

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN SAINS III 2018

*"Peran Perguruan Tinggi dalam Pembangunan
Berkelanjutan untuk Kesejahteraan
Masyarakat"*

25 - 26 Oktober 2018

Auditorium Gedung M Lantai 8
Kampus I Universitas Tarumanagara

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Kampus I Universitas Tarumanagara
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta Barat 11440

Foto Sampul oleh :

www.guoguiyan.com/jakarta-wallpapers/69109258.html

ISBN 978-602-53951-0-9



Diselenggarakan Oleh:

Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Kampus I Universitas Tarumanagara
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta Barat 11440



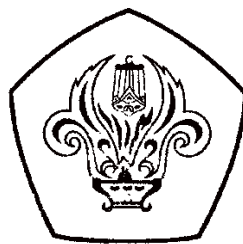
PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN SAINS III 2018

ISBN: 978-602-53951-0-9

PERAN PERGURUAN TINGGI DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Auditorium Gedung M Lantai 8
Universitas Tarumanagara
25-26 Oktober 2018



Diterbitkan oleh:

Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta 11440
Telp. 021-5672548, 5663124, 5638335; Fax. 021-5663277
Website <http://ft.untar.ac.id/snts-iii-2018>
e-mail: snts@ft.untar.ac.id

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Sambutan Dekan Fakultas Teknik	ii
Daftar Isi	iii
Susunan Panitia	vi
Susunan Acara	viii
Jadwal Presentasi	ix
Pembicara Kunci	
1. MRT Jakarta - Towards Better Jakarta, <i>Rr Mungki Indriati Pratiwi</i>	1
2. Peningkatan Riset Perguruan Tinggi dalam mendukung Pembangunan Berkelanjutan - sharing di bidang Energi dan Teknologi Informasi dan Komunikasi, <i>Endang Djuana</i>	16
Bidang Arsitektur	
1. Studi Perubahan Pemanfaatan Lahan Perumahan Menjadi Komersial Studi Kasus: Jl. Tebet Utara Dalam, <i>Irene Syona Darmady, Margaretha Sandi, Dewi Ratnaningrum</i>	1
2. Analisis Tingkat Kepuasan Pelapor Terhadap Kualitas Tindak Lanjut pada Aplikasi Qlue, <i>Nina Carina, Diah Anggraini, Mekar Sari Suteja</i>	15
3. Plastik (Bukan Bio Plastik) Bisa Ramah Lingkungan, Bambu Bisa Tidak Ramah Lingkungan, <i>Franky Liauw</i>	27
4. Pembangunan Partisipatif Instalasi Pertanian Vertikal di Kampung Rawa Barat, Jakarta, <i>Priscilla Epifania Ariaji, Hedista Rani Pranata, Laura Tri Agustin</i>	33
5. Pemetaan Budaya di Kawasan Pedesaan: Studi Kasus Desa Giritengah, Borobudur, <i>Titin Fatimah, Nafi'ah Solikah, Theresia Budi Jayanti, dan Klara Puspa Indrawati</i>	43
6. Pendidikan Arsitektur yang Bebas, Kreatif, dan Etis: Pendekatan Eksperimental dalam Studio Perancangan di Jagat <i>Infonaut</i> , <i>Klara Puspa Indrawati</i>	52
Bidang Teknik Sipil	
1. Pengaruh Perpaduan Tepung Marmer dengan Abu Terbang Terhadap Sifat Mekanis Beton, <i>Widodo Kushartomo, Ivan</i>	63
2. Analisis Jadwal Proyek dengan Metode Performance Intensity dan Precedence Diagramming Method pada Proyek di Jakarta, <i>Handre Rizki Fajri, Henny Wiyanto</i>	70
3. Optimasi Peningkatan Nilai Bangunan Hijau pada Bangunan Rumah Tinggal, <i>Henny Wiyanto, Arianti Sutandi, Dewi Linggasari</i>	81
4. Model Perhitungan Rentang Durasi Probabilistik dengan Menggunakan Metode <i>Earned Schedule</i> , <i>Basuki Anondho</i>	89
5. Pengaruh Nilai CBR Tanah Dasar dan Odol dengan Variasi Mutu Beton Terhadap Tebal Pelat, <i>Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini, William</i>	97
6. Persepsi Pengemudi Terhadap Variasi Bahan Peredam Silau di Ruas Tol Cipularang, <i>Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini, M. I Dewi Linggasari, Antonius</i>	103
7. Analisis Metode Clapeyron pada Struktur Portal Bergoyang dengan Kekakuan Tidak Merata, <i>Jemy Wijaya dan Fanywati Itang</i>	112

8. Peninjauan Kriteria GreenShip Homes pada Rumah di Kawasan Perumahan Berwawasan Lingkungan, *Arianti Sutandi dan Jimmy* 122
9. Pengaruh Modulus Perkerasan Lentur dan *Overloading* Terhadap Kerusakan Alur dan Fatik, *Anissa Noor Tajudin, Ni Luh Shinta Eka Setyarini, dan Beryl Alberik* 131

Bidang Teknik Elektro

1. Pengaplikasian *Speech to Text* untuk Pengenalan Angka dengan Metode MFCC dan DTW, *Meirista Wulandari, Dedy Junaidy, Kho Lukas Victor Kosasih* 141
2. Sistem Ruang Perawatan Rumah Sakit Berbasis IoT, *Yohanes Calvinus, Irwan Setio, Dali. S. Naga* 147
3. Perancangan Sistem Koper Pintar Menggunakan Android, *Joni Fat, Eko Syamsuddin, Aldi Trijaya Liman* 153

Bidang Teknik Mesin

1. Pengaruh Kecepatan Potong pada Pembubutan *Gray Cast Iron* Terhadap Keausan Pahat Keramik, *Sobron Lubis, Steven Darmawan, Adiando, Rosehan, Winsen Winata* 164
2. The Effect of Alkali (Sulphuric Vapour) on Corrosion of Medium Carbon Steel (S45C) at Corrosion Rate and on Mechanical Behaviour, *E. Siahaan* 171
3. Efektivitas Alat Penukar Kalor Tipe Plat Jenis Chevron Angle, *Ardiawan Kurniandi, Harto Tanujaya, Steven Darmanwan* 177
4. Pengaruh Perlakuan Alkali pada Permukaan Patah Uji Lentur Komposit Bambu, *Sofyan Djamil, NGK Suardana, Agustinus P Irawan, NGK Sugita* 183

Bidang Teknik Industri

1. Pemilihan Penjadwalan Terbaik untuk Meminimasi *Makespan* pada PT. Avesta Continental Pack, *Lina Gozali, Vincentius Kurniawan, Siti Rohana Nasution* 190
2. Penurunan *Exposure Level* Proses Pemotongan Kain di PT XYZ dengan Intervensi Ergonomi, *Lamto Widodo, Nora Azmi, Luisa Andreana Thenuardi* 201
3. Mitigasi Waste dengan Pendekatan Metode *Lean Six Sigma* (Studi Kasus pada Salah Satu Perusahaan Knalpot di Jakarta), *Lithrone Laricha, Lilyana, Abel Sutrisno* 211
4. Rancangan Alat Bantu *Trolley* dalam Proses Penuangan Bahan Baku Biji Plastik di PD. Kurnia Jaya Plastik, *Ferliadi Riansah, I Wayan Sukania, Nora Azmi* 222
5. Pengukuran Kinerja dengan Metode IPMS (Studi Kasus: PT. Rackindo Setara Perkasa), *Carla Olyvia Doaly, Lithrone Laricha Salomon, Christopher Steven* 230
6. Peningkatan Kualitas Pelayanan Pelanggan BPJS Jakarta Barat dengan Metode QFD, *Ahmad, Silvi Ariyanti, Victor Kuncara Jaya* 241
7. Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode HIRADC Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: PT. Supreme Cable Manufacturing & Commerce), *Vesta Emilia Laksana, Wilson Kosasih, Carla Olyvia Doaly* 251
8. Designing Educational Game Module With the Theme of Cleaner Production, *Helena Juliana Kristina, Angel Valerie, Eric Jobiliong* 258

Bidang Perencanaan Wilayah dan Kota

1. Kajian Morfologi Kampung Kota di Kampung Deret Pisangan Timur, Jakarta Timur, *Rahmatyas Aditantri* 268

2. Strategi Pengelolaan Taman Wisata Alam Angke Kapuk, **Stefani, Priyendiswara AB, Parino Rahardjo** 277
3. Kajian Jalan Braga Sebagai Destinasi Wisata Budaya dan Wisata Kuliner, **Raissa Fathona, Priyendiswara AB, Parino Rahardjo** 293
4. Penataan Kawasan Wisata Kampung Vietnam Sebagai Salah Satu Destinasi Wisata Sejarah di Kota Batam, Kepulauan Riau, **Agatha Abigail Purba, Parino Rahardjo, Priyendiswara AB** 301
5. Penataan Kawasan Wisata Bahari Bontang Kuala dengan Konsep Ekowisata, **Muhamad Najibullah, Suryono Herlambang, Liong Ju Tjung** 307
6. Kajian Kawasan Wisata Budaya Kampung Batik Laweyan, Surakarta, **Desita Abigail Nanlohy, Parino Rahardjo, Priyendiswara AB** 316
7. Studi Tingkat Partisipasi Masyarakat pada Program Kotaku di RW 08, 09, & 10, Kelurahan Cimahpar, Bogor Utara, **Nathalia Tangkemandu, Liong Ju Tjung, Suryono Herlambang** 327
8. Penataan Permukiman Pulau Untung Jawa, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, **Mas Aji Adi Pramono, Liong Ju Tjung, Suryono Herlambang** 339
9. Penataan Kawasan Konservasi Suaka Margasatwa Muara Angke, **Yolanda Cahya Prifalofa, Parino Rahardjo, Priyendiswara A.B** 349
10. Penataan Pantai Bagedur dengan Konsep Wisata Bahari yang Berkelanjutan, **Murdiono, Suryono Herlambang, Liong Ju Tjung** 361
11. HBU Pengembangan Hunian pada Lahan Kosong di Jalan Mars Raya, Villa Cinere Mas Seluas 5,7 HA, **Dyan Cynthia Anggraini, Suryono Herlambang, Liong Ju Tjung** 372

PENGARUH MODULUS PERKERASAN LENTUR DAN OVERLOADING TERHADAP KERUSAKAN ALUR DAN FATIK

Anissa Noor Tajudin¹⁾, Ni Luh Shinta Eka Setyarini²⁾, dan Beryl Alberik³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara

Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta 11440

e-mail: ¹anissat@ftuntar.ac.id, ²niluhs@ft.untar.ac.id, ³berylalberikberyl@gmail.com

