

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan aspal secara umum terdiri dari tiga lapisan utama (Croney and Croney, 1997) yaitu : lapisan permukaan beraspal (*bituminous surfacing*), lapisan pondasi (*base* atau *road base*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diletakkan diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*). Kekuatan perkerasan aspal ditentukan berdasarkan kualitas bahan yang digunakan dan umumnya diukur dari nilai modulusnya. Banyak faktor yang mempengaruhi modulus bahan perkerasan aspal. Untuk material berbutir tanpa bahan pengikat yang digunakan sebagai bahan lapisan *subbase* dan *base* atau *road base*, salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap kekuatan bahannya adalah kelembabannya (Huang, 2012). Kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan pengurangan kekuatan lapisan perkerasan dari bahan berbutir tanpa bahan pengikat. Untuk lapisan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, kekuatan dari lapisan aspal dipengaruhi oleh perubahan iklim atau musim dari suatu wilayah (Huang, 2012).

Modulus campuran aspal dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya temperatur, tipe aspal, variasi kadar aspal, gradasi dan variasi pemadatan (Tabatabaie et al., 2008). Temperatur merupakan salah satu faktor yang paling penting mempengaruhi perencanaan dan kinerja dari lapisan perkerasan aspal (Wahhab et al., 2001; Hassan et al., 2005; Velasquez et al., 2008). Variasi temperatur dalam lapisan perkerasan aspal, berkontribusi dalam berbagai hal terhadap kemungkinan kegagalan struktur dan umur rencana perkerasan aspal (Ramadhan and Wahhab, 1997; Wahhab et al., 2001; Hassan et al., 2005; Jia et al., 2008).

Kinerja struktur lapisan perkerasan aspal sangat tergantung pada temperatur perkerasan yang terhampar. Dalam kondisi waktu pembebanan yang tetap, temperatur merupakan faktor utama yang mempengaruhi respon deformasi dari struktur lapisan perkerasan aspal dan karakteristik penyebaran bebannya tergantung pada sensitifitas modulus lapisan perkerasan aspal terhadap temperatur, dimana kekuatannya semakin nyata berkurang dengan semakin meningkatnya temperatur (Wahhab et al., 2001; Nazarian and Alvarado, 2006; Alkasawneh et al., 2007).

Temperatur di dalam lapisan perkerasan aspal bervariasi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu; temperatur udara, radiasi matahari, kecepatan angin, dan reflektansi dari permukaan perkerasan (Herb et al., 2006; Matic et al., 2013). Temperatur udara

merupakan salah satu faktor lingkungan yang paling penting yang berpengaruh secara nyata terhadap sifat-sifat mekanis campuran aspal dan variasi temperatur udara secara langsung mempengaruhi temperatur lapisan perkerasan aspal (Velasquez et al., 2008). Distribusi temperatur dalam penampang lapisan perkerasan aspal penting diketahui sehubungan dengan perbedaan karakteristik kekuatan dalam berbagai disain perkerasan aspal (Jia et al., 2008).

Croney and Croney (1997) menyatakan bahwa sebelum dimulainya perancangan perkerasan aspal, tanggung jawab dari seorang perancang adalah mengetahui lebih dalam semua aspek tentang kondisi iklim dimana perkerasan itu akan dioperasikan. Temperatur udara merupakan salah satu faktor iklim yang penting dalam disain perkerasan aspal, karena berpengaruh pada temperatur perkerasan aspal, dimana semua material aspal mengalami penurunan kekakuan jika temperaturnya meningkat.

Karakterisasi kinerja kekuatan perkerasan dari jalan raya yang dibangun menggunakan *Hot Mix Asphalt* (HMA) sulit ditentukan karena sifat materialnya (Diefenderfer, 2002). Bahan pengikat aspal merupakan komponen utama dari HMA, yang digunakan untuk menahan beban bersama agregat. Namun, karena aspal merupakan bahan *viscous-elastic*, kapasitas struktural HMA dapat bervariasi sehubungan dengan temperatur. Sebagai bahan *viscous-elastic*, HMA menunjukkan sifat bahan kental dan elastis. Pada temperatur rendah, HMA bertindak sebagai elastis solid dengan jumlah regangan yang rendah, sehingga deformasi permanen tidak mungkin terjadi sampai batas regangan rendah dilampaui. Namun, pada temperatur tinggi, HMA merupakan cairan kental di mana bahan mulai mengalir dengan regangan yang diijinkan.

