

Penerapan Metode *Standard* dan *Modified Proctor* dalam Pemanfaatan Pasir Zeolit sebagai Agregat Halus pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A

R. Maria¹, L.B Suparma*², S. Siswosukarto²

¹Magister Sistem Dan Teknik Transportasi, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: lbsuparma@ugm.ac.id

INTISARI

Peningkatan volume lalu lintas membawa tantangan besar, salah satunya adalah kerusakan pada perkerasan jalan yang diakibatkan oleh genangan air. Salah satu lapisan penting dalam perkerasan jalan adalah Lapisan pondasi Agregat Kelas A, dan pasir zeolit menjadi alternatif menarik sebagai agregat halus karena kemampuannya untuk penyerapan air tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik Lapis Pondasi Agregat Kelas A menggunakan pasir zeolit dan membandingkan pengaruh metode pemadatan terhadap kinerja lapis pondasi. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan eksperimental menggunakan variasi yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan rentang penambahan air 2%. Metode pengujian mengacu pada SNI, mencakup karakteristik material dan membandingkan metode pemadatan *standard* dan *modified proctor* terhadap campuran Lapis Pondasi Agregat Kelas A. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan persentase pasir zeolit membuat nilai kepadatan kering maksimum pada kedua metode pemadatan tersebut semakin menurun. Pada metode *standard proctor*, penggunaan pasir zeolit sebesar 25% menurunkan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 0,021 gr/cm³. Jika pasir zeolit digunakan 100%, penurunan mencapai 0,201 gr/cm³ dari campuran kontrol (0% zeolit). Pada metode *modified proctor*, penggunaan 100% pasir zeolit menyebabkan penurunan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 0,265 gr/cm³, ini dikarenakan pasir zeolit membutuhkan kadar air lebih tinggi dan menghambat proses pemadatan serta mengurangi kerapatan agregat.

Kata kunci: Lapis Pondasi Agregat Kelas A, Pasir zeolit, Standart proctor, Modified proctor.

1 PENDAHULUAN

Lapisan pondasi atas dalam struktur perkerasan jalan memiliki peran penting dalam mendukung beban, salah satunya adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A. Di Indonesia, terutama di daerah dengan deposit batu kali atau batu sungai, salah satu campuran yang umum digunakan adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A. Agregat halus dalam campuran ini harus terbebas dari bahan organik dan gumpalan lempung. Kualitas dari lapisan pondasi atas sangat tergantung pada pemilihan material yang tepat dan teknik konstruksi yang digunakan (Shon & Estakhri, 2018). Dalam pembangunan Lapis Pondasi Agregat Kelas A, penggunaan agregat halus sebagai salah satu komponen campuran beton sangat penting. Agregat halus berperan dalam memberikan kekuatan, stabilitas, dan daya tahan terhadap beban struktural. Namun, penggunaan pasir alam dalam jumlah besar telah mengakibatkan berkurangnya pasir alam yang tersedia, meningkatnya biaya ekstraksi, dan dampak negatif terhadap lingkungan seperti perubahan pola aliran sungai dan erosi. Salah satu alternatif yang perlu dipertimbangkan adalah penambahan pasir zeolit sebagai agregat halus dalam lapisan pondasi kelas A. Di wilayah Jawa Tengah bagian Selatan, terutama di Kabupaten Wonogiri hingga perbatasan dengan Gunung Kidul dan Kabupaten Klaten (Bayat), terdapat sejumlah besar deposit batuan jenis Zeolit. Zeolit ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai agregat mineral halus dalam campuran, terutama di daerah yang memiliki limbah zeolit (Terzi & Buyukdogac, 2018).

Pasir zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap air dengan baik, sehingga dapat mengurangi risiko genangan air yang dapat mengakibatkan banjir dan mencegah perembesan ke lapisan di atasnya. Oleh karena itu, penggunaannya dapat dipertimbangkan sebagai bahan dalam campuran Lapis Pondasi Agregat Kelas A. Selain itu, zeolit juga memiliki kemampuan untuk menurunkan suhu konstruksi campuran aspal sebagai aditif *Warm Mix Asphalt (WMA)* (Zhang dkk., 2018), dalam stabilisasi tanah, zeolit merupakan bahan stabilisasi tanah yang berpotensi meningkatkan kondisi tanah yang mengandung banyak air. Pentingnya zeolit dalam berbagai aplikasi juga terlihat dalam penggunaannya dalam proses kimia. Zeolit semakin banyak digunakan, terutama untuk keperluan sebagai adsorben, penukar ion, dan katalis. Keunggulan zeolit, seperti kemampuannya menyerap uap dan cairan, menukar kation, serta sifat katalis yang baik dan ramah lingkungan (Endayanti dkk., 2020).

