

PENGUNAAN ABU KERTAS KARTON SEBAGAI PENGANTI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL

Isfak Ibnu Ahmad¹, Aditya Rizkiardi², *Nurani Hartatik³, Siti Sekar Gondoarum⁴, I Gede Agus Punarta⁵

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

^{4,5}Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur-Bali, Sidoarjo, Jawa Timur

*) Email : nuranihartatik@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

The ever-increasing waste of paperboard is a serious challenge to the environment, prompting this research to explore the potential of paperboard ash as a filler replacement in asphalt mixtures. This research was conducted at the Laboratory of the National Road Implementation Center of East Java-Bali, with testing methods that included sieve analysis, specific gravity measurement, and X-Ray Fluorescence (XRF) analysis. The test results showed that 82.03% of the paper ash particles successfully passed the No. 200 sieve, indicating that this material is fine enough to function as a filler in asphalt mixtures. In addition, the average specific gravity obtained was 2.628, which meets the provisions in the 2018 Bina Marga General Specifications (Revision 2). XRF analysis revealed a dominant composition of calcium oxide (CaO) of 72.20%, followed by silica (SiO₂) 10.9% and alumina (Al₂O₃) 6.8%, showing similarities with limestone filler. These findings indicate that paperboard ash can not only improve the stability of asphalt mixtures, but also contribute to waste management. By utilizing waste paperboard as filler, this research plays a role in sustainable development efforts and reduces negative impacts on the environment. In addition, the use of paperboard ash as an alternative filler in asphalt mixtures can also help reduce dependence on non-renewable natural resources, as well as reduce the volume of waste that ends up in landfills. Therefore, the use of paperboard ash as an alternative filler in asphalt mixtures is worth considering in modern construction practices.

Keyword: *paperboard ash, alternative filler, asphalt*

ABSTRAK

Limbah kertas karton yang terus meningkat menjadi tantangan serius bagi lingkungan, mendorong penelitian ini untuk mengeksplorasi potensi abu kertas karton sebagai pengganti *filler* dalam campuran aspal. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur-Bali, dengan metode pengujian yang mencakup analisis saringan, pengukuran berat jenis, dan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil pengujian menunjukkan bahwa 82,03% partikel abu kertas berhasil lolos dari saringan No. 200, menandakan bahwa material ini cukup halus untuk berfungsi sebagai *filler* dalam campuran aspal. Selain itu, rata-rata berat jenis yang diperoleh adalah 2,628 yang telah memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) tahun 2018. Analisis XRF mengungkapkan komposisi dominan kalsium oksida (CaO) sebesar 72,20%, diikuti oleh silika (SiO₂) 10,9% dan alumina (Al₂O₃) 6,8%, menunjukkan kesamaan dengan *filler* batu kapur. Temuan ini menunjukkan bahwa abu kertas karton tidak hanya dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan limbah. Dengan memanfaatkan limbah kertas karton sebagai *filler*, penelitian ini berperan dalam upaya pembangunan berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, penggunaan abu kertas karton sebagai alternatif *filler* dalam campuran aspal juga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang tidak terbarukan, serta mengurangi volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan. Oleh karena itu, penggunaan abu kertas karton sebagai alternatif *filler* dalam campuran aspal sangat layak untuk dipertimbangkan dalam praktik konstruksi modern.

Kata kunci: abu kertas karton, *filler* alternatif, aspal

1. PENDAHULUAN

Perumbuhan populasi manusia berdampak besar pada peningkatan jumlah limbah, termasuk limbah kertas khususnya kertas karton [1]. Sebagai salah satu jenis sampah paling dominan, kertas dihasilkan dari berbagai aktivitas sehari-hari, baik dari rumah tangga, sekolah, maupun perkantoran. Masalah limbah kertas kini menjadi ancaman serius bagi lingkungan. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2024, kontribusi limbah kertas karton mencapai 11,06% dari total sampah di Indonesia. Kertas umumnya diproduksi dari bahan baku kayu, sehingga tingginya konsumsi kertas berpotensi mempercepat kerusakan lingkungan dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Proses daur ulang kertas tidak hanya membantu pelestarian alam tetapi juga mendukung upaya mitigasi perubahan iklim [2].

Limbah kertas kerap dianggap sebagai sampah yang berdampak buruk bagi lingkungan. Dengan terus bertambahnya volume limbah ini, diperlukan strategi pengelolaan yang efisien guna meminimalkan kerusakan ekologis [2]. Salah satu solusi inovatif adalah memanfaatkannya dalam bidang konstruksi, misalnya sebagai bahan tambah dalam pembangunan infrastruktur. Pemanfaatan limbah sebagai material alternatif dalam campuran konstruksi sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular, yang menekankan pada optimalisasi siklus hidup sumber daya. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pendekatan ini dinilai efektif dalam mengurangi ketergantungan

terhadap sumber daya alam yang tidak terbarukan serta menurunkan volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan. Contohnya, limbah kertas dapat diolah menjadi filler untuk campuran aspal pada pembuatan jalan. Namun, material tersebut harus memenuhi persyaratan agar kualitas jalan tetap terjaga [3].

Dalam campuran aspal, keberadaan filler memiliki peran penting dalam menentukan kinerja mekanis perkerasan jalan. Filler berfungsi mengisi rongga antar agregat dan meningkatkan kohesi antara agregat dan aspal, sehingga struktur perkerasan menjadi lebih padat dan stabil. Material filler pada campuran aspal umumnya menggunakan debu kapur yang berfungsi untuk meningkatkan densitas dan kekuatan struktural perkerasan jalan [4]. Namun dalam mengembangkan material yang lebih berkelanjutan, peneliti mulai memanfaatkan limbah kertas sebagai pengganti parsial debu kapur. Dalam studi ini, sumber kertas diperoleh dari sisa pengolahan pabrik kertas yang kemudian melalui proses pengolahan meliputi pengeringan untuk menurunkan kandungan air dan pembakaran untuk menghasilkan abu kertas dengan partikel halus yang memenuhi syarat bahan filler aspal.

Pada struktur perkerasan jalan, lapisan AC-WC merupakan lapisan atas yang langsung bersentuhan dengan beban lalu lintas dan lingkungan. Oleh karena itu, campuran AC-WC harus memiliki karakteristik mekanis dan durabilitas yang tinggi untuk menjamin umur jalan. Penggunaan *filler* dalam campuran AC-WC sangat krusial karena berperan dalam meningkatkan stabilitas, mengurangi porositas, serta memperbaiki sifat kohesi antara agregat dan aspal. Substitusi *filler* konvensional seperti debu kapur dengan abu kertas karton pada campuran aspal menjadi salah satu pendekatan inovatif yang menjanjikan. Abu kertas karton dengan ukuran partikel halus dapat membantu mengisi celah antar agregat dengan lebih efisien, sekaligus berpotensi memperbaiki sifat adhesi antara agregat dan aspal.

Aspal

Aspal, atau juga dikenal sebagai bitumen adalah senyawa hidrokarbon berwarna hitam hingga coklat tua yang memiliki daya rekat tinggi dan bersifat tahan terhadap air. Karena karakteristik viskoelastisnya, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat utama dalam campuran beraspal yang digunakan pada lapisan permukaan perkerasan jalan. Aspal ini dapat diperoleh secara alami maupun sebagai produk hasil olahan dari minyak bumi [5]. Aspal dibedakan menjadi dua jenis, aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam terbentuk secara alami dari sisa organisme yang terurai selama jutaan tahun dan terdiri dari campuran hidrokarbon serta mineral. Aspal jenis ini memiliki ketahanan tinggi terhadap cuaca dan tekanan, serta bisa digunakan langsung dengan sedikit pengolahan. Sebaliknya, aspal minyak merupakan hasil penyulingan minyak mentah yang melalui proses pemurnian untuk memenuhi standar mutu tertentu. Aspal ini lebih stabil jika kandungan parafinnya rendah, sehingga tahan terhadap suhu tinggi dan kondisi cuaca ekstrem. Karena sifatnya yang kuat dan tahan lama, aspal minyak umum digunakan dalam konstruksi jalan [6]. Aspal minyak terdiri atas aspal cair dan aspal padat, aspal cair tetap cair pada suhu ruang karena dicampur pelarut seperti bensin atau solar, sedangkan aspal padat memiliki tingkat kepadatan tinggi dan digunakan dalam campuran aspal beton dengan nilai penetrasi 40/50 hingga paling tinggi 100/110.

Agregat

Agregat memegang peran vital dalam pembangunan struktur perkerasan jalan, menyusun 90-95% berat total dan 75-85% volume campuran aspal. Dominansi proporsi ini menjadikan kualitas agregat sebagai faktor krusial yang menentukan performa dan umur jalan [5]. Material agregat ideal harus memenuhi kriteria spesifik berupa partikel isometrik (kubu atau bulat), bebas kontaminan, serta memiliki kekuatan mekanik dan gradasi yang memadai. Gradasi optimal yang mencakup distribusi merata partikel halus hingga kasar memungkinkan pengisian rongga antar agregat secara maksimal, sehingga menghasilkan campuran aspal dengan kepadatan tinggi, mudah dikerjakan, dan memiliki stabilitas struktural yang baik [7]. Agregat sendiri terbagi menjadi dua, yaitu agregat kasar, dan agregat halus.

Filler

Filler merupakan bahan pengisi yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm), dapat berupa debu batu, kapur padam, semen portland, atau bahan non-plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Kadar filler dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada proses pencampuran, penghamparan dan pemadatan. Fungsi dari filler adalah sebagai bahan pengisi rongga-rongga antar agregat yang diharapkan dapat meningkatkan kerapatan dan memperkecil permeabilitas dari campuran. Selain itu filler juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air [8].

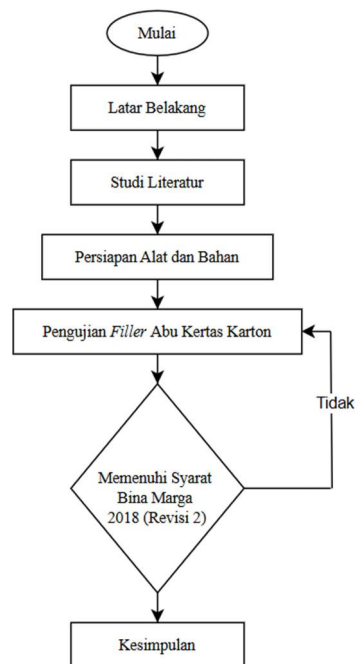
Abu Kertas Karton

Abu kertas karton merupakan residu pada yang dihasilkan dari proses pembakaran atau pengabuan kertas karton. Secara fisik, abu ini berwarna abu-abu hingga putih keabuan, tergantung pada suhu pembakaran dan kandungan mineral dalam karton. Komposisi utamanya terdiri dari senyawa anorganik seperti kalsium karbonat (Ca), Silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan sejumlah kecil logam seperti magnesium, natrium, dan kalium. Abu kertas karton ini bersifat basa karena kandungan kalsium yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam

industri semen, atau pupuk. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, abu kertas karton dapat menjadi polutan yang mempengaruhi kualitas tanah dan udara. Analisis menggunakan XRF atau SEM-EDS sering dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur dalam abu karton guna menentukan potensi pemanfaatannya lebih lanjut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali yang berlokasi di Sidoarjo. Sebelum kegiatan penelitian di laboratorium dimulai, terlebih dahulu dilakukan studi pustaka untuk menentukan pendekatan dan metode yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan limbah kertas karton sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal AC-WC. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian disusun secara sistematis melalui serangkaian tahapan yang dirangkum dalam diagram alir pada bagian berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

1. Satu set saringan
2. Piknometer
3. *Filler* abu kertas karton
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
5. Oven
6. Nampan
7. Air

Metode Pengujian *Filler* Abu Kertas Karton

Pengujian *filler* pada campuran aspal bertujuan untuk memastikan bahwa material pengisi yang digunakan memiliki karakteristik yang sesuai guna menunjang kinerja perkerasan jalan. Pengujian *Filler* mencakup beberapa parameter penting, seperti gradasi (ukuran dan distribusi partikel), berat jenis, serta komposisi kimia seperti kandungan kalsium karbonat dan lain sebagainya.

1. Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan pada *filler* merupakan salah satu metode penting dalam menentukan distribusi ukuran partikel yang digunakan dalam campuran perkerasan jalan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui gradasi proporsi butiran berdasarkan ukuran, guna memastikan bahwa agregat tersebut memenuhi spesifikasi. Berikut rumus yang digunakan dalam analisa saringan.

Presentase tertahan =

$$\frac{\text{Kumulatif massa tertahan saringan}}{\text{massa semula}} \times 100$$

Presentase lolos =

100% - kumulatif % tertahan tiap saringan

2. Berat Jenis

Pengujian berat jenis *filler* pada campuran aspal dilakukan untuk mengetahui massa jenis atau densitas bahan pengisi yang digunakan dalam campuran. Pengujian berat jenis *filler* dilakukan untuk mengetahui seberapa pada material tersebut yang nantinya berperan penting dalam mengisi rongga. Rumus yang digunakan dalam menghitung nilai berat jenis *filler*.

$$\frac{\text{Berat jenis } \textit{filler}}{(C - A)} \\ (B - A) - (D - C)$$

3. X-Ray Fluorescence (XRF)

Pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah metode yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur kimia dalam suatu material (abu kertas karton). Cara kerjanya yaitu dengan menyinari sampel menggunakan sinar-X, lalu sampel akan memancarkan kembali sinar (disebut fluoresensi) yang bisa dianalisis untuk mengetahui unsur apa saja yang ada di dalamnya dan berapa kadarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian terhadap material abu kertas karton yang digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dilakukan dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) tahun 2018. Standar ini digunakan sebagai pedoman untuk memastikan bahwa material alternatif tersebut memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan dalam campuran beraspal.

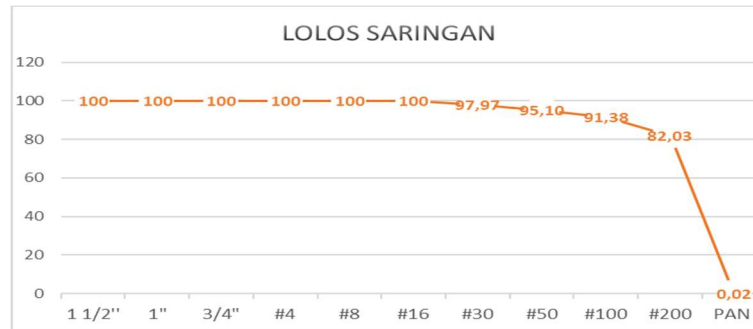
Pengujian Analisa Saringan Abu Kertas Karton

Dalam pengujian ini, abu kertas yang akan digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) harus memenuhi persyaratan lolos ayakan No. 200 sebanyak lebih dari 75% dari berat total sampel. Ketentuan ini mengacu pada spesifikasi teknis yