

PENELITIAN ASLI

PEMANFAATAN TAR PIROLISIS TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN BIOASPAL RAMAH LINGKUNGAN

Mawarni Hutabarat¹, Liver Iman Putra Zai¹, Vivi Purwandari¹, Hestina¹, Mia Endang Sari Sinaga²

¹*Fakultas Sains, Teknologi dan Informasi, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Sumatera Utara, 20123, Indonesia*

²*Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, Sumatera Utara, 20123, Indonesia*

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Tanggal Dikirim: 28 Juli 2025

Tanggal Diterima: 29 Juli 2025

Tanggal Dipublish: 29 Juli 2025

Kata kunci: Bioaspal; Tempurung kelapa; Metode pencampuran panas

Penulis Korespondensi:

Vivi Purwandari

Email: vivi.purwandari@sari-mutiara.ac.id

Abstrak

Krisis pasokan aspal berbasis minyak bumi telah mendorong upaya inovatif dalam pengembangan bahan pengikat jalan yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi tar hasil pirolisis tempurung kelapa sebagai bahan baku bioaspal melalui metode pencampuran panas (hot mix). Formulasi dilakukan dalam dua tahap: Bioaspal I dengan variasi rasio tar, karbon tempurung kelapa (KTK), dan serbuk tempurung kelapa (STK); serta Bioaspal II dengan penambahan lem fox sebagai perekat tambahan. Parameter fisik yang dianalisis meliputi berat isi, berat jenis, dan kerapatan relatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel B1-D merupakan formulasi terbaik pada Bioaspal I, dengan nilai berat isi $1,10 \text{ g/cm}^3$, berat jenis $1,32 \text{ g/cm}^3$, dan kerapatan relatif $0,22 \text{ g/cm}^3$. Sementara itu, pada Bioaspal II, sampel B2-C menunjukkan performa paling optimal dengan berat isi $0,93 \text{ g/cm}^3$, berat jenis $1,12 \text{ g/cm}^3$, dan kerapatan relatif $0,19 \text{ g/cm}^3$. Analisis morfologi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) mengungkapkan bahwa Bioaspal I memiliki struktur permukaan yang lebih padat dan homogen dibandingkan Bioaspal II. Penelitian ini menunjukkan bahwa tar tempurung kelapa memiliki potensi sebagai alternatif bahan bioaspal, meskipun diperlukan pengujian lanjutan seperti penetrasi, daktilitas, titik nyala, dan titik bakar untuk memastikan kelayakan aplikatif secara teknis.

Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan

e-ISSN: 2615-3378

Vol. 9 No. 1 Juni, 2025 (Hal 19-25)

Homepage: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Kimia>

DOI: <https://doi.org/10.51544/kimia.v9i1.6250>

How To Cite: Hutabarat, Mawarni, Liver Iman Putra Zai, Vivi Purwandari, Hestina, and Mia Endang Sari Sinaga. 2025. "Pemanfaatan Tar Pirolisis Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bioaspal Ramah Lingkungan." *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan* 9 (1): 19–25. [https://doi.org/https://doi.org/10.51544/kimia.v9i1.6250](https://doi.org/10.51544/kimia.v9i1.6250).



Copyright © 2025 by the Authors. Published by Program Studi: Kimia Fakultas Sain dan Teknologi Informasi Universitas Sari Mutiara Indonesia. This is an open access article under the CC BY-SA Licence ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)).

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan faktor fundamental dalam mendukung mobilitas masyarakat, efisiensi logistik, serta pertumbuhan ekonomi nasional. Di Indonesia, sistem perkerasan jalan sebagian besar masih bergantung pada aspal minyak bumi sebagai bahan pengikat utama [1]. Namun, penggunaan aspal berbasis minyak menghadapi berbagai tantangan, seperti ketergantungan terhadap impor, harga yang fluktuatif, serta sifatnya yang tidak terbarukan.

