisi ini akan memengaruhi kedalaman tanah keras untuk fondasi jalan/jembatan sehingga membutuhkan penanganan khusus sebelum melakukan pembangunan jalan/jembatan. Penanganan khusus ini dapat saja menggunakan teknologi cakar ayam modifikasi seperti yang diterapkan di Pulau Kalimantan, tetapi perlu penyelidikan lebih lanjut apakah kondisi tanah gambut dan rawa di Pulau Sumatra ini sama dengan yang ada di Pulau Kalimantan. Dapat saja dengan adanya permasalahan ini muncul teknologi yang berbeda untuk menangani permasalahan tanah gambut dan rawa.

Target dari MP3EI di Koridor Ekonomi I–Sumatera ini adalah peningkatan konektivitas yang salah satu manfaatnya adalah menurunkan waktu tempuh (Lampung–D I Aceh) yang semula 58 jam menjadi 25 jam. Hal tersebut tidak dapat dicapai hanya dengan memperbaiki kondisi jaringan jalan *eksisting*, tetapi juga harus dengan menambah infrastruktur jalan yang baru. Pembangunan infrastruktur tersebut akan lebih baik apabila menggunakan teknologi terbaru, terbaik, dan cocok untuk kondisi di Pulau Sumatra. Untuk itu, dibutuhkan suatu konsep pengembangan jaringan jalan dengan memanfaatkan teknologi inovatif yang sudah sesuai dengan kondisi dan kebutuhan di Pulau Sumatra.

Bab II

Permasalahan Penanganan Jalan di Pulau Sumatra

2.1 ISU/ PERMASALAHAN JALAN DI WILAYAH BPJN I

Permasalahan jalan Lintas Pulau Sumatra dengan tiga lintasan, yaitu Lintas Barat, Lintas Tengah, dan Lintas Timur, memiliki permasalahan yang berbeda-beda. Lintas Barat yang terletak hampir seluruhnya di Pantai Barat memiliki permasalahan terkait dengan rawan bencana karena merupakan daerah patahan sehingga beberapa ruas mengalami longsor. Jalan Lintas Tengah yang melalui simpul permukiman memiliki lalu lintas yang sudah cukup padat pada ruas yang memasuki daerah permukiman. Lintas Timur memiliki karakteristik kegiatan lalu lintas angkutan barang sangat mendominasi, yaitu hampir sebagian besar outlet pelabuhan utama terletak di Lintas Timur. Masalah tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. masalah geometrik dan geoteknik (patahan/rawan longsor) pada kawasan pegunungan Bukit Barisan;
2. masalah tanah lunak dan gambut (Lintas Barat Aceh);
3. masalah beban berlebih, terutama pada Lintas Utama (Lintas Timur);
4. masalah pemenuhan kebutuhan lahan untuk pelebaran jalan;
5. masalah drainase, utilitas, dan fasilitas bagi kendaraan roda dua serta pejalan kaki di kawasan perkotaan.

Ada kecenderungan pelaku perjalanan untuk lebih memilih melewati Jalan Lintas Timur Pulau Sumatra. Jumlah kendaraan yang melewati Jalan Lintas Pantai Timur Sumatra terus meningkat karena merupakan jalan alternatif dengan waktu tempuh terpendek. Meski masih terdapat jalan rusak dan tidak rata, tetapi banyak pengemudi yang melewati jalan lintas ini karena titik kemacetan minim. Jumlah kendaraan yang melewati Lintas Timur belum begitu padat, sehingga ketika dalam perjalanan para pengemudi dapat mempercepat laju kendaraannya dan lebih hemat waktu dan operasional berkendara.

Jalan Lintas Timur Pulau Sumatra yang sering rusak akibat muatan berlebih (*overloaded*). Jalan Lintas Timur Pulau Sumatra termasuk kategori kelas III A sehingga angkutan barang yang diizinkan lewat adalah kendaraan dengan muatan sumbu terberat (MST) maksimal delapan ton. Faktanya banyak kendaraan pengangkut barang dengan MST lebih dari delapan ton, bahkan beberapa truk pengangkut barang itu bermuatan 10–15 ton. Akibat pelanggaran batas muatan kendaraan yang melebihi batas kemampuan

jalan dengan frekuensi pelanggaran yang relatif sering, ruas jalan lintas Sumatra, terutama Jaringan Jalan Lintas Timur rusak parah dan berusia pendek. Bahkan, sebagian ruas Jalan Lintas Timur sering ditutup karena alasan keselamatan lau lintas. Pelanggaran muatan truk barang sudah keterlaluan dengan tingkat muatan yang lebih berat. Banyak truk melakukan pelanggaran dengan muatan hampir 100 persen melebihi izin MST 8 ton sehingga badan jalan tidak mampu menahan beban dan rusak.

Kondisi Geografis Jalan Lintas Barat Pulau Sumatra melewati Bukit Barisan sehingga topografi Jalan Lintas Barat Pulau Sumatra ini berbukit-bukit, jalan sempit, dan berliku. Di beberapa titik alinemennya curam, bahkan di ruas jalan Biha–Krui–Sp. Gunung Kemala–Pugung Tampak–Melesom–Batas Provinsi Bengkulu terdapat alinemen vertikal yang tajam di tanjakan Manula. Selain itu, Jalan Lintas Barat ini merupakan daerah rawan bencana. Ada beberapa titik rawan bencana di sepanjang Jalan Lintas Barat ini, di antaranya adalah Biha–Krui–Sp. Gunung Kemala–Pugung Tampak–Melesom–Batas Provinsi Bengkulu, sepanjang lebih kurang 144 km. Pada segmen ini ada lokasi rawan longsor dan alinemen vertikal yang tajam di tanjakan Manula–Bengkulu via Pagar Alam–Tanjung Sakti–Batas Bengkulu/arah Manna sejauh 114 km, jalan sempit dengan lebar 4,5 m dan rawan longsor, Ketahun–Ipuh–Bantal–Mukomuko, batas Sumatra Barat dengan jarak 213 km, ada daerah rawan abrasi air laut.