2 TINJAUAN PUSTAKA

Lapis pondasi agregat merupakan bagian perkerasan lentur jalan raya yang terletak antara lapis permukaan dan tanah dasar. Lapis Pondasi Agregat Kelas A umumnya disebut juga Lapis Pondasi Agregat Kelas A (*Base Course*). Lapisan perkerasan ini berada diantara lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) dan lapis permukaan (*Surface Course*), (Koagouw dkk., 2016).

Zeolit adalah senyawa aluminosilikat berhidrat yang mengandung kation natrium, kalium, dan barium. Dengan struktur berpori dan sifat fisikokimia yang unggul, seperti kapasitas tukar kation yang tinggi, selektivitas kation, dan volume pori yang besar, zeolit menjadi andalan dalam proses penyerapan zat tertentu dengan tingkat keberhasilan yang tinggi (Abdurrohman, 2020).

Menurut spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018 revisi 2, Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus bebas dari kandungan bahan organik dan gumpalan lempung, serta bahan-bahan lain yang tidak diinginkan. Untuk memastikan kekuatan optimal, Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus memenuhi serangkaian sifat-sifat tertentu. Termasuk di dalamnya adalah kepadatan yang memadai, kestabilan struktural yang baik, daya dukung yang tinggi, serta ketahanan terhadap pemadatan dan perubahan kondisi lingkungan yang mungkin terjadi selama masa pelayanan jalan.

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.2 Bahan Penelitian

Batu pecah agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Surya Karya Setia Budi dengan sumber *quarry* di Kabupaten Kulon Progo, DIY, dan pasir zeolit untuk agregat halus digunakan dari daerah Tegalrayo Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunungkidul, D.I.Yogyakarta.

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Ayakan standar yang telah disusun sesuai standar.
- b) Oven dengan kemampuan mempertahankan suhu pada $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- c) Timbangan dengan tiga variasi ketelitian (1 gram, 0,1 gram, dan 0,01 gram)
- d) Satu set cetakan untuk pengujian kepadatan sesuai dengan spesifikasi ukuran dengan alat penumbuk metode *standar proctor* (Badan Standardisasi Nasional, 2008) dan *modified proctor* (Badan Standardisasi Nasional, 2008)
- e) Pisau perata yang tajam yang terbuat dari baja dengan panjang minimal 25 cm untuk proses perataan
- f) Alat bantu seperti sendok pengaduk, sekop, pan, kertas filter, dan kuas juga diperlukan dalam pengelolaan sampel dan proses pengujian secara keseluruhan.

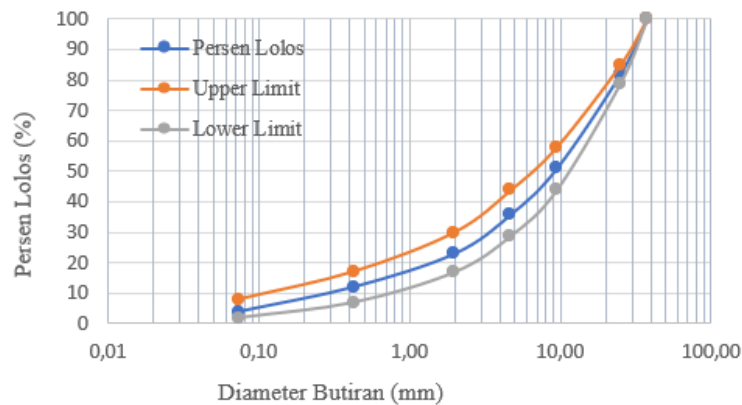
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Perancangan Gradasi Agregat

Tahap awal perancangan benda uji yaitu dengan menentukan berat masing-masing ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam rencana gradasi, gradasi diambil nilai tengah dari masing-masing *range* tiap saringan. Langkah ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa berat agregat yang digunakan berada dalam rentang yang sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga revisi 2 (2018). Grafik gradasi dan komposisi agregat untuk campuran yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