Data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mencatat konsumsi aspal nasional pada tahun 2021 mencapai 888.557 ton dan pada tahun 2022 sebesar 884.300 ton, dengan ketergantungan impor mencapai 474.300 ton [2][3]. Realitas ini menunjukkan urgensi pengembangan bahan alternatif yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap aspal minyak bumi.

Salah satu pendekatan inovatif yang tengah dikembangkan adalah produksi bioaspal, yaitu bahan pengikat berbasis biomassa atau limbah organik. Tempurung kelapa merupakan salah satu limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dan memiliki potensi sebagai bahan baku bioaspal melalui proses pirolisis [4]. Proses ini menghasilkan tar yang dapat dimanfaatkan sebagai pengikat, serta arang yang berfungsi sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran bioaspal.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tar hasil pirolisis tempurung kelapa memiliki karakteristik fisik yang mendekati aspal konvensional, seperti nilai penetrasi, duktilitas, dan berat jenis. Selain itu, penggunaan karbon aktif dari arang tempurung kelapa juga diketahui dapat meningkatkan stabilitas dan daya ikat pada campuran aspal, terutama pada aplikasi campuran Split Mastic Asphalt (SMA) [5].

Dalam upaya meningkatkan performa bioaspal, bahan tambahan seperti lem fox dapat dimanfaatkan sebagai perekat sintetis guna mengoptimalkan kohesi antar komponen dalam campuran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik fisik bioaspal hasil pirolisis tempurung kelapa dengan dan tanpa penambahan lem fox. Evaluasi dilakukan melalui pengujian berat isi, berat jenis, dan kerapatan relatif, serta didukung dengan analisis morfologi permukaan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan bioaspal yang ramah lingkungan, efisien, dan layak digunakan sebagai alternatif aspal konvensional.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi performa bioaspal yang diformulasikan dari tar hasil pirolisis tempurung kelapa. Kegiatan penelitian dibagi menjadi tiga tahapan utama: preparasi bahan baku, proses pirolisis dan pencampuran bioaspal, serta karakterisasi produk akhir.

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi reaktor pirolisis, oven pengering, ayakan mesh 60 dan mesh 300, cetakan kubus, alat press, serta peralatan laboratorium standar. Bahan-bahan yang digunakan adalah tempurung kelapa, lem fox, aquadest, serta produk pirolisis berupa tar, karbon tempurung kelapa (KTK), dan serbuk tempurung kelapa (STK).

2.2 Preparasi Sampel Serbuk Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dikeringkan, kemudian dihancurkan dan diayak menggunakan saringan mesh 60 untuk menghasilkan serbuk STK. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 100°C selama 15 menit untuk mengurangi kadar air.

2.3 Pirolisis Tempurung Kelapa

Pirolisis Sebanyak 10 kg serbuk tempurung kelapa dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan dipanaskan pada suhu 400–500°C selama ±3 jam. Proses dilakukan dalam kondisi tertutup hingga tidak ada lagi keluaran asap cair. Produk yang

diperoleh berupa tar, arang, dan asap cair. Arang dihaluskan menjadi karbon aktif dengan menggunakan ayakan mesh 300 untuk menghasilkan KTK.

Pembuatan Bioaspal Tahap formulasi dilakukan melalui dua pendekatan:

1. Bioaspal I: dilakukan variasi rasio antara tar, KTK, dan STK. Komposisi bahan ditentukan dalam lima variasi (B1-A hingga B1-E) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.
2. Bioaspal II: menggunakan komposisi optimal dari Bioaspal I (B1-D) dan ditambahkan lem fox sebagai perekat sintetis. Tiga variasi campuran dibuat (B2-A hingga B2-C).

Pencampuran dilakukan dengan metode hot mix, di mana setiap bahan dipanaskan terlebih dahulu selama 30–45 menit pada suhu 90°C untuk mencapai viskositas optimal sebelum dilakukan pencampuran dan pencetakan.