Jalan Lintas Tengah Pulau Sumatra melewati beberapa pusat kota dengan Lalu lintas yang padat (*urban area*), penyempitan jalan di beberapa ruas dalam kota, seperti di daerah Musi Rawas, dan adanya pasar tumpah di beberapa titik jalan lintas tengah merupakan permasalahan tersendiri untuk Jalan Lintas Tengah Pulau Sumatra. Permasalahan-permasalahan yang dihadapai pada jaringan Jalan Lintas utama di Wilayah BBPJN I adalah sebagai berikut:

a. lalu lintas *mix traffic*;
b. kecepatan Tempuh rata-rata rendah;
c. beban berlebih pada angkutan barang;
d. kerusakan struktur pada perkerasan aspal;
e. potensi kemacetan pada kawasan pusat kegiatan masyarakat.

MEDAN - TEBINGTINGGI

Kondisi *mix traffic*, kecepatan tempuh rata-rata rendah, beban berlebih pada angkutan barang di ruas jalan Medan–Tebingtinggi

KONDISI PERKERASAN JALAN DALAM KOTA LUNGKAR MEDAN DENGAN UMUR >8 TAHUN

Kondisi perkerasan di jalan dalam kota lingkar Medan yang sudah mengalami kerusakan (retakan)




BANDA ACEH - MEULABOH

Lebar lajur yang sempit dan visibilitas tikungan yang rendah yang membahayakan pengemudi, terutama saat menikung.




LINTAS BARAT PROVINSI ACEH

Kondisi tanah lunak dan gambut di Lintas Barat Provinsi Aceh sering menyebabkan longsor atau turunnya permukaan jalan dan mengakibatkan rusaknya struktur perkerasan.

2.2 ISU/ PERMASALAHAN JALAN DI WILAYAH BPJN II

Permasalahan di wilayah BBPJN II kurang lebih sama dengan wilayah I dan III, yaitu terdapat daerah lahan gambut di sisi timur, khususnya Dumai dan daerah rawan patahan gempa di barat. Penanganan lahan gambut ini membutuhkan perhatian serius karena akan dilewati ruas tol Tebingtinggi–Dumai.

Selain permasalahan tersebut, muncul isu mengenai kebutuhan pemutakhiran NSPM yang ada, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Untuk mengatasi masalah tanah gambut atau tanah lunak sekarang ini banyak teknologi baru, tidak hanya dengan teknologi fondasi cakar ayam atau sarang laba-laba, tetapi ada berbagai macam teknologi geotekstil yang sudah berhasil di negara lain. Jadi dirasa perlu untuk menyempurnakan NSPM penanganan masalah tanah gambut dengan menyertakan teknologi terbaru.

b. Saat ini pemrograman jalan dilakukan hanya dengan melihat satu indikator, yaitu IRI. Namun, menurut AASHTO, terdapat indikator lain yang seharusnya menjadi acuan. Untuk itu, seharusnya dalam pedoman pemrograman jalan digunakan indikator lain tersebut.

c.. Pada pemeliharaan jalan kadang kala kondisi setelah pemeliharaan tidak sesuai dengan grafik umur rencana sehingga jalan selalu rusak sebelum waktunya.

d. Pada saat mendesain jalan, kadang-kadang trase rencana tidak memperhatikan kondisi alam. Hasil desain selalu membutuhkan *cut and fill* yang besar (walaupun kadang-kadang jumlahnya sama). Namun sebenarnya *cut and fill* itu merusak alam, dan seharusnya diminimalisasi. Untuk itu apakah perlu aturan untuk membatasi *cut and fill* agar tidak banyak merusak alam.

e. Saat ini proyek-proyek pemerintah banyak yang terkendala pembebasan lahan. Akibatnya pembangunan tidak tepat waktu dan biayanya jadi membengkak. Untuk itu, dirasa perlu adanya suatu peraturan untuk memudahkan pembebasan la-

han bagi proyek-proyek pemerintah. Contohnya adalah di Belanda yaitu pajak tanah lebih mahal jika dibandingkan dengan pajak bangunan sehingga di sana tidak ada spekulan tanah. Banyak upaya lain untuk melindungi proyek-proyek pemerintah agar tidak terkendala saat pembebasan lahan.

2.3 ISU/ PERMASALAHAN JALAN DI WILAYAH BPJN III

Secara umum pihak BPJN III membutuhkan bantuan dari Pusjatan dalam memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan teknologi. Isu/permasalahan yang perlu diperhatikan dalam studi ini antara lain:

a. banjir di daerah rawa;
b. macet akibat truk terguling;
c. kapasitas jembatan yang kurang;
d. pergerakan *through traffic* tidak terdistribusi merata (*equilibrium*);
e. komoditas unggulan: batu bara, sawit, dan karet yang membutuhkan jalan khusus agar tidak membebani lalu lintas;
f. daerah timur laut (daerah rawa);
g. daerah barat daya (daerah bukit);
h. kelebihan muatan (*overloading*);
i. peta Quarry sudah 10 tahun tidak dimutakhirkan, kualitas dan kuantitasnya tidak diketahui;
j. peralatan survei kondisi jalan masih yang lama;
k. saat macet di jembatan, beban hidup menjadi beban mati;
l. banyak iring-iringan kendaraan berat;
m. debit sungai yang kencang, kadang-kadang membawa kayu yang dapat menghantam tiang jembatan.

Jika melihat isu/permasalahan tersebut, untuk membantu pembangunan infrastruktur di Pulau Sumatra, dibutuhkan adanya penerapan teknologi, baik dalam bidang lalu lintas, jembatan, geoteknik, maupun perkerasan agar dapat mendukung program pembangunan infrastruktur. Ilmu pengetahuan dan teknologi (Iptek) dapat meningkatkan taraf hidup manusia apabila dimanfaatkan dengan baik. Begitu juga bidang pembangunan jalan dan jembatan, makin baik konstruksinya, makin mendukung pergerakan, baik manusia maupun barang. Dengan semakin baik teknologi, pergerakan arus manusia dan barang pun semakin lancar, konektivitas terhadap potensi ekonomi lebih terbangun, dan pertumbuhan ekonomi dapat ditingkatkan.

Bab III

Best Practices Pemanfaatan Teknologi Dalam Menangani Permasalahan Transportasi

3.1 MANAJEMEN KEBUTUHAN TRANSPORTASI (MKT) *

Kemacetan menjadi permasalahan yang selalu ada di kota-kota besar. Bukan hanya Indonesia, luar negeri pun menghadapi hal yang sama, terutama di negara yang memiliki jumlah penduduk tinggi. Semakin banyak orang yang bergerak, penyediaan sarana dan prasarana transportasinya pun harus mendukung. Jika tidak, terjadilah seperti yang ada di Indonesia. Usaha pemerintah, baik pusat maupun daerah, untuk memecahkan masalah transportasi perkotaan telah banyak dilakukan, baik dengan meningkatkan kapasitas jaringan jalan yang ada maupun dengan pembangunan jaringan jalan baru, ditambah dengan rekayasa dan manajemen lalu lintas. Namun usaha-usaha tersebut tidak dapat mengatasi kemacetan yang ada. Hal ini disebabkan usaha peningkatan kualitas dan kuantitas pelayanan sistem prasarana transportasi pada suatu daerah tertentu akan dapat meningkatkan aksesibilitas dan mobilitas di daerah tersebut yang sebaliknya akan dapat merangsang kembali terjadinya peningkatan kebutuhan transportasi.

Kebijakan pengembangan sistem prasarana transportasi perkotaan di Indonesia yang menggunakan pendekatan konvensional, yaitu *predict and provide* harus ditinggalkan dan diganti dengan pendekatan baru, yaitu *predict and prevent*. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan usaha pengelolaan atau manajemen pada sisi kebutuhan transportasi yang dikenal dengan Manajemen Kebutuhan Transportasi (MKT) atau *Transport Demand Management* (TDM).

Dasar MKT ini mengarah pada terjadinya beberapa dampak pergeseran pergerakan dalam ruang dan waktu, seperti dijelaskan berikut:

a. dampak pergeseran waktu: proses pergerakan terjadi pada lokasi yang sama, tetapi pada waktu yang berbeda;

b. dampak pergeseran rute/lokasi: proses pergerakan terjadi pada waktu yang sama, tetapi pada rute atau lokasi yang berbeda;

c. dampak pergeseran moda: proses pergerakan terjadi pada lokasi yang sama dan waktu yang sama, tetapi dengan moda transportasi yang berbeda;

d. dampak pergeseran lokasi tujuan: proses pergerakan terjadi

*Sumber: Wulfhorst, G. dan Buttner, B., Transportation Demand Management (TDM), 2012

pada lokasi yang sama, waktu yang sama, dan moda transportasi yang sama, tetapi dengan lokasi tujuan yang berbeda.

Pada subbab-subbab berikutnya dibahas mengenai penerapan teknologi yang berdampak bagi pengurangan kemacetan dengan menggunakan prinsip MKT.

3.1.1 Transport Pricing

Terdapat berbagai jenis kebijakan *transport pricing* yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas serta manfaat lain dari hasil pemanfaatan uang yang terkumpul dari *transport pricing*. *Congestion pricing* yang mengharuskan pengguna jalan membayar mahal untuk melewati ruas jalan yang biasanya terjadi kemacetan, terbukti sangat efektif untuk mengurangi kemacetan karena dapat memindahkan *demand* ke tempat dan waktu yang lain yang tidak macet, serta mendorong penggunaan angkutan umum. Namun, pada *congestion pricing* cenderung tinggi biaya implementasinya dan dapat menimbulkan masalah privasi serta hanya berlaku untuk sebagian kecil dari jumlah perjalanan kendaraan.

Strategi *pricing* yang lain, diantaranya *flat road user fees, efficient parking pricing, higher fuel prices and distance-based pricing*, cenderung mempengaruhi porsi perjalanan yang lebih besar dan karena itu cenderung lebih efektif untuk mengatasi masalah, seperti mengurangi biaya parkir, risiko kecelakaan, dan polusi gas buang. Tabel 5 merangkum berbagai reformasi harga dan dampaknya terhadap perjalanan dan kemacetan.

TIPE TRANSPORT PRICING	DAMPAK TERHADAP PERJALANAN	DAMPAK TERHADAP KEMACETAN
Congestion Pricing	Memindahkan puncak pergerakan ke waktu/ moda/rute/tujuan lain	Tingkat pengurangan kemacetan sangat tinggi
Flat Tolls and Vehicle Travel Fees	Memindahkan penggunaan mobil pribadi ke angkutan umum, mengurangi total perjalanan kendaraan	Tingkat pengurangan kemacetan menengah
Efficient Parking Pricing	Memindahkan penggunaan mobil pribadi ke angkutan umum, mengurangi total perjalanan kendaraan	Karena diterapkan di kota yang padat, tingkat pengurangan kemacetannya tinggi
Fuel Tax Increases	Memindahkan penggunaan mobil pribadi ke angkutan umum, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar	Tingkat pengurangan kemacetan menengah
Distance-based Pricing	Memindahkan penggunaan mobil pribadi ke angkutan umum, mengurangi total perjalanan kendaraan	Tingkat pengurangan kemacetan menengah