Terjadinya temperatur yang tinggi pada periode musim panas dalam setahun, secara nyata meningkatkan pengaruh perilaku komponen kental dalam campuran aspal dan dapat menyebabkan deformasi perkerasan aspal yang lebih besar, terutama pada pergerakan beban roda kendaraan yang bergerak perlahan atau dalam kondisi berhenti (Matic et al., 2012a). Dengan alasan ini, sangat penting untuk menentukan bahaya munculnya deformasi dalam kondisi temperatur ekstrim, terutama menentukan temperatur tinggi dan durasinya.

Prediksi temperatur perkerasan telah secara luas diselidiki oleh banyak peneliti, Barber (1957) dalam Matic et al. (2012b) merupakan salah satu peneliti pertama yang membahas perhitungan temperatur perkerasan maksimum berdasarkan laporan cuaca. Rumney and Jimenez (1971) mengembangkan nomograf untuk memperkirakan temperatur perkerasan di permukaan dan kedalaman 50 mm, dimana variabel yang digunakan meliputi temperatur perkerasan dan radiasi matahari per jam. Sebuah model simulasi berdasarkan teori *Heat Transfer and Energy Balance* pada permukaan perkerasan dikembangkan oleh

Dempsey (1970), sedangkan Witczak (1972) dalam Lytton et al. (1990) mengembangkan model matematis untuk memperkirakan temperatur perkerasan bulanan rata-rata pada kedalaman tertentu berdasarkan temperatur udara bulanan rata-rata. Sampai inisiasi program *Long-Term Pavement Performance* (LTPP), sedikit informasi pada literatur yang membahas tentang topik ini.

Dalam Matic et al. (2012a) disebutkan bahwa pada tahun 1987, *Strategic Highway Research Program* (SHRP) mengembangkan program LTPP yang bertujuan meneliti perkerasan yang mencirikan kinerja perkerasan setempat. Sekitar 2500 lokasi di seluruh Amerika Utara dan Kanada dipilih mewakili berbagai jenis perkerasan dan kondisi iklim. Untuk secara khusus yang mempelajari tentang kondisi iklim, LTPP menetapkan 64 lokasi menjadi bagian dari *Seasonal Monitoring Program* (SMP) dan hasil penelitian SMP adalah *Superior Performing Asphalt Pavement* (SUPERPAVE), yaitu suatu metode disain perkerasan aspal (Matic et al., 2012a). Berawal dari pengujian yang dilakukan SHRP, dengan menggunakan data SMP yang lebih baru, model-model temperatur perkerasan dikembangkan untuk membantu pemilihan kelas kinerja aspal yang tepat, yang digunakan sesuai dengan lokasi khusus (Lukanen et al., 1988). Model-model berbasis regresi dikembangkan oleh Bosscher et al. (1998); Marshall et al. (2001) dan sebuah model simulasi komputer yang memperkirakan temperatur perkerasan pada musim panas berdasarkan teori model *Heat and Transfer* disampaikan oleh Solaimanian and Kennedy (1993). Meskipun banyak peneliti telah mempelajari distribusi temperatur lapisan perkerasan aspal, sebagian besar penelitian terutama difokuskan pada penentuan temperatur perkerasan minimum dan maksimum tahunan dengan tujuan untuk penentuan seleksi aspal dan sedikit penelitian yang membahas prediksi temperatur perkerasan harian. Selanjutnya Hermansson (2000), Marshall et al. (2001) meneliti dan mengembangkan prediksi temperatur perkerasan pada skala waktu yang lebih kecil.

Kosasih (2008) menyatakan pengaruh temperatur terhadap modulus perkerasan, khususnya modulus campuran beraspal cukup nyata. Model matematis untuk memperkirakan modulus campuran beraspal sebagai fungsi dari temperatur telah banyak diusulkan, seperti metode Nottingham dan metode Asphalt Institute. Aschuri et al. (2003) juga menyatakan dalam dua dasawarsa terakhir telah banyak dikembangkan metode disain perkerasan aspal berdasarkan analisis struktur, dimana salah satu parameter yang diperlukan adalah modulus kekakuan campuran beraspal. Modulus kekakuan sangat rentan terhadap temperatur dan waktu pembebanan (Tabatabaie et al., 2008). Standar temperatur dalam disain adalah 25 °C, namun temperatur yang terjadi di Indonesia lebih tinggi dari 25 °C,

sehingga mempengaruhi disain ketebalan dan umur rencana lapisan perkerasan aspal (Aschuri et al., 2003).

Subagio et al. (2007) melakukan penelitian tentang modulus kekakuan campuran aspal dari material yang secara umum digunakan di Indonesia, dan pengkajian telah dilakukan pada seluruh campuran aspal seperti *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*, *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, *Stone Mastic Asphalt* dan jenis campuran lainnya yang menggunakan bahan-bahan tambahan. Dalam analisis modulus kekakuan terdapat hal yang penting tentang campuran aspal di Indonesia yaitu pada pembebanan yang sama, meningkatnya temperatur campuran aspal akan secara nyata mempengaruhi nilai modulus kekakuan, dimana ketika temperatur naik 5 °C, nilai modulus akan turun sampai 10%.

Pentingnya distribusi temperatur perkerasan sehubungan dengan penentuan kelas kinerja aspal dan kapasitas strukturnya, dalam dasawarsa terakhir penelitian dengan topik ini secara luas masih banyak dikembangkan di banyak negara dengan iklim yang berbeda, seperti di Amerika Serikat, Oman, Saudi Arabia, Spanyol, Iran, China, Portugal, Lithuania, Serbia (Diefenderfer (2002); Diefenderfer et al. (2003;2006); Rathke and Macpherson (2006); Hassan et al. (2005); Wahhab et al. (2001); Velasquez et al. (2008); Jia et al., (2008); Tabatabaie et al. (2008); Minhoto et al. (2005a; 2005b ;2009); Paliukaite and Vaitkus (2011); Matic et al. (2012a; 2012b; 2013). Dalam beberapa penelitian, model dikembangkan dengan mempertimbangkan parameter yang sama.

Diefenderfer et al. (2003;2006) mengembangkan model regresi untuk memperkirakan temperatur pada beberapa kedalaman perkerasan berdasarkan temperatur udara. Model yang dikembangkan berdasarkan penelitian di Virginia Smart Road dengan mempertimbangkan beberapa variabel untuk pengembangan model yaitu gradasi agregat, kelas aspal serta memperhitungkan pengaruh variasi musiman dan letak lokasi terhadap temperatur perkerasan. Penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur perkerasan harian minimum dan harian maksimum, dapat diperkirakan berdasarkan temperatur udara harian minimum dan harian maksimum.

Wahhab et al. (2001) melakukan penelitian secara luas untuk menganalisis kecendrungan temperatur pada jalan-jalan di Saudi dan pengaruhnya terhadap modulus perkerasan aspal. Penelitian ini mengembangkan faktor koreksi temperatur dan model untuk memperkirakan modulus *resilient* berdasarkan sifat bahan dengan menggunakan prosedur statistik. Selanjutnya Hassan et al. (2005) memandang perlu mengevaluasi penerapan model yang dikembangkan oleh SHRP dan LTPP untuk kondisi lingkungan di Oman dan kondisi iklim teluk Arab secara umum. Analisis regresi digunakan untuk mengembangkan model

temperatur minimum dan temperatur maksimum dengan menggunakan temperatur udara, radiasi matahari dan lamanya radiasi matahari digunakan sebagai variabel *independent*. Rathke and Macpherson (2006) melakukan analisis secara kuantitatif hubungan antara temperatur permukaan perkerasan dengan temperatur udara di kota Oklahoma Amerika Serikat. Hubungan variabel-variabel tersebut ditentukan pada kondisi yang berbeda dalam waktu perhari, rentang waktu kritis, kondisi cuaca dan basah keringnya perkerasan jalan.

Velasquez et al. (2008) mengembangkan model regresi untuk memperkirakan profil perkerasan aspal dengan metode *Least Square* dengan variabel terukur meliputi temperatur udara, kelembaban, kecepatan angin dan radiasi matahari yang berlokasi di Mn Road Amerika Serikat. Model diverifikasi dengan program *Finite Difference Heat Transfer* untuk menghitung temperatur perkerasan aspal. Velasquez menyimpulkan bahwa temperatur perkerasan yang diperkirakan berdasarkan model numerik mempunyai nilai yang mendekati dengan temperatur perkerasan dari model regresi. Pada tahun yang sama, Tabatabaie et al. (2008) mengembangkan model matematis temperatur dan modulus *resilient* perkerasan aspal untuk zona tropis di Iran. Model ini dibuat untuk memperkirakan temperatur lapisan perkerasan aspal di berbagai kedalaman.

Mirza et al. (2011) dalam menerapkan metode desain campuran aspal Superpave yang berbasis pada pendekatan kinerja, menganalisis zona temperatur untuk menerapkan sistem *performance grade* (PG) aspal di Pakistan. Penelitian ini mendokumentasikan zona tinggi dan rendahnya temperatur perkerasan berdasarkan geografis dengan mengembangkan model regresi. Paliukaite and Vaitkus (2011) menganalisis perilaku struktur perkerasan aspal pada kondisi iklim di Lithuania dengan mempertimbangkan temperatur udara dan kelembaban sebagai salah satu faktor iklim yang paling penting yang mempengaruhi kekuatan struktur perkerasan aspal. Penelitian lapangan dalam menentukan kekuatan struktur dan modulus diukur dengan *falling weight deflectometer* (FWD) pada musim yang berbeda.

Matic et al. (2012a) merumuskan model untuk memperkirakan temperatur permukaan perkerasan minimum dan maksimum menggunakan persamaan regresi, dalam ketergantungan terhadap temperatur udara berdasarkan kondisi iklim di Serbia. Taha et al. (2013) meneliti pengaruh perubahan temperatur terhadap modulus elastis lapisan perkerasan aspal di jalan Soekarno – Hatta dan Purwakarta – Cikampek Bandung Jawa Barat dengan pengujian *destructive* (UTM test) dan *non destructive* (FWD test dan *spectral analysis surface wave* (SASW) test). Penelusuran penelitian mengenai pengembangan model keterkaitan antara faktor iklim dan temperatur perkerasan aspal serta pengaruhnya terhadap kapasitas struktur perkerasan di berbagai lokasi, dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Penelitian Pengembangan Model Temperatur Perkerasan Aspal di Berbagai Lokasi dan Pengaruhnya Terhadap Kapasitas Strukturnya

Tahun Lokasi	1993	1999	2001	2003	2005	2006	2008	2011	2012	2013
USA	Pemodelan pengaruh iklim pada perkerasan. (Solaimanian and Bolzan)			Pemodelan profil temperatur perkerasan. (Diefenderfer et al.)		Pemodelan temperatur perkerasan (Rathke and McPherson) Temperatur & modulus lapisan beton aspal. (Nazarian and Alvarado)	Pemodelan profil temperatur perkerasan. (Velasquez et al.)			
Saudi Arabia			Temperatur perkerasan dan modulus perkerasan lentur. (Wahhab et al.)							
China							Pemodelan profil temperatur perkerasan aspal. (Jia et al.)			
Indonesia		Temperatur perkerasan dan modulus lapisan aspal (Subagio and Soedjatmiko)		Modulus kekakuan campuran beton aspal (Aschuri et al.)						Perubahan temperatur dan modulus elastis perkerasan. (Taha et al.)

Tabel 1.1. Penelitian Pengembangan Model Temperatur Perkerasan Aspal di Berbagai Lokasi dan Pengaruhnya Terhadap Kapasitas Strukturnya
(Lanjutan)

Tahun Lokasi	1993	1999	2001	2003	2005	2006	2008	2011	2012	2013
Oman					Pemodelan temperatur perkerasan (Hassan et al.)					
Portugal					Pemodelan temperatur perkerasan (Manuel et al.)					
Iran							Pemodelan temperatur and modulus resilient. (Tabatabaie et al.)			
Lithuania								Temperatur & modulus perkerasan aspal. (Paliukaite and Vaitkus)		
Pakistan								Zoning Temperatur perkerasan. (Mirza et al.)		
Serbia									Pemodelan temperatur perkerasan. (Matic et al.)	

Dari pemetaan penelitian yang dijabarkan pada Tabel 1.1, penelitian keterkaitan iklim dan temperatur perkerasan aspal telah dilakukan di banyak negara dengan perbedaan tipe iklim dan kondisi lalu lintas. Sesuai dengan letak lintang, negara-negara tersebut dominan beriklim subtropis dan iklim sedang dengan empat musim (musim semi, musim panas, musim gugur dan musim dingin). Ciri iklim subtropis dan sedang, menerima panas sinar matahari dengan intensitas waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan iklim tropis, sehingga menyebabkan perbedaan profil temperatur udara dan temperatur perkerasan aspal serta pengaruh terhadap kapasitas strukturnya. Ciri iklim tropis adalah menerima panas sinar matahari dengan intensitas waktu yang lebih banyak sepanjang tahun, sehingga rata-rata temperatur udara tinggi. Umumnya temperatur udara antara 20 – 23 °C, bahkan di beberapa tempat mencapai lebih dari 30 °C (Kumalasetya, 2012).

Wilayah Indonesia terletak pada zona lintang kecil (6 °LU – 11 °LS) yang dilintasi oleh garis khatulistiwa. Dengan posisi lintang ini, wilayah Indonesia beriklim tropis. Disamping itu wilayah Indonesia dilalui oleh dua pergerakan angin muson (muson barat dan muson timur) yang menyebabkan mengalami dua musim, yaitu musim hujan pada periode bulan Oktober – Maret dan musim kemarau pada periode bulan April – September. Pada sisi lain, sekitar 70% wilayah Indonesia berupa perairan, sehingga memiliki ciri-ciri antara lain: udara sering berawan, kelembaban udara yang tinggi dan curah hujan yang tinggi (Chuckybugiskha, 2011). Berdasarkan karakteristik iklim tropis di Indonesia, tentu penerapan model-model yang dikembangkan pada daerah atau lokasi dengan iklim yang berbeda (sub tropis, sedang) mempunyai akurasi yang kurang, jika diterapkan di iklim tropis. Subagio et al. (2007) menyatakan metode disain perkerasan aspal untuk negara-negara tropis seperti halnya di Indonesia, umumnya mengadopsi dari negara-negara asing yang secara empiris dikembangkan berdasarkan penelitian bertahun-tahun dengan parameter disain seperti iklim lingkungan dan beban lalu lintas, tentu berbeda secara nyata dan akan menyebabkan perbedaan pemecahan masalah. Model yang dikembangkan Witczak (1972) umum digunakan untuk memperkirakan temperatur perkerasan aspal berdasarkan temperatur udara bulanan rata-rata. Model Ullidtz dipergunakan untuk memperkirakan modulus kekakuan aspal (S_b), model Shell dan model Nottingham dipergunakan untuk memperkirakan modulus kekakuan campuran aspal (S_m).

Hal yang sama juga dinyatakan oleh Diefenderfer (2003) bahwa model-model yang telah dikembangkan hanya akurat untuk memperkirakan temperatur perkerasan pada lokasi setempat. Untuk lokasi-lokasi lainnya, sehubungan dengan perbedaan variasi radiasi matahari akibat perbedaan lintang, menyebabkan perbedaan hasil temperatur perkerasan

aspal. Dalam rangka mengembangkan model temperatur perkerasan aspal pada lokasi-lokasi lainnya sesuai dengan lintangnya, parameter variasi radiasi matahari harus dihitung. Oleh karenanya perlu dikembangkan model-model yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Penelitian ini diharapkan relevan dengan kondisi iklim tropis di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah Penelitian

Perkerasan aspal merupakan mayoritas jenis perkerasan dari jalan raya utama di Indonesia. Kapasitas struktur lapisan perkerasan aspal tergantung pada banyak faktor termasuk didalamnya temperatur. Lebih lanjut temperatur merupakan penyebab utama dari beberapa jenis kerusakan perkerasan aspal dan merupakan salah satu faktor yang nyata berpengaruh pada kapasitas dan umur perkerasan aspal (Hassan et al., 2005; Tabatabaie et al., 2008). Temperatur perkerasan aspal merupakan fungsi dari temperatur udara yang merupakan faktor iklim dan dipengaruhi oleh letak lintang suatu lokasi. Wilayah-wilayah yang letak lintangnya beriklim subtropis, sedang atau dingin, intensitas dan lamanya radiasi matahari tentu memberikan pengaruh yang berbeda pada temperatur perkerasan aspal dan kapasitas strukturnya dibandingkan pada wilayah-wilayah yang berada pada letak lintang beriklim iklim tropis.

Pengembangan penelitian hubungan antara faktor iklim dan temperatur perkerasan aspal serta pengaruhnya terhadap kapasitas strukturnya telah banyak dilakukan untuk aplikasi iklim dan lalu lintas yang spesifik, terutama untuk negara-negara yang beriklim subtropis dan beriklim sedang dengan empat musim. Namun, hasil penelitian yang dikembangkan tentu mempunyai akurasi yang kurang sesuai jika diterapkan pada wilayah atau negara beriklim tropis dan kondisi lalu lintas yang berbeda (Matic et al., 2013).

Variasi temperatur udara dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: 1) sudut datang sinar matahari, semakin besar sudutnya maka semakin tegak datangnya sinar dan temperatur yang diterima oleh perkerasan aspal semakin tinggi. 2) Faktor topografi suatu tempat, semakin tinggi kedudukan suatu tempat, temperatur udara akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya. 3) Faktor angin dan arus laut, angin dan arus dari daerah yang dingin akan menyebabkan daerah yang dilalui angin tersebut juga akan menjadi dingin. 4) Faktor lamanya penyinaran matahari pada suatu tempat tergantung dari letak garis lintangnya. Indonesia terletak pada daerah lintang kecil, mendapatkan penyinaran matahari relatif lebih lama, sehingga menyebabkan temperatur udara rata-rata hariannya cukup tinggi. 5) Faktor awan, jika suatu daerah terjadi awan (mendung), maka panas yang diterima ke bumi relatif sedikit. Hal ini disebabkan karena sinar matahari tertutup oleh awan dan kemampuan awan menyerap panas matahari. Apabila udara pada siang hari diselimuti oleh awan, maka

temperatur udara pada malam hari akan semakin tinggi (Chuckybugiskha,2011). Oleh karena itu, dalam proses mendisain dan mengevaluasi perkerasan aspal, penelitian hubungan antara iklim dan profil temperatur perkerasan aspal serta pengaruh temperatur pada kapasitas strukturnya sangat diperlukan pada kondisi iklim lingkungan yang berbeda.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang dan identifikasi permasalahan, maka perlu dirumuskan secara pasti permasalahan yang akan diteliti. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pengaruh temperatur udara dan kelembaban udara terhadap temperatur perkerasan aspal dan bagaimana pengembangan model hubungan antara temperatur udara dan kelembaban udara terhadap temperatur perkerasan aspal pada iklim tropis?
- 2) Bagaimana perbandingan model hubungan antara temperatur udara dan kelembaban udara terhadap temperatur perkerasan aspal yang dikembangkan pada iklim tropis, terhadap model yang dikembangkan pada iklim yang berbeda, seperti model Witczak yang umum digunakan untuk memperkirakan temperatur perkerasan aspal?
- 3) Bagaimana kesesuaian modulus kekakuan aspal (S_b) dan modulus kekakuan campuran aspal (S_m) berdasarkan metode empiris dengan menggunakan model Ullidtz, model Shell dan model Nottingham dengan berdasarkan pengujian mekanik (pengujian laboratorium)?
- 4) Bagaimana pengaruh profil temperatur aspal dan profil temperatur campuran aspal terhadap kapasitas strukturnya, dalam hal ini modulus kekakuan aspal (S_b) dan modulus kekakuan campuran aspal (S_m)?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Secara umum maksud dari penelitian ini adalah mengembangkan model hubungan antara temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal pada iklim tropis di Indonesia dan menganalisis pengaruh temperatur perkerasan aspal pada kapasitas strukturnya, yaitu pada modulus kekakuan aspal (S_b) dan modulus kekakuan campuran aspal (S_m). Sesuai dengan maksud penelitian, secara khusus tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

- 1) Melakukan analisis hubungan antara temperatur udara, kelembaban udara terhadap temperatur perkerasan aspal dan mengembangkan model hubungan antara temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal pada iklim tropis.

- 2) Membandingkan model hubungan antara temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal yang dikembangkan pada iklim tropis terhadap model yang dikembangkan pada iklim yang berbeda, seperti model Witzack yang umum digunakan dalam memperkirakan temperatur perkerasan aspal.
- 3) Membandingkan modulus kekakuan aspal (S_b) dan modulus kekakuan campuran aspal (S_m) berdasarkan metode empiris dengan model Ullidtz, model Shell dan model Nottingham dengan berdasarkan pengujian mekanik (pengujian laboratorium).
- 4) Melakukan analisis pengaruh profil temperatur aspal dan profil temperatur campuran aspal terhadap kapasitas strukturnya, dalam hal ini modulus kekakuan aspal (S_b) dan modulus kekakuan campuran aspal (S_m).

1.5 Manfaat Penelitian

Secara teoritis manfaat yang diperoleh dari penelitian tentang profil temperatur perkerasan aspal dan pengaruh pada kapasitas strukturnya adalah:

- 1) Meningkatnya pemahaman dan pengetahuan tentang profil temperatur perkerasan aspal.
- 2) Meningkatnya pemahaman dan pengetahuan tentang pengaruh temperatur perkerasan aspal terhadap kapasitas strukturnya, dalam hal ini modulus kekakuannya.
- 3) Menambah kajian ilmu, khususnya dalam bidang material perkerasan jalan dan bagi pihak lainnya terutama bagi mahasiswa, dosen peneliti maupun bagi pengambil kebijakan, dapat membantu menyajikan informasi terkait dengan pengadaan penelitian serupa.

Penelitian ini mengembangkan model hubungan antara faktor iklim yaitu temperatur udara dan kelembaban udara terhadap profil temperatur perkerasan aspal dan pengaruhnya pada kapasitas strukturnya. Disamping itu penelitian ini juga menghasilkan perbandingan akurasi model yang dihasilkan terhadap model empiris (model Witzack) dan faktor penyesuaian model empiris (model Ullidtz, model Shell, model Nottingham) terhadap hasil pengujian mekanik di laboratorium. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah:

- 1) Pemanfaatan model untuk memperkirakan secara akurat temperatur perkerasan aspal sesuai dengan iklim tropis dan bermanfaat dalam proses mendisain perkerasan aspal khususnya dalam menganalisis kapasitas strukturnya.
- 2) Faktor penyesuaian bermanfaat untuk mengkonversi hasil penerapan model empiris (model Ullidtz, model Shell, model Nottingham) terhadap hasil pengujian mekanik di laboratorium.

- 3) Model S_b dan S_m hasil penelitian bermanfaat untuk memperkirakan S_b dan S_m sesuai dengan profil temperatur aspal dan profil temperatur campuran aspal untuk iklim tropis khususnya di Indonesia.

1.6 Batasan Permasalahan Penelitian

Untuk memberikan arahan yang jelas dari penelitian ini agar sesuai dengan tujuan yang dicapai dan sehubungan luasnya permasalahan yang ada, untuk itu ditetapkan sejumlah batasan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Penelitian mengambil lokasi di Pulau Bali sebagai studi awal, yang merupakan bagian wilayah Indonesia yang beriklim tropis dan kedepannya diharapkan dapat dikembangkan pada wilayah-wilayah lainnya di Indonesia.
- 2) Pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal dilakukan pada jalan nasional yang berdekatan dengan stasiun (Sta) pengamatan Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan titik pengujian dilakukan di ruang terbuka pada kondisi perkerasan aspal yang baik.
- 3) Pengukuran temperatur perkerasan aspal, dilakukan pada lapisan peningkatan perkerasan jalan aspal (*Overlay*) yang relatif baru (umur perkerasan aspal < 3 tahun) yaitu pada titik tengah tebal lapisan permukaan (*surface*) dari *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dan pada titik tengah lapisan antara dari *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dan mempertimbangan umur perkerasan yang relatif sama.
- 4) Variabel kelembaban lapisan perkerasan aspal tidak diperhitungkan, oleh karenanya pengujian temperatur perkerasan aspal dilakukan pada periode musim kemarau atau pada kondisi cuaca cerah.
- 5) Pengukuran temperatur ditentukan setiap interval waktu 1/2 jam.
- 6) Pembuatan sampel uji campuran aspal di laboratorium berdasarkan rancangan campuran kerja (RCK) dengan peralatan Marshall.
- 7) Pengujian modulus kekakuan aspal (S_b) dilakukan pada temperatur sesuai dengan kapasitas alat DSR dengan waktu pembebanan yang tetap. Untuk pengujian modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dilakukan pada beberapa temperatur, sesuai rentang temperatur perkerasan aspal di lapangan dengan waktu pembebanan yang tetap.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan hasil penelitian disertasi pengembangan Model Profil Temperatur Perkerasan Aspal dan Pengaruhnya Pada Modulus Kekakuan Aspal dan Campuran Aspal, terdiri dari 6 (lima) bab yaitu:

- Bab 1. Pendahuluan, bagian ini menguraikan tentang struktur perkerasan aspal dan faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bahan yang digunakan. Pentingnya pengaruh iklim terhadap variasi temperatur perkerasan aspal dan kapasitas strukturnya dalam hal ini modulus kekakuan aspal dan campuran aspal. Bab ini juga menguraikan kajian penelitian pengembangan model profil temperatur perkerasan aspal diberbagai negara dengan perbedaan kondisi iklim. Berdasarkan fakta-fakta tersebut, selanjutnya dapat identifikasi dan dirumuskan permasalahan yang ada, maksud dan tujuan penelitian yang hendak dicapai, manfaat penelitian serta batasan dan ruang lingkup penelitian.
- Bab 2. Kajian Pustaka dan Kerangka Berpikir, bagian ini menguraikan konsep serta teori perkerasan aspal, konsep temperatur perkerasan aspal dan konsep zonasi iklim di belahan bumi. Selanjutnya menguraikan keterkaitan pengaruh iklim terhadap temperatur perkerasan aspal serta kapasitas strukturnya, yang didukung dengan rangkaian penelitian yang sudah dilakukan di belahan bumi. Pada bab ini, teori dan rumusan empiris tentang modulus kekakuan aspal dan modulus kekakuan campuran aspal juga diuraikan sebagai dasar dalam metode analisis penelitian, yang dilanjutkan pemaparan metode dan alat DSR serta UMATTA yang digunakan dalam pengujian modulus kekakuan aspal dan modulus kekakuan campuran aspal. Pada bab ini juga menguraikan kerangka berpikir yang merupakan pemikiran peneliti untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian berdasarkan fakta, kajian pustaka dan metode analisis serta evaluasi yang digunakan. Bagian akhir dari bab ini adalah menguraikan rumusan hipotesis tentang adanya pengaruh faktor iklim yaitu temperatur udara dan kelembaban udara pada temperatur perkerasan aspal dan pengaruhnya terhadap modulus kekakuan aspal dan campuran aspal.
- Bab 3. Metode Penelitian, menguraikan gambaran umum mengenai keseluruhan proses atau prosedur penelitian yang dilakukan dan yang diringkas dalam tahapan-tahapan penelitian dan tertuang dalam diagram alir penelitian. Tahap awal merupakan tahapan persiapan penelitian yang terdiri dari penentuan lokasi, penentuan metode terkait dengan pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara serta temperatur perkerasan aspal, metode pengambilan sampel di lapangan, metode pengujian modulus kekakuan aspal dan campuran aspal. Dalam tahapan persiapan ini juga terkait dengan penentuan waktu dilaksanakannya penelitian di lapangan, pengambilan sampel uji campuran aspal dan pemasangan *thermocouple + data logger* di lapangan. Tahap selanjutnya adalah tahapan pelaksanaan penelitian, yang dikelompokkan atas penelitian di lapangan yaitu pemantauan dan pencatatan temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur

perkerasan pada beberapa kedalaman serta pengambilan sampel material di lokasi *Asphalt Mixing Plant* (AMP). Penelitian di laboratorium terdiri dari serangkaian aktifitas yaitu membuat sampel uji campuran aspal, menguji modulus kekakuan campuran aspal, melakukan ekstraksi dan pemulihan aspal serta menguji propertiesnya dan dilanjutkan dengan menguji modulus kekakuan aspal. Tahap akhir penelitian merupakan tahapan analisis dan merumuskan hasil dengan metode statistik yang terdiri dari analisis deskriptif, analisis korelasi, analisis regresi dan penggunaan *software* SPSS untuk mempermudah penyelesaian analisis statistik.

- Bab 4. Analisis Data. Bab ini menguraikan hasil dan analisis statistik variasi temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal pada berbagai kedalaman di empat lokasi penelitian yang dipresentasikan dalam sejumlah tabel dan gambar. Bagian ini juga menganalisis pengembangan alternatif model temperatur perkerasan aspal pada berbagai kedalaman, menguraikan hasil dan analisis modulus kompleks geser (G^*), sudut phase (δ) berdasarkan pengujian DSR dan menganalisis modulus kekakuan aspal (S_b) berdasarkan modulus kompleks geser (G^*). Selanjutnya menguraikan hasil dan analisis modulus kekakuan campuran aspal (S_m) berdasarkan pengujian dengan alat UMATTA.
- Bab 5, Pembahasan Hasil Penelitian. Bab ini menguraikan analisis pemilihan model temperatur perkerasan aspal terbaik dari beberapa alternatif model yang telah dianalisis pada Bab 4, Menganalisis validasi model temperatur perkerasan terbaik terhadap data pengamatan dan terhadap model Bina Marga dan model Witzack. Selanjutnya menguraikan hasil analisis perbandingan modulus kekakuan aspal (E) berdasarkan modulus kompleks geser (G^*) hasil pengujian DSR dan model Ullidtz serta analisis perbandingan modulus kekakuan campuran aspal (S_m) berdasarkan pengujian UMATTA dan model Nottingham.
- Bab 6. Kesimpulan dan Saran. Menguraikan kesimpulan hasil penelitian yang menjawab maksud dan tujuan penelitian yang ditetapkan dan sara-saran terhadap kelanjutan penelitian. Bagian akhir dari laporan disertasi memuat daftar pustaka yaitu daftar judul buku, jurnal, laporan penelitian yang berkaitan dengan penelitian, lampiran-lampiran yang memuat data hasil pengamatan, *output* hasil analisis statistik dan *output* hasil analisis pengujian di laboratorium.