



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



PENYEBAB KONDISI RUSAK BERAT PADA JALAN NASIONAL WILAYAH SELATAN BANTEN (KERUSAKAN JALAN SECARA CEPAT DAN MASIF PADA TAHUN 2014)

A G Al faruq^a

^a Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 02 Maret 2022

Direvisi 16 Maret 2022

Diterbitkan 22 April 2022

Kata kunci:

Kerusakan Jalan
pembebanan kendaraan
kerusakan berat
kondisi geologi
Desain Konstruksi

Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan kendaraan yang berlebihan (*overload*), banyaknya arus kendaraan yang lewat (*repetisi beban*) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat terutama kendaraan komersial dan perubahan lingkungan serta fungsi drainase yang kurang baik. Selain itu, kondisi tanah juga berperan dalam mempengaruhi kondisi perkerasan jalan. Kondisi Jalan Nasional Wilayah Selatan Banten pada Tahun 2014 mengalami kerusakan berat secara cepat dan masif. Metode penelitian pada penulisan ini menggunakan metode kualitatif dengan survei dan metode eksperimen. Kondisi lalu lintas kendaraan berat pada tahun 2014 mengalami volume yang signifikan, dengan muatan kendaraan yang berlebih (*overload*) ditambah dengan beberapa kondisi tanah (geologi) wilayah selatan Banten yang kurang baik untuk konstruksi. Kondisi geologi lapisan yang bermasalah adalah lapisan tufa dengan lapisan batu lempung serpih, dengan rata-rata kedalaman di - 2.00 meter, Pada umumnya lapisan tufa sangat rentan terhadap infiltrasi air kedalam lapisan tufa tersebut sehingga dapat menyebabkan lapisan tufa menjadi lunak, Muka air terdangkal adalah - 2.00 meter dilokasi sta 0+000, Untuk di beberapa lokasi yang dianggap kritis (1 + 475 dan sta 4+575) muka air tanah dalam namun karena tidak adanya tata salir dilokasi tersebut dan adanya perkebunan kelapa sawit dapat menyebabkan lapisan tufa menjadi lunak. Tanah lunak di jumpai di lokasi sta 0+000,0+200,0+375,0+500,1+475,4+575 dan sta 8+200 - 250, Rata-rata kedalaman tanah lunak di - 1.40 - 2.00 meter, Nilai DCP di lokasi yang bermasalah bernilai antara 1.75 - 2.74 %, Lokasi yang dianggap kritis adalah sta 0+000 s.d 1+450, 4+500 s.d 5+000 dan sta 6+950 s.d. 8+750. Penanganan kerusakan jalan dengan beberapa alternatif desain perkerasan jalan. Desain konstruksi badan jalan diharapkan merupakan konstruksi yang kedap terhadap air permukaan dan tidak menimbulkan retakan yang dapat mengakibatkan masuknya air ke bawah badan jalan (Desain konstruksi badan jalan diharapkan merupakan konstruksi yang kedap terhadap infiltrasi air ke dalam tanah dasar (lapisan tufa), Pembuatan lapisan pengaliran air di bawah konstruksi badan jalan, f. Pembuatan konstruksi TPT agar memperhatikan dasar lantai kerja, untuk dihindari peletakan lantai kerja pada lapisan yang lunak (nilai sondir 4 atau nilai spt < 5), bila tidak memungkinkan agar di dasar lantai kerja dilakukan pemasangan batu kosong untuk meningkatkan daya dukung tanah.

1. Pendahuluan

Pembangunan jalan sebagai prasarana transportasi yang efektif dan handal dalam bentuk sistem transportasi terpadu akan memberikan pelayanan dan manfaat bagi masyarakat luas, pembangunan ekonomi, kemudahan mobilitas manusia, barang dan jasa yang akan berujung pada meningkatnya daya saing nasional. Peran jalan di atas adalah dengan menghubungkan pusat-pusat ekonomi yaitu produksi, pusat distribusi dan pusat pemasaran.

Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan kendaraan yang berlebihan (*overload*), banyaknya arus kendaraan yang lewat (*repetisi beban*) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat terutama kendaraan komersial dan perubahan lingkungan serta fungsi drainase yang kurang baik. Selain itu, kondisi tanah juga berperan dalam mempengaruhi kondisi perkerasan jalan.

Pada tahun 2014, kondisi jalan di ruas Simpang-Bayah dan Cibaliung-Muarabinuangun mengalami kerusakan berat secara cepat. Ini dikarenakan terdapat pembangunan pabrik semen yang cukup besar di wilayah Bayah. Pembangunan pabrik ini

dilakukan secara masif dan cepat dengan menggunakan kendaraan berat yang mempunyai tonase berlebih (*overload*). Pada tahun 2014, kondisi eksisting jalan nasional wilayah selatan Banten mempunyai lebar $\pm 4,5$ meter. Secara umum, pada tahun 2014 kondisi badan jalan di ruas Simpang – Bayah dan Cibaliung – Muarabinuangun pada beberapa lokasi, telah mengalami kerusakan berupa rusak berat dan terjadi penurunan badan jalan yang di duga oleh pembebanan kendaraan yang berlebihan (*overload*) serta pergerakan tanah, kondisi tanah yang kurang baik akibat masuknya air permukaan badan jalan ke tanah dasar serta kerusakan badan jalan akibat terjerbaknya air permukaan ke dalam badan jalan. Selain itu, untuk wilayah selatan Banten ini, merupakan daerah yang rawan longsor, sehingga menyebabkan badan jalan di beberapa lokasi mengalami kerusakan. Sehingga pada tahun 2014 ini, terdapat banyak lokasi dengan kondisi jalan yang rusak berat sehingga menjadi prioritas penanganan.

2. Dasar Teori

A. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga lapisan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapis perkerasan ini berfungsi memberikan pelayanan terhadap lalu lintas dan menerima beban repetisi lalu lintas setiap harinya. Lapis perkerasan yang atas disebut lapis permukaan yang mana pada lapisan ini kontak langsung dengan roda kendaraan dan lingkungan, sehingga biasanya lapisan ini lebih cepat rusak terutama akibat air dan beban kendaraan

B. Mekanika Tanah

Mekanika tanah adalah bagian dari geoteknik yang merupakan salah satu cabang dari ilmu teknik sipil. Mekanika tanah adalah cabang dari ilmu teknik dimana mekanika tanah khusus mempelajari tentang perilaku tanah serta sifat yang diakibatkan oleh tegangan dan regangan yang disebabkan oleh gaya - gaya yang bekerja pada tanah itu sendiri. Ini berkaitan dengan struktur tanah serta bahan yang terdapat pada tanah tersebut. Karena pada dasarnya tanah berasal dari bebatuan yang lapuk. Istilah mekanika tanah diberikan oleh Karl von Terzaghi pada tahun 1925 melalui bukunya “*Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage*” (Mekanika Tanah berdasar pada Sifat-Sifat Dasar Fisik Tanah), yang membahas tentang prinsip-prinsip dasar dari ilmu mekanika tanah modern, dan menjadi dasar studi-studi lanjutan ilmu ini, sehingga Terzaghi disebut sebagai “Bapak Mekanika Tanah”. Ilmu ini sangat berhubungan erat dengan pekerjaan teknik, seperti halnya pekerjaan perkerasan jalan raya, perencanaan pembuatan pondasi, perencanaan pembangunan bawah tanah (gorong - gorong, terowongan, dan lain-lain), sampai pada perencanaan pembangunan penahan longsor. Hal-hal yang menjadi pokok perhatian dalam ilmu mekanika tanah adalah kadar air, angka pori, porositas, serta derajat kejenuhan. Karakteristik tanah juga merupakan poin terpenting dalam mekanika tanah.