Tabel 5 Perbandingan Dampak Transport Pricing

Sumber: Spears, Boarnet, dan Handy (2010); VTPI (2009)

Pada tahun 2011, Pusjatan pernah melakukan studi tentang *dynamic pricing* untuk Kota Jakarta dan Surabaya. *Dynamic pricing* adalah salah satu metode penarifan yang membebankan harga yang berbeda pada konsumen untuk barang atau jasa yang sama. Harga berbasis waktu adalah kasus khusus dari tarif dinamis, yaitu produsen membebankan

harga yang berbeda untuk layanan atau barang yang diberikan pada waktu yang berbeda. Di sektor transportasi, strategi harga berbasis waktu dilakukan dengan menerapkan tarif yang lebih tinggi saat jam sibuk dan hanya membebankan tarif sebesar biaya operasional saat di luar jam sibuk.

Penerapan model *dynamic pricing* pada jalan tol Jakarta dengan menggunakan model pilihan waktu perjalanan yang terbentuk dengan menggunakan analisis *discrete choice method* menunjukkan bahwa perpindahan yang cukup signifikan pada skenario yang menurunkan tarif tol sebesar 0,3 x tarif dasar pada malam hari dan menaikkan tarif tol pada pagi hari (2 x tarif dasar) dan sore hari (1,6 x tarif dasar). Penerapan skenario tersebut dapat memindahkan lebih dari 12% angkutan barang untuk melakukan perjalanan malam.

Penerapan model di jalan tol Surabaya menunjukkan bahwa perpindahan yang cukup signifikan pada skenario yang menurunkan tarif tol sebesar 0,3 x tarif dasar pada malam hari dan menaikkan tarif tol pada pagi hari (2 x tarif dasar) dan sore hari (1,6 x tarif dasar). Penerapan skenario tersebut dapat memindahkan hampir 26% angkutan barang untuk melakukan perjalanan malam. Terlihat bahwa penerapan *transport pricing* ini dapat memindahkan volume kendaraan ke jam–jam tidak sibuk (*off–peak*).

3.1.2 Mode Sharing

Kebijakan yang menghasilkan dampak pergeseran moda dibutuhkan agar proses pergerakan masih dapat dilakukan pada lokasi dan waktu yang sama tetapi dengan moda transportasi yang berbeda. Pada prinsipnya kebijakan ini didukung oleh kenyataan bahwa terdapat adanya ketidak efisienan dalam penggunaan ruang jalan yang memang sudah sangat terbatas.

Peningkatan efisiensi ruang jalan tersebut (tanpa bermaksud mengurangi atau membatasi jumlah pergerakan yang ada) dapat dilakukan dengan cara merangsang pergerakan agar menggunakan kendaraan yang berokupansi lebih besar, seperti angkutan umum.

Implementasi *mode sharing* di Seattle salah satunya adalah dengan mendukung fasilitas angkutan umum sehingga warganya akan terdorong untuk lebih memilih menggunakan angkutan umum jika dibandingkan dengan angkutan pribadi. Pemberian prioritas kepada kendaraan transit, *vanpools*, dan *carpools*, *high-occupancy vehicle lane* (*HOV lane*) meningkatkan penggunaan angkutan-angkutan umum tersebut dan dampaknya meng-

optimasi pergerakan pada jalan-jalan yang ada, sehingga kemacetan dapat berkurang. Kuantifikasinya adalah HOV dapat memindahkan sepertiga pergerakan orang di jalan bebas hambatan pada jam sibuk.

Kebijakan tersebut didukung oleh teknologi tiket yang dinamai *U-pass* atau *universal transit pass*. Hasilnya dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dari 4% sampai dengan 22% (dengan rata-rata 11%). Jadi, dengan menyediakan angkutan umum yang memadai, lalu difasilitasi prasarananya, dan dengan mempermudah proses pembayaran. Hal tersebut akan menambah keberhasilan *mode sharing* ini.

3.2

SAFETY CAR DESIGN *

Kendaraan dan perangkat keamanan kendaraan memainkan peran penting dalam keselamatan lalu lintas. Desain kendaraan mempengaruhi tingkat keselamatan dari pengendaranya dalam kasus kecelakaan dan kemungkinan cedera serius. Perangkat keamanan tambahan, seperti sabuk pengaman dan *airbag* menawarkan perlindungan tambahan untuk pengendara mobil. Untuk kendaraan roda dua, pakaian pelindung dan helm membantu mengurangi dampak kecelakaan. Begitu juga dengan sistem cerdas untuk membantu pengemudi, dapat meningkatkan keselamatan, mencegah kesalahan, dan pelanggaran yang mungkin menjadi penyebab terjadinya kecelakaan.

European New Car Assessment Programme (EuroNCAP) melakukan tes kecelakaan pada mobil yang paling populer di Eropa untuk menilai perlindungan yang mereka tawarkan kepada pengemudi dan pejalan kaki. Pengujian yang dilakukan meliputi tes tumbukan frontal dengan kecepatan 64 km/jam pada dinding yang dapat berdeformasi, tes tumbukan samping dengan kecepatan 50 km/jam, dan tes dengan kepala dan kaki (*parsial*) pejalan kaki tiruan dengan kecepatan 40 km/jam. Kinerja keselamatan dievaluasi untuk orang dewasa dan anak-anak.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa risiko luka parah atau fatal berkurang sekitar 12% untuk setiap peringkat EuroNCAP. Tidak ada perbedaan yang ditemukan dalam kasus cedera ringan. Dalam analisis biaya-manfaat, telah diperkirakan bahwa setiap peringkat EuroNCAP meningkatkan harga untuk mobil baru dengan kisaran € 600. Manfaat yang dimaksud adalah berkurangnya tingkat keparahan kecelakaan. Hasil analisis menunjukkan rasio manfaat-biaya 1,31.

*Sumber: Handbook For Measures At The Country Level, 2007

3.3

VEHICLE CONSPICUITY: DAYTIME RUNNING LIGHTS (DRL) *

Dalam hal keselamatan jalan, tingkat kesadaran seorang pengemudi terhadap kendaraan lain di sekitarnya adalah sangat penting. Hal ini berpengaruh terhadap kewaspadaan saat bermanuver agar tidak terjadi tabrakan dan untuk mengurangi tingkat keparahan kecelakaan. Untuk kendaraan bermotor, pencahayaan adalah cara umum untuk meningkatkan kehadiran. Kehadiran ini tidak hanya penting pada malam hari, tetapi juga pada saat siang hari. Untuk sepeda, ini lebih penting karena pada umumnya sepeda memiliki lampu yang jauh lebih lemah dari pada lampu mobil, selain itu hanya mencolok dari depan dan belakang.

Daytime Running Lights (DRL) adalah suatu peraturan yang mewajibkan semua kendaraan bermotor untuk dikemudi dengan lampu rendah atau dengan lampu DRL khusus, baik pada malam hari maupun pada siang hari. DRL bertujuan untuk meningkatkan kewaspadaan pengemudi terhadap kendaraan lain sehingga jumlah kecelakaan dapat berkurang. DRL dapat meningkatkan kemungkinan pengguna jalan lain untuk mendeteksi kendaraan bermotor sebelumnya dan menyesuaikan perilaku mereka sendiri.

Empat belas negara anggota Uni Eropa telah mengaplikasikan peraturan DRL. Meta-analisis menunjukkan bahwa peraturan DRL akan mengurangi jumlah tabrakan pada siang hari dari 5 sampai dengan 15%. Efek yang lebih besar terjadi untuk kasus kematian jika dibandingkan dengan cedera dan lebih besar untuk cedera daripada kerusakan properti. Ada beberapa pertentangan me-ngenai kebijakan DRL ini, tetapi sampai saat ini tidak ada bukti ilmiah yang menunjukkan efek samping dari penerapan kebijakan ini. Untuk hubungannya dengan biaya operasional kendaraan, meta-analisis menunjukkan bahwa untuk kendaraan kecil penggunaan bahan bakar akan meningkat 1,6%, untuk kendaraan berat sebesar 0,7% sedangkan perkiraan rasio manfaat-biaya berkisar antara 1,2 dan 7,7.

*Sumber: Handbook for Measures at The Country Level, 2007

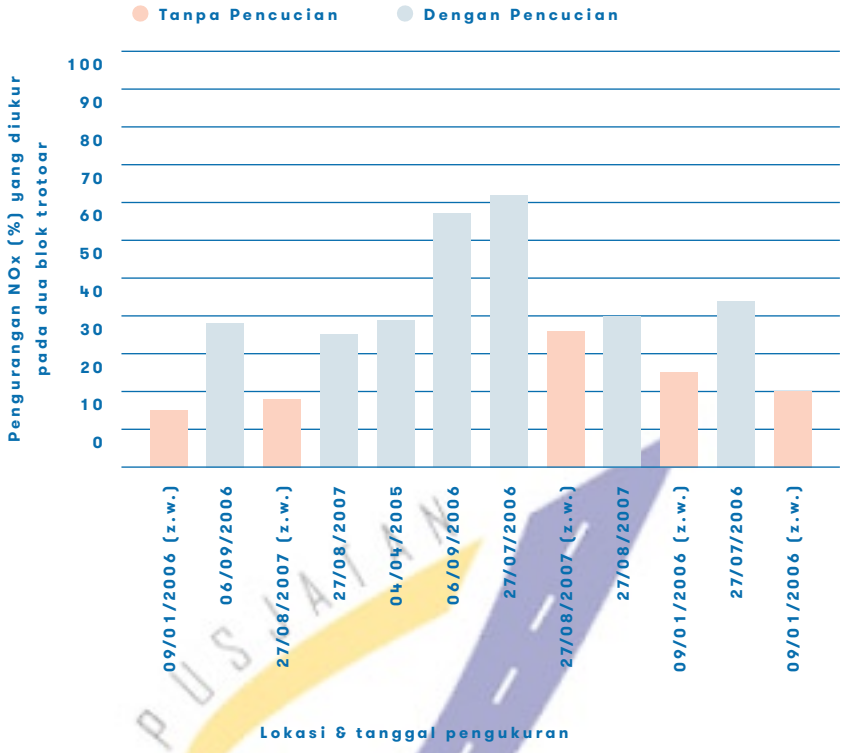
3.4

PEMANFAATAN BAHAN FOTOKATALIK PADA PERKERASAN *

Beton fotokatalitik merupakan teknik yang menjanjikan untuk mengurangi sejumlah kontaminan udara seperti NOx dan VOC, terutama pada lokasi dengan tingkat polusi yang tinggi misalnya di jalan. Emisi dari sektor transportasi memiliki dampak khusus pada kualitas udara secara keseluruhan karena tingkat pertumbuhannya yang cepat. Selain bahaya dari zat NOx dan VOC itu sendiri, reaksi fotokimia yang dihasilkan dari aksi sinar matahari pada NO2 dan VOC mengarah pada pembentukan asap fotokimia dan ozon, yang merupakan polutan sekunder. Hujan asam adalah polutan lain sebagai akibat jangka panjang dari adanya emisi kendaraan NOx dan dihasilkan dari transportasi NOx. Bahannya berbahaya untuk bahan bangunan (korosi permukaan) dan vegetasi.

