

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di banyak kota di Indonesia, masalah genangan air di permukaan jalan sering terjadi terutama pada musim hujan yang mengganggu kenyamanan dan keselamatan lalu lintas (Djakfar et al., 2015). Genangan tersebut bisa terjadi dengan penyebab sistem drainase yang buruk, sehingga saluran tidak berfungsi dengan semestinya, dan atau kondisi geometrik dimana kemiringan jalan tidak memenuhi standar, sehingga air hujan tidak segera terbuang dari badan jalan. Dalam hal ini, campuran aspal *dense graded* yang sifatnya kedap air memang menuntut terpenuhinya syarat kemiringan jalan dan dukungan drainase yang baik untuk mencegah kerusakan dini dari perkerasan.

Genangan air di permukaan jalan di musim hujan, biasanya terjadi akibat curah hujan yang cukup tinggi dan dalam waktu yang lama. Masalah ini bisa disebabkan oleh karena kapasitas drainase di kiri kanan jalan tidak mampu menampung limpasannya. Genangan air yang cukup lama di badan jalan, dapat menyebabkan kerusakan dini pada lapisan perkerasan dan mengganggu kenyamanan pengemudi. Gangguan tersebut berupa *hydroplaning*, yaitu kondisi dimana kendaraan menjadi sulit melintas akibat efek tekanan air yang tergenang (Barksdale, 1993). Dari sisi keselamatan, efek *spray* (semprotan) dan *splash* (percikan) juga menyebabkan gangguan pandangan pengemudi. Penerapan aspal berpori yang *permeable* perlu dipikirkan untuk membantu mengatasi masalah ini. Campuran aspal berpori dengan gradasi terbuka dan dengan kemiringan tertentu dapat mengalirkan air ke kiri dan kanan badan jalan dalam waktu yang lebih singkat. Kadar rongga yang tinggi dapat mengurangi peluang terjadinya *hydroplaning*, *spray*, serta meningkatkan *skid resistance* (Xing et al., 2010 ; Zhang et al., 2019).

Dalam upaya menyediakan prasarana jalan, selain pemenuhan terhadap standar perancangan jalan, peneliti-peneliti jalan di berbagai negara memberikan perhatian yang besar pada tiga faktor yaitu keselamatan jalan, kenyamanan dan keawetan jalan (Xing et al., 2010). Aspal berpori merupakan salah satu jenis perkerasan yang mendukung keselamatan jalan. Huber (2000) juga mengatakan bahwa, lapisan aspal berpori dapat dikembangkan untuk permukaan jalan yang aman terutama di musim hujan. Permukaannya yang kasar dapat mengurangi cahaya yang menyilaukan, karena

teksturnya menyebarkan refleksi selama siang dan malam, sehingga jalan dan marka-markanya tampak jelas (Tappeiner, 1993 dalam Mansour et al. 2013). Tekstur permukaan yang kasar dan kesat juga memberikan *skid resistance* (ketahanan gelincir) yang baik untuk mencegah slip antara jalan dan roda kendaraan terutama pada saat permukaan jalan basah terkena air.

1.1.1 Penerapan Aspal Berpori

Di Eropa, penggunaan perkerasan berpori sudah dimulai sejak tahun 1960an (Zhang et al., 2012 dalam Djakfar et al., 2015), dan terus dikembangkan di beberapa negara untuk tujuan meningkatkan keselamatan pengguna jalan, karena memiliki tekstur permukaan yang kasar (Nashir et al., 2013). National Asphalt Pavement Association (NAPA) pada tahun 2003, memperkenalkan campuran aspal berpori dengan nama Open Graded Friction Course (OGFC), sebagai generasi baru perkerasan lentur dengan ciri khas kadar pori yang tinggi yaitu 18% (Nashir et al., 2013).

Penerapan perkerasan berpori semakin berkembang pesat, dimana antara lain Belanda sudah menerapkan perkerasan aspal berpori pada kurang lebih 90% jaringan jalannya (Huurman et al., 2009 dalam Djakfar et al., 2015). Sementara kebijakan rehabilitasi jalan di Jepang adalah mengganti perkerasan lama dengan perkerasan berpori (Nakahara, et al., 2004 dalam Djakfar et al., 2015).

Perkerasan aspal berpori dengan gradasi terbuka lebih berkeselamatan di musim hujan karena memiliki kekesatan yang baik (Ali, 2013). Poulidakos & Partl (2010) dan Widhianto et al. (2013) menyatakan bahwa aspal berpori merupakan teknologi konstruksi jalan ramah lingkungan, dimana dapat meredam kebisingan dan mengendalikan genangan air hujan.

Meskipun aspal berpori diciptakan untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas, jenis perkerasan ini juga memiliki kelemahan (Mansour et al., 2013). Kekuatan aspal berpori pada umumnya lebih rendah daripada aspal konvensional bergradasi rapat (*dense graded*), stabilitas rendah yang membuka peluang deformasi yang lebih besar, kekuatan tarik rendah, sensitif terhadap temperatur, serta memiliki peluang *rutting* terutama pada temperatur tinggi (Gemayel & Mamlouk, 1988). Potensi terjadinya *rutting* meningkat ketika terjadi pemisahan agregat kasar (Nekkanti et al., 2019). Pemisahan agregat bisa terjadi karena tekanan yang tinggi akibat dari kadar rongga yang tinggi.

Di Amerika Serikat, lapisan perkerasan gradasi terbuka sudah diterapkan sejak tahun 1944, dan semakin populer di seluruh Amerika Serikat di sekitar tahun 1970 (Huber, 2000). Namun beberapa negara bagian berhenti menerapkannya karena masalah durabilitas, sedangkan beberapa negara bagian yang lain mendapatkan kinerja yang baik dengan menggunakan aspal polimer, menambahkan aditif atau menggunakan agregat yang lebih kasar (Kandhal & Mallick, 1999).

Kelemahan lain dari aspal berpori adalah, akibat dari sifat campuran yang memiliki gradasi terbuka dan kadar filler yang rendah, menyebabkan keluarnya aspal dari campuran (*draindown*) selama pengangkutan dan penghamparan (Cooley et al., 2000; (Decoene, 1990). Namun masalah ini sudah teratasi dengan penggunaan aspal modifikasi dan aditif serat (Huber, 2000).

Campuran aspal berpori harus memiliki keseimbangan antara kinerja fungsional dan kinerja strukturalnya. Ketika keseimbangan tidak tercapai dengan baik, maka efeknya adalah lemahnya permeabilitas atau terjadi *raveling*. *Raveling* merupakan masalah yang paling banyak ditemukan pada aspal berpori. Penyebabnya bisa karena lemahnya ikatan antara aspal dan agregat. Sifat agregat, gradasi, kurangnya pemadatan, perencanaan campuran, serta penuaan aspal adalah faktor yang dapat menyebabkan *raveling* (Nekkanti et al., 2019). Masri & Arshad (2015) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa aspal berpori mempunyai peluang terjadinya *raveling* yang menjadi penyebab kerusakan utama dan singkatnya umur pelayanan jalan (setengah dari aspal konvensional). Menurut mereka, *raveling* ini terjadi karena pengaruh temperatur dan cuaca.

Penelitian dan penerapan aspal berpori, sudah banyak dilakukan di negara- negara berkembang untuk penggunaan pada lapangan parkir, fasilitas pedestrian dan pesepeda (Chen & Wong, 2016). Penelitian di Indonesia, sudah mencapai kinerja struktural yang memenuhi spesifikasi campuran aspal berpori Australia, namun kinerja tersebut masih di bawah standar Bina Marga, sehingga masih terbatas dapat diterapkan di jalan dengan beban lalu lintas ringan (Arlia et al., 2018; Zaika & Djakfar, 2016). Dalam upaya meningkatkan stabilitas, beberapa peneliti di Indonesia menemukan bahwa permeabilitas sebagai kinerja fungsional campuran, belum memadai sebagai campuran aspal berpori (Ali, 2013; Ayun & Mahardi, 2017; Noris & Mahardi, 2017; Ramadhan et al., 2014). Pengembangan penelitian masih perlu dilakukan untuk mencapai kinerja yang memadai baik struktural maupun fungsional. Harus dilakukan upaya dengan mempertahankan

susunan gradasi agregat untuk mendapatkan permeabilitas maksimal dengan meningkatkan karakteristik daya dukung dari material penyusun (baik aspal maupun agregat), sehingga diperoleh kekuatan yang maksimal.

1.1.2 Peran Agregat pada Permeabilitas Campuran Aspal Berpori

Permeabilitas merupakan salah satu dari tiga variabel penting yang menjadi indikator kinerja fungsional dari campuran aspal berpori, selain *skid resistance* dan *noise reduction*. Permeabilitas terbentuk dari struktur rongga yang terhubung, dan sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat. Sehingga, dapat dikatakan bahwa, gradasi agregat adalah kunci utama terbentuknya rongga. Oleh karena itu, peran agregat menjadi sangat penting dalam campuran aspal berpori.

Campuran aspal berpori dengan gradasi terbuka (*open graded*) rentan terhadap kerusakan agregat selama proses pencampuran, pemadatan, dan penggunaan. Degradasi yang terjadi bisa menurunkan durabilitas campuran, merubah gradasi, mengurangi kadar rongga, sehingga menurunkan kinerja fungsionalnya (permeabilitas) (Repik, 2017). Oleh karena itu, pemilihan agregat merupakan salah satu faktor penting pada perancangan campuran aspal berpori. Agregat harus kuat dan awet (*durable*), merupakan batu pecah, dengan pembatasan yang ketat pada porsi batuan yang pipih dan lonjong, dengan nilai penyerapan yang kecil (Kline, 2010). Wang et al. (2018) membuktikan bahwa porsi agregat pipih dan lonjong signifikan mempengaruhi kerusakan agregat, kadar rongga, dan permeabilitas pada aspal berpori.

Untuk mempertahankan fungsi campuran dalam mengalirkan air, gradasi harus dijaga agar tidak bergeser dari desain awal. Agregat yang digunakan harus bermutu baik, keras, kuat dan awet, sehingga tidak mudah mengalami kerusakan akibat abrasi, tekanan, tumbukan, sehingga dapat menghasilkan perkerasan yang kuat, awet, serta memiliki rongga yang memadai sesuai fungsinya. Putman (2015) dan Repik (2017) menemukan bahwa nilai abrasi Los Angeles (LA) dan sumber agregat yang berbeda mempengaruhi tingkat kerusakan agregat pada campuran aspal berpori. Nilai LA menggambarkan tingkat ketahanan (durabilitas) agregat terhadap kerusakan karena pengaruh abrasi (keausan) dan tekanan. Kekerasan mineral batuan berbeda pada tiap jenis agregat. Faktor ini mempengaruhi ketahanan batuan terhadap tumbukan (Wirawan et al., 2016).

Penelitian Król et al. (2018) yang menggunakan metode pencitraan, melihat pengaruh komposisi mineral dari beberapa jenis batuan dan menemukan bahwa agregat

yang lebih besar dan lebih keras menghasilkan rongga yang lebih banyak. Namun terkait ukuran agregat, Eldeen (2018) menyatakan bahwa ukuran partikel agregat yang lebih besar cenderung memicu degradasi yang lebih signifikan. Hal ini semakin memperkuat peran faktor kekerasan agregat pada campuran aspal berpori. Fookes et al. (1988) dalam Wu et al. (1998) juga menyarankan untuk mengukur kekuatan agregat, sebaiknya dilakukan kombinasi pengujian fisik berupa *crushing*, *impact*, dan *abrasion resistance*.

Agregat juga dapat mengalami kerusakan berupa pelapukan akibat perubahan temperatur (pengaruh cuaca). Faktor ini perlu diperhitungkan dalam memilih agregat yang akan digunakan sebagai material campuran aspal berpori. Hernandez-Saenz et al., (2016) menambahkan bahwa soundness merupakan karakteristik agregat yang penting pada campuran aspal *permeable*.

Dari uraian di atas, maka diperlukan pengembangan penelitian untuk menemukan agregat serta gradasi yang tepat dalam membentuk campuran aspal berpori berdasarkan faktor kekerasan agregat dalam rangka mempertahankan fungsional (permeabilitas) campuran. Penelitian ini penting, didasari oleh isu sensitivitas peran agregat pada gradasi terbuka, serta untuk menjawab dugaan adanya pengaruh dari karakteristik agregat, khususnya ketahanan agregat terhadap perubahan gradasi setelah pemadatan, yang secara tidak langsung mempengaruhi permeabilitas. Dengan mengetahui pengaruh dari karakteristik agregat, akan menambah pengayaan referensi bagi pengembangan standar material pada campuran aspal berpori, sehingga menunjang pengembangan yang mengarah kepada kelayakan penerapan aspal berpori terutama di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka dapat dirangkum permasalahan yang melatarbelakangi perlunya dilakukan penelitian ini. Kondisi di Indonesia, ketika musim hujan sering terjadi curah hujan yang tinggi dalam waktu yang cukup lama, sehingga menyebabkan genangan air yang cukup lama di badan jalan. Genangan air selain dapat merusak lapisan perkerasan, juga mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengemudi. Efek dari *spray* dan *splash* menyebabkan berkurangnya *visibility* dari pengemudi. Permukaan jalan yang basah dan licin juga menyebabkan rawan terjadinya kecelakaan. Campuran aspal berpori sebagai alternatif jenis perkerasan gradasi terbuka, tidak hanya aman di musim hujan, karena memiliki kekesatan yang tinggi, tetapi juga

dengan tingkat kebisingan yang rendah, diharapkan dapat mendukung kualitas berlalu lintas.

Aspal berpori banyak digunakan di berbagai belahan dunia sebagai lapisan yang dapat meningkatkan keselamatan jalan di kondisi hujan dan basah (Nekkanti et al., 2019). Dengan gradasi terbuka yang membentuknya menjadi lapisan yang permeable, kekesatan yang tinggi, peredam kebisingan, stabilitas tinggi, jenis perkerasan ini cocok untuk diaplikasikan pada jalan- jalan di Indonesia yang memiliki sistem drainase yang baik, namun mengalami masalah pada kenyamanan dan keselamatan mengemudi di musim cuaca ekstrim dengan curah hujan tinggi.

Upaya untuk menerapkan aspal berpori juga telah dilakukan di Indonesia, namun masih terkendala oleh kinerjanya yang masih rendah (Djakfar et al., 2016). Djakfar et al. (2017) melanjutkan penelitiannya dan merekomendasikan bahwa campuran aspal berpori dapat digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas ringan sampai sedang. Dari sisi permeabilitas, penemuan ini belum memadai, karena kadar rongga (8,1%) yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi yang digunakan (18-23%) meskipun stabilitas sudah memenuhi syarat. Beberapa peneliti lain juga menemukan masalah pada kadar rongga dan permeabilitas. Sehingga, masih perlu dikembangkan penelitian yang lebih mengarah kepada pencapaian kinerja fungsional campuran, khususnya permeabilitas. Ketidakseimbangan pada kinerja struktural dan kinerja fungsional menjadi hambatan dalam penerapan aspal berpori.

Berkaitan dengan permeabilitas, maka peran agregat sangat sensitif. Perlu dicari jenis agregat yang memenuhi syarat sebagai bahan campuran aspal berpori serta gradasi yang sesedikit mungkin memicu terjadinya degradasi. Dari penelusuran referensi, ditemukan bahwa faktor ketahanan agregat pada campuran aspal berpori, penting untuk diteliti, dikaitkan dengan kemungkinan terjadinya degradasi agregat yang secara tidak langsung mengganggu kinerja fungsional campuran.

Dari latar belakang dan uraian di atas dan dengan memperhatikan fakta di lapangan dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- 1) Adanya kebutuhan akan perkerasan jalan yang memberikan kenyamanan dan keselamatan di musim hujan dengan kondisi curah hujan tinggi.
- 2) Penerapan aspal berpori di Indonesia masih terkendala kinerja campuran.
- 3) Permeabilitas, sebagai kinerja fungsional campuran aspal berpori, belum memadai.

4) Campuran dengan gradasi terbuka rentan terhadap kerusakan agregat.

5) Kerusakan agregat dapat mengganggu kinerja fungsional campuran.

Peran agregat sangat penting untuk mendukung permeabilitas. Perlu dicari jenis agregat yang tepat yang membentuk rongga terhubung yang cukup untuk menjaga kinerja permeabilitas.

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini dapat dirumuskan berikut ini:

- 1) Bagaimana tingkat kerusakan agregat pada campuran aspal berpori ?
- 2) Bagaimana pengaruh dari faktor kekerasan agregat terhadap kinerja campuran aspal berpori?
- 3) Bagaimana kriteria agregat yang dapat digunakan pada campuran aspal berpori ?
- 4) Berapa kadar aspal yang mendukung kinerja fungsional campuran aspal berpori ?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan maksud untuk menemukan agregat yang tepat sebagai material yang dapat mendukung kinerja fungsional campuran aspal berpori. Untuk maksud tersebut, tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian adalah:

- 1) Mengidentifikasi dan mengevaluasi kerusakan agregat dalam campuran aspal berpori serta pengaruhnya terhadap kinerja fungsional.
- 2) Menganalisis pengaruh kekerasan agregat terhadap kadar rongga dan variabel-variabel yang terkait.
- 3) Merumuskan kriteria agregat yang dapat digunakan pada campuran aspal berpori.
- 4) Menemukan kadar aspal yang mendukung kinerja fungsional campuran aspal berpori.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan membawa manfaat secara teoritis dan praktis.

- 1) Manfaat teoritis

Penelitian yang mengembangkan teori- teori dan analisis terhadap aspal berpori sudah lama dilakukan dan sudah pula menghasilkan banyak teori baru serta inovasi baru. Penelitian ini mengambil satu gap yang dapat menambah pengayaan referensi campuran aspal berpori khususnya dalam hal pemilihan material agregat yang tepat yang menunjang kinerja campuran.

2) Manfaat praktis

Hasil penelitian ini akan bermanfaat dan akan menjadi bagian penting dari proses pengembangan penelitian campuran aspal berpori dalam rangka menemukan dan membangun spesifikasi aspal berpori di Indonesia

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Agar maksud dan tujuan tercapai, maka ruang lingkup penelitian dibatasi berikut ini:

- 1) Penelitian dilakukan pada perkerasan aspal berpori sebagai lapis permukaan.
- 2) Penelitian dilakukan pada skala laboratorium.
- 3) Tidak merencanakan lapisan- lapisan di bawahnya.
- 4) Tidak merencanakan bagian lain dari sistem pengaliran air.
- 5) Tidak melakukan analisis terhadap kandungan kimia pada aspal dan agregat.
- 6) Tidak melakukan analisis ekonomi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian untuk disertasi ini terdiri atas 6 bab penting yang dapat diperinci sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penelitian yaitu tentang permasalahan yang menjadi dasar mengapa penelitian perlu dilakukan beserta peta penelitian sebelumnya sehingga ditemukan gap yang belum pernah diteliti. Atas dasar gap tadi, ditentukan maksud, tujuan dan manfaat penelitian yang merupakan bagian dari bab ini. Maksud adalah tujuan umum dilakukannya penelitian, sedangkan tujuan adalah tahap yang harus dilakukan dalam mencapai maksud penelitian. Di akhir latar belakang, disinggung tentang kebaruan dari penelitian. Pada akhir bab diuraikan tentang pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab 2 Kajian Pustaka dan Kerangka Berpikir

Kajian Pustaka berisi teori dasar tentang karakteristik campuran aspal berpori, karakteristik agregat untuk aspal berpori, karakteristik aspal, gradasi terbuka, peran agregat dalam campuran aspal berpori, serta standar dan persyaratan yang dikutip dari referensi terkait. Bab ini juga memuat penjelasan tentang variabel dan parameter- parameter penelitian, teori- teori berikut fenomena- fenomena yang ditemukan pada penelitian- penelitian sebelumnya seputar kinerja aspal berpori. Di bagian selanjutnya, memuat Kerangka Berpikir yang berisi dasar pemikiran yang

bertolak dari latar belakang masalah, konsep penelitian, skenario penelitian sampai dengan hasil yang diharapkan. Dilanjutkan dengan Hipotesis Penelitian yaitu dugaan yang menjadi dasar dalam menguraikan Kerangka Berpikir, serta Kebaruan yang menguraikan lebih detail tentang gap dan novelty penelitian, bahwa penelitian ini merupakan sesuatu yang baru, yang berbeda dari pada penelitian- penelitian sebelumnya.

Bab 3 Metode Penelitian

Bab ini berisi keseluruhan proses dan prosedur penelitian. Memuat metode penelitian, tempat, waktu dan jadwal penelitian, peralatan yang digunakan, sampel yang akan diuji di laboratorium, desain dan skenario penelitian, variabel dan instrument yang akan digunakan pada penelitian, serta metode analisis data.

Bab 4 Kompilasi dan Analisis Data

Bab ini memuat hasil penelitian berupa seluruh data yang telah dikumpulkan, seluruh hasil pengujian material maupun pengujian kinerja campuran. Di bab ini diuraikan pengolahan data dan analisis data.

Bab 5 Pembahasan Hasil Penelitian

Bab ini memuat pembahasan yang mendalam tentang hal- hal yang telah diperoleh dari analisis data dikaitkan dengan teori- teori yang ada serta temuan- temuan sebelumnya

Bab 6 Kesimpulan, Implikasi dan Saran

Bab ini berisi point-point kesimpulan yang bertolak dari tujuan penelitian, sebagai akhir dari proses penelitian yang telah dilakukan dan saran- saran terhadap kelanjutan penelitian. Selain itu juga memuat kegunaan nyata dari produk penelitian sesuai manfaat penelitian yang telah disebutkan sebelumnya.