C. Ilmu Geoteknik

Di dalam dunia teknik sipil ini, ilmu geoteknik merupakan hal pokok yang sangat krusial dalam pembangunan suatu infrastruktur. Tanpa ilmu ini, dapat dipastikan bahwa suatu infrastruktur tidak dapat berdiri dengan kokoh, karena geoteknik merupakan cabang ilmu teknik sipil yang mempelajari ilmu tanah dimana didalam ilmu ini akan dipelajari kemampuan tanah menahan beban yang ada diatasnya, sehingga pembangunan

infrastruktur dapat direncanakan sebaik mungkin agar dapat berdiri kokoh sesuai umur rencana. Pada dasarnya ilmu ini merupakan ilmu yang tua yang implementasinya berjalan bersamaan dengan tingkat peradaban manusia, mulai dari pembangunan di jaman sebelum masehi seperti pembangunan pyramid dan permandian hingga jaman yang modern seperti yang sekarang ini dengan adanya pembangunan gedung-gedung pencakar langit. Pada dasarnya, geoteknik adalah suatu alat dalam perencanaan atau design sebuah bangunan. Data geoteknik sendiri harus digunakan secara benar dan sangat teliti dengan asumsi serta batasan yang sudah ada dan dipergunakan untuk dapat mencapai hasil yang kita inginkan. Seseorang yang ahli dalam ilmu geoteknik biasa disebut Engineer Geotek. Pekerjaan penting yang harus dilakukan oleh seorang engineer geotek yaitu memberikan panduan-panduan mengenai potensi geoteknik yang akan terjadi bila dilakukan secara asal-asalan kepada pihak terkait. Salah satu akibat dari ketidak hati-hatian dalam penggunaan asumsi dan batasan yang telah ada adalah Menara Pizza di Italia yang disebabkan karena kurangnya kekuatan dukung tanah terhadap menara tersebut. Secara keilmuan, bidang teknik sipil ini mempelajari lebih mendalam ilmu Mekanika Tanah, Rekayasa pondasi, dan Struktur bawah Tanah. Dalam dunia teknik sipil sendiri, ilmu geoteknik merupakan langkah awal terbentuknya suatu infrastruktur. Tanpa ilmu geoteknik mustahil suatu infrastruktur dapat berdiri dengan kokoh, karena ilmu geoteknik merupakan cabang dari ilmu teknik sipil yang mempelajari ilmu tanah dimana didalam ilmu ini akan dikupas tentang kemampuan tanah menahan beban, sehingga pembangunan infrastruktur dapat direncanakan sebaik mungkin agar dapat berdiri kuat dan kokoh sesuai dengan umur yang telah direncanakan sebelumnya.

D. Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng. Tanah longsor terjadi karena dua factor utama yaitu faktor pengontrol dan factor pemicu. Faktor pengontrol adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material itu sendiri seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, sesar dan kekar pada batuan. Faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergesernya material tersebut seperti curah hujan, gempa bumi, erosi kaki lereng dan aktivitas manusia. Tanah longsor, secara umum mencakup semua gerakan ke bawah atau tiba-tiba material permukaan seperti tanah liat, pasir, kerikil dan batu. Tanah longsor merupakan salah satu bencana utama yang merusak di daerah pegunungan, yang diaktifkan karena pengaruh gempa bumi dan curah hujan.

E. Kerusakan Jalan

Secara teknis, kerusakan jalan menunjukkan suatu kondisi dimana struktural dan fungsional jalan sudah tidak mampu memberikan pelayanan optimal terhadap lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Setiap struktur perkerasan jalan akan mengalami proses pengrusakan secara progresif sejak jalan pertama kali dibuka untuk lalu lintas. Secara garis besar kerusakan jalan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kerusakan struktural mencakup kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang mengakibatkan

perkerasan tidak dapat lagi menanggung beban lalu lintas sehingga harus diperbaiki dengan membangun ulang perkerasan tersebut dan kerusakan fungsional adalah suatu kondisi kerusakan dimana keamanan dan kenyamanan pengguna jalan menjadi terganggu sehingga biaya operasi kendaraan semakin meningkat.

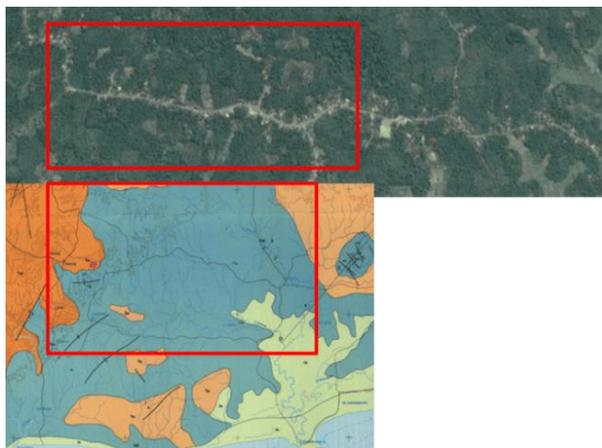
3. Metode Penelitian

Metode penelitian pada penulisan ini menggunakan metode kualitatif dengan survei dan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu nilai dari hal yang ingin ditinjau dan dibandingkan dengan syarat-syarat/peraturan mengenai pekerjaan yang sedang di uji coba. Penelitian eksperimen dapat dilaksanakan di dalam maupun di luar laboratorium, dan di dalam penelitian ini dilakukan di dalam maupun diluar laboratorium (lapangan). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai daya dukung tanah pada lokasi yang terdapat kerusakan struktur perkerasan jalan.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian Tanah

Lokasi pengujian berada pada lokasi yang mengalami kerusakan berupa retak memanjang dan penurunan perkerasan jalan sekitar wilayah selatan Banten diantaranya ruas jalan Nasional Cibaliung-Cikeusik-Muara Binuangeun, adapun lokasi pengamatan dan pengujian dapat dilihat di bawah ini:

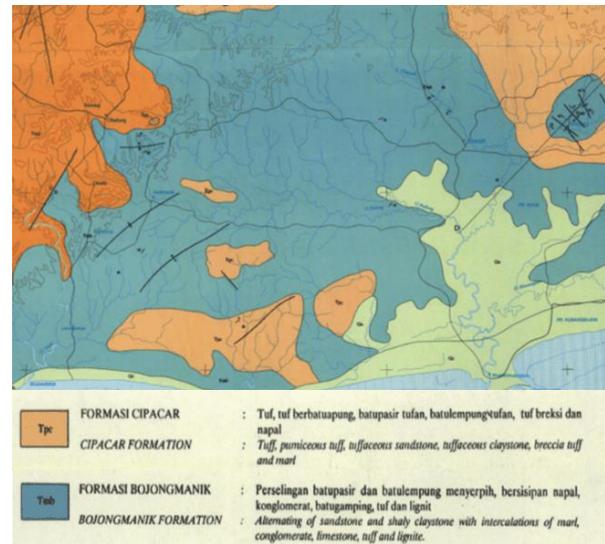


Gambar. 1 Peta Lokasi Pengamatan dan Pengujian

B. Kondisi Geologi Teknik

Profil stratifikasi tanah berdasarkan hasil pemboran teknik yang telah dilakukan di lokasi yang dianggap daerah kritis mengindikasikan bahwa jenis perlapisan terdiri dari lempung lanauan berwarna kuning agak abu abu, ukuran butir lempung hingga pasir halus satuan jenis material

tersebut dalam peta geologi lembar Cikarang skala 1: 100.000 yang diterbitkan oleh Badan Geologi – Sumber Energi dan sumber Daya Mineral termasuk dalam Formasi Cipacar (Tpc), dapat lihat gambar 2 berikut ini.