2.3 Metode Hot mix Blending

Sebelum melakukan percobaan, sebaiknya dilakukan pemanasan. Hal ini dilakukan sebagai bahan perkerasan lentur jalan yang dapat meningkatkan kualitas aspal, waktu pekerjaan yang relative cepat, pemeliharaan yang relatif mudah dan murah, stabilitas yang tinggi sehingga dapat menahan beban lalu lintas [6]. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemanasan sebelum melakukan pencampuran. Metode pemanasan dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pemanasan selama 15 menit pertama kemudian didiamkan selama 3-5 menit setelah itu dipanaskan kembali 10 menit kedua. Dengan lama pemanasan tersebut dibuat 5 variasi lama pemanasan dengan tambahan 5 menit setelah pemanasan menit kedua yaitu 30, 35, 40 dan 45 dengan suhu 90°C. Setelah mengetahui kelebihan yang sesuai, kemudian masukkan bahan campuran lainnya sedikit demi sedikit lalu diaduk – aduk hingga tercampur sempurna.

2.4 Perbandingan Pencampuran Bioaspal I

Pada tahap ini dilakukan pencampuran untuk mengetahui sampel yang maksimum dengan variasi perbandingan (g) antara lain :

Tabel 1. Perbandingan Tar, KTK, dan STK

Kode Sampel	Tar	KTK	STK
B1-A	90	0	10
B1-B	90	10	0
B1-C	80	10	10
B1-D	70	20	10
B1-E	70	10	20

2.5 Perbandingan Pencampuran Bioaspal II

Setelah mendapatkan maksimum dari bioaspal I pada kode sampel B1-D, kemudian dilakukan perbandingan bioaspal II dengan perbandingan antara lain :

Tabel 2. Perbandingan Bioaspal II Dengan Lem Fox

Kode Sampel	Tar	KTK	STK
B2-A	35	35	20
B2-B	10	60	20

2.6 Karakterisasi Bioaspal

Berat Isi (BI)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari sampel yang memiliki nilai maksimal dari kerapatan yang relative.

$$Berat\ isi = \frac{w}{v}$$

Keterangan :

Berat Jenis (g/cm³)

W : massa sampel (g)

V : volume kubus (cm³)

Uji Berat Jenis (BJ)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan yang sesuai spesifikasi minimal 1,0 g /cc.

$$Berat\ jenis = \frac{(C - A)}{(B - A)}$$

Keterangan :

A : berat cetakan kosong (g)

B : berat cetakan kosong + air (g/cc)

C : berat cetakan kosong + sampel (g)

2.8 Analisis Morfologi

Pengamatan struktur permukaan bioaspal dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dengan tegangan 15.000 Volt. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk mengidentifikasi distribusi pori, homogenitas, dan kekompakan permukaan.

3. Hasil

Preparasi Bioaspal

Tahapan awal dari penelitian ini melibatkan preparasi serbuk tempurung kelapa (STK) dan pirolisis untuk menghasilkan tar dan karbon tempurung kelapa (KTK). STK diayak menggunakan mesh 60 untuk mendapatkan ukuran seragam, sedangkan KTK dihaluskan hingga mesh 300 untuk meminimalkan ukuran pori. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 400–500 °C selama ±3 jam, menghasilkan tar sebagai prekursor bioaspal dan arang sebagai bahan filler.

Bioaspal I



Hasil pengujian sifat fisik Bioaspal I menunjukkan bahwa sampel B1-D memiliki performa paling unggul dengan nilai berat isi sebesar 1,10 g/cm³, berat jenis 1,32 g/cm³, dan kerapatan relatif 0,22 g/cm³. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa kombinasi tar, karbon tempurung kelapa (KTK), dan serbuk tempurung kelapa (STK) pada komposisi B1-D menghasilkan struktur yang lebih padat dan kompak. Penambahan KTK berfungsi sebagai bahan pengisi mikroskopik yang mengisi rongga di antara agregat, sementara STK meningkatkan kohesi antar partikel dan membantu membentuk struktur matriks yang stabil.