Abstrak

Modulus elastisitas akan berpengaruh pada pola pendistribusian beban roda kendaraan ke lapis perkerasan. Selain itu, beban kendaraan serta prediksi pertumbuhan beban lalu-lintas penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan perkerasan lentur. Meskipun material yang digunakan sudah sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada, namun perkerasan dapat mengalami keruntuhan sebelum masa layan habis jika dalam perencanaan tidak dipertimbangkan secara tepat terkait potensi pertumbuhan lalu lintas dan kelebihan pembebanan (*overloading*). Berdasarkan latar belakang tersebut, akan dianalisis mengenai pengaruh perubahan modulus elastisitas lapisan perkerasan lentur serta pengaruh pembebanan berlebih terhadap respons regangan horizontal dan regangan vertikal dan kerusakan alur serta fatik. Evaluasi perkerasan yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan program KENPAVE dengan variasi skema kelebihan pembebanan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Modulus elastisitas masing-masing lapisan divariasikan sebesar -30%, -20%, -10%, +10%, +20%, dan +30%. Semakin besar nilai modulus permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah maka semakin kecil juga nilai regangan tekan dan tarik. Hal ini disebabkan semakin tinggi kekuatan lapisan maka sudut distribusi beban akan semakin besar sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar dan dasar lapis beraspal akan semakin kecil. Penambahan beban kendaraan akan menyebabkan regangan tekan semakin tinggi. Hal ini disebabkan penambahan beban akan meningkatkan tekanan yang disalurkan kendaraan ke perkerasan, sehingga regangan tekan pada tanah dasar akan semakin tinggi. Perkerasan aman dari kerusakan alur untuk pembebanan normal sampai dengan kelebihan 50% dan pada beberapa variasi modulus dengan kelebihan pembebanan 75%. Perkerasan aman dari kerusakan fatik untuk pembebanan normal sampai dengan kelebihan 25% dan pada beberapa variasi modulus dengan kelebihan pembebanan 50%.

Kata kunci: modulus elastisitas, pembebanan berlebih, mekanistik empiris, fatik, alur

1. PENDAHULUAN

Perencanaan perkerasan lentur telah banyak mengalami perkembangan yang semula menggunakan metode empiris atau sebuah metode yang didasarkan pada pengalaman atau percobaan dengan pedoman berupa katalog, peraturan, atau persamaan. Metode empiris memiliki kekurangan dalam hal fleksibilitas perencanaan, karena setiap daerah atau negara memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga pedoman perencanaan perkerasan lentur di suatu daerah belum tentu dapat digunakan di daerah yang lain. Seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan, perencanaan perkerasan lentur mulai mempertimbangkan respons mekanistik berupa regangan, tegangan, dan defleksi yang dihasilkan dari parameter-parameter perencanaan yang digunakan, sehingga menghasilkan metode yang disebut dengan metode mekanistik empiris. Pada dasarnya, metode ini menggunakan katalog, peraturan, atau persamaan yang berlaku kemudian meninjau respons mekanistik dari hasil perencanaan tersebut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran respons tegangan, regangan, dan defleksi dari hasil perencanaan sehingga desain yang digunakan aman dari potensi kerusakan fatik, alur, dan defleksi.

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang terdiri dari banyak lapisan dan setiap lapisannya berperan dalam kekuatan keseluruhan struktur. Salah satu fungsi dari

setiap lapisan adalah sebagai penyalur beban kendaraan dari lapisan di atasnya ke lapisan di bawahnya. Tujuan utama dari struktur perkerasan lentur adalah menjaga agar lapisan tanah dasar tidak mengalami kerusakan karena lapisan tersebut memiliki kekuatan yang paling lemah. Selain itu, kerusakan yang terjadi di tanah dasar akan menyebabkan kerusakan beruntun ke lapisan di atasnya sehingga perbaikan yang harus dilakukan akan membutuhkan biaya yang besar.

Beberapa parameter penting dibutuhkan untuk mengetahui respons mekanistik dari perkerasan lentur sehingga kerusakan dapat diprediksi. Salah satu parameter penting tersebut adalah modulus elastisitas. Modulus elastisitas akan berpengaruh pada pola pendistribusian beban roda kendaraan ke lapis perkerasan dan pada kebutuhan tebal perkerasan. Selain itu, beban kendaraan serta prediksi pertumbuhan beban lalu-lintas penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan perkerasan lentur. Meskipun material yang digunakan sudah sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada, namun perkerasan dapat mengalami keruntuhan sebelum masa layan habis jika dalam perencanaan tidak dipertimbangkan secara tepat terkait potensi pertumbuhan lalu lintas dan kelebihan pembebanan (*overloading*).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini akan dianalisis mengenai pengaruh perubahan modulus elastisitas lapis permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah serta pengaruh pembebanan berlebih terhadap respons regangan horizontal dan regangan vertikal.

Metode mekanistik-empiris

Berdasarkan Garber dan Hoel (2009), metode mekanistik empiris menggunakan hubungan empiris antara kerusakan kumulatif dan kerusakan perkerasan untuk menentukan kebutuhan struktur perkerasan menahan beban kendaraan rencana. Prosedur perencanaannya dapat melalui proses iterasi dengan mempertimbangkan kondisi pada lokasi perencanaan seperti lalu-lintas, iklim, dan tanah dasar.

Modulus Elastisitas

Berdasarkan Pavement Interactive (2018), modulus elastisitas atau yang biasa disebut Modulus Young dan dilambangkan dengan E adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Modulus elastisitas pada dasarnya adalah kemiringan grafik tegangan – regangan pada batas elastis. Modulus elastisitas tidak dapat dijadikan ukuran kekuatan suatu material, karena kekuatan material digambarkan dengan besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk menghancurkan atau meruntuhkan material tersebut, sedangkan elastisitas diukur dengan kemampuan material kembali ke bentuk dan ukuran semula.