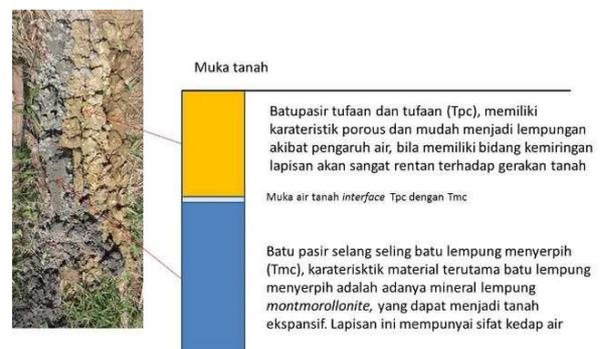


Gambar. 2 Geologi Regional lembar Cikarang - Banten

C. Karakteristik Lapisan Batuan

Karakteristik satuan batuan yang termasuk dalam Formasi Cipacar (Tpc) adalah jenis material tuf, tuf berbatu apung, batupasir tufaan, batulempung tufaan, tuf breksian dan napal. Khusus jenis lempung tufaan, warna kuning kecoklatan merupakan jenis lempung kaolinite yang sangat rentan terhadap pengaruh air karena dapat mengikat kandungan air H₂O, sehingga menjadi sangat lunak dan licin. Sedangkan dibagian bawah satuan batuan yang termasuk Formasi Cipacar (Tpc) adalah Formasi Bojomanik (Tmc); formasi ini memiliki satuan batuan yang terdiri dari batu pasir, batu lempung menyerpih, bersisipan batu gampingan, napal konglomerat, tuf dan lignit. Satuan batuan yang termasuk Formasi Bojomanik (Tmc) khususnya batu lempung menyerpih mempunyai sifat ekspansif, formasi Bojomanik merupakan lapisan yang kedap (impermeable)

Muka air tanah berdasarkan hasil pemboran teknik maupun hasil bor tangan berda di interface antara satuan batuan yang termasuk Formasi Cipacar (Tpc) dengan Formasi Bojomanik (Tmc) (lihat Gambar 3)



Gambar.3 Deskripsi satuan batuan Formasi Cipacar dengan Formasi Bojomanik

D. Kondisi Lalu Lintas Yang Melintas

Berdasarkan pengamatan dan memperhatikan kondisi di lapangan, terdapat beberapa kendaraan berat melebihi tonase yang diijinkan, padahal kelas jalan bukan untuk kendaraan berat tersebut, sebagai informasi hasil pengamatan di lokasi, untuk lebar perkerasan jalan eksisting hanya ±4,5 meter. Pada umumnya kendaraan berat tersebut melewati ruas Jalan Nasional Simpang-Bayah.

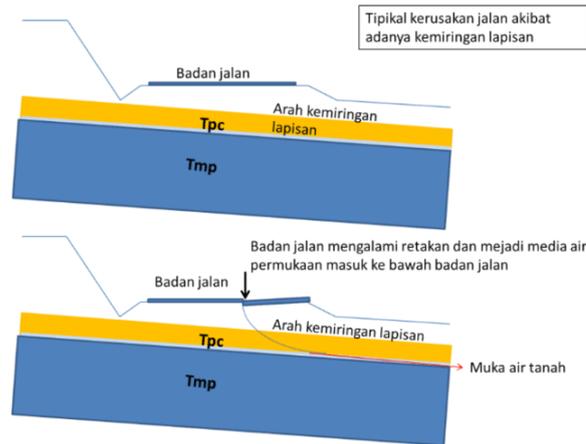


Gambar 4. Kendaraan Berat Yang Melintas

E. Analisis Hasil

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan memperhatikan kerusakan jalan yang ditimbulkan dapat disimpulkan kerusakan jalan diakibatkan oleh beberapa hal berikut ini:

- 1) Bila terjadi retakan di badan jalan sehingga air permukaan masuk ke tanah dasar yang merupakan batulempung tufaan menyebabkan perubahan sifat kimia dari batu lempung tersebut dan mejadi lunak , apabila satuan lapisan di tanah dasar memiliki kemiringan dapat menyebabkan gerakan tanah kesamping badan jalan, dapat berupa longsoran bila adanya beda tinggi di sisi luar badan jalan atau dapat menyebabkan badan jalan mengalami deformasi ke samping (lihat gambar 5 dan 6).



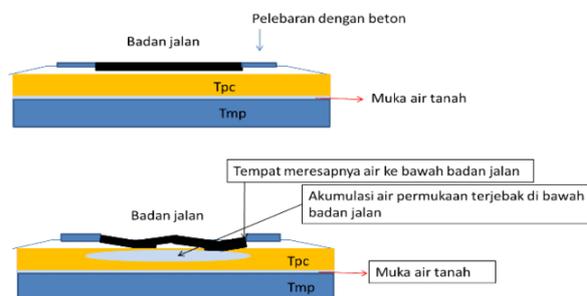
Gambar .5 Tipikal kerusakan jalan akibat adanya kemiringan lapisan



Gambar.6 Kerusakan jalan akibat masuknya air permukaan badan jalan ke tanah dasar

- 2) Kemungkinan yang lain bila adanya pelebaran badan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku, sehingga adanya perbedaan antara badan jalan yang menggunakan perkerasan lentur dengan pelebaran badan jalan menggunakan perkerasan kaku. Perbedaan ini dapat menyebabkan retakan yang memanjang di bagian kedua perbedaan tersebut dan sebagai media air masuk, dengan air permukaan masuk ke bawah badan jalan hingga tanah dasar menyebabkan tergebaknya air di bawah badan jalan sehingga badan jalan akan menjadi rusak (lihat gambar 7 dan 8).

Tipikal kerusakan jalan akibat tergebaknya air di bawah badan jalan

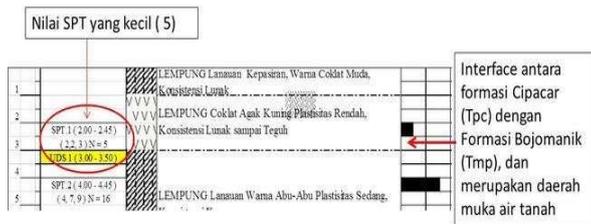


Gambar.7 Kerusakan jalan akibat tergebaknya air permukaan ke tanah dasar



Gambar.8 Kerusakan jalan akibat terjabaknya air permukaan ke tanah dasar

3) Hasil pembaran tanah (hasil test tanah) pada sta 0+350



Gambar 9. Hasil Test Tanah

- 4) Perlapisan tanah dasar di bawah perkerasan jalan terdiri dari tanah lempung coklat kekuningan dengan klasifikasi CH (plastisitas tinggi) dan mempunyai potensi pengembangan (swelling potensial) sangat tinggi dengan nilai swelling berdasarkan uji CBR swelling sekitar 2 - 6%.
- 5) Berdasarkan hasil analisis kimia lempung diketahui bahwa tanah dasar mengandung unsur SiO₂ (56-58%) dan Al₂O₃ (17%). Disamping itu dari hasil analisis mineral lempung diketahui bahwa komponen mineral terbesar adalah halloysite dan saponite dengan persentase 10 - 15%, sehingga tanah lempung dapat dikategorikan sebagai lempung ekspansif yang tingkat agresifitasnya tidak terlampau tinggi.
- 6) Nilai CBR tanah dasar (subgrade) pada kedalaman -1.00 meter mempunyai nilai CBR Unsoaked berkisar antara 3.71 - 11.32%, sedangkan pada kondisi Soaked menurun cukup tajam menjadi berkisar antara 1.79 - 4.02%. Berdasarkan kriteria material subgrade, maka pada kondisi terendam (jenuh air) material subgrade masuk dalam klasifikasi "Poor" yang tidak akan mampu untuk mendukung beban yang bekerja jika air masuk ke dalam subgrade hingga membuat lapisan subgrade menjadi jenuh.
- 7) Kedalaman zona aktif tanah berpotensi kembang-susut (shrinkage-swelling) adalah sampai dengan kedalaman - 4.00 meter dari muka tanah setempat.
- 8) Faktor penyebab kerusakan perkerasan jalan diperkirakan terjadi dengan mekanisme sebagai berikut:
- 9) Pada musim kemarau panjang terjadi pengurangan kadar air tanah sehingga terjadi penyusutan (shrinkage) tanah yang mengakibatkan terjadinya retak-retak dan celah vertikal pada tanah tersebut. Proses retak dimulai dari daerah bahu jalan dan kemudian "successive" masuk ke daerah tanah dasar di bawah perkerasan aspal badan jalan. Akibatnya retak-retak tersebut terefleksi ke permukaan aspal yang mengakibatkan terjadinya retak-retak yang sama pada permukaan aspal. Pada musim hujan, air hujan masuk lewat celah retakan dan mineral lempung akan mengikat air sehingga terjadi proses pengembangan (swelling) tanah. Pada kondisi ini tanah terdesak hingga terjadi permukaan bergelombang. Bila infiltrasi air makin

meningkat jumlahnya maka pengikatan air oleh tanah lempung semakin besar yang akan mengakibatkan tanah mengalami proses pelembehan (softening). ada kondisi ini daya dukung tanah akan menurun drastis, sehingga permukaan tanah menjadi ambles.