Sebuah teknologi dengan menggunakan fotokatalis, yaitu titanium dioksida, ternyata dapat menyerap polutan-polutan tersebut. Proyek percontohan pertama adalah pada 10.000 m² blok trotoar fotokatalitik yang dibangun pada tahun 2004–2005 di jalur parkir sebuah jalan utama di Antwerpen, Belgia. Blok trotoar tersebut hanya dilapisi setebal 5–6 mm dengan menggunakan TiO2. Untuk memeriksa daya tahan efisiensi fotokatalitik, blok trotoar diambil dari jalur parkir tersebut setelah beberapa periode, lalu dilakukan pencucian di laboratorium, dengan dan tanpa mencuci permukaan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.

*Sumber: Boonen, E. dan Beeldens, A., Recent Photocatalytic Applications for Air Purification in Belgium, 2014



Gambar 6 Pengurangan NOx diukur pada dua blok trotoar, sebelum (menetas) dan setelah (berwarna) mencuci permukaan, diambil pada lokasi yang berbeda (rumah No. 30, 35, 37, 42, 48, 53) dan pada waktu yang berbeda di Amerikalei di Antwerpen

Ternyata dengan hanya melapisi permukaan perkerasan dengan TiO2 saja sudah mengurangi polutan NOx sebesar 15–35%. Apalagi dengan mencuci permukaan perkerasan tersebut setelah beberapa periode, dapat mengurangi polutan NOx sampai dengan 70%.

Teknologi ini merupakan penemuan yang sangat baik, terutama untuk kehidupan manusia di masa mendatang karena manusia akan menghirup udara yang lebih bersih walaupun akan semakin padatnya lalu lintas di masa mendatang.

3.5

CAKAR AYAM MODIFIKASI *

Tanah lunak merupakan tantangan bagi setiap pembangunan jalan. Di Indonesia, tepatnya di Pulau Kalimantan, terdapat kawasan dengan tanah lunak berupa rawa. Selain di Kalimantan, di Pulau Sumatra juga terdapat masalah tanah lunak berupa tanah gambut. Dengan adanya rencana pembangunan *High Grade Highway*, maka permasalahan tanah gambut dan rawa harus ditemukan penanganannya. Pada tahun 1961 telah ditemukan teknologi fondasi cakar ayam yang kini telah diaplikasikan pada berbagai perkerasan jalan tol yang kesemuanya dibangun di atas tanah yang relatif lunak sampai dengan sedang dengan ketebalan tanah lunak yang cukup besar. Perkembangan kemajuan teknologi memungkinkan munculnya pengembangan terhadap konsep fondasi cakar ayam ini. Cakar ayam modifikasi diyakini telah terbukti secara empiris memiliki kinerja yang ditinjau dari aspek teknis (*strength, stiffness, serviceability, stability, dan durability*) ataupun aspek ekonomis yang mencakup investasi awal dan biaya perawatan jangka panjang setelah dioperasikan.

Modifikasi yang dimaksud adalah dengan mengganti pipa beton dengan pipa baja galvanis (tahan karat). Manfaat modifikasi ini adalah sebagai berikut:

a. mudah dilaksanakan (tidak memerlukan alat berat);
b. tidak memerlukan perkerasan sementara;
c. waktu pengerjaan jauh lebih cepat;
d. biaya pelaksanaan relatif lebih murah;
e. berat pipa yang berkurang dari 1 ton menjadi 35 kg sangat berarti pada tanah lunak karena tidak mengurangi daya dukung tersedia yang relatif kecil.

Setelah mendekati 25 tahun, dengan kondisi tanah yang berubah, sistem cakar ayam ini tetap dapat bertahan. Dengan pipa baja produk Indonesia yang telah melalui proses *calvanized*, produk ini sudah dipakai di Australia dan diklaim 25 tahun tahan karat. Sistem cakar ayam modifikasi ini sudah diterapkan di Blitar, Jalan Sedyatmo. Keunggulan lainnya adalah teknologi ini mampu digunakan untuk jalan perkerasan terberat, seperti di bandara dengan beban yang lebih berat lima sampai dengan enam kali dari jalan nasional.

*Sumber: Suhendro, B. dan Hardiyatmo, H., Sistem Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak, Ekspansif, dan Timbunan

Bab IV

Usulan Teknologi yang Dapat Dimanfaatkan di Pulau Sumatra

4.1 TEKNOLOGI PUSJATAN UNTUK MENANGANI PERMASALAHAN DI PULAU SUMATRA

Dari pemetaan isu/masalah yang ada di Pulau Sumatra akan disusun usulan teknologi yang sudah dimiliki oleh Pusjatan yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Selain itu, permasalahan yang belum ada teknologinya, akan menjadi usulan pengembangan teknologi di Pusjatan berupa peta jalan (*Road Map*) Pengembangan Teknologi.

Untuk daerah rawan bencana, penanganan yang dapat dilakukan adalah penanganan yang bersifat kuratif, yaitu bagaimana memperbaiki jalan sesegera mungkin agar roda perekonomian dapat berjalan kembali. Berikut adalah teknologi-teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai jenis bencana alam:

1. *Asphalt Treated Permeable Base* (ATPB)
   Konstruksi lapis perkerasan *Asphalt Treated Permeable Base* (ATPB) merupakan suatu konstruksi setingkat lapis fondasi yang dapat ditempatkan di bawah lapis permukaan beraspal ataupun lapis beton semen. Sifat campuran ATPB yang mempunyai rongga udara dan permeabilitas yang cukup besar digunakan sebagai lapis fondasi yang diletakkan di bawah lapis permukaan beraspal (seperti ACWC atau ACBC). Tujuannya adalah agar air yang merembes dari lapis permukaan perkerasan misalnya melalui celah retak dapat dialirkan pada lapis ATPB keluar badan jalan. Manfatnya adalah kinerja laboratorium memenuhi kriteria campuran beraspal panas ATPB dan mempunyai permeabilitas yang baik pengujian perencanaan campuran metode Marshall dapat digunakan sebagai tambahan dalam menentukan kadar aspal ATPB; *subdrain* merupakan salah satu keperluan utama dalam membangun konstruksi perkerasan ATPB. Teknologi ini cocok untuk diaplikasikan di daerah rawan banjir.