Sebaliknya, sampel B1-A yang tidak mengandung KTK menunjukkan berat jenis yang lebih rendah dan sifat mekanik yang kurang optimal. Sampel B1-B tanpa STK juga menunjukkan penurunan kerapatan, mengindikasikan bahwa keberadaan kedua bahan aditif tersebut diperlukan untuk mencapai struktur bioaspal yang lebih optimal.

Bioaspal II

Pada formulasi Bioaspal II, variasi dilakukan dengan menambahkan lem fox sebagai bahan perekat tambahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel B2-C, yang mengandung proporsi tar lebih banyak daripada lem fox, menunjukkan berat isi sebesar $0,93 \text{ g/cm}^3$, berat jenis $1,12 \text{ g/cm}^3$, dan kerapatan relatif $0,19 \text{ g/cm}^3$. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan B2-A dan B2-B yang memiliki rasio lem fox lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan lem fox dalam jumlah berlebihan cenderung menurunkan densitas dan kohesi campuran karena kandungan air dan sifat adhesifnya yang kurang stabil pada suhu tinggi.



Analisis morfologi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) mengonfirmasi bahwa struktur permukaan bioaspal B1-D lebih padat dan homogen dibandingkan B2-C. Pada B1-D, distribusi partikel terlihat lebih rapat, dengan porositas lebih rendah. Sebaliknya, permukaan B2-C menunjukkan adanya rongga dan pori-pori yang lebih besar, menandakan struktur internal yang kurang kompak [7].

Hasil Pengujian Kepadatan Relative Bioaspal I

Berikut ini adalah hasil pengujian dari perhitungan untuk mendapatkan nilai maksimal yang telah dilakukan :

Tabel 3. Hasil Pengujian Kepadatan Relative Bioaspal I

No.	Uji	B1-A	B1-B	B1-C	B1-D	B1-E
1.	Berat Isi (g/cm^3)	1,12	1,00	1,04	1,10	1,06
2.	Berat Jenis (g/cc)	1,33	1,19	1,24	1,32	1,27
3.	Kerapatan Isi (g/cm^3)	0,21	0,19	0,20	0,22	0,21

Pada Tabel 3. Menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan pada sampel B1-A tanpa penambahan karbon tempurung kelapa (ktk), dimana serbuk tempurung kelapa (stk) berasal dari biomassa yang mengandung lignin yang dapat digunakan sebagai bahan campuran pada aspal yang memiliki kemampuan yang dapat dijadikan sebagai pengikat serta dapat meningkatkan ketahanan. Pada sampel B1-B terjadi penurunan saat tidak adanya penambahan serbuk tempurung kelapa (stk), dimana karbon tempurung kelapa (ktk) tidak mampu mengikat sempurna tanpa adanya bahan campuran lainnya [8]. Tetapi dari hasil perhitungan tersebut yang memiliki nilai maksimal dari kerapatan isi terdapat pada pada sampel B1-D dengan nilai $0,22 \text{ g/cm}^3$, berat isi $1,10 \text{ g/cm}^3$ dan berat jenis $1,32 \text{ g/cc}$ [9].

Hasil Pengujian Kepadatan Relative Bioaspal II

Berikut ini adalah hasil pengujian dari perhitungan untuk mendapatkan nilai maksimal yang telah dilakukan:

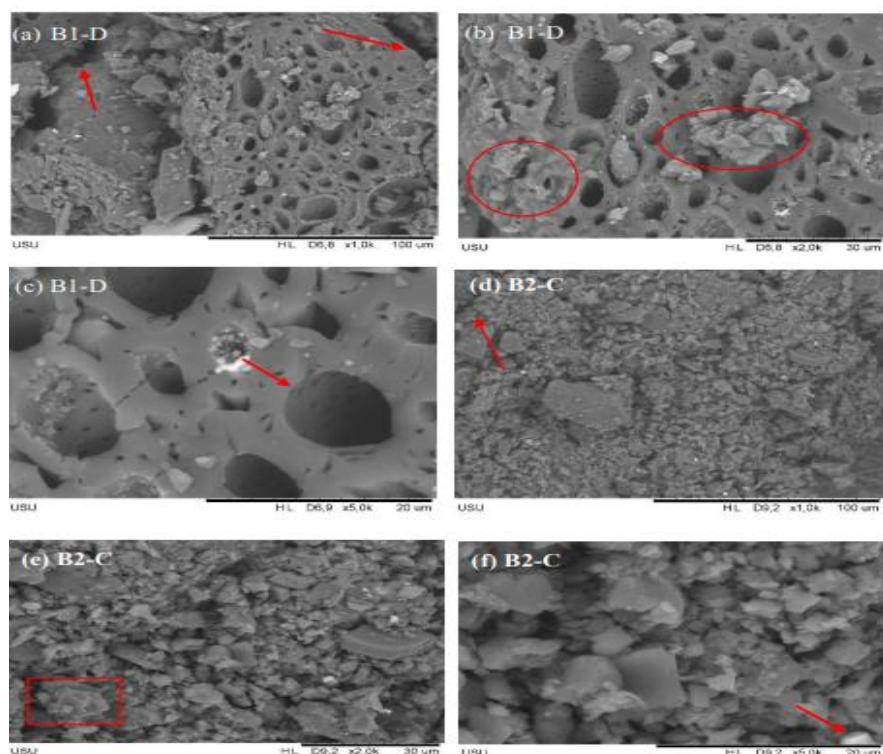
Tabel 4. Hasil Pengujian Kepadatan Relative Bioaspal II

No.	Uji	B2-A	B2-B	B2-C
1.	Berat Isi (g/cm^3)	0,91	0,93	0,93
2.	Berat Jenis (g/cc)	1,09	1,11	1,12
3.	Kerapatan Isi (g/cm^3)	0,18	0,18	0,19

Pada Tabel 4 pada sampel B2-A menunjukkan terjadi penurunan saat berat tar dan lem fox sama beratnya, pada sampel B2-B dan B2-3 menunjukkan pada pengujian memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dikarenakan B2-B menunjukkan asil pengujian bahwa berat jenis semakin meningkatkan dengan adanya penambahan lem fox lebih banyak [4]. Tetapi pada sampel B2-C memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya dikarenakan adanya berat tar lebih banyak, sehingga menunjukkan bahwa tar juga dapat meningkatkan nilai berat jenis [10]. Dari hasil perhitungan tersebut sampel B2-C memenuhi persyaratan yang mendapatkan nilai maksimal dari hasil perhitungan kerapatan isi dengan nilai maksimal $0,19 \text{ g/cm}^3$, nilai berat isi $0,93 \text{ g/cm}^3$ dan nilai berat jenis $1,12 \text{ g/cc}$ [9].

SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan untuk melihat homogenitas dari hasil maksimal yang didapatkan pada sampel sebelum dan sesudah penambahan lem fox. Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap 2 sampel tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat SEM TM 3000 pada tegangan 15000 Volt (V) dan Analisa lanjutan dengan menggunakan image J.



Gambar 10. Morfologi SEM (a) Morfologi permukaan B1-D (1,0k) (b) Morfologi permukaan B1-D (2,0k) (c) Morfologi permukaan B1-D (5,0k) (d) Morfologi permukaan B2-C (1,0k) (e) Morfologi permukaan B2-C (2,0k) (d) Morfologi permukaan B2-C (5,0k)

Temuan ini mendukung hipotesis bahwa pemanfaatan tar pirolisis tempurung kelapa yang dikombinasikan dengan KTK dan STK memiliki potensi tinggi dalam menghasilkan bioaspal yang stabil secara struktural. Meskipun demikian, untuk menguatkan validitas penggunaan bioaspal ini dalam aplikasi jalan raya, diperlukan pengujian lanjutan seperti uji penetrasi, daktilitas, titik lembek, dan ketahanan terhadap suhu ekstrem.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian fisik, dapat disimpulkan bahwa komposisi bahan campuran berpengaruh signifikan terhadap karakteristik kerapatan dan kepadatan bioaspal. Formulasi terbaik pada Bioaspal I diperoleh dari sampel B1-D, yang

mengandung kombinasi seimbang antara tar, karbon tempurung kelapa (KTK), dan serbuk tempurung kelapa (STK). Pada tahap Bioaspal II, sampel B2-C memberikan hasil paling optimal, menunjukkan bahwa penggunaan lem fox dalam jumlah terbatas tetap mendukung kestabilan fisik campuran.

Hasil ini menunjukkan bahwa bahan berbasis biomassa seperti tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pengikat alternatif dalam pengembangan bioaspal ramah lingkungan. Penggunaan kombinasi tar pirolisis dengan bahan pengisi padat menunjukkan potensi aplikatif yang menjanjikan sebagai solusi substitusi aspal minyak bumi dalam infrastruktur jalan.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sari Mutiara Indonesia, khususnya Fakultas Sains, Teknologi dan Informasi, atas segala fasilitas, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.

6. Referensi

- [1] Mahendra, Irfan Alid, Agus Riyanto, Rama Rizana, and Sri Sunarjono. 2023. “Penyelidikan Propertis Aspal-Nano Karbon (Studi Kasus Pengalaman Magang Riset Keilmuan Mbkm Di Ums).” 221–27.
- [2] Setiowati, Rini, and Muhammad Fidiandri Putra. 2023. “Struktur Biaya Produksi Aspal Buton Untuk Kebutuhan Infrastruktur Sebagai Substitusi Impor.” Jurnal Teknologi Dan Manajemen 21(1):35–42. doi: 10.52330/jtm.v21i1.94.
- [3] Irfansyah, Permana Adi, Ary Setyawan, and Djumari. 2017. “Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat.” E-Jurnal Matriks Teknik Sipil 2(9):947–58.
- [4] Sarwono, Djoko, Agus Sumarsono, and Adi Prastyo. 2015. “Karakteristik Tar Hasil Destilasi Tempurung Kelapa Dan Ditambah Lem Fox Ditinjau Dari Spesifikasi Aspal Minyak Produk Pertamina.” E-Jurnal Matriks Teknik Sipil (September):798–807.
- [5] Dzulhadi, Rahmad, Sasana Putra, Dwi Herianto, and Rahayu Sulistyorini. 2022. “Kajian Penelitian Limbah Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal Untuk Campuran Split Mastic Asphalt.” 10(1):205–16.
- [6] Santosa, Isnen Ambar, and Adhi Baskoro. 2016. “‘Mini – Mobile Asphalt Mixer’ (Alat Pencampurpasirdan Aspal Panas Skala Kecil Yang Dapat Dipindah– Pindahkan).” Ristek : Jurnal Riset, Inovasi Dan Teknologi Kabupaten Batang 1(1):105–8. doi: 10.55686/ristek.v1i1.10
- [7] Sarwono, Djoko. 2015. “Karakteristik Tar Hasil Destilasi Tempurung Kelapa Dengan Modifikasi Penambahan Lem Fox-.” (September):790–97.
- [8] Zahedi, Mohsen, Ali Zarei, Mohammad Zarei, and Omid Janmohammadi. 2020. “Experimental Determination of the Optimum Percentage of Asphalt Mixtures Reinforced with Lignin.” SN Applied Sciences 2(2):1–13. doi: 10.1007/s42452-020-2041-8.
- [9] Fachri Nasution, Muhammad, Ary Setyawan, and Agus Sumarsono. 2015. “Studi Karakteristik Daspal Dibandingkan Dengan Aspal Penetrationgrade 60.” EJurnal Matriks Teknik Sipil 943.
- [10] Wahono, S., S. Sunarjono, R, S. Harnaeni, and I. Setyaningsih. 2019. “Investigasi Karakteristik Tar Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Ikat Campuran Beraspal.” Simposium Nasional RAPI XVIII – 2019 FT UMS 316–21.