

## BAB 6

### KESIMPULAN IMPLIKASI DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil penelitian. Kesimpulan yang dapat diungkapkan adalah sebagai berikut:

- 1) Temperatur Udara (T.Udara) dengan temperatur perkerasan aspal pada permukaan (T.00), temperatur perkerasan aspal pada kedalaman 20 mm (T.20), temperatur perkerasan aspal pada kedalaman 65 mm (T.65) dan temperatur perkerasan aspal pada kedalaman 70 mm (T.70) mempunyai hubungan yang sangat kuat dan positif. Sebaliknya terdapat hubungan yang sangat kuat dan negatif antara kelembaban udara (RH) dengan T.00, T.20, T.65 dan T.70. Hubungan yang sangat kuat dan positif juga terdapat pada T.00 dengan T.20, T.65 dan T.70. Model regresi dikembangkan untuk menggambarkan hubungan antara variabel bebas T.Udara, RH dengan variabel terikat T.00 dan hubungan antara variabel bebas T.Udara, RH, T.00 dengan variabel terikat T.20, T.65 dan T.70. Model T.00, T.20, T.65 dan T.70 terbaik untuk masing-masing lokasi penelitian dan gabungan seluruh lokasi penelitian adalah:

- (1) Lokasi di Jalan Mahendradatta Denpasar, Segmen Simpang Gatot Subroto – Simpang Gunung Sopotan:

$$T.00 = -21,072 + 1,862T.Udara$$

$$T.20 = -3,872 + 1,446 T.Udara - 0,081RH$$

$$T.65 = 5,999 + 0,593T.Udara + 0,262T.00$$

Model T.00, T.20, T.65 diatas berlaku untuk rentang nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (23,54 – 38,76 °C), RH (44,55 – 89,23 %), sedangkan T.00 (24,19 – 52,50 °C) berlaku untuk model T.20 dan T.65.

- (2) Lokasi di Jalan *Sunset Road*, Segmen Simpang Jalan Imam Bonjol – Simpang Jalan Dewi Kunti:

$$T.00 = -61,396 + 3,522T.Udara$$

$$T.20 = -38,409 + 2,553T.Udara$$

$$T.65 = -10,104 + 1,511T.Udara$$

Model T.00, T.20, T.65 diatas berlaku untuk rentang nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (23,21 – 32,55 °C).

- (3) Lokasi di Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00:

$$T.00 = -62,432 + 3,596T.Udara$$

$$T.20 = 10,634 - 0,044RH + 0,759T.00$$

$$T.70 = 25,690 - 0,545T.Udara + 0,659T.00$$

Model T.00, T.20, T.70 diatas berlaku untuk rentang nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (22,30 – 32,99 °C), RH (52,34 – 94,05 %), sedangkan T.00 (22,94 – 59,37 °C) berlaku untuk model T.20 dan T.70.

(4) Lokasi di Jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Cekik – Batas Kota Negara:

$$T.00 = 102,813 - 0,919RH$$

$$T.20 = 26,968 - 0,202RH + 0,640T.00$$

$$T.70 = 1,965 + 0,755T.Udara + 0,331T.00$$

Model T.00, T.20, T.70 diatas berlaku untuk rentang nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (22,35 – 31,85 °C), RH (53,97 – 89,93 %), sedangkan T.00 (23,44 – 57,31 °C) berlaku untuk model T.20 dan T.70.

(5) Penggabungan seluruh lokasi penelitian:

$$T.00 = 11,227 + 1,615T.Udara - 0,290RH$$

$$T.20 = -5,874 + 0,696T.Udara + 0,566T.00$$

$$T.65 = 40,665 - 0,211RH + 0,192T.00$$

$$T.70 = 11,494 + 0,222T.Udara + 0,475T.00$$

Model T.00, T.20, T.70 diatas berlaku untuk rentang nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (22,30 – 38,76 °C), RH (44,55 – 94,05 %), sedangkan T.00 (22,94 – 59,37 °C) berlaku untuk model T.20, T.65 dan T.70.

(6) Model regresi dikembangkan untuk menggambarkan hubungan antara variabel bebas T.Udara, RH, T.00 dan kedalaman perkerasan aspal (d) dengan variabel terikat temperatur perkerasan aspal berdasarkan kedalaman (T.d). Model T.d terbaik adalah:

$$T.d = 1,751 + 0,593T.Udara + 0,452T.00 - 0,052d$$

$$T.d = 20,18 + 1,24T.Udara - 0,277RH - 0,009d.$$

Model T.d diatas berlaku untuk nilai minimum dan nilai maksimum T.Udara (22,30 – 38,76 °C), RH (44,55 – 94,05 %), T.00 (22,94 – 59,37 °C) dan d (0,02 – 70 mm).

2) Model T.00, T.20, T.65 dan T.70 hasil penelitian memberikan ketepatan ramalan yang layak dan memenuhi syarat dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) < 10 %. Model T.d hasil penelitian memberikan ketepatan ramalan yang lebih baik dengan nilai MAPE 6,357 % < dari nilai MAPE model T.d Bina Marga 9,469 %. Perbandingan dengan model T.d Witzack, model hasil penelitian juga memberikan ketepatan ramalan yang lebih baik dengan nilai MAPE 9,242 % lebih kecil dari nilai MAPE model Witzack 15,196 %.

3) Modulus kekakuan aspal berdasarkan  $G^*$  ( $E$ ), pada waktu pembebanan yang tetap, nilainya menurun dengan meningkatnya temperatur dan demikian sebaliknya. Pada rentang temperatur 46 – 88 °C, setiap kenaikan temperatur sebesar 6 °C menurunkan rata-rata  $E^*$  sebesar 55,63 %. Perbandingan antara  $E^*$  dengan modulus kekakuan aspal dengan model Ullidtz ( $S_b$ ) adalah: untuk aspal murni,  $E^*$  memberikan nilai yang lebih kecil dengan rasio 1,294, untuk aspal *recovery* sampel laboratorium,  $E^*$  memberikan nilai yang lebih besar dengan rasio 0,737 dan untuk aspal *recovery* sampel lapangan,  $E^*$  juga memberikan nilai yang lebih besar dengan rasio 0,241. Modulus kekakuan campuran aspal ( $S_m$ ) pada waktu pembebanan yang tetap, nilainya juga menurun dengan meningkatnya temperatur dan demikian sebaliknya. Pada rentang temperatur 25 °C – 45 °C, setiap peningkatan temperatur 10 °C akan menurunkan rata-rata  $S_m$  sebesar 60,24 % (UMATTA), 64,15 % (model Shell) dan 60,56 % (model Nottingham). Perbandingan antara  $S_m$  model Shell dan model Nottingham terhadap hasil pengujian UMATTA adalah:

- (1) Sampel uji AC-WC dan AC-BC laboratorium, mempunyai rasio rata-rata antara  $S_m$  model Shell dengan hasil pengujian UMATTA sebesar 1,010 dan 0,937, sedangkan rotio rata-rata antara  $S_m$  model Nottingham dengan hasil pengujian UMATTA dengan sebesar 1,999 dan 1,840.
- (2) Sampel uji AC-WC dan AC-BC lapangan, mempunyai rasio rata-rata antara model Shell dengan pengujian UMATTA adalah 1,073 dan 1,129, sedangkan rasio rata-rata model Nottingham dengan UMATTA sebesar 1,931 dan 2,005.

Disimpulkan model Shell memberikan prediksi  $S_m$  yang relatif mendekati hasil pengujian UMATTA.

4) Model yang dikembangkan untuk menggambarkan hubungan  $T$  dengan  $S_b$ ,  $S_m$  serta hubungan  $S_b$  dengan  $S_m$  adalah:

- (1)  $S_b$  AC – WC =  $3600 e^{-0,16T}$ , berlaku untuk batasan  $T.20 = 24,86$  °C –  $45,65$  °C dan  $S_b$  AC – BC =  $2985 e^{-0,15T}$  berlaku untuk batasan  $T.65-70 = 26,73$  °C –  $41,19$  °C.
- (2)  $S_m$  AC – WC Laboratorium =  $5256 - 112,6T$  dan  $S_m$  AC – WC Lapangan =  $9525 - 204,1T$ , berlaku untuk batasan  $T.20 = 24,86$  °C –  $45,65$  °C.
- (3)  $S_m$  AC – BC Laboratorium =  $5765 - 127,4T$  dan  $S_m$  AC – BC Lapangan =  $9391 - 207,5T$ , berlaku untuk batasan  $T.65-70 = 26,73$  °C –  $41,19$  °C.
- (4)  $S_m$  AC – WC =  $463,5 * S_b^{0,579}$ , berlaku untuk batasan  $S_b$  AC-WC 6,25 – 54,54 MPa dan  $S_m$  AC – BC =  $433 * S_b^{0,589}$  berlaku untuk batasan  $S_b$  AC-BC 5,03 – 42,91 MPa.

## 6.2 Implikasi Hasil Penelitian

Penelitian ini mendapatkan beberapa hasil yaitu 1) model profil temperatur perkerasan aspal, 2) faktor penyesuaian  $S_b$  hasil prediksi model Ullidtz terhadap hasil pengujian DSR, faktor penyesuaian  $S_m$  hasil prediksi model Shell dan model Nottingham terhadap hasil pengujian UMATTA dan 3) model hubungan antara  $T$  dengan  $S_b$ ,  $S_m$  serta antara  $S_b$  dengan  $S_m$ . Implikasi hasil penelitian bermanfaat untuk:

- 1) Model profil temperatur perkerasan aspal bermanfaat untuk memperkirakan temperatur perkerasan aspal dengan akurasi yang memenuhi syarat, khususnya untuk digunakan di wilayah di Pulau Bali atau wilayah-wilayah lainnya di Indonesia yang mempunyai karakteristik iklim  $T$ .Udara, RH yang berada dalam rentang nilai yang sama.
- 2) Dengan keterbatasan alat pengujian mekanik  $S_b$  dan  $S_m$ , hasil penelitian terkait dengan faktor penyesuaian  $S_b$  dan  $S_m$  berguna untuk menyesuaikan hasil analisis  $S_b$  dan  $S_m$  dengan model empiris (model Ullidtz, Shell, Nottingham) terhadap hasil pengujian secara mekanik (DSR dan UMATTA) di laboratorium.
- 3) Model penelitian terkait dengan hubungan  $T$  dengan  $S_b$  dan  $S_m$  dapat digunakan untuk memprediksi  $S_b$  dan  $S_m$  sesuai dengan profil temperatur perkerasan di lapangan. Selanjutnya  $S_b$  dan  $S_m$  digunakan sebagai parameter dalam proses mendisain dan mengevaluasi kinerja struktur perkerasan aspal.
- 4) Pemegang kebijakan dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, hasil penelitian berupa model profil temperatur perkerasan aspal, faktor penyesuaian  $S_b$  dan  $S_m$  serta model hubungan antara  $T$  dengan  $S_b$  dan  $S_m$  dan antara  $S_b$  dan  $S_m$  dapat dipertimbangkan sebagai masukan dalam revisi rancangan pedoman disain struktur perkerasan aspal, khususnya untuk wilayah Pulau Bali atau wilayah-wilayah lainnya di Indonesia yang mempunyai karakteristik iklim dengan nilai-nilai  $T$ .Udara dan RH berada dalam rentang nilai yang sama.

## 6.3 Saran-Saran

- 1) Penelitian profil temperatur perkerasan aspal dapat dikembangkan lebih lanjut pada wilayah-wilayah lainnya di Indonesia, dengan tujuan untuk menambah variasi data pengamatan dengan mempertimbangkan periode waktu di musim hujan, sehingga model yang dikembangkan lebih representatif mewakili iklim tropis di Indonesia. Lebih lanjut variabel penelitian juga perlu dikembangkan dengan menambah variasi data kedalaman perkerasan aspal ( $d > 70$  mm) dan faktor iklim lainnya seperti: kecepatan angin, radiasi

panas matahari, kelembaban perkerasan serta perlu dilakukan zonasi wilayah berdasarkan topografi (datar, perbukitan, pegunungan).

- 2) Perilaku aspal dipengaruhi oleh temperatur, berdasarkan data pengamatan yang telah ada, perlu dikembangkan model profil temperatur perkerasan maksimum dan minimum untuk tujuan seleksi aspal sesuai dengan kriteria *performance grade* (PG) berdasarkan kondisi iklim lingkungan.
- 3) Perlu dilakukan pengujian lainnya pada *properties* aspal dan agregat yaitu: pengujian viscositas, titik lembek (*softening point*) aspal serta gradasi agregat hasil ekstraksi untuk menguatkan analisis perilaku modulus kekakuan aspal ( $S_b$ ) dan modulus kekakuan campuran aspal ( $S_m$ ) akibat pengaruh temperatur.
- 4) Perlu dilakukan pengujian modulus kekakuan aspal ( $S_b$ ) pada kondisi aspal murni (*Original Binder*) dengan DSR pada variasi temperatur yang lebih rendah ( $< 46$  °C), sehingga rasio  $S_b$  dan  $E^*$  yang dihasilkan lebih akurat.
- 5) Penelitian perlu dilanjutkan untuk menganalisis temperatur,  $S_b$  dan  $S_m$  desain yang mewakili wilayah-wilayah di Indonesia, yang digunakan sebagai pedoman dalam proses desain perkerasan aspal.