2. Cakar Ayam Modifikasi (CAM)
   Sistem perkerasan cakar ayam modifikasi (CAM) terdiri atas pelat tipis beton bertulang dengan pelat beton penutup tepi vertikal (koperan) yang diperkaku dengan pipa-pipa cakar ayam yang terbuat dari material selain beton (baja atau material lain). Pelat ini tertanam pada lapisan tanah dasar serta permukaannya dilapisi dengan AC-WC.

Teknologi ini merupakan salah satu alternatif teknologi konstruksi perkerasan jalan yang dibangun di atas tanah lunak dengan lalu lintas yang dilayaninya cukup berat.

3. Teknologi Pemanfaatan Rumput Vetiver
   Teknologi ini menggunakan rumput vetiver yang memiliki karakteritistik teknis yang khas untuk mencegah atau mengurangi terjadinya erosi atau longsoran dangkal. Pada tanah-tanah berlereng, erosi dan longsoran dangkal menjadi persoalan yang serius.

   Secara konstruksi dalam mengatasi longsor di tanah miring, rumput vetiver lebih murah jika dibandingkan dengan konstruksi beton. Konstruksi beton harganya mencapai Rp 2.000.000,00/m2, sedangkan rumput vetiver hanya Rp 10.000/m2. Selain itu, rumput vetiver juga dapat memberikan potensi tinggi dalam mereduksi kadar *carbon* di atmosfir bumi sehingga dapat memenuhi penyelenggaraan kebijakan pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan.

4. Teknologi Pembangunan Jalan secara Cepat
   Teknologi pembangunan jalan secara cepat meliputi hal-hal berikut :
   a. Daur Ulang Perkerasan Jalan dengan Semen Dicampur di Tempat (*Inplace*);
   b. Campuran Dingin Bahan Daur Ulang Beraspal dengan Bahan Pengikat Aspal Busa (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*, CMRFB);
   c. Penambalan dengan Bahan Tambalan Siap Pakai;
   d. Teknologi Daur Ulang Jalan Ramah Lingkungan.

Selain melihat kondisi daerah rawan bencana, kondisi geologi dan geografis Pulau Sumatra yang dikelilingi pantai serta terdapat Bukit Barisan, terdapat teknologi-teknologi lain yang dapat diterapkan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan Bahan Lokal dan Substandar (Batu Karang dan Pasir Laut) untuk Pembangunan Jalan di Daerah Pantai;
2. Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas;

3. Penanganan Longsoran Jenis Jatuhan Batuan dengan Daerah Tangkapan Batuan;
4. Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan;
5. Spesifikasi Material Ringan dengan Mortar Busa untuk Kontruksi Jalan;
6. Perencanaan Geometri Terowongan Jalan;
7. Aplikasi ITS dalam Penanganan Kemacetan dan Kepadatan Lalu Lintas

Dan jika dipetakan, hasilnya adalah seperti pada Gambar 7

Gambar 7 Peta Penerapan Teknologi Pusjatan di Pulau Sumatra

4.2 PETA JALAN (ROAD MAP) PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PUSJATAN

Dalam rangka mengatasi permasalahan di bidang jalan dan jembatan di Pulau Sumatra, perlu juga adanya pengembangan teknologi untuk permasalahan yang belum ada teknologinya. Dari berbagai isu/permasalahan yang telah dibahas sebelumnya, disimpulkan tujuh isu/permasalahan utama yang menjadi perhatian pada pengembangan Pulau Sumatra. Isu/permasalahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kemacetan
   Selain kemacetan di jalan dalam kota, yang menjadi perhatian utama adalah kemacetan di jalan Lintas Sumatra. Kemacetan tersebut terjadi selain karena banyaknya hambatan samping, juga besarnya permintaan perjalanan. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya manajemen permintaan perjalanan.

2. Kondisi Perkerasan Jalan
   Komposisi angkutan berat yang tinggi pada lalu lintas antarprovinsi membuat kondisi jalan menjadi cepat rusak. Maka dari itu, dibutuhkan perkerasan jalan yang tahan lama.

3. Pembangunan Jalan di Daerah Perbukitan
   Adanya Bukit Barisan mengakibatkan geometrik jalan di kawasan barat Sumatra menjadi ekstrem. Selain itu, pembangunan jalan berisiko terjadi longsor.

4. Pembangunan Jalan di Daerah dengan Tanah Problematik
   Adanya kawasan tanah gambut di Sumatra Selatan dan bagian timur Laut Riau dapat mengganggu rencana pembangunan *High Grade Highway* yang rencananya dibangun di sebelah timut Jalan Lintas Timur Sumatra karena beberapa trase akan melewati kawasan tanah gambut tersebut. Begitu juga dengan adanya tanah lunak dan rawa.

5. Keandalan Jembatan
   Sama halnya dengan perkerasan jalan, beban angkutan berat yang tidak dikendalikan akan membuat jembatan menjadi cepat rusak. Maka dari itu, dibutuhkan teknologi jembatan yang kuat dan tahan lama.

6. Rawan Bencana
   Bencana seperti gempa, banjir, gunung berapi, dan tsunami, dapat menghancurkan jalan sewaktu-waktu. Bencana tersebut tidak dapat dihindari. Karena transportasi harus tetap berjalan, perbaikan jalan yang hancur tersebut harus dilakukan dengan cepat.

7. Keselamatan (*Safety*)
   Isu keselamatan menjadi permasalahan yang penting mengingat pembangunan jalan sebelumnya kurang memperhatikan faktor ini. Kontur yang berbukit di bagian barat Sumatra membuat keselamatan jalan perlu menjadi perhatian lebih.

Dengan isu/permasalahan tersebut, maka akan diusulkan pengembangan teknologi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Usulan tersebut disajikan dalam Peta Jalan (*road map*) Pengembangan Peknologi Pusjatan Tahun 2015–2019, seperti tampak dalam Tabel 6. Usulan penanganan yang ditampilkan pada Tabel 6 tersebut perlu dikembangkan lebih lanjut menjadi suatu teknologi yang dapat diaplikasikan di Pulau Sumatra.

NO.	ISU/PERMASALAHAN	USULAN PENANGANAN
1	Kemacetan	Manajemen *Demand*
2	Kondisi Perkerasan Jalan	Perkerasan Berumur Panjang
3	Pembangunan Jalan di Daerah Perbukitan	Teknologi Pembangunan Jalan di Daerah Berbukit
4	Pembangunan Jalan di Daerah dengan Tanah Problematik	Teknologi Pembangunan Jalan pada Tanah Problematik
5	Keandalan Jembatan	Jembatan Berumur Panjang
6	Rawan Bencana	• Mitigasi Bencana • Teknologi Perbaikan dan Pembangunan Jalan secara Cepat
7	Keselamatan	Teknologi Keselamatan Jalan (*Road Safety*)

Tabel 6 Isu/Permasalahan Jalan dan Jembatan di Pulau Sumatra beserta Usulan Penanganannya

Penutup

Penutup

Dari berbagai isu/permasalahan jalan dan jembatan yang ada, disimpulkan isu/permasalahan yang dapat diselesaikan dengan bantuan teknologi, yaitu kemacetan, kondisi perkerasan jalan, pembangunan jalan di daerah perbukitan, pembangunan jalan di daerah dengan tanah problematik, keandalan jembatan, rawan bencana, dan keselamatan.

Permasalahan tersebut sangat penting untuk diselesaikan mengingat tingginya potensi permintaan perjalanan di Pulau Sumatra, baik akibat potensi di Pulau Sumatra sendiri, maupun akibat rencana-rencana pembangunan di Pulau Sumatra. Potensi permintaan perjalanan tersebut akan menimbulkan masalah apabila tidak segera disiapkan penanganannya. Untuk itu, pengembangan teknologi seperti yang disebutkan pada bagian akhir naskah ilmiah ini harus segera dilakukan.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik. 2013. Indonesia dalam Angka. BPS.

Badan Pusat Statistik. 2014. Aceh dalam Angka Tahun 2013. Aceh: BPS.

Badan Pusat Statistik. 2014. Lampung dalam Angka Tahun 2013. Lampung: BPS.

Badan Pusat Statistik. 2014. Jambi dalam Angka Tahun 2013. Jambi: BPS.

Badan Pusat Statistik. 2014. Riau dalam Angka Tahun 2013. Riau: BPS.

Badan Pusat Statistik. 2014. Sumatra Utara dalam Angka Tahun 2013.Sumatera Utara: BPS.

Balai Teknik Lalu Lintas & Lingkungan Jalan. 2011. Penyusunan Naskah Ilmiah Pengembangan Sistem Jaringan Trans Asia dan Asean Highways & Jasa Konsultansi Pengumpulan Data Sistem Jaringan Trans Asia dan Asean Highway. Puslitbang Jalan & Jembatan Balitbang, Kementerian PU.

Boonen, E. dan Beeldens, A. 2014. Recent Photocatalytic Applications for Air Purification in Belgium.

IndII. 2011. Menuju Jaringan Jalan Nasional yang Modern: Penetapan Kerangka Perencanaan untuk Peningkatan Konektivitas dan Keseimbangan Pembangunan. Disusun untuk Indonesia Infrastructure Initiative (IndII) oleh Paterson, W. dan Harahap, G., Februari.

Korea International Cooperation Agency. 2014. Feasibility Study in Toll Road 1st Phase in Bakauheni-Palembang and Dumai-Tebingtinggi (Sumatra): Interim Report. Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum.

Kuratorium für Verkehrssicherheit. 2007. Summary And Publication Of Best Practices In Road Safety In The Member States. European Commission

Litman, Todd. 2013. Smarter Congestion Relief in Asian Cities: Win-Win Solutions To Urban Transport Problems. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific No. 82, 2013. Victoria Transport Policy Institute.

MARS. 2010. The Establishment of a Master Plan for the Arterial Road Network in Sumatera Island, Executive Summary. (Disusun untuk Korea International Cooperation Agency dan Kementerian Pekerjaan Umum, Juli).

Pemerintah Republik Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.

Pemerintah Republik Indonesia. 2008. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional.

Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Undang–Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.

PT Lapi ITB. 2006. Hasil Pengolahan Data Survei Asal Tujuan Transportasi Nasional 2006: Executive Summary. Departemen Perhubungan, Badan Penelitian dan Pengembangan.
Republik Indonesia. 2011. Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia2011-2025. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2011 Tanggal 20 Mei 2011.

Seattle Urban Mobility Plan. 2008. Best Practices in Transportation Demand Management.

Spears S., Marlon G. Boarnet dan Susan Handy. 2010. Draft Policy Brief on the Impacts of Road User Pricing Based on a Review of the Empirical Literature. Research on Impacts of Transportation and Land Use-Related Policies, California Air Resources Board.

Suhendro, B. dan Hardiyatmo, H., Sistem Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) Sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak, Ekspansif, dan Timbunan.

Tamin, O.Z. 1999. Konsep Manajemen Kebutuhan Transport (MKT) Sebagai Alternatif Pemecahan Masalah Transportasi Perkotaan di DKI Jakarta. Jurnal PWK Vol. 10, No.1, Maret 1999

Wulfhorst, G. dan Buttner, B. 2012. Transportation Demand Management