Kerusakan alur (*rutting*)

Menurut Long (2001), deformasi permanen berupa alur atau *rutting* merupakan depresi permukaan secara longitudinal pada lajur roda kendaraan yang diakibatkan oleh beban lalu-lintas yang tersalurkan pada roda mendesak lapisan beraspal keluar dari area kontak. Kegagalan alur dapat terjadi sedini mungkin. Pada tahun-tahun selanjutnya, campuran aspal akan memiliki ketahanan yang baik karena lapisan yang semakin kaku. Namun pada kasus ekstrim seperti daerah yang panas dan kelebihan pembebanan yang tidak terkontrol, kerusakan alur dapat terjadi dengan cepat.

Menurut Huang (2004), tegangan vertikal di atas tanah dasar sangat menentukan dalam ketahanan struktur terhadap kerusakan alur, Tegangan vertikal ijin pada tanah dasar rencana tergantung dari kekuatan atau modulus elastisitas. Untuk menggabungkan

pengaruh antara tegangan dengan kekuatan struktur, regangan tekan vertikal digunakan pada hamper semua desain perkerasan lentur dengan metode mekanistik empiris.

Kerusakan lelah (*fatigue*)

Ketahanan fatik dari campuran aspal adalah kemampuan untuk menahan perubahan bentuk berulang tanpa terjadi keruntuhan (Strategic Highway Research Program, 1994). Kerusakan Lelah atau *fatigue* merupakan kerusakan yang paling umum pada perkerasan lentur dengan bentuk berupa retakan yang diakibatkan oleh pembebanan lalu-lintas secara berulang.

Menurut Williams (2015), kerusakan fatik yang umumnya diasumsikan bermula dari dasar lapisan beraspal dapat terjadi karena regangan tarik kritis pada lapis beraspal yang diakibatkan tekanan berlebih dari kendaraan atau lapisan yang terlalu kaku. Huang (2004) mengatakan bahwa regangan tarik pada dasar lapisan beraspal digunakan dalam kriteria desain untuk menghindari kerusakan retak fatik.

2. METODE PENELITIAN

Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data primer hasil survey Tol Cipularang Km 97. Perhitungan *cumulative single axle load* atau jumlah kumulatif beban standar menggunakan Metode Binamarga 2002 dengan cara menentukan lalu lintas harian rata-rata (LHR), angka ekuivalen beban gandar sumbu kendaraan (E), Reabilitas kelas jalan, faktor distribusi arah dan lajur, dan lalu lintas lajur rencana (W18). Nilai CESA didapatkan sebesar 23.947.797 dan akan digunakan sebagai lalu-lintas rencana dalam perhitungan tebal perkerasan.

Tebal rencana

Perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Binamarga 2002 yang diadopsi dari AASHTO 97 dengan nilai parameter yang dibutuhkan disesuaikan dengan kondisi pada jalan Tol Cipularang Km 97 (data sekunder) atau berdasarkan asumsi. Parameter struktur perkerasan lentur yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Perkerasan Lentur

Lapisan	Modulus Elastisitas (psi)	Poisson ratio	Tebal (inci)
Permukaan (Laston)	350.000	0,35	4,5
Pondasi Atas (Stab. Aspal)	230.000	0,35	13,5
Pondasi Bawah (Granular)	16.000	0,4	6,5
Tanah Dasar	9.000	0,45	∞

Respons mekanistik perkerasan

Evaluasi perkerasan yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan program KENPAVE dengan variasi skema kelebihan pembebanan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Kelebihan pembebanan digambarkan dengan penambahan tekanan roda berturut-turut sebesar 70 psi, 87,5 psi, 105 psi, 122,5 psi, dan 140 psi. Kontak radius ban menyesuaikan dengan kondisi standar sumbu tunggal roda ganda di Indonesia yaitu sebesar 4,51 inci.

Respons mekanistik yang digunakan adalah regangan horizontal untuk menghitung kerusakan fatik, regangan vertikal untuk menghitung kerusakan alur, dan tegangan. Modulus elastisitas masing-masing lapisan divariasikan sebesar -30%, -20%, -10%, +10%,

+20%, dan +30% dari modulus elastisitas tebal rencana seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan Modulus Lapisan Permukaan

Variasi	Modulus (psi)								
	Perubahan LP			Perubahan LPA			Perubahan LPB		
	LP	LPA	LPB	LP	LPA	LPB	LP	LPA	LPB
-30%	245000	230000	16000	350000	161000	16000	350000	230000	11200
-20%	280000	230000	16000	350000	184000	16000	350000	230000	12800
-10%	315000	230000	16000	350000	207000	16000	350000	230000	14400
0%	350000	230000	16000	350000	230000	16000	350000	230000	16000
+10%	385000	230000	16000	350000	253000	16000	350000	230000	17600
+20%	420000	230000	16000	350000	276000	16000	350000	230000	19200
+30%	455000	230000	16000	350000	299000	16000	350000	230000	20800

Kerusakan fatik dan alur

Model prediksi kerusakan fatik dan alur dihitung menggunakan rumus Asphalt Institute (1982) dengan hasil berupa jumlah repetisi beban untuk menghindari terjadinya fatik (N_f) dan alur (N_d) seperti disajikan pada Persamaan (1) dan (2).

$$N_f = 0,0796 \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{3,291} \left(\frac{1}{E_1}\right)^{0,854} \quad (1)$$

Dengan:

- N_f = jumlah repetisi beban untuk menghindari fatik
- ϵ_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan
- E = modulus elastis lapis permukaan

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{\epsilon_c}\right)^{4,477} \quad (2)$$

Dengan:

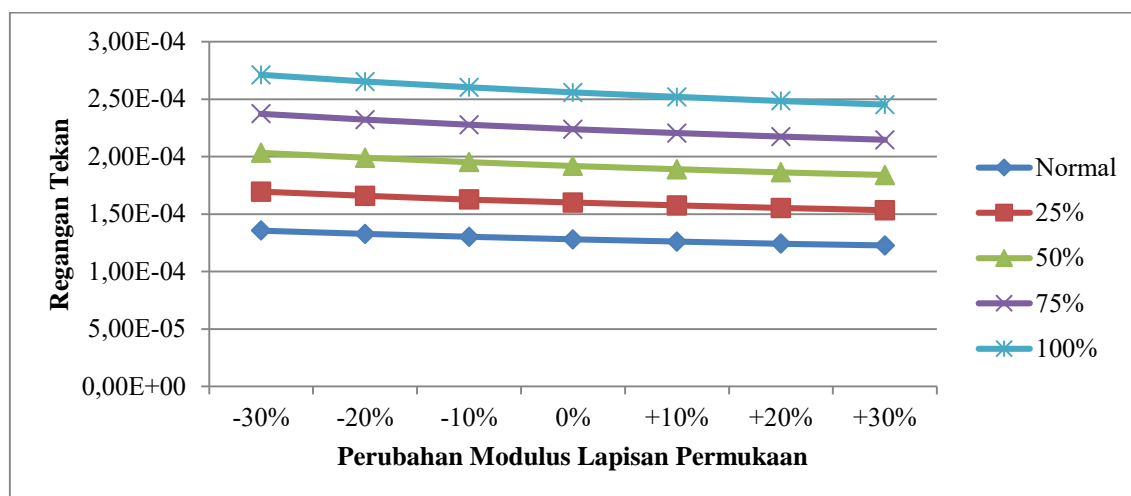
- N_d = jumlah repetisi beban untuk menghindari *rutting*
- ϵ_c = regangan tekan pada bagian bawah lapis pondasi bawah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

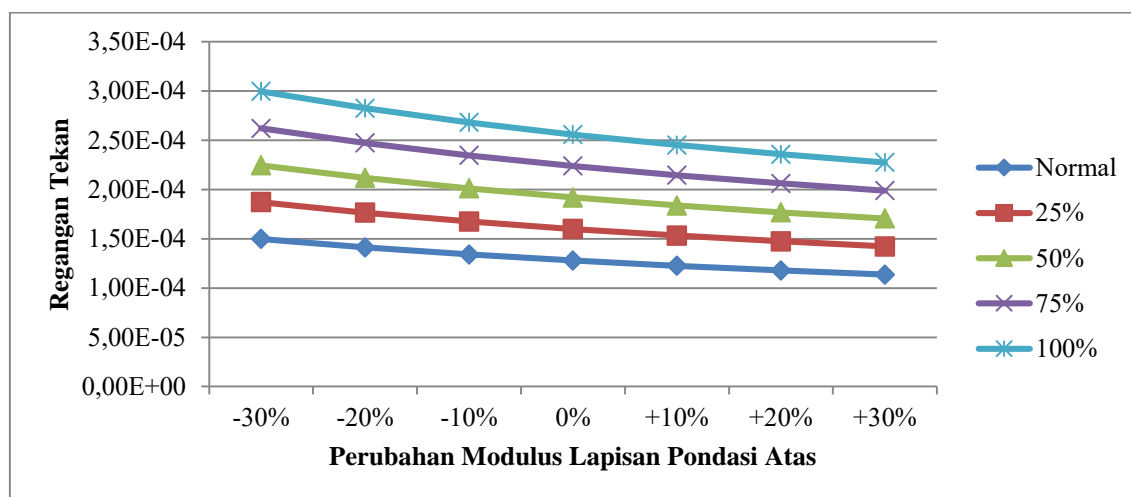
Program KENPAVE digunakan untuk menganalisis perkerasan lentur dengan data-data yang diperlukan sebagai *input parameters* antara lain sifat karakteristik perkerasan dan material seperti modulus, *poisson ratio* setiap lapisan, beban roda, tekanan ban, dan koordinat tinjauan tegangan dan regangan yang diperlukan.

Hubungan antara perubahan modulus lapisan dengan regangan tekan

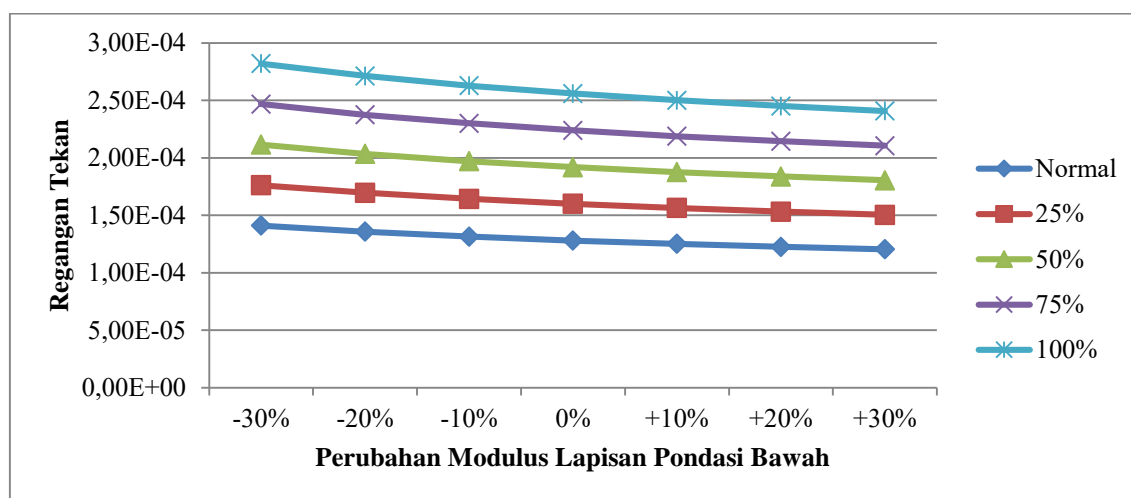
Dalam penelitian ini, variasi regangan tekan (*vertical compressive strain*) di bawah as antar roda dengan titik tinjauan dan grafik hubungan antara variasi modulus material dan regangan tekan dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan 3.



