

Analysis of heat loss of hot mix asphalt during the waiting time the overlay

Muhammad Muhammad^{1*}, Ahmad Syuhada², Syifaул Huzni², Zahrul Fuadi²

¹Program Studi Doktor Ilmu Teknik Universitas Syiah Kuala

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Universitas Syiah Kuala

Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

*Corresponding author muhammad68@mhs.unsyiah.ac.id

Abstract. The quality of the road using hot mix asphalt is determined very by the temperature at the time of the overlay. The long and away transport time from the Asphalt Mixing Plant (AMP) plant to the overlay site, resulted in the hot mix asphalt temperature around the surface of the truck wall decreasing. To restabilize the temperature, adequate waiting time is required before the overlay. An excessive waiting period is very possible for the tempur to drop below the technical specifications. Therefore, it is necessary to examine the effect of waiting time of the exposure to heat loss on hot mix asphalt. In this research, the hot mix asphalt conducted testing is Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). The test was carried out experimentally by measuring the temperature of the hot mix asphalt at the points specified before being spread using a 25-ton capacity intercooler truck. The results showed that for 120 minutes the waiting period for hot mix asphalt temperature laying on all sides of the truck wall surface had an average increase of 58.7°C, from the initial temperature of 48.3°C. After 120 minutes of waiting time, the temperature drops again.

Abstrak. Kualitas jalan menggunakan aspal *hot mix* sangat ditentukan oleh temperatur pada saat dilakukan penghamparan. Jauh dan lamanya waktu pengangkutan dari pabrik *Asphalt Mixing Plant* (AMP) ke lokasi penghamparan mengakibatkan temperatur aspal *hot mix* sekitar permukaan dinding truk terjadi penurunan. Untuk menstabilkan kembali temperatur tersebut, diperlukan waktu tunggu yang cukup sebelum dilakukan penghamparan. Masa tunggu yang berlebihan sangat memungkinkan temperatur akan turun di bawah spesifikasi teknis. Untuk itu perlu dikaji pengaruh waktu tunggu penghamparan terhadap kehilangan panas pada aspal *hot mix*. Pada penelitian ini aspal *hot mix* yang dilakukan pengujian adalah *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan mengukur temperatur aspal *hot mix* pada titik-titik yang ditentukan sebelum dihamparkan menggunakan truk *intercooler* kapasitas 25 ton. Hasilnya menunjukkan selama 120 menit masa tunggu penghamparan temperatur aspal *hot mix* semua sisi permukaan dinding truk mengalami peningkatan rata-rata sebesar 58,7°C, dari temperatur awal 48,3°C. Setelah 120 menit waktu tunggu, temperatur kembali turun.

Keywords: Aspal *hot mix*, Kehilangan panas, Waktu tunggu penghamparan.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Temperatur aspal *hot mix* sangat memegang peranan penting dalam setiap pembangunan jalan. Untuk mendapatkan kualitas jalan yang baik, sangat ditentukan oleh temperatur pada saat dilakukan penghamparan. Pengaruh keadaan cuaca, jarak dan lamanya waktu pengangkutan, dan perbedaan suhu aspal *hot mix* pada saat pemadatan memiliki dampak pada kualitas hasil perkerasan secara keseluruhan setelah pembangunan jalan [1]. Lamanya waktu pengangkutan dari lokasi produksi (*Asphalt Mixing Plant*) AMP ke lokasi penghamparan mengakibatkan temperatur sekitar permukaan

dinding truk terjadi penurunan, sehingga menyebabkan kondisi aspal *hot mix* menjadi keras (berkerak) [2]. Untuk menstabilkan kembali temperatur tersebut sebelum dilakukan penghamparan, diperlukan waktu tunggu yang cukup. Waktu tunggu yang berlebihan menyebabkan kehilangan panas dari aspal *hot mix*, hal ini bisa menyebabkan tempertur akan turun di bawah spesifikasi teknis yang disyaratkan[3]. Pengaruh cuaca misalnya akibat hujan, dan kerusakan mesin penghampar (*finisher*) salah satu penyebab masa tunggu penghamparan bertambah panjang. Selama ini masa tunggu penghamparan setelah truk pengangkut aspal *hot*

mix tiba di lokasi pekerjaan, belum ada batasan waktu yang dilakukan oleh praktisi pembangunan jalan di Aceh. Fenomena tersebut sangat memungkinkan terjadi kehilangan panas aspal *hot mix* relatif lebih besar, sehingga waktu yang tersedia pada saat dilakukan pemanasan semakin berkurang.

Penelitian sebelumnya penambahan bahan pengikat aspal berbusa tidak menghasilkan perbedaan besar selama pengangkutan dengan bahan pengikat kimia aditif [4]. Aspal *hot mix* dapat di angkut selama 6 (enam) jam dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) dan masih efektif digunakan dalam keadaan darurat pasca bencana [5]. Kejauhan letak pabrik *Asphalt Mixing Plant* (AMP) dengan lokasi pekerjaan, sangat rentang terhadap kehilangan temperatur pada aspal *hot mix* selama pengangkutan [6]. Pengangkutan aspal *hot mix* di siang hari salah satu cara mengurangi kehilangan temperatur akibat penguasaan kecepatan angin dan cuaca, dibandingkan dilakukan malam hari [7]. Terpal penutup pada permukaan atas truk sangat memegang peranan penting untuk menjaga kehilangan temperatur aspal *hot mix* selama pengangkutan [8]. Suatu fluida mengalami kontak langsung dengan suatu permukaan padat pada temperatur yang berbeda, maka akan terjadi proses perpindahan panas konveksi. Sedangkan konduksi akan terjadi apabila terjadi gradien temperatur pada suatu benda, maka panas akan berpindah dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah [9].

Dari fenomena di atas akan dilakukan analisis terhadap pengaruh waktu tunggu penghamparan terhadap laju kehilangan panas pada *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Diharapkan dengan analisis ini dapat tersedia data kehilangan panas pada aspal *hot mix* selama masa tunggu penghamparan, sehingga mendapat gambaran kondisi temperatur sebelum dilakukan pemanasan, sesuai spesifikasi teknis [3].

Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC), dari hasil produksi pabrik *Asphalt Mixing Plant* (AMP), Sawang Kabupaten Aceh Utara Provinsi Aceh Indonesia. Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Teulaga Muku Kabupaten Aceh Tamieng. Jarak angkut dari pabrik AMP ke lokasi pehamparan adalah 170-200 km, Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian

ini adalah truk *intercooler* dengan kapasitas angkut 25 ton, termometer dan termokopel dengan kapasitas pengukuran temperatur -50°C-400°C.

Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dalam penelitian ini dipersiapkan di lokasi pabrik (*Asphalt Mixing Plant*) AMP. Semua bahan yang digunakan sebagai campuran aspal *hot mix* harus bersih, bebas dari lempung dan kotoran benda lainnya. Bahan-bahan ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal 60/70 dan bahan aditif. Semua bahan dipastikan cukup tersedia di lokasi AMP sesuai komposisi agregat untuk pencampuran, sebagaimana diatur oleh spesifikasi teknis [3].

Pembuatan Aspal Hot Mix AC-BC

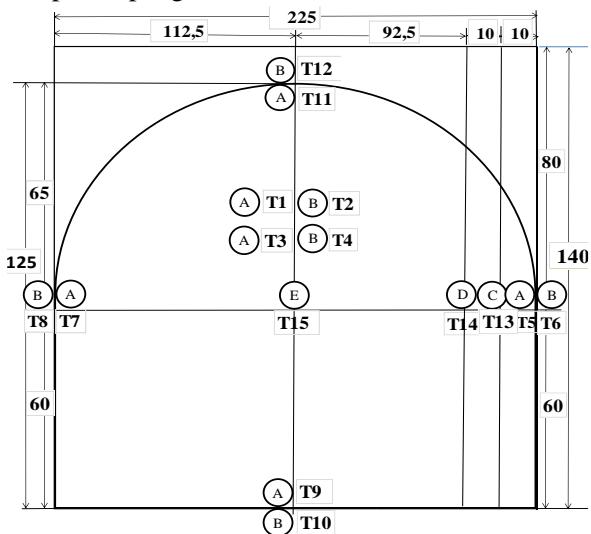
Material *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) diproduksi oleh pabrik *Asphalt Mixing Plant* (AMP) secara granular pada suhu pencampuran 145°C-155°C, dan suhu pemuatan ke dalam truk antara 135°C-150°C, sebanyak 3 (tiga) truk *intercooler* dengan kapasitas masing-masing 25 ton, sesuai dengan spesifikasi teknis yang disyaratkan [3].

Proses Pengambilan Data dan Analisa Data

Proses pengambilan data dilakukan dalam penelitian ini adalah pada saat truk pengangkutan aspal *hot mix* tiba di lokasi pekerjaan, setelah menempuh perjalanan selama 420 menit dari pabrik AMP ke lokasi pekerjaan, dengan jarak tempuh terjauh 200 Km. Pengukuran temperatur dilakukan secara eksperimental sebanyak 3 (tiga) kali dengan kapasitas aspal *hot mix* masing-masing 25 ton, dengan cara yang sama menggunakan termometer dan termokopel yang sudah terpasang pada truk sebelum aspal *hot mix* dituangkan. Titik tengah dan titik dekat permukaan dinding bagian dalam dan luar adalah titik fokus pengambilan data temperatur.

Pada penelitian ini terdapat 15 (lima belas) titik rancangan konsentrasi pengambilan data, dimana 9 (sembilan) titik berada di bagian dalam dan 6 (enam) titik pada permukaan luar, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Pengukuran temperatur dilakukan selang waktu, 0,20,40,60,80,100,120, dan 140 menit selama waktu tunggu penghamparan, sebelum aspal *hot mix* dituangkan ke dalam alat penghampar

(finisher). Proses pengolahan data dari hasil penelitian ini dianalisis menggunakan metode deskriptis. Dari hasil analisis akan didapat berupa gambaran kondisi temperatur aspal *hot mix* pada setiap titik pengamatan.



Gambar 1. Simulasi pemasangan termokopel

Keterangan Gambar 1.

- A (T1) = Dinding depan bagian dalam
- B (T2) = Dinding depan bagian luar
- A (T3) = Dinding belakang bagian dalam
- B (T4) = Dinding belakang bagian luar
- A (T5) = Dinding samping kanan dalam
- B (T6) = Dinding samping kanan luar
- A (T7) = Dinding samping kiri dalam
- B (T8) = Dinding samping kiri luar
- A (T9) = Lantai bagian dalam
- B (T10) = Lantai bagian luar
- A (T11) = Permukaan atas bagian dalam
- B (T12) = Permukaan atas bagian luar
- C (T13) = Jarak 10 cm dari dinding kanan
- D (T14) = Jarak 20 cm dari dinding kanan
- E (T15) = Jarak dari permukaan dinding

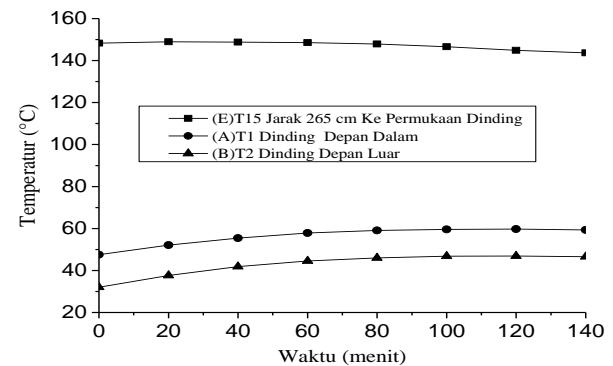
Hasil dan Pembahasan

Pengaruh waktu tunggu penghamparan terhadap laju kehilangan panas aspal *hot mix*

Enam permukaan truk terdiri dari permukaan dinding depan, belakang, samping kanan, samping kiri, lantai dan permukaan atas, akan dilakukan pengukuran terhadap laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* selama masa tunggu penghamparan.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* sekitar dinding truk bagian depan

Data dari hasil pengukuran terhadap laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* selama 140 menit waktu tunggu sebelum dilakukan penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T1) dan posisi B(T2), sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan temperatur dinding depan truk dengan waktu tunggu penghamparan

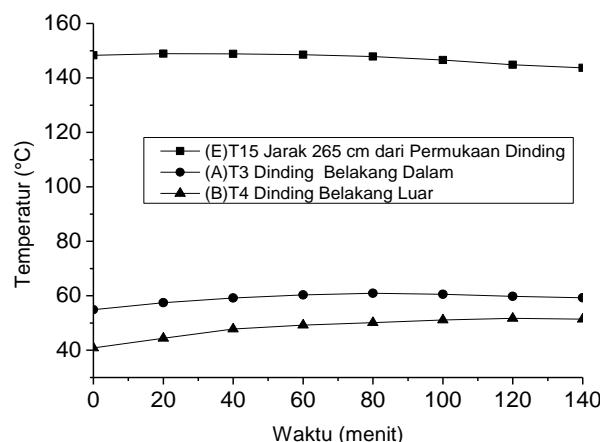
Gambar 2. memperlihatkan laju perpindahan panas pada permukaan dinding truk depan bagian dalam dan luar selama 140 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 temperatur aspal *hot mix* di titik tengah posisi awal E(T15) 148,3°C, temperatur akhir 143,7°C, terjadi penurunan (sebesar 4,6°C). Temperatur sekitar dinding truk depan posisi awal A(T1) 47,5°C, meningkat selama 120 menit pertama menjadi 59,7°C, peningkatan (sebesar 12,2°C), dan mulai turun kembali setelah menit ke 120 waktu tunggu penghamparan. Sedangkan temperatur permukaan dinding luar posisi awal B(T2) 32,0°C, meningkat menjadi 46,9°C, peningkatan (sebesar 14,9°C), dan turun kembali setelah 120 menit masa tunggu penghamparan.

Peningkatan temperatur ini terjadi disebabkan oleh perbedaan ΔT awal E(T15) 148,3°C-A(T1) 47,5°C adalah 100,8°C, harga Q agak lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara lingkungan) 29,33°C. Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan ΔT titik tengah menurun E(T15) 143,7°C, dan temperatur dekat dinding meningkat A(T1) 59,7°C, terjadi perbedaan (sebesar 84,0°C). Maka laju perpindahan panas dari titik tengah ke permukaan dinding sudah lebih kecil, sementara perpindahan panas konveksi dari permukaan dinding luar ke udara lingkungan terus meningkat

karena temperatur aspal *hot mix* dekat dinding sudah $59,7^{\circ}\text{C}$, karena itulah temperatur turun setelah 120 menit masa tunggu penghamparan.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* sekitar dinding truk bagian belakang

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas selama 140 menit waktu tunggu sebelum dilakukan penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T3) dan posisi B(T4), dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan temperatur dinding belakang truk dengan waktu tunggu penghamparan

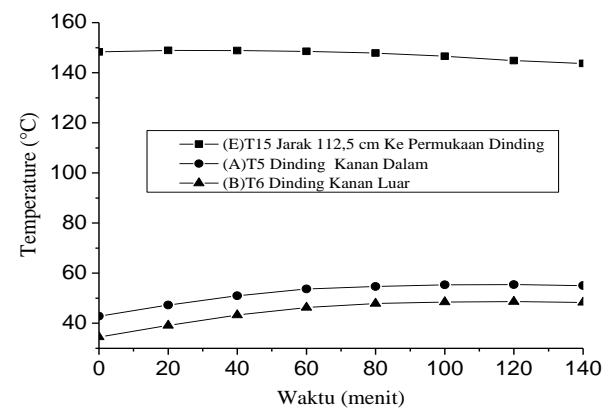
Gambar 3. menggambarkan laju perpindahan panas pada permukaan dinding belakang truk bagian dalam dan luar selama 140 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 temperatur aspal *hot mix* pada posisi A(T3), dari hasil pengujian menunjukkan terjadi peningkatan selama 80 menit pertama masa tunggu penghamparan, dari temperatur sebelumnya $54,9^{\circ}\text{C}$, menjadi $60,9^{\circ}\text{C}$, terjadi peningkatan (sebesar $6,0^{\circ}\text{C}$). Setelah menit ke 80, sampai akhir masa tunggu penghamparan temperatur mulai menurun dari $60,9^{\circ}\text{C}$, menjadi $59,8^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan (sebesar $1,1^{\circ}\text{C}$). Sedangkan suhu permukaan dinding truk bagian luar posisi B(T4), terjadi peningkatan selama 120 menit pertama dari temperatur awal $40,9^{\circ}\text{C}$, menjadi $51,7^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $10,8^{\circ}\text{C}$). Setelah 120 menit waktu tunggu penghamparan temperatur dekat dinding truk mulai turun.

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* ini lebih disebabkan oleh perbedaan ΔT awal posisi E(T15) $148,3^{\circ}\text{C}$ dengan posisi A(T3) $54,9^{\circ}\text{C}$ yaitu $93,4^{\circ}\text{C}$, harga Q lebih besar dibandingkan dengan

panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara lingkungan) $29,33^{\circ}\text{C}$. Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan ΔT pada titik tengah terjadi menurun E(T15) $143,7^{\circ}\text{C}$, dan temperatur dekat dinding meningkat A(T3) menjadi $60,9^{\circ}\text{C}$, terjadi perbedaan (sebesar $82,8^{\circ}\text{C}$), maka laju perpindahan panas dari titik tengah ke permukaan dinding sudah lebih kecil, sementara perpindahan panas konveksi dari permukaan dinding luar (udara lingkungan) terus meningkat karena temperatur aspal *hot mix* dekat dinding sudah mencapai $60,9^{\circ}\text{C}$, karena itulah temperatur terus terjadi penurunan setelah menit ke 120 waktu tunggu penghamparan.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* sekitar dinding truk samping kanan

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* selama 140 menit waktu tunggu penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T5) dan posisi B(T6), ditunjukkan pada Gambar 4.



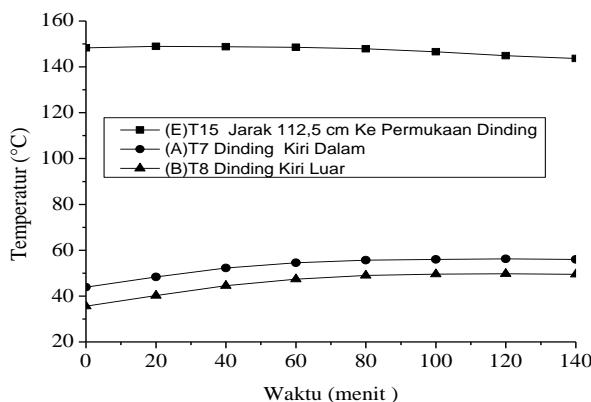
Gambar 4. Hubungan temperatur dinding kanan dengan waktu tunggu penghamparan

Gambar 4. dapat dilihat laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* dekat dinding truk samping kanan bagian dalam dan luar selama 140 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 pada posisi A(T5), temperatur awal $42,8^{\circ}\text{C}$, meningkat selama 120 menit waktu tunggu penghamparan menjadi $55,4^{\circ}\text{C}$, peningkatan ($12,6^{\circ}\text{C}$). Setelah 120 menit seiring bertambahnya waktu tunggu penghamparan temperatur mulai turun. Sedangkan suhu dinding bagian luar posisi B(T6) selama 120 menit terjadi peningkatan dari temperatur awal $34,5^{\circ}\text{C}$, menjadi $48,7^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $14,2^{\circ}\text{C}$). Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan temperatur dekat permukaan dinding truk kembali turun.

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* ini disebabkan oleh perbedaan ΔT awal E(T15) $148,3^{\circ}\text{C}$, dengan A(T5) $42,8^{\circ}\text{C}$ yaitu $105,5^{\circ}\text{C}$, harga Q juga lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar. Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan ΔT pada titik tengah terjadi menurun E(T15) $143,7^{\circ}\text{C}$, dan temperatur dekat dinding meningkat A(T5) $55,4^{\circ}\text{C}$, terjadi perbedaan (sebesar $88,3^{\circ}\text{C}$). Laju perpindahan panas dari posisi E(T15) ke posisi A(T5) sudah lebih kecil, sementara perpindahan panas konveksi dari posisi B(T6) ke udara linkungan terus terjadi peningkatan, karena temperatur dekat dinding meningkat A(T5) $55,4^{\circ}\text{C}$. Setelah 120 menit waktu tunggu penghamparan temperatur terjadi penurunan.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* sekitar dinding truk samping kiri

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas selama 140 menit waktu tunggu penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T7) dan posisi B(T8), diperlihatkan pada Gambar 5.



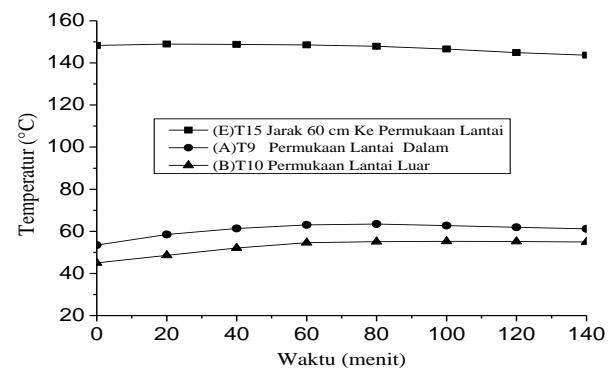
Gambar 5. Hubungan temperatur dinding kiri dengan waktu tunggu penghamparan

Gambar 5. dapat dilihat laju perpindahan panas pada permukaan dinding truk samping kiri bagian dalam dan luar selama 140 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 posisi A(T7), temperatur aspal *hot mix* sekitar permukaan dinding truk samping kiri bagian dalam terjadi peningkatan dari temperatur sebelumnya $43,9^{\circ}\text{C}$, menjadi $56,2^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $12,3^{\circ}\text{C}$). Sedangkan suhu permukaan dinding truk bagian luar posisi B(T8) terjadi peningkatan dari $33,6^{\circ}\text{C}$ menjadi $49,7^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $16,1^{\circ}\text{C}$).

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* ini disebabkan oleh perbedaan ΔT awal E(T15) $148,3^{\circ}\text{C}$ dengan A(T7) $43,9^{\circ}\text{C}$ yaitu $104,4^{\circ}\text{C}$, harga Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara luar) $29,33^{\circ}\text{C}$. Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan ΔT pada titik tengah terjadi penurunan E(T15) $143,7^{\circ}\text{C}$, dan temperatur dekat dinding meningkat A(T7) $43,9^{\circ}\text{C}$, terjadi perbedaan (sebesar $88,3^{\circ}\text{C}$). Laju perpindahan panas dari posisi E(T15) ke posisi A(T7) sudah lebih kecil, sementara perpindahan panas konveksi dari posisi B(T8) ke udara linkungan terus terjadi peningkatan selama 120 menit, disebabkan temperatur aspal *hot mix* dekat permukaan dinding truk meningkat A(T7) $56,2^{\circ}\text{C}$, setelah 120 menit waktu tunggu penghamparan temperatur sekitar dinding kembali turun.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* sekitar permukaan lantai truk

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas selama 140 menit waktu tunggu penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T9) dan posisi B(T10), dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan temperatur permukaan lantai dengan waktu tunggu penghamparan

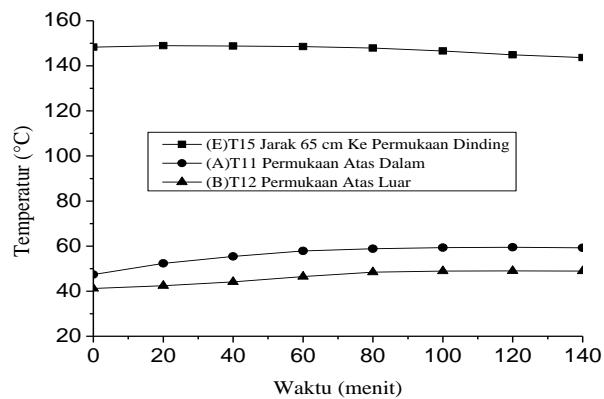
Gambar 6. menggambarkan laju perpindahan panas pada permukaan lantai truk bagian dalam dan luar selama 120 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 posisi A(T9), menunjukkan temperatur aspal *hot mix* pada permukaan lantai bagian dalam terjadi peningkatan selama 80 menit masa tunggu penghamparan dari temperatur awal $53,5^{\circ}\text{C}$, menjadi $63,5^{\circ}\text{C}$, meningkat (sebesar $10,0^{\circ}\text{C}$). Setelah 80 menit pertama temperatur $63,5^{\circ}\text{C}$, pada akhir waktu tunggu penghamparan menjadi $61,9^{\circ}\text{C}$, terjadi penurunan (sebesar $1,6^{\circ}\text{C}$).

Sedangkan suhu permukaan dinding truk bagian luar posisi B(T10), terjadi peningkatan temperatur selama 100 menit pertama masa tunggu penghamparan dari temperatur awal $45,0^{\circ}\text{C}$, menjadi $53,3^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $8,3^{\circ}\text{C}$), dan terjadi penurunan setelah menit ke 100 sampai menit 140 dari temperatur awal $53,3^{\circ}\text{C}$, menjadi $53,2^{\circ}\text{C}$, penurunan (sebesar $0,1^{\circ}\text{C}$).

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* ini disebabkan oleh perbedaan ΔT awal E(T15) $148,3^{\circ}\text{C}$ dengan A(T9) $53,5^{\circ}\text{C}$ yaitu $105,8^{\circ}\text{C}$, nilai Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara luar) $29,33^{\circ}\text{C}$. Setelah 80 menit masa tunggu penghamparan ΔT pada titik tengah terjadi penurunan E(T15) $143,7^{\circ}\text{C}$, dan temperatur dekat dinding meningkat A(T9) $53,5^{\circ}\text{C}$, terjadi perbedaan (sebesar $90,2^{\circ}\text{C}$). Laju perpindahan panas dari posisi E(T15) ke posisi A(T9) sudah lebih kecil, sementara perpindahan panas konveksi dari posisi B(T8) ke udara lingkungan terus terjadi peningkatan selama 80 menit, karena temperatur aspal *hot mix* dekat permukaan dinding truk meningkat A(T9) $53,5^{\circ}\text{C}$, setelah 120 menit waktu tunggu penghamparan temperatur kembali penurunan.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* pada permukaan atas truk

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* selama 140 menit waktu tunggu penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi A(T11) dan B(T12), ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan temperatur permukaan atas truk dengan waktu tunggu penghamparan

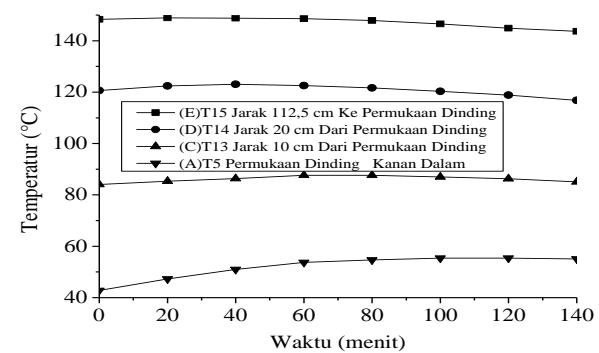
Gambar 7. memperlihatkan laju perpindahan panas aspal *hot mix* pada permukaan atas truk bagian dalam dan luar selama 140 menit masa

tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 posisi A(T11) dari hasil pengujian menunjukkan temperatur aspal *hot mix* terjadi peningkatan pada permukaan atas truk bagian bawah terpal penutup, dari temperatur awal $47,4^{\circ}\text{C}$ menjadi $59,5^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $12,1^{\circ}\text{C}$). Sedangkan suhu permukaan atas terpal penutup posisi B(T12), meningkat dari temperatur awal $41,02^{\circ}\text{C}$, menjadi $49,03^{\circ}\text{C}$, peningkatan (sebesar $8,01^{\circ}\text{C}$).

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* ini disebabkan oleh perbedaan ΔT awal E(T15) $148,3^{\circ}\text{C}$ dengan A(T11) $47,4^{\circ}\text{C}$ yaitu $100,9^{\circ}\text{C}$, nilai Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara lingkungan) $29,33^{\circ}\text{C}$. Setelah 120 menit masa tunggu penghamparan ΔT pada titik tengah E(T15) terjadi penurunan $143,7^{\circ}\text{C}$, dan temperatur dekat dinding A(T11) meningkat $59,5^{\circ}\text{C}$, terjadi perbedaan (sebesar $84,2^{\circ}\text{C}$). Hal ini menunjukkan bahwa laju perpindahan panas dari posisi E(T15) ke posisi A(T11) sudah lebih kecil. Sementara perpindahan panas konveksi dari posisi B(T12) ke udara lingkungan terus terjadi peningkatan selama 120 menit, karena temperatur aspal *hot mix* dekat permukaan dinding truk meningkat A(T11) $59,5^{\circ}\text{C}$. Setelah 120 menit masa tunggu, ΔT ditengah-tengah aspal *hot mix* semakin menurun, sehingga laju perpindahan panas semakin mengecil.

Laju kehilangan panas aspal *hot mix* pada jarak 10 cm dan 20 cm dari dinding truk

Data hasil dari pengukuran terhadap laju perpindahan panas pada aspal *hot mix* selama 140 menit waktu tunggu penghamparan diperoleh berdasarkan Gambar 1 posisi C(T13) dan D(T14), diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan temperatur jarak 10 cm, 20 cm dari dinding truk dengan waktu tunggu penghamparan

Gambar 8. menunjukkan laju perpindahan panas aspal *hot mix* jarak 10 cm, dan 20 cm dari dinding truk kanan bagian dalam selama 140 menit masa tunggu penghamparan. Berdasarkan Gambar 1 posisi E(T15), D(T14) dan C(T13) ke dinding truk A(T5), temperatur meningkat menit ke 80 pada posisi C(T13) dari temperatur awal 84,1⁰C, menjadi 87,6⁰C, peningkatan (sebesar 3,5⁰C). Setelah 80 menit pertama sampai menit ke 140 waktu tunggu dari temperatur 87,6⁰C, menjadi 85,1⁰C, terjadi penurunan (sebesar 2,5⁰C). Untuk posisi D(T14) terjadi kenaikan temperatur 40 menit pertama dari 120,6⁰C, menjadi 123,1⁰C, peningkatan (sebesar 2,5⁰C), dan turun kembali setelah menit ke 40 sampai akhir waktu tunggu dari temperatur 123,1⁰C, menjadi 116,5⁰C, penurunan (sebesar 6,6⁰C).

Dari hasil penelitian menunjukkan ΔT awal posisi E(T15) 148,3⁰C, dengan posisi C(T13) 84,1⁰C, perbedaan (sebesar 64,2⁰C), selama 80 menit pertama temperatur meningkat disebabkan ΔT posisi E(T15) 147,9⁰C dengan posisi C(T13) 87,6⁰C, perbedaan (sebesar 60,3⁰C), dimana harga Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar. Sedangkan ΔT akhir posisi E(T15) 143,7⁰C, dengan posisi C(T13) 85,1⁰C, menurun (sebesar 56,6⁰C), hal ini disebabkan oleh laju perpindahan panas dari E(T15) ke C(T13) sudah lebih kecil.

Sedangkan laju perpindahan panas ΔT awal posisi C(T13) 84,1⁰C, dengan posisi A(T5) 42,8⁰C, perbedaan (sebesar 41,3⁰C). Selama 80 menit pertama waktu tunggu penghamparan ΔT menurun, terlihat posisi C(T13) 87,6⁰C, dengan posisi A(T5) meningkat 54,7⁰C, perbedaan (sebesar 32,9⁰C). Untuk posisi C(T13) akhir menurun 86,3⁰C, posisi A(T5) menurun menjadi 55,4⁰C, perbedaan ΔT (sebesar 30,9⁰C). Hal ini disebabkan nilai Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar (udara luar). Setelah 120 menit waktu tunggu temperatur sekitar dinding kembali turun.

Sementara laju perpindahan panas ΔT awal posisi E(T15) 148,3⁰C dengan D(T14) 120,6⁰C, perbedaan (sebesar 17,7⁰C). Selama 40 menit pertama temperatur meningkat, ΔT menurun posisi E(T15) 148,8⁰C dengan D(T14) 118,8⁰C, perbedaan (sebesar 30,0⁰C), ini disebabkan harga Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar akibat udara luar. Setelah 140 menit masa tunggu penghamparan ΔT akhir terjadi penurunan pada posisi E(T15) 143,7⁰C, dengan D(T14) 118,8⁰C,

penurunan (sebesar 24,9⁰C). Kondisi ini disebabkan oleh laju perpindahan panas dari posisi E(T15) ke posisi D(T14) semakin mengecil, hal ini disebabkan temperatur aspal *hot mix* dekat permukaan dinding truk meningkat.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa kesimpulan;

Panas konveksi antara aspal *hot mix* dekat dinding dengan temperatur udara luar masih kecil pada saat baru tiba, karena ΔT lebih kecil. Setelah 120 menit masa tunggu ΔT antara aspal dekat dinding dengan temperatur udara lingkungan terus meningkat, sehingga panas konveksi membesar.

Peningkatan temperatur aspal *hot mix* dekat dinding selama 120 menit waktu tunggu disebabkan oleh perbedaan ΔT , dimana nilai Q lebih besar dibandingkan dengan panas yang keluar dari konveksi dinding luar, sehingga temperatur ke 6 (enam) sisi dekat permukaan dinding truk, rata-rata meningkat (sebesar 6,0⁰C-12,6⁰C).

Setelah 120 menit masa tunggu, kerugian panas konveksi lebih besar dari pada perpindahan panas konduksi dari aspal titik tengah ke aspal *hot mix* dekat dinding, maka temperatur akan turun.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktur PT. Bohana Jaya Nusantara Aceh Utara Provinsi Aceh Indonesia, selaku pimpinan perusahaan AMP yang telah memberikan izin dan segala fasilitas hingga selesainya penelitian ini.

Referensi

- [1] Bode T.A., 2012. An Analysis of the impacts of temperature segregation on hot mix asphalt. Dissertation & Thesis, University of Nebraska, Lincoln
- [2] Florin. B. et al., 2015. Study concerning the forming of asphalt crust during transport, Buletin Institut Politehnici Din Iasi Public the Universitas Tehnic Gheorghe Asachi Din Iasi Tomul LXI (LXV), Fasc. 2., 2015. <https://www.researchgate.net/publication/296333729>
- [3] Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga., 2010. Spesifikasi umum divisi 6 perkerasan aspal, Pp 6.1- 6.5
- [4] Isaac. L. et al., 2013. Haul time effects on unmodified, foamed, and additive-modified binders used in hot mix asphalt. In Transportation Research Record: Journal of

the Transportation Research Board, No. 2347, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D. C., pp. 88-95

- [5] Isaac. L. et al., 2014. Emergency paving using hot mix asphalt incorporating warm mix technology. International Journal of Pavement Engineering, Vol. 15, No. 3, pp. 202-214
- [6] Isaac, L. et al., 2014. Measurement of asphalt concrete temperatures during transport using an instrumented probe system. Journal of the Transportation Research Board, No. 2408, pp. 78–85
- [7] Hashim, W., 2015. Evaluating the cooling rate of hot mix asphalt in tropical climate, Journal of Teknologi UTM Malaysia, 78: 4, pp. 97–104
- [8] Byzyka, J., 2017. Thermal segregation of asphalt material in road repair, Journal of traffic and transportation engineering, Vol.4, Ed. 4 pp, 360-371
- [9] A. Yunus., 2011. Heat and mass transfer, edisi 4, Penerbit: Mcgraw Hill Education