

Peningkatan Performasi Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Serbuk Limbah UPVC

Rohmatul Maghfiroh¹, Ervina Ahyudanari^{1,*}

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: ervina@ce.its.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	09 Februari 2023	<i>Infrastructure development in Indonesia are inseparable from the use of materials made from UPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride) plastic which continues to grow. This causes the amount of material needed and the production of these materials also increases. The physical characteristics of UPVC which are resistant to chemicals, weather, electrical properties and water flow can be used as additives in 60/70 penetration asphalt mixtures to be equivalent to PG 70 asphalt mixtures. Addition of UPVC waste powder in the mixture is carried out by the wet method (wet process) using variations: 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% by weight of asphalt. The analysis carried out in this study is testing the characteristics of asphalt from the value of penetration, ductility, softening point, flashing and burning point. The results of this study indicate that the optimum percentage of adding UPVC to asphalt penetration 60/70 is 6% with penetration = 68.80 x 0.1 mm, ductility = 138 cm, softening point = 65°C and flash and burn points = 251°C and 272°C.</i>
Diperbaiki	28 Februari 2023	
Disetujui	28 Februari 2023	

Keywords: penetration asphalt 60/70, UPVC waste plastic powder, performance graded asphalt 70.

Abstrak
Kegiatan pembangunan infrastruktur di Indonesia yang tidak lepas dari penggunaan material berbahan plastik UPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride) terus bertambah. Hal ini menyebabkan jumlah kebutuhan dan produksi material tersebut pun semakin meningkat. Karakteristik fisik dari UPVC yang tahan terhadap bahan kimia, cuaca, sifat elektrik dan aliran air dapat dimanfaatkan sebagai zat aditif pada campuran aspal penetrasi 60/70 agar setara dengan campuran aspal PG 70. Penambahan serbuk limbah UPVC dalam campuran dilakukan dengan metode basah (wet process) menggunakan variasi: 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap berat aspal. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian karakteristik aspal dari nilai penetrasi, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa persentase optimum penambahan UPVC terhadap aspal penetrasi 60/70 sebesar 6% dengan hasil penetrasi = 68,80 x 0,1 mm, daktilitas = 138 cm, titik lembek = 65°C serta titik nyala dan titik bakar = 251°C dan 272°C.

Kata kunci: aspal penetrasi 60/70, limbah serbuk plastik UPVC, aspal *performance graded* 70.

1. Pendahuluan

Salah satu sarana bagi manusia untuk dapat menempuh suatu perjalanan atau pergerakan dari tempat asal ke tujuan yaitu jalan raya. Kelancaran suatu perjalanan dapat dipengaruhi oleh kinerja struktur perkerasan jalan tersebut yang memiliki fungsi sebagai penerima beban lalu lintas serta pemberi rasa nyaman dan aman kepada pengguna jalan. Aspal merupakan material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh dari alam yang merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair ketika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan akan membeku jika temperatur turun [1]. Penggunaan aspal penetrasi 60/70 di lapangan masih memiliki kelemahan yaitu pada nilai titik lembeknya yang masih berkisar antara 48°C-58°C, namun

untuk suhu jalan di lapangan dapat mencapai 60°C. Sehingga dapat dikatakan bahwa spesifikasi aspal penetrasi 60/70 khususnya pada nilai titik lembeknya masih belum dapat memberikan ketahanan terhadap suhu sesuai di lapangan. Akibatnya jalan yang dilapisi oleh aspal penetrasi 60/70 tidak dapat memenuhi umur rencana yang telah direncanakan sebelumnya. Selain dapat diatasi dengan menggunakan aspal yang memiliki mutu yang lebih tinggi, dapat juga dilakukan inovasi berupa penambahan zat aditif pada aspal penetrasi 60/70 dengan harapan spesifikasi yang dimiliki aspal penetrasi 60/70 memenuhi ataupun meningkat.

Menurut Sukirman, aspal merupakan material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh dari alam yang merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan

mencair ketika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan akan membeku jika temperatur turun [2].

Bina Marga mengatakan bahwa ada beberapa jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia meliputi aspal minyak, aspal emulsi, aspal modifikasi dan aspal buton (asbuton). Aspal minyak merupakan bahan tersisa yang dianggap sudah tidak lagi diproses secara ekonomi dan proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak. Bahan tersebut kita kenal dalam tiga kelas penetrasi yaitu pen 40/50, pen 60/70 dan pen 80/100. Semakin rendah angka penetrasi maka akan semakin keras wujud aspal, semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu lebih tinggi agar aspal menjadi lunak atau cair. Sebaliknya semakin tinggi angka penetrasi maka aspal akan semakin mudah mencair dan mudah dalam pengerjaannya, namun juga menjadi semakin sulit untuk menstabilkan campuran aspal, khususnya pada iklim panas seperti di Indonesia, karena aspal akan cenderung melunak pada suhu udara tinggi [3].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hasyim mengenai pemanfaatan limbah PVC dan LDPE sebagai zat aditif dengan variasi 1%, 2%, 3% dan 4%, serta 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% terhadap berat aspal dengan menggunakan gradasi campuran AC-WC dan aspal penetrasi 60/70. Didapatkan hasil yaitu ikatan antara aspal dan agregat pada campuran limbah PVC lebih kuat daripada campuran limbah LDPE. Untuk persentase optimum pada penggunaan limbah PVC yaitu 4% dan pada limbah LDPE yaitu 2,5%, dengan berdasarkan nilai titik lembek tertinggi [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Fikri dkk. mengenai karakteristik aspal modifikasi dengan penambahan limbah botol plastik PET dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9% dan 12% terhadap berat aspal menggunakan aspal penetrasi 60/70, didapatkan hasil bahwa dari variasi kadar penambahan limbah botol plastik PET telah memenuhi persyaratan karakteristik aspal kecuali pada kadar 12%. Serta persentase optimum dicapai oleh kadar 9% [5].

Afriyanto dkk. melakukan penelitian mengenai penambahan limbah plastik LDPE dengan variasi kadar yang lebih bervariasi yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% pada campuran aspal modifikasi terhadap karakteristik dasar aspal yang menggunakan metode campuran aspal panas-plastik dingin [6]. Pencampuran aspal modifikasi dengan plastik LDPE dapat menurunkan nilai penetrasi aspal, berat jenis aspal, tingkat keplastisan aspal, viskositas aspal, titik nyala dan titik bakar aspal, serta meningkatkan titik lembek aspal. Hal ini membuat aspal menjadi semakin keras dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga tidak mudah untuk berubah bentuk (deformasi). Kadar penambahan plastik LDPE maksimal

yang memenuhi persyaratan untuk aspal modifikasi adalah 5%. Hal tersebut karena nilai hasil pengujian penetrasi, berat jenis, daktilitas, titik lembek, viskositas, titik nyala dan titik bakar kadar 0% sampai 5% yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Menurut Pustran Balitbang PU, sebelum digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal, baik aspal minyak, aspal modifikasi maupun aspal alam harus terlebih dahulu diperiksa sifat-sifatnya. Adapun sifat-sifat aspal yang perlu diketahui dan diperiksa adalah penetrasi, viskositas, titik lembek, titik nyala, berat jenis, kemuluran, durabilitas dan kepekaan aspal terhadap temperatur. Dari sifat-sifat ini, penetrasi, viskositas, durabilitas dan kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sifat-sifat penting yang mempengaruhi workabilitas, kinerja dan durabilitas campuran beraspal yang dihasilkan [7].