Gambar 1. Hubungan antara Modulus Lapisan Permukaan dengan Regangan Tekan



Gambar 2. Hubungan antara Modulus Lapisan Pondasi Atas dengan Regangan Tekan



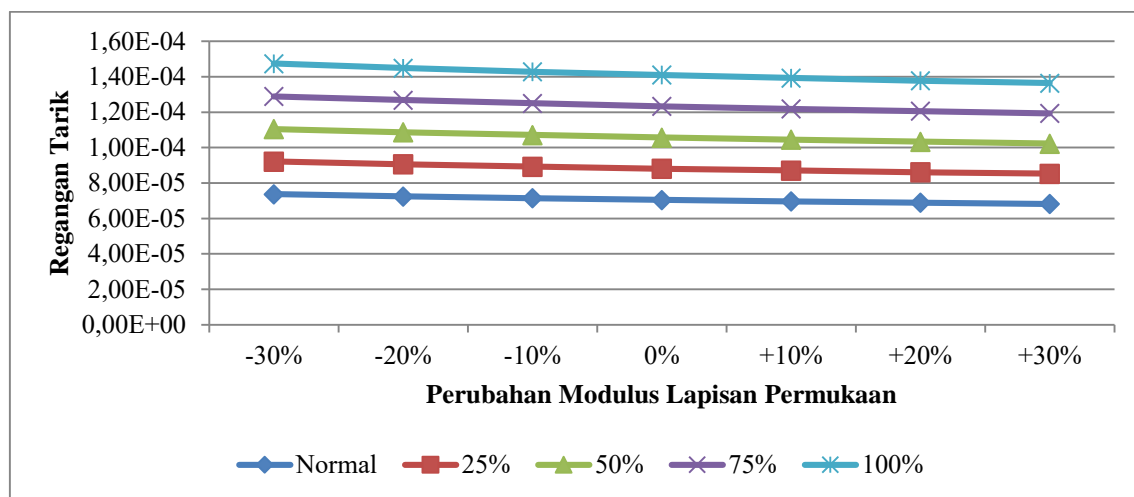
Gambar 3. Hubungan antara Modulus Lapisan Pondasi Bawah dengan Regangan Tekan

Pada Gambar 1 sampai dengan 3 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai modulus permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah maka semakin kecil juga nilai regangan tekan, dan sebaliknya semakin kecil nilai modulus permukaan maka semakin besar pula nilai regangan tekan. Hal ini disebabkan semakin tinggi kekuatan lapisan maka sudut distribusi beban akan semakin besar sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar akan semakin kecil. Perubahan modulus lapisan pondasi atas paling mempengaruhi nilai regangan tekan dengan pengurangan modulus sebesar 30% akan menyebabkan kenaikan regangan tekan sebesar 15%.

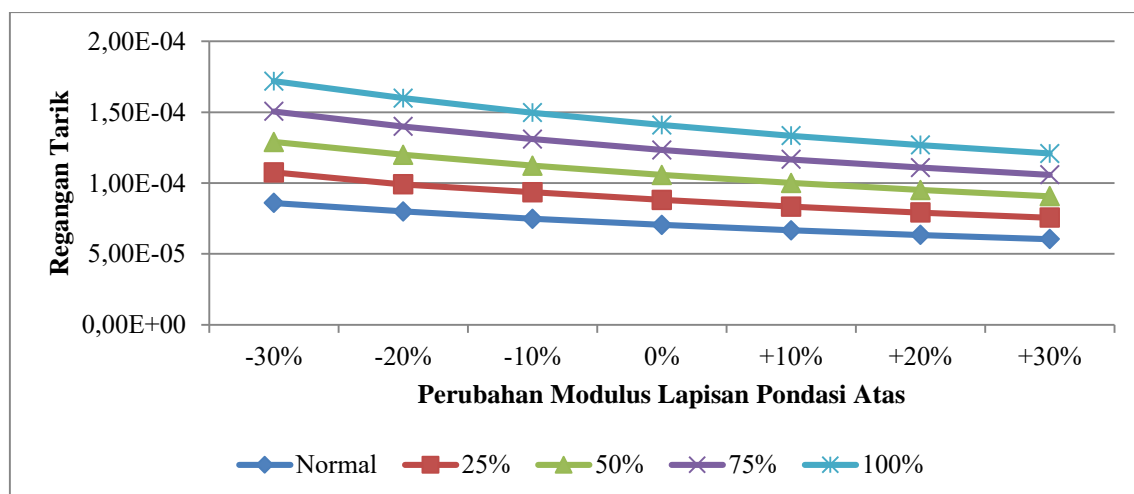
Penambahan beban kendaraan akan menyebabkan regangan tekan semakin tinggi. Hal ini disebabkan penambahan beban akan meningkatkan tekanan yang disalurkan kendaraan ke perkerasan, sehingga regangan tekan pada tanah dasar akan semakin tinggi.

Hubungan antara perubahan modulus lapisan dengan regangan tarik

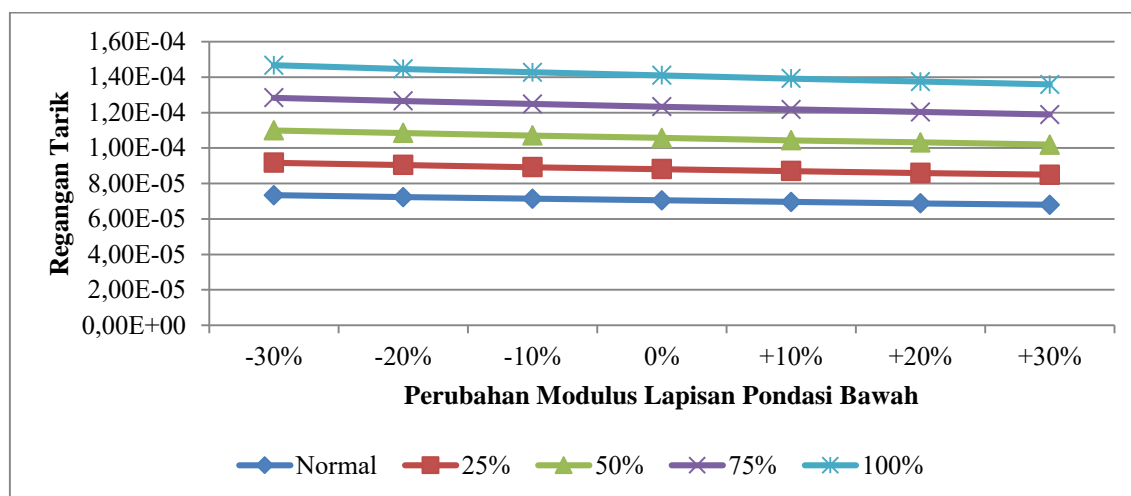
Dalam penelitian ini, variasi regangan tarik (*horizontal tensile strain*) di bawah as antar roda dengan titik tinjauan di bawah lapis beraspal (pondasi atas) dan grafik hubungan antara variasi modulus material dan regangan tarik dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan 6.



Gambar 4. Hubungan antara Modulus Lapisan Permukaan dengan Regangan Tarik



Gambar 5. Hubungan antara Modulus Lapisan Pondasi Atas dengan Regangan Tarik



Gambar 6. Hubungan antara Modulus Lapisan Pondasi Bawah dengan Regangan Tarik

Pada Gambar 4 sampai dengan 6 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai modulus permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah maka semakin kecil juga nilai regangan tarik, dan sebaliknya semakin kecil nilai modulus maka semakin besar pula nilai regangan tarik. Hal ini disebabkan semakin tinggi kekuatan lapisan maka sudut distribusi beban akan semakin besar sehingga beban yang diterima oleh dasar lapis beraspal akan semakin kecil. Perubahan modulus lapisan pondasi atas paling mempengaruhi nilai regangan tarik dengan pengurangan modulus sebesar 30% akan menyebabkan kenaikan regangan tarik sebesar 18%.

Penambahan beban kendaraan akan menyebabkan regangan Tarik semakin tinggi. Hal ini disebabkan penambahan beban akan meningkatkan tekanan yang disalurkan kendaraan ke perkerasan, sehingga regangan tarik pada dasar lapisan beraspal akan semakin tinggi

Hubungan antara perubahan modulus lapisan dengan nilai Nd dan Nf

Nilai Nd dengan variasi modulus elastisitas lapisan dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan 6 dan nilai Nf dapat dilihat pada Tabel 7 sampai dengan 9.

Tabel 4. Nd dengan Variasi Modulus Lapis Permukaan

Variasi	Nd				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	282.491.914	104.025.519	45.988.099	23.063.471	12.685.124
-20%	311.199.958	114.519.747	50.718.620	25.419.530	13.974.241
-10%	338.859.195	124.954.119	55.164.376	27.692.658	15.242.451
0%	365.724.132	134.675.157	59.676.864	29.918.545	16.451.367
+10%	392.440.410	144.513.225	63.887.097	32.039.990	17.622.294
+20%	417.047.391	153.906.883	67.974.547	34.136.712	18.761.018
+30%	441.952.448	163.102.427	72.034.950	36.101.113	19.881.847

Tabel 5. Nd dengan Variasi Modulus Lapis Pondasi Atas

Variasi	Regangan Tekan				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	180.869.885	66.524.409	29.444.603	14.754.147	8.109.725
-20%	234.934.173	86.567.583	38.286.385	19.172.038	10.549.573
-10%	296.916.282	109.410.220	48.282.550	24.229.561	13.332.842
0%	365.724.132	134.675.157	59.676.864	29.918.545	16.451.367
+10%	443.568.622	163.102.427	72.210.483	36.176.488	19.918.174
+20%	528.403.087	194.432.750	85.912.260	43.163.794	23.727.613
+30%	621.574.302	228.350.075	101.056.103	50.718.620	27.856.524

Tabel 6. Nd Dengan Variasi Modulus Lapis Pondasi Bawah

Variasi	Regangan Tekan				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	237.180.338	87.450.887	38.611.628	19.381.678	10.650.436
-20%	281.561.113	103.751.200	45.887.011	23.020.009	12.664.205
-10%	325.222.962	119.597.825	52.944.474	26.526.328	14.603.936
0%	365.724.132	134.675.157	59.676.864	29.918.545	16.451.367
+10%	405.239.411	149.547.207	66.049.457	33.169.644	18.229.622
+20%	445.192.031	163.579.607	72.386.540	36.252.056	19.954.583
+30%	481.025.245	177.661.813	78.502.629	39.355.872	21.640.346

Pada Tabel 4 sampai dengan 6 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai modulus maka akan semakin besar nilai Nd. Hal ini disebabkan semakin besar kekuatan material maka regangan tekan yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga repetisi yang diizinkan untuk menghindari terjadinya kerusakan alur akan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Dapat dilihat juga bahwa pada pembebanan normal sampai dengan kelebihan 50%, nilai Nd pada semua variasi modulus masih berada di atas nilai CESA (23.947.797). Hal ini menandakan kondisi tersebut aman. Namun saat pembebanan berlebih mencapai 75% nilai Nd pada beberapa variasi berada di bawah CESA dan pada 100% semua nilai Nd berada di bawah CESA, sehingga pada kondisi tersebut perkerasan akan mengalami kerusakan alur.