- 10) Dengan beberapa titik lokasi rawan longsor diantaranya berupa penurunan/longsoran perkerasan jalan sekitar ruas jalan Simpang - Bayah



Gambar.10 Lokasi Rawan Longsor

Merupakan daerah struktur geologi berupa patahan normal dan geser serta perlipatan Material.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kegiatan pegamatan yang dilakukan di lapangan dan pengolahan data dari lapangan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

- a. Kondisi geologi lapisan yang bermasalah adalah lapisan tufa dengan lapisan batu lempung serpih, dengan rata-rata kedalaman di - 2.00 meter
- b. Pada umumnya lapisan tufa sangat rentan terhadap infiltrasi air kedalam lapisan tufa tersebut sehingga dapat menyebabkan lapisan tufa menjadi lunak
- c. Muka air terdangkal adalah - 2.00 meter di lokasi sta 0+000,
- d. Untuk di beberapa lokasi yang dianggap kritis (1 + 475 dan sta 4+575) muka air tanah dalam namun karena tidak adanya tata salir dilokasi tersebut dan adanya perkebunan kelapa sawit dapat menyebabkan lapisan tufa menjadi lunak.
- e. Tanah lunak di jumpai di lokasi sta 0+000,0+200,0+375,0+500,1+475,4+575 dan sta 8+200 - 250
- f. Rata-rata kedalaman tanah lunak di - 1.40 - 2.00 meter
- g. Nilai DCP di lokasi yang bermasalah bernilai antara 1.75 - 2.74 %
- h. Lokasi yang dianggap kritis adalah sta 0+000 s.d 1+450, 4+500 s.d 5+000 dan sta 6+950 s.d. 8+750
- i. Intensitas Volume kendaraan berat yang melebihi muatan/beban (overload) cukup tinggi, yang akan sangat mempengaruhi dan mengurangi kinerja perkerasan jalan.

Saran yang dapat diberikan yaitu:

- a. Desain konstruksi badan jalan diharapkan merupakan konstruksi yang kedap terhadap air permukaan dan tidak menimbulkan retakan yang dapat mengakibatkan masuknya air ke bawah badan jalan (Desain konstruksi badan jalan diharapkan merupakan konstruksi yang kedap terhadap infiltrasi air ke dalam tanah dasar (lapisan tufa).

- b. Konstruksi harus berfungsi menjadi lapisan beban kontra terhadap kemungkinan terjadinya pengembangan di tanah dasar.
- c. Pembuatan lapisan pengaliran air di bawah konstruksi badan jalan
- d. Badan jalan eksisting dilakukan pengembalian kondisi dan permukaan badan jalan eksisting agar ditutup oleh plastik untuk mencegah rembesan air dari lapisan pengaliran
- e. Pembuatan saluran bawah permukaan (subdrain)
- f. Pembuatan konstruksi TPT agar memperhatikan dasar lantai kerja, untuk dihindari peletakan lantai kerja pada lapisan yang lunak (nilai sondir 4 atau nilai $spt < 5$), bila tidak memungkinkan agar di dasar lantai kerja dilakukan pemasangan batu kosong untuk meningkatkan daya dukung tanah.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan jurnal/artikel ini, khususnya Tim Pusjatan Kementerian dan Pekerjaan Umum atas masukan dan sarannya serta dosen pembimbing Program Profesi Insinyur Bapak Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. sehingga penulisan jurnal/artikel ini dapat diselesaikan.

Daftar pustaka

- [1] Das, Braja M, 1998. Mekanika Tanah Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- [2] Das, Braja M., 1998. Mekanika Tanah Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- [3] Terzaghi Karl, B. Peck Ralph, 1993. Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid-1. Erlangga. Jakarta
- [4] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004: Tentang Jalan. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- [5] Saodang, Hamirhan, 2004. Perancangan Perkerasan Jalan Raya. Nova. Bandung