

PENGARUH SUBSTITUSI BAHAN PENGISI *NANO HYDRATED LIME* TERHADAP PERANCANGAN CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COARSE*

Jus Syawal
Departemen
Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
jussyawal@mail.ugm.ac.id

Latif Budi Suparma
Departemen
Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
lbsuparma@ugm.ac.id

Suprpto Siswosukarto
Departemen
Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
suprpto.siswosukarto@ugm.ac.id

Abstract

Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC-WC) is the top layer of a flexible pavement structure. As a road surface layer, the AC-WC coating is very susceptible to moisture damage due to weather influences. Therefore, the use of hydrated lime has been widely studied to improve the performance of asphalt pavements. In this study, the use of hydrated lime, with a finer size or nano scale, is used as a substitute for filler in the AC-WC mixture, with the aim of evaluating the use of nano hydrated lime as a substitute for filler in the AC-WC mixture. This study shows that the use of nano hydrated lime filler substitution in the AC-WC mixture increases the optimum asphalt content value of the mixture along with the addition of nano hydrated lime.

Keywords: flexible pavement; nano-hydrated lime; quenched lime; fillers; asphalt pavement

Abstrak

Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC-WC) merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan lentur. Sebagai lapis permukaan jalan, lapisan AC-WC sangat rentan terhadap kerusakan akibat kelembaban karena pengaruh cuaca. Oleh karena itu, pemanfaatan kapur padam (*hydrated lime*) telah banyak diteliti untuk meningkatkan performa perkerasan beraspal. Pada penelitian ini pemanfaatan *hydrated lime*, dengan ukuran yang lebih halus atau dengan skala nano, dimanfaatkan sebagai substitusi bahan pengisi pada campuran AC-WC, dengan tujuan untuk mengevaluasi penggunaan *nano hydrated lime* sebagai substitusi bahan pengisi pada campuran AC-WC. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan substitusi bahan pengisi *nano hydrated lime* pada campuran AC-WC meningkatkan nilai kadar aspal optimum campuran seiring dengan penambahan *nano hydrated lime*.

Kata-kata kunci: perkerasan lentur; *nano hydrated lime*; kapur padam; bahan pengisi; perkerasan beraspal

PENDAHULUAN

Campuran beraspal panas (*hotmix*) adalah suatu jenis campuran yang sering digunakan dalam pembangunan jalan, karena memberikan fleksibilitas dan kenyamanan saat berkendara. Lapis beton aspal merupakan salah satu jenis *hotmix* yang terdiri atas 3 jenis lapisan, yang salah satunya adalah lapisan aus atau *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC). Lapisan AC-WC ini adalah lapisan paling atas pada perkerasan lentur yang berfungsi sebagai lapisan permukaan perkerasan jalan. Sebagai lapisan atas yang bersentuhan langsung dengan beban kendaraan dan pengaruh lingkungan, AC-WC sangat rentan mengalami kerusakan akibat pengaruh temperatur dan air atau kelembaban. Untuk meningkatkan performa

campuran beraspal, sering kali dilakukan eksperimen penggunaan bahan pengisi (*filler*), yang salah satunya adalah *hydrated lime* atau kapur padam.

Penelitian yang dilakukan oleh Ameri et al. (2018) menunjukkan bahwa pemanfaatan *hydrated lime* pada campuran beraspal dapat meningkatkan ketahanan kerusakan akibat kelembaban dan juga meningkatkan ketahanan terhadap *rutting*. Hasil serupa juga ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Nazirizad et al. (2015). Beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan *hydrated lime* pada campuran beraspal dapat meningkatkan sifat mekanik dan kinerja campuran. Namun, untuk meningkatkan efektivitas penggunaan *hydrated lime* pada campuran beraspal, perlu dikembangkan varian *hydrated lime* dengan modifikasi ukuran partikel yang lebih kecil, yang disebut sebagai *nano hydrated lime* (NHL).

Nuryadin (2020) menuturkan bahwa perubahan ukuran partikel, dari makro ke skala nano, dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat pada partikel, yang salah satunya adalah sifat mekanik yang erat kaitannya dengan peningkatan kekerasan, kekuatan, ketahanan fraktur, dan munculnya sifat superelastisitas pada bahan tersebut. Pengurangan ukuran bahan pengisi *hydrated lime* menjadi NHL menunjukkan luas permukaan yang besar, sehingga bermanfaat untuk membentuk interaksi bahan pengisi dengan bahan pengisi dan bahan pengisi dengan aspal yang kuat (Das dan Singh, 2020). Luas permukaan yang besar tersebut juga mengakibatkan banyaknya interaksi antara aspal dan partikel nano, sehingga penyerapan aspal lebih banyak dan meningkatkan kekakuan campuran (Razavi dan Kavussi, 2020).

Penggunaan NHL dalam campuran AC-WC belum banyak diteliti, meskipun beberapa penelitian menunjukkan peningkatan performa pada campuran beraspal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan NHL sebagai substitusi bahan pengisi terhadap desain campuran AC-WC, mengingat ukuran dan berat jenis NHL yang berbeda dengan bahan pengisi debu batu pada umumnya. Selain itu penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran AC-WC dengan menggunakan bahan pengisi NHL sebagai bahan pengisi substitusi pada campuran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan teknologi campuran AC-WC yang lebih unggul dan dapat meningkatkan kualitas jalan.

MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Material

Penelitian ini menggunakan aspal produksi Shell dengan penetrasi 60/70. Agregat berasal dari *quarry* di daerah Clereng, Kab. Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Ukuran terbesar agregat yang digunakan adalah 19 mm, sesuai dengan yang ditetapkan dalam spesifikasi untuk campuran AC-WC. Bahan pengisi yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 macam, yaitu bahan pengisi debu batu dan bahan pengisi substitusi

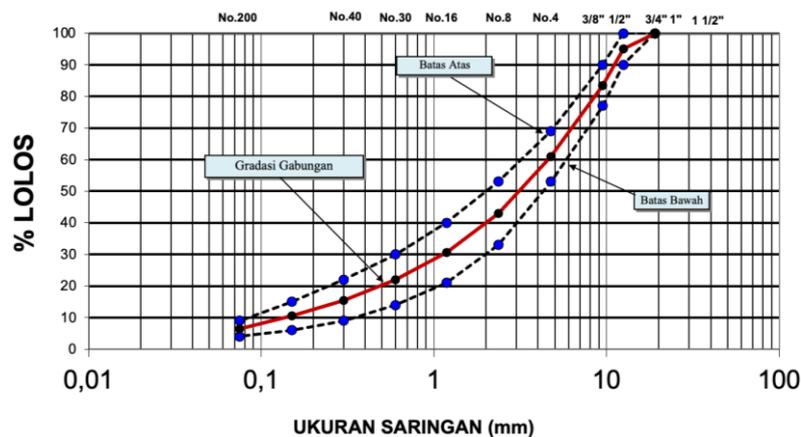
NHL. Bahan pengisi NHL diperoleh dari proses sonikasi dan kalsinasi yang dilakukan pada *raw material hydrated lime*, dengan rata-rata ukuran partikel adalah 212 nm. Seluruh hasil pemeriksaan bahan campuran AC-WC harus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) dan metode-metode pengujian mengacu pada SNI dan ASTM.

Perancangan Gradasi Agregat Gabungan

Perancangan gradasi agregat gabungan pada studi ini menggunakan perbandingan berat, dengan mencari nilai tengah batas atas dan batas bawah terhadap persentase agregat yang lolos saringan. Nilai tengah diambil agar diperoleh komposisi ideal untuk desain campuran benda uji laboratorium. Target dan rancangan gradasi agregat campuran AC-WC disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1 Rancangan Gradasi Agregat Gabungan

Jenis Bahan	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos	
	mm	#	Kisaran	Target
Agregat Kasar	19	3/4"	100	100
	12,5	1/2"	90-100	95
	9,5	3/8"	77-90	83,5
	4,75	No. 4	53-69	61
	2,36	No.8	33-53	43
Agregat Halus	1,18	No.16	21-40	30,5
	0,6	No.30	14-30	22
	0,3	No.50	9-22	15,5
	0,15	No.100	6-15	10,5
	0,0075	No.200	4-9	6,5
Bahan Pegisi				



Gambar 1 Target Gradasi Agregat Campuran AC-WC

Kadar Aspal Rencana

Berdasarkan rancangan gradasi agregat gabungan, kadar aspal rencana (P_b) dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1):

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (1)$$

dengan:

Pb = Kadar aspal rencana (%);

%CA = persentase total rencana agregat kasar;

%FA = persentase total rencana agregat halus;

%FF = persentase total rencana bahan pengisi; dan

K = konstanta (0,5 hingga 1,0 untuk *asphalt concrete*).