Tabel 7. Nf dengan Variasi Modulus Lapis Permukaan

Variasi	Regangan Tekan				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	83.666.173	40.143.853	22.044.093	13.278.687	8.540.283
-20%	88.352.056	42.388.335	23.268.376	14.016.256	9.034.860
-10%	92.742.013	44.486.228	24.432.075	14.691.517	9.479.533
0%	96.830.602	46.460.276	25.513.305	15.368.731	9.883.651
+10%	100.727.791	48.330.185	26.490.233	15.957.296	10.286.186
+20%	104.381.971	50.088.282	27.516.509	16.530.405	10.659.291
+30%	107.897.931	51.770.489	28.411.672	17.130.648	11.023.599

Tabel 8. Nf dengan Variasi Modulus Lapis Pondasi Atas

Variasi	Regangan Tekan				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	68.288.572	32.727.928	17.961.104	10.814.617	6.982.177
-20%	77.435.597	38.166.317	20.387.535	12.270.791	7.904.845
-10%	86.994.364	41.737.080	22.870.445	13.776.362	8.880.133
0%	96.830.602	46.460.276	25.513.305	15.368.731	9.883.651
+10%	107.016.323	51.337.352	28.133.230	16.979.229	10.933.528
+20%	117.408.885	56.357.338	30.926.796	18.642.622	11.995.304
+30%	128.127.348	61.470.071	33.744.601	20.328.603	13.104.635

Tabel 9. Nf Dengan Variasi Modulus Lapis Pondasi Bawah

Variasi	Regangan Tekan				
	0%	25%	50%	75%	100%
-30%	84.873.256	40.723.023	22.375.573	13.449.620	8.675.130
-20%	88.875.660	42.635.657	23.409.828	14.089.260	9.076.022
-10%	92.827.546	44.551.891	24.432.075	14.730.263	9.479.533
0%	96.830.602	46.460.276	25.513.305	15.368.731	9.883.651
+10%	100.870.727	48.403.343	26.573.830	16.000.453	10.310.525
+20%	104.982.596	50.357.222	27.604.356	16.620.946	10.736.020
+30%	109.104.173	52.354.325	28.780.362	17.321.042	11.157.638

Pada Tabel 7 sampai dengan 9 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai modulus maka akan semakin besar nilai Nf. Hal ini disebabkan semakin besar kekuatan material maka regangan tarik yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga repetisi yang diizinkan untuk menghindari terjadinya kerusakan fatik akan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Dapat dilihat juga bahwa pada pembebanan normal sampai dengan kelebihan 25%, nilai Nf pada semua variasi modulus masih berada di atas nilai CESA (23.947.797). Hal ini menandakan kondisi tersebut aman. Namun saat pembebanan berlebih mencapai 50% nilai Nf pada beberapa variasi berada di bawah CESA dan pada 75% serta 100% semua nilai Nf berada di bawah CESA, sehingga pada kondisi tersebut perkerasan akan mengalami kerusakan alur.

4. KESIMPULAN

1. Semakin besar nilai modulus lapisan permukaan, pondasi atas, dan pondasi bawah maka nilai regangan tekan dan Tarik akan semakin menurun
2. Penambahan beban akan meningkatkan tekanan yang disalurkan kendaraan ke perkerasan, sehingga regangan tekan, regangan tarik, dan tegangan pada perkerasan akan semakin tinggi.
3. Semakin kecil nilai modulus maka akan semakin kecil nilai Nf dan Nd.
4. Perkerasan aman dari kerusakan alur untuk pembebanan normal sampai dengan kelebihan 50% dan pada beberapa variasi modulus dengan kelebihan pembebanan 75%.
5. Perkerasan aman dari kerusakan fatik untuk pembebanan normal sampai dengan kelebihan 25% dan pada beberapa variasi modulus dengan kelebihan pembebanan 50%.

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO (1986). *Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, D.C.
2. Bina Marga. (2002). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt. T-01-2002-B*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
3. Garber, N.J. dan Noel, L.A. (2009). *Traffic & Highway Engineering*. Cengage Learning, Toronto.
4. Huang, Y.H. (2004). *Pavement Analisis and Design*. Pearson Education Inc. New Jersey.
5. Long, F.M. (2001). *Permanent Deformation of Asphalt Concrete Pavements: A Nonlinear Viscoelastic Approach to Mix Analyses and Design*. University of California, Berkeley.
6. Pavement Interactive. Elastic Modulus. (On-line). Tersedia di www.pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/elastic-modulus/ (3 September 2018).

7. Strategic Highway Research Program. (1994). *Fatigue Response of Asphalt-Aggregate Mixes*. National Research Council. Washington DC.
8. Williams, R.C. (2015). *Premature Asphalt Concrete Pavement Cracking*. Federal Highway Administration. Washington DC.