Mutu aspal memiliki pengaruh terhadap lapisan perkerasan pada jalan raya yang memiliki sifat memikul serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan tersebut [8]. Namun pada kenyataannya umur rencana seringkali tidak sesuai dengan yang terjadi di lapangan sehingga menyebabkan kerusakan dini pada perkerasan jalan raya. Selain hal tersebut, terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kerusakan jalan diantaranya adalah pertumbuhan lalu lintas yang tidak sesuai prediksi, beban lalu lintas yang melebihi batas atau *overloading* [9], kondisi tanah dasar yang buruk, ketidaksesuaian material yang digunakan, faktor lingkungan, dan pelaksanaan yang tidak sesuai dengan perencanaan [10]. Hal ini mengakibatkan lapisan perkerasan mengalami regangan dan tegangan yang dapat mengurangi mutu aspal. Sehingga banyak dilakukan upaya maupun inovasi dalam meningkatkan mutu aspal, termasuk penambahan zat aditif pada campuran perkerasannya [1].

Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian mengenai penggunaan plastik jenis UPVC sebagai zat aditif pada aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik aspal yang beracukan pada karakteristik aspal PG 70 serta persentase optimum dalam penggunaannya.

2. Metode

Persiapan Material

Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70, aspal PG 70, serta aspal penetrasi 60/70 + limbah serbuk UPVC dengan variasi penambahan 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap berat aspal.

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 dan aspal PG 70 yang didapatkan dari PT.

Buntara Megah Inti. Karakteristik aspal penetrasi 60/70 dan aspal PG 70 ini akan diperiksa sesuai persyaratan yang tertera pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil dari pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 dan aspal PG 70 dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Serbuk limbah UPVC seperti yang tertera pada **Gambar 1**, didapatkan dari perusahaan *rooftop* yaitu PT. Sumber Djaja Perkasa yang berupa serpihan-serpihan UPVC yang dihasilkan dari pembuangan pengolahan produk *rooftop*. Metode pencampuran yang digunakan dalam pencampuran serbuk plastik adalah cara basah (*wet process*). Cara basah yaitu suatu cara pencampuran dimana serbuk plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk sampai campurannya homogen [11]. Pencampuran ini dilakukan pada serbuk limbah UPVC yang sudah dihaluskan menggunakan alat *grinder* dengan aspal penetrasi 60/70 seperti pada **Gambar 2**.

Pengujian Material

Tahap analisis awal yang dilakukan yaitu menguji karakteristik aspal dari aspal penetrasi 60/70 dan aspal PG 70 yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Kemudian aspal penetrasi 60/70 yang telah memenuhi spesifikasi dapat digunakan berikutnya untuk diberikan zat aditif berupa serbuk limbah UPVC. Untuk aspal PG 70 diuji untuk dijadikan sebagai acuan oleh aspal modifikasi yaitu aspal penetrasi 60/70 ditambah zat aditif serbuk limbah UPVC dengan beberapa variasi.



Gambar 1. Serpihan Limbah UPVC

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian karakteristik aspal untuk jenis aspal penetrasi 60/70 tanpa penambahan serbuk limbah UPVC dituangkan pada **Tabel 1**. Sebelum kemudian dilakukan

penambahan serbuk limbah UPVC pada aspal penetrasi 60/70, perlu diketahui hasil pengujian karakteristik aspal dari aspal PG 70 agar dapat dijadikan sebagai nilai acuan seperti pada **Tabel 2**.



Gambar 2. Pencampuran serbuk limbah UPVC dengan Aspal Penetrasi 60/70

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Persyaratan	Hasil Pengujian
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60 - 79	62,90
Titik Lembek (°C)	50 - 58	60
Daktalitas pada 25°C (cm)	Min. 100	150
Titik Nyala (°C)	Min. 232	297
Berat Jenis	Min. 1,0	1,034

Berdasarkan **Tabel 1** yang merupakan hasil pengujian dari aspal penetrasi 60/70, didapatkan nilai penetrasi sebesar 62,90 (0,1 mm) di mana angka tersebut telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Begitu pula dengan nilai dari karakteristik aspal yang lain di mana telah memenuhi persyaratan. Hasil pengujian dari aspal PG 70 dituangkan pada **Tabel 2**. Pada nilai penetrasi aspal PG 70 didapatkan hasil sebesar 51,20 (0,1 mm) yang menandakan bahwa karakteristik aspal PG 70 lebih keras daripada aspal penetrasi 60/70. Untuk nilai titik lembek yang dihasilkan yaitu sebesar 72°C, di mana angka tersebut mendekati angka 70°C yang merupakan spesifikasi dari aspal PG 70 berdasarkan AASHTO M-320 [12].

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal PG 70

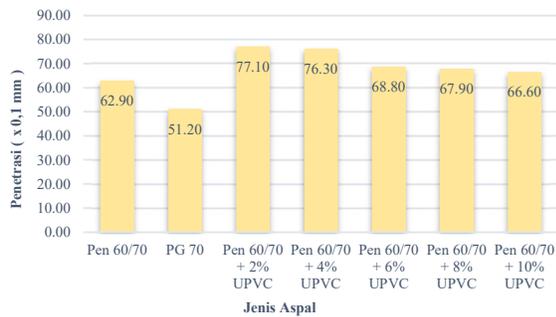
Jenis Pengujian	Persyaratan	Hasil Pengujian
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	Dilaporkan	51,20
Titik Lembek (°C)	Dilaporkan	72
Daktilitas pada 25°C (cm)	-	150
Titik Nyala (°C)	Min. 230	319
Berat Jenis	-	1,054

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik aspal pada aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan zat aditif berupa serbuk limbah UPVC yang telah dilakukan tertera pada

Tabel 3, didapatkan grafik parameter karakteristik aspal pada setiap jenis aspal yang telah diuji. Menurut SNI 2456:2011 [13], angka penetrasi pada aspal menunjukkan sifat rheology aspal yaitu kekerasan dari aspal tersebut. Pada **Gambar 3** menunjukkan nilai penetrasi dari setiap variasi persentase penambahan serbuk limbah UPVC yaitu dari 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% semakin menurun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase penambahan serbuk limbah UPVC pada campuran aspal, semakin keras pula aspal tersebut. Namun pada persentase 2% dan 4% yang memiliki nilai 77,10 dan 76,30 di mana angka tersebut tidak memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Bina Marga 2018.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70 + UPVC

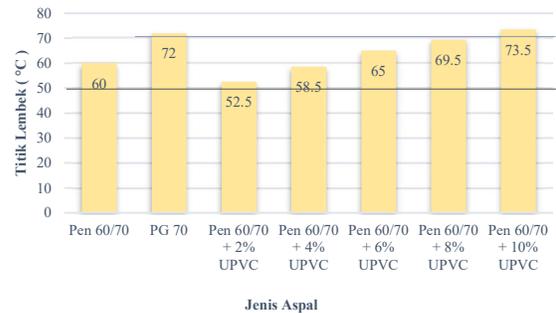
No	Jenis Pengujian	Persyaratan		Hasil Pengujian (% proposi UPVC)				
		Pen 60/70	PG 70	2%	4%	6%	8%	10%
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60 - 79	Dilaporkan	77,1	76,3	68,8	67,9	66,6
2	Titik Lembek (°C)	50 - 58	Dilaporkan	52,5	58,5	65	69,5	73,5
3	Daktilitas pada 25°C (cm)	Min. 100	-	150	150	138	95	87
4	Titik Nyala (°C)	Min. 232	Min. 230	284	265	251	215	198
5	Berat Jenis	Min. 1,0	-	1,031	1,035	1,038	1,042	1,043



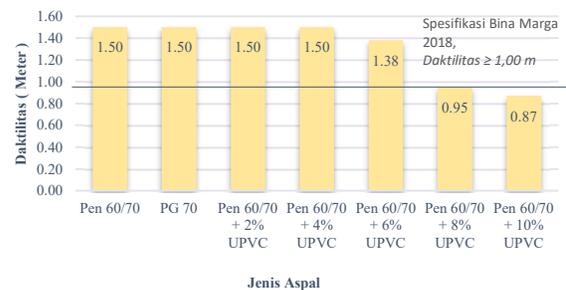
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Penetrasi

Kemudian pada **Gambar 4** yang menunjukkan nilai titik lembek dari setiap variasi persentase penambahan serbuk limbah UPVC adalah semakin meningkat. Menurut SNI 2434:2011 [14], pengujian titik lembek merupakan parameter penting di dalam persyaratan karakteristik yang dimiliki oleh aspal. Sesuai dengan RSNI S-01:2003 [15] nilai titik lembek mengindikasikan sifat aspal yang cenderung melunak pada kenaikan temperatur pada perkerasan jalan berada pada rentang suhu tersebut. Pada nilai titik lembek yang dihasilkan oleh campuran Aspal Penetrasi 60/70 + Serbuk Limbah UPVC beracukan pada nilai titik lembek aspal PG 70 yang nilainya sebesar 70°C. Pada persentase 10% penambahan UPVC didapat nilai titik lembek 73,5°C,

dimana nilai tersebut melebihi nilai titik lembek dari aspal PG 70. Namun semakin kecil persentase penambahan UPVC, semakin kecil pula nilai titik lembek yang dihasilkan oleh campuran aspal tersebut.

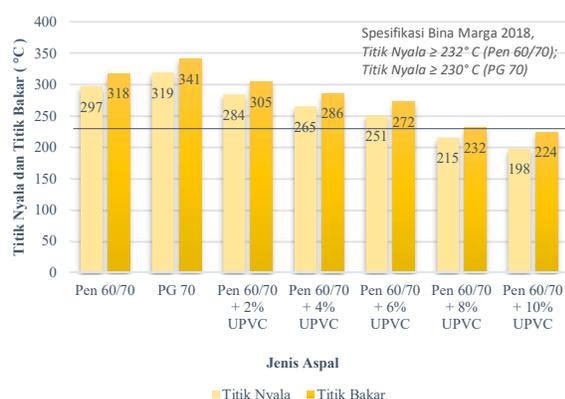


Gambar 4. Grafik Hasil Uji Titik Lembek



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Daktilitas

Menurut Spesifikasi Bina Marga [16], nilai daktilitas yang sesuai dengan persyaratan memiliki nilai minimum 100 cm. Pengujian daktilitas aspal menunjukkan sifat pemuluran dari aspal tersebut, di mana berdasarkan SNI 2431:2011 [17], pengujian dilakukan pada temperatur $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit $\pm 2,5$ mm. Untuk nilai daktilitas dari hasil pengujian yang telah dilakukan dituangkan pada **Gambar 5**. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase penambahan serbuk limbah UPVC, nilai daktilitas aspal pada setiap variasi tersebut semakin menurun. Pada persentase 2% dan 4% didapat nilai daktilitas yang tinggi yaitu 150 cm. Kemudian untuk persentase 6% didapatkan nilai daktilitas sebesar 138 cm, di mana angka tersebut masih memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 100 cm. Namun pada persentase 8% dan 10%, aspalnya menjadi semakin keras dan nilai daktilitasnya pun kecil yaitu sebesar 95 cm dan 87 cm, di mana angka tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang ada.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Titik Nyala dan Titik Bakar

Menurut SNI 2433:2011 [18], titik nyala digunakan untuk mengukur kecenderungan aspal dapat terbakar akibat panas dan api pada kondisi terkontrol di laboratorium. Di mana hasil tersebut dapat digunakan sebagai informasi bahaya kebakaran yang sesungguhnya di lapangan. Nilai titik nyala dan titik bakar dari hasil pengujian dituangkan pada **Gambar 6**. Pada setiap penambahan persentase serbuk limbah UPVC pada campuran aspal penetrasi 60/70 dari 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%, didapatkan nilai titik nyala dan titik bakar yang semakin turun. Untuk nilai titik nyala minimal pada aspal yaitu sebesar 232°C untuk aspal penetrasi 60/70 dan 230°C untuk aspal PG 70. Pada persentase penambahan UPVC 2%, 4% dan 6% didapatkan nilai titik nyala yaitu 284°C , 265°C dan 251°C . Kemudian untuk persentase 8% dan 10% nilai

titik nyala yang didapat yaitu sebesar 215°C dan 198°C , di mana kedua nilai tersebut tidak memenuhi spesifikasi dari aspal penetrasi 60/70 maupun aspal PG 70. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya persentase penambahan serbuk limbah UPVC pada campuran aspal penetrasi 60/70, maka semakin cepat aspal tersebut menyala ataupun terbakar.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa serbuk limbah UPVC dapat dimanfaatkan sebagai zat aditif pada aspal penetrasi 60/70 dengan kadar optimum 6% karena pada setiap karakteristik aspal telah memenuhi persyaratan. Pada kadar penambahan sebesar 6% ini didapatkan nilai penetrasi yaitu 68,8 (0,1 mm), nilai daktilitas 138 cm, nilai titik nyala 251°C , berat jenis 1,038, serta nilai titik lembek sebesar 65°C . Nilai titik lembek yang dihasilkan oleh aspal modifikasi ini hampir mendekati nilai titik lembek dari aspal PG 70. Pada kadar 8% dan 10%, nilai titik lembek yang dihasilkan memang lebih tinggi, namun pada nilai daktilitas dan titik nyala, nilai yang diperoleh pada kadar tersebut tidak memenuhi persyaratan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Sukirman, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, vol. 53, no. 9. 2010.
- [2] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, vol. 53, no. 9. 2016.
- [3] Bina Marga, "Modul Bahan Aspal Untuk Perkerasan Lentur," *Diklat Pengguna. Bahan Alat Untuk Pekerja. Jalan Jemb.*, pp. 1–84, 2010.
- [4] Hasyim, "Pengaruh Sifat Fisik Aspal Modifikasi Limbah PVC dan LLDPE terhadap Sifat Volumetrik Asphalt Concrete Wearing Course," 2020.
- [5] H. Fikri, A. Subagia, and A. S. D. Manurung, "Karakteristik Aspal Modifikasi dengan penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)," 2019.
- [6] B. Afriyanto, E. W. Indriyati, and P. Hardini, "Analisis Variasi Kadar Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE) dalam Aspal Modifikasi terhadap Karakteristik Dasar Aspal," 2018.
- [7] P. B. PU, "RSNI M-01-2003 Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall," *Bandung Pustran-Balitbang PU*, pp. 1–18, 2003.
- [8] Ir. Tjitjik Wasiah Suroso, "Meningkatkan mutu aspal/campuran beraspal dengan memanfaatkan plastik mutu rendah," 2005.
- [9] S. Sukirman, "Perkerasan Lentur Jalan Raya," *NOVA*,

- pp. 1–129, 1999.
- [10] N. Hardiani, “Kajian Perkerasan Jalan Lentur Akibat Beban Lalu Lintas Dengan Menggunakan Program Hdm-Iii,” *Univ. Indones.*, pp. 13–28, 2008.
- [11] J. S. Linggo and J. Y. Kurniawan, “Penggunaan PVC Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal,” *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 3, pp. 190–195, 2015, doi: 10.24002/jts.v13i3.875.
- [12] AASHTO, “M 320-16 Standard Specification for Asphalt Performance-Graded Asphalt Binder,” *Washington, D.C.: AASHTO*, vol. 70, no. August, pp. 1–2, 2016.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2456:2011 Cara Uji Penetrasi Aspal,” *Jakarta Badan Stand. Nas.*, pp. 9–17, 2011.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2434:2011 Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball),” *Jakarta Badan Stand. Nas.*, pp. 1–17, 2011, [Online]. Available: <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-24342011.pdf>
- [15] P. B. PU, “RSNI S-1:2003 Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi,” *Spesifikasi aspal keras berdasarkan penetrasi*, p. 2, 2010.
- [16] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, “Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges),” *Jakarta Kementerian. Pekerj. Umum dan Perumah. Rakyat*, no. September, 2018.
- [17] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2432:2011 Cara uji Daktilitas Aspal,” *Jakarta Badan Stand. Nas.*, pp. 1–15, 2011, [Online]. Available: <https://dokumen.tips/documents/sni-2432oioiojiojioj-2011-cara-uji-daktilitas.html>
- [18] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2433:2011 Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up,” *Jakarta Badan Stand. Nas.*, pp. 1–18, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id