Dengan menetapkan asumsi konstanta sebesar 0,75, diperoleh nilai Pb sebesar 5,5%. Dua variasi di atas dan di bawah Pb dengan interval 0,5% digunakan, sehingga kadar aspal rencana untuk campuran AC-WC yang digunakan berkisar dari 4,5% sampai 6,5%.

Kadar Aspal Optimum

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran beraspal dapat ditentukan menggunakan *narrow range* (Ramadhan dan Suparman, 2018). Metode ini dilakukan dengan mengambil angka tengah pada rentang kadar aspal yang karakteristik Marshall campurannya memenuhi spesifikasi. Sifat-sifat campuran beraspal yang harus dipenuhi adalah nilai *density* atau kepadatan, nilai VMA lebih besar atau sama dengan 15%, nilai VIM antara 3% hingga 5%, nilai VFA lebih besar atau sama dengan 65%, nilai stabilitas lebih besar atau sama dengan 800 kg, dan nilai *flow* antara 2 mm sampai dengan 4 mm.

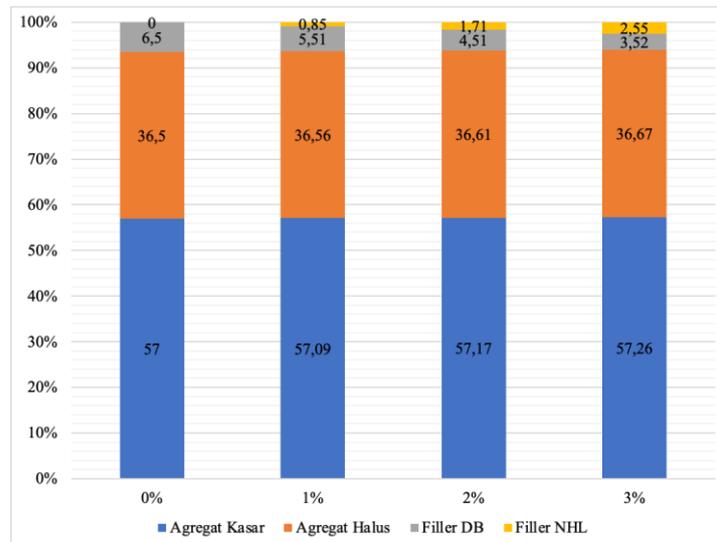
Variasi dan Jumlah Benda Uji

Variasi campuran pada penelitian ini didasarkan pada variasi substitusi bahan pengisi NHL yang digunakan dalam campuran. Variasi kadar substitusi bahan pengisi NHL adalah 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap target bahan pengisi pada rancangan gradasi agregat gabungan, yaitu sebesar 6,5%.

Tabel 2 Kebutuhan Benda Uji

Variasi NHL (%)	Berat NHL (gram)	Untuk Menentukan KAO (%)					Total
		4,5	5	5,5 (Pb)	6	6,5	
0	0	3	3	3	3	3	15
1	10,16	3	3	3	3	3	15
2	20,33	3	3	3	3	3	15
3	30,49	3	3	3	3	3	15
Total benda uji:							60

Berat jenis untuk bahan pengisi debu batu adalah 2,68 gr/cc sedangkan berat jenis bahan pengisi NHL 2,27 gr/cc, sehingga selisih berat jenis kedua bahan pengisi tersebut adalah 0,41 gr/cc. Oleh karena itu, untuk menentukan berat masing-masing bahan pengisi debu batu dan bahan pengisi NHL, terlebih dahulu dilakukan analisis volume, kemudian dikonversi menjadi satuan berat berdasarkan berat jenis masing-masing bahan pengisi. Perbandingan volume dapat dilakukan apabila selisih berat jenis agregat atau bahan pengisi lebih dari 0,2 (Asphalt Institute, 2015). Proporsi berat setiap variasi NHL dalam campuran diilustrasikan pada Gambar 2 dan jumlah kebutuhan benda uji diuraikan pada Tabel 2.