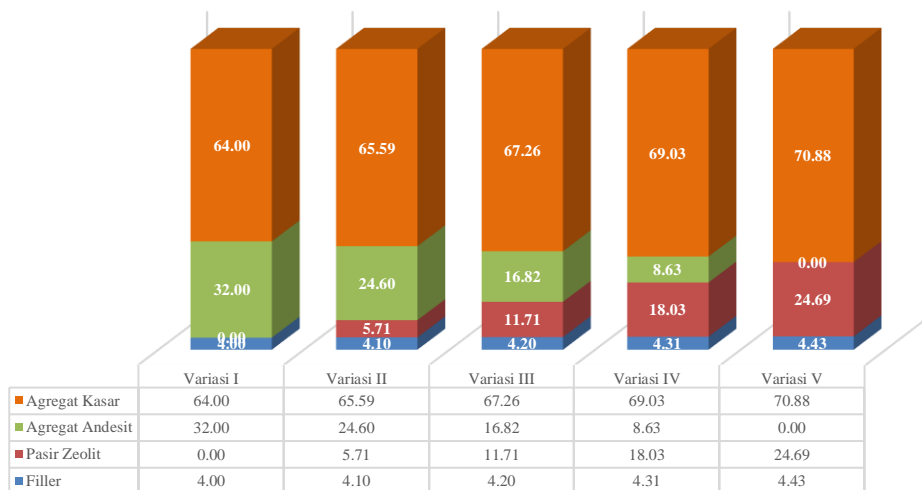
Tabel 1. Rancangan gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Ukuran Saringan		Persen Berat Yang Lolos (%)		
Inch	mm	Bawah	Atas	Ditentukan
1½	37,50	100		100
1	25,00	79	85	82
¾	9,50	44	58	51
No. 4	4,75	29	44	36
No.10	2,00	17	30	23
No. 40	0,425	7	17	12
No. 200	0,075	2	8	8



Gambar 1. Rancangan gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A zeolit 0% sebagai kontrol

Dalam penelitian ini, agregat halus yang menggunakan zeolit memiliki spesifikasi yang tertentu. Agregat halus yang menggunakan zeolit adalah berdasarkan hasil penyaringan di laboratorium, di mana agregat tersebut lolos saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 10, lolos saringan no. 10 dan tertahan pada saringan no. 40, serta lolos saringan no. 40 dan tertahan pada saringan no. 200. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan pasir zeolit lebih lanjut, agregat tersebut kemudian digunakan dalam variasi dengan persentase zeolit yang berbeda-beda. Variasi tersebut mencakup pemanfaatan zeolit mulai dari 0%, 25%, 50%, 75%, hingga 100% Rancangan gradasi untuk setiap variasi zeolit dipaparkan pada Gambar 2. Perancangan berat gradasi menggunakan perbandingan volume untuk tiap-tiap berat pemanfaatan pasir zeolit dikarenakan hasil dari pemeriksaan antara berat jenis pasir zeolit dengan berat jenis batu andesit dari kulon progo memiliki selisih nilai >0,2 g/cm³.



Gambar 2. Proporsi campuran untuk masing-masing variasi dengan pemanfaatan zeolit

3.4.2 Pembuatan Benda Uji dan Pengujian Kepadatan

Pembuatan Proses pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah dengan skala laboratorium, dengan mengikuti pedoman yang diatur dalam standar SNI 1742:2008 mengenai cara uji *standart proctor*, serta SNI 1743:2008 yang mengatur cara uji *modified proctor*. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan benda uji untuk pemadatan ringan (*standard proctor*) dan pemadatan berat (*modified proctor*):

- Pertama, timbang berat *mold* dan kepingan alas yang digunakan.
- Selanjutnya, campurkan benda uji dengan air sesuai dengan persentase kadar air yang telah diketahui untuk setiap benda uji. Aduk hingga tercampur, lalu diamkan selama 24 jam dalam kondisi kedap udara dalam plastic dengan ketebalan yang sesuai agar tidak bocor dan air terserap dengan baik.
- benda uji dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan metode *standart* dan *modified proctor*. Untuk *standart proctor*, bagi benda uji menjadi 3 bagian, sedangkan untuk *modified proctor*, bagi menjadi 5 bagian. Untuk masing-masing bagian di tumbuk sesuai variasi tumbukan. Tempatkan setiap bagian benda uji ke dalam mold dan padatkan menggunakan alat pemadat dengan beban yang sesuai. Untuk *standard proctor*, menggunakan beban 2,5 kg, sedangkan untuk *modified proctor*, gunakan beban 4,54 kg. Lakukan pemadatan sebanyak 56 kali dengan bertahap.
- Setelah proses pemadatan selesai, ratakan permukaan benda uji menggunakan alat perata. Bersihkan sisa-sisa material di pinggir benda uji. Kemudian, timbang berat total benda uji beserta *mold* dan kepingan alasnya.
- Ambil sampel sisa benda uji untuk diuji kadar airnya dan di oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- Ulangi proses dari langkah pertama hingga kelima sesuai dengan variasi penambahan kadar air yang berbeda pada setiap benda uji.

Pengujian *standart proctor* dan *modified proctor* sesuai dengan standar SNI 1742:2008 dan SNI 1743:2008. Pada penelitian ini dipilihlah Cara D karena persyaratan gradasi material yang harus digunakan mengharuskan adanya ukuran butir yang lebih besar dari 4,0 mm. Pengujian *standart proctor* dan *modified proctor* ini digunakan untuk menentukan kadar air optimum (OMC) di mana jenis tanah atau material tertentu mencapai kepadatan kering maksimum (MDD). Kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum dihitung dari kurva hubungan kepadatan kering dengan kadar air. Data analisis yang diperoleh dari hasil pengujian akan dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$w = \frac{(A-B)}{(B-C)} \times 100\% \quad (1)$$

dengan,

- w : kadar air (%)
 A : cawan dan benda uji basah (gr)
 B : cawan dan benda uji kering (gr)
 C : berat cawan (gr)

$$\rho_d = \frac{(\rho)}{(100+w)} \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

- ρ_d : kepadatan kering (gr/cm^3)
 w : kadar air %
 ρ : kepadatan basah (gr/cm^3)

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pengujian kepadatan, maka terlebih dahulu dilakukan *trial and error* untuk menentukan persentase penambahan air pada setiap variasi, agar mendapatkan kurva kadar air optimum yang baik dan sesuai. Menurut SNI 1742:2008 Rentang penambahan air pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A adalah 1 – 3%. Sehingga pada pengujian ini digunakan rentang 2% dikarenakan pengaruh zeolit yang memiliki penyerapan air sangat tinggi, agar mendapatkan grafik hubungan kepadatan kering dan kadar air yang berbentuk parabola sehingga didapatkan kadar air optimumnya. Dari hasil percobaan, penambahan air untuk setiap variasinya berbeda – beda, dikarenakan semakin besar persentase zeolit sebagai agregat halus maka kebutuhan kadar air nya semakin meningkat seperti halnya pada variasi I (0% zeolit) dan variasi II (25% zeolit) pada *standart proctor* persentase air nya adalah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Sedangkan kan pada variasi III (50% zeolit), IV (75% zeolit), dan V (100% zeolit) persentase

airnya yaitu dimulai dari 6%,8%,10%,12%, dan 14%, dikarenakan semakin banyak persentase zeolit di dalam campuran maka kadar air yang dibutuhkan juga semakin meningkat.

4.1 Hasil Kadar Air Optimum Maksimum pada Metode *Standart Proctor* dan *Modified Proctor*

Hasil pengujian kadar air optimum pada metode *Standart Proctor* dan *Modified Proctor* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air optimum pada setiap variasi campuran

Variasi pasir Zeolit	<i>Standart Proctor Test</i>	<i>Modified Proctor Test</i>
	OMC (%)	OMC (%)
Variasi I (0%)	7,00	6,50
Variasi II (25%)	8,00	7,60
Variasi III (50%)	10,75	10,50
Variasi IV (75%)	10,80	10,70
Variasi V (100%)	10,60	10,00

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa terdapat variasi hasil pada kadar air optimum yang diperoleh pada pengujian *standar Proctor* dan *Modified Proctor*. Pada variasi I (0% zeolit) dan II (25% zeolit), didapatkan bahwa kadar air optimum adalah 7,00% dan 8,00% untuk pengujian *standar Proctor*. Sementara itu, untuk pengujian *Modified Proctor* menunjukkan hasil sebesar 6,50% dan 7,60%. Pada variasi IV dan V terjadi peningkatan pada kadar air optimum, ini disebabkan oleh penambahan pasir zeolit yang lebih besar dalam campuran. Pasir zeolit ini mempengaruhi proses pemadatan tanah secara signifikan, mengakibatkan peningkatan kebutuhan air untuk mencapai kepadatan optimum. Sehingga, tingkat penyerapan air yang diperlukan untuk mencapai kepadatan tanah yang diinginkan menjadi lebih tinggi. Hal ini ditunjukkan dalam peningkatan kadar air optimum menjadi 10,75% dan 10,80% pada pengujian *standar Proctor*, serta 10,70% dan 10% pada pengujian *Modified Proctor*. Pada variasi V, yaitu penggunaan 100% zeolit sebagai pasir halus, terjadi penurunan kadar air optimum. Meskipun tidak terlalu signifikan, yaitu 10,60% pada pengujian *standar Proctor* dan 10,00% pada pengujian *Modified Proctor*. Penurunan kadar air optimum pada variasi ini dikarenakan oleh kondisi jenuh air pada zeolit.

4.2 Hasil Kepadatan Kering Maksimum pada Metode *Standart Proctor* dan *Modified Proctor*

Hasil pengujian kepadatan kering maksimum pada metode *Standart Proctor* dan *Modified Proctor* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kepadatan kering maksimum pada setiap variasi campuran

Variasi pasir Zeolit	<i>Standart Proctor Test</i>	<i>Penurunan</i>	<i>Modified Proctor Test</i>	<i>Penurunan</i>
	MDD (g/cm ³)	MDD (g/cm ³)	MDD (g/cm ³)	MDD (g/cm ³)
Variasi I (0%)	2,061	0	2,240	0
Variasi II (25%)	2,040	-0,021	2,125	-0,11
Variasi III (50%)	2,000	-0,061	2,060	-0,18
Variasi IV (75%)	1,900	-0,161	2,000	-0,24
Variasi V (100%)	1,860	-0,201	1,975	-0,265

Note : negatif adalah penurunan kepadatan kering maksimum

Tabel 3 menjelaskan bahwa pada variasi II, III, IV, dan V, terlihat adanya penurunan kepadatan kering maksimum baik pada uji *standar Proctor* maupun *modified Proctor*. Pada pemadatan dengan metode *Standard Proctor*, pemanfaatan pasir zeolit sebesar 25% mengakibatkan penurunan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 0,021 gr/cm³. Jika proporsi agregat halus sebesar 100% menggunakan material pasir zeolit, terjadi penurunan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 0,201 gr/cm³ dari campuran kontrol (0% zeolit). Demikian juga terjadi pada metode pemadatan *Modified Proctor*, pada pemanfaatan 100% zeolit sebagai agregat halus mengakibatkan penurunan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 0,265 gr/cm³. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh pasir zeolit dalam campuran yang cenderung menyerap lebih banyak air dibandingkan dengan agregat lainnya. Pasir zeolit, dengan sifatnya yang memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, menyebabkan campuran secara keseluruhan memiliki kadar air yang lebih tinggi, sehingga peningkatan kadar air ini mengarah pada penurunan kepadatan kering

maksimum, karena air yang diserap oleh pasir zeolit menghambat proses pemadatan dan mengurangi kerapatan agregat.

5 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa penambahan pasir zeolit sebagai agregat halus dalam Lapis Pondasi Agregat Kelas A menyebabkan peningkatan kadar air optimum dan penurunan kepadatan kering maksimum. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin besar persentase zeolit dalam campuran, semakin tinggi kadar air optimum yang diperlukan untuk mencapai kepadatan maksimum baik pada metode *standart proctor* maupun *modified proctor*. Hal ini dikarenakan zeolit memiliki penyerapan air yang tinggi, sehingga mempengaruhi proses pemadatan dan kebutuhan air dalam mencapai kepadatan optimum. Oleh karena itu pemanfaatan pasir zeolit ini dapat dipertimbangkan dalam pembuatan jalan, terutama di daerah bekas rawa atau tanah yang memiliki masalah dengan kandungan air karena kemampuannya untuk menyerap air.

REFERENSI

- Abdurrohman, R. (2020). *Kajian lapis permukaan aspal beton dibuat dengan batu zeolit dari Karangnunggal Kab. Tasikmalaya* (Doctoral dissertation, Universitas Siliwangi).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2. Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2, 6.1-6.104
- Endayanti, M., Napitupulu, J., Hendra, Roganda, F., 2020. Dolok Sanggul Pakkat Pada Sta 32+000 Dengan Menggunakan Pemodelan Plaxis (Study Laboratorium).
- Koagouw, P.B.J., Kaseke, O.H., Manoppo, M.R.E., 2016. Pengaruh Kepipihan Butiran Agregat Kasar Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A. *Jurnal Sipil Statik* 4, 287–294.
- Shon, C.S., Estakhri, C.K., 2018. In-situ and laboratory investigation of modified drilling waste materials applied on base-course construction. *International Journal of Pavement Research and Technology* 11, 225–235.
- Terzi, S., Büyükdoğaç, E.M., 2018. Evaluation Of Zeolite And Pumice Waste As Mineral Aggregate And Filler For Producing Lightweight Asphalt Concrete Mixtures. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6, 118–123.
- Zhang, Y., Leng, Z., Zou, F., Wang, L., Chen, S.S., Tsang, D.C.W., 2018. Synthesis of zeolite A using sewage sludge ash for application in warm mix asphalt. *J Clean Prod* 172, 686–695.