Gambar 2 Proporsi Berat setiap Variasi NHL

Pengujian Perendaman

Pengujian perendaman standar dilakukan untuk memperoleh karakteristik Marshall yang digunakan pada penentuan KAO. Benda uji direndam menggunakan *waterbath* dengan selang waktu 30 menit pada temperatur 60°C. Namun sebelum perendaman, dilakukan pengukuran untuk mendapatkan data volumetrik benda uji. Pengujian ini mengacu standar SNI 06-2489-1991.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan KAO

Pengujian Marshall menunjukkan sifat-sifat karakteristik campuran beraspal, yang meliputi stabilitas, *flow*, kepadatan, VIM, VMA, dan VFA. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* dilakukan berdasarkan kadar aspal rencana dan variasi substitusi bahan pengisi, yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 6. Hasil pemeriksaan karakteristik Marshall berdasarkan kadar aspal rencana juga digunakan dalam penentuan nilai KAO. Nilai KAO yang diambil adalah nilai tengah pada rentang KAO yang memenuhi karakteristik Marshall yang dipersyaratkan dalam spesifikasi. Metode *narrow range* dalam penentuan KAO ini ditampilkan pada Gambar 3.

Tabel 3 Hasil Uji Marshall Variasi 0% NHL

Karakteristik	Spesifikasi	Satuan	Proporsi Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan	-	gr/cm ³	2,290	2,318	2,349	2,356	2,365
VMA	> 15	%	17,2	16,6	16,0	16,2	16,3
VIM	3 - 5	%	7,3	5,5	3,5	2,6	1,5
VFA	> 65	%	57,6	67,0	77,8	83,9	90,6
Stabilitas	> 800	kg	1141	1354	1541	1364	1229
<i>Flow</i>	2 - 4	mm	2,6	2,6	2,9	3,2	3,4

Tabel 4 Hasil Uji Marshall Variasi 1% NHL

Karakteristik	Spesifikasi	Satuan	Proporsi Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan	-	gr/cm ³	2,279	2,308	2,326	2,354	2,358
VMA	> 15	%	17,5	16,9	16,7	16,1	16,4
VIM	3 - 5	%	8,1	6,3	4,9	3,0	2,2
VFA	> 65	%	53,6	62,7	70,7	81,2	86,7
Stabilitas	> 800	kg	1298	1398	1499	1488	1543
Flow	2 - 4	mm	2,7	2,6	2,6	3,0	2,7

Tabel 5 Hasil Uji Marshall Variasi 2% NHL

Karakteristik	Spesifikasi	Satuan	Proporsi Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan	-	gr/cm ³	2,277	2,315	2,354	2,368	2,377
VMA	> 15	%	17,4	16,5	15,5	15,5	15,6
VIM	3 - 5	%	8,4	6,2	3,9	2,6	1,6
VFA	> 65	%	52,0	62,7	75,0	82,9	89,9
Stabilitas	> 800	kg	1218	1369	1469	1251	1380
Flow	2 - 4	mm	2,9	2,5	2,9	3,4	3,0

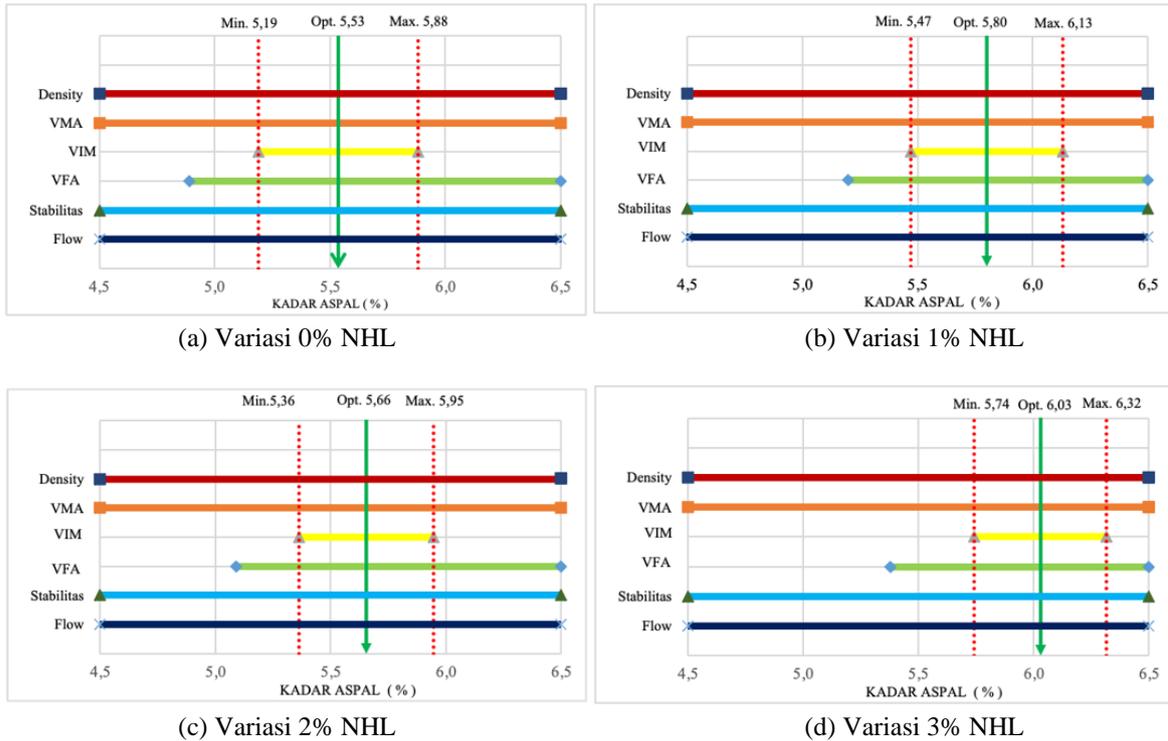
Tabel 6 Hasil Uji Marshall Variasi 3% NHL

Karakteristik	Spesifikasi	Satuan	Proporsi Aspal (%)				
			4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan	-	gr/cm ³	2,257	2,289	2,328	2,340	2,361
VMA	> 15	%	18,0	17,3	16,3	16,3	16,1
VIM	3 - 5	%	9,6	7,6	5,3	4,1	2,6
VFA	> 65	%	47,1	56,2	67,5	74,7	83,8
Stabilitas	> 800	kg	1338	1358	1463	1468	1457
Flow	2 - 4	mm	2,6	2,4	3,0	2,9	3,3

Berdasarkan hasil metode *narrow range*, nilai tengah KAO untuk variasi substitusi bahan pengisi 0% NHL pada campuran adalah 5,53 %, sehingga diambil nilai KAO dengan nilai pembulatan sebesar 5,50%. Nilai tengah untuk variasi substitusi bahan pengisi 2% NHL adalah 5,66 %, sehingga diambil nilai KAO dengan nilai pembulatan sebesar 5,70%. Nilai tengah untuk variasi substitusi bahan pengisi 3% NHL adalah 6,03 %, sehingga diambil nilai KAO dengan nilai pembulatan sebesar 6,00%. Sedangkan nilai tengah untuk variasi substitusi bahan pengisi 1% NHL pada campuran adalah 5,80 %, namun nilai KAO yang diambil adalah 5,65%, yang masih berada dalam rentang KAO. Hal ini disebabkan *trend* penambahan variasi bahan pengisi NHL akan meningkatkan KAO, sesuai dengan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Haris dan Suparma (2015), yang menyatakan bahwa penggunaan kapur padam sebagai bahan pengisi dapat menaikkan pemakaian aspal seiring dengan penambahan variasi kapur padam.

Penelitian lain menggunakan *hydrated lime* sebagai pengganti sebagian debu batu sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal juga dilakukan oleh Al-Tameemi et al. (2016), yang hasilnya menunjukkan kadar aspal optimum semakin meningkat dengan meningkatnya variasi *hydrated lime* yang digunakan dalam campuran beraspal. Meningkatnya KAO tersebut disebabkan campuran modifikasi nano membutuhkan proporsi aspal yang lebih banyak, karena gradasi yang sangat halus (Akbari dan Modarres, 2017).

Rekapitulasi nilai KAO pada penelitian ini berdasarkan hasil metode *narrow range* ditampilkan pada Tabel 7.



Gambar 3 Penentuan Nilai KAO

Tabel 7 Rangkuman Nilai KAO

Variasi NHL (%)	Rentang KAO (%)	KAO (%)
0	5,19 – 5,88	5,50
1	5,47 – 6,13	5,65
2	5,36 – 5,95	5,70
3	5,74 – 6,32	6,00

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dievaluasi pengaruh penggunaan NHL sebagai substitusi bahan pengisi terhadap desain campuran AC-WC. Selain itu penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui nilai KAO pada campuran AC-WC yang menggunakan bahan pengisi NHL.

Selisih berat jenis bahan pengisi NHL dengan berat jenis bahan pengisi debu batu lebih dari 0,2 gr/cc, sehingga perancangan gradasi campuran harus dilakukan dengan perbandingan volume, untuk melakukan substitusi bahan pengisi. Penggunaan substitusi bahan pengisi NHL pada campuran AC-WC meningkatkan nilai KAO campuran seiring dengan penambahan variasi NHL.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah variasi NHL hingga 75% atau bahkan 100% penggantian terhadap target gradasi bahan pengisi. Selain itu disarankan

juga untuk melakukan penelitian mengenai perendaman selama (3–7) hari, untuk mengetahui ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat *moisture*. Hal ini untuk memberikan gambaran kondisi perkerasan di lapangan akibat pengaruh hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, A. dan Modarres, A. 2017. *Effect Of Clay and Lime Nano-Additives on The Freeze–Thaw Durability of Hot Mix Asphalt*. Road Materials and Pavement Design, 18 (3): 646–669.
- Al-Tameemi, A.F., Wang, Y., dan Albayati, A. 2016. *Experimental Study of The Performance Related Properties of Asphalt Concrete Modified With Hydrated Lime*. Journal of Materials in Civil Engineering, 28 (5): 1–11.
- Ameri, M., Vamegh, M., Chavoshian, F., dan Molayem, M. 2018. *Moisture Susceptibility Evaluation of Asphalt Mixtures Containing Evonik, Zycotherm, and Hydrated Lime*. Construction and Building Materials, 165: 958–965.
- Asphalt Institute. 2015. *Asphalt Mix Design Methods, MS-2*. Collee Park, MD.
- Das, A.K. dan Singh, D. 2020. *Evaluation of Fatigue Performance of Asphalt Mastics Composed of Nano Hydrated Lime Filler*. Construction and Building Materials, 269 (3): 1–14.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 Tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta.
- Haris dan Suparma, L.B. 2015. *Studi Pemanfaatan Agregat Sungai di Kabupaten Tolitoli Dengan Kapur Padam dan Debu Batu sebagai Filler terhadap Stabilitas dan Durabilitas pada Campuran Asphaltic Concrete Wearing Course AC-WC*. Tesis tidak dipublikasikan. Program Studi Magister Teknik Sipil (S2), Universitas Gadjah Mada.
- Nazirizad, M., Kavussi, A., dan Abdi, A. 2015. *Evaluation of The Effects of Anti-Stripping Agents on The Performance of Asphalt Mixtures*. Construction and Building Materials, 84: 348–353.
- Nuryadin, B.W. 2020. *Pengantar Fisika Nanomaterial: Teori dan Aplikasi*. Bandung: Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Ramadhan, G.B. dan Suparma, L.B. 2018. *Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa pada Laston AC-WC Sebagai Pengganti Agregat Halus*. Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia), 4 (2): 91–104.
- Razavi, S.H. dan Kavussi, A. 2020. *The Role of Nanomaterials in Reducing Moisture Damage of Asphalt Mixes*. Construction and Building Materials, 239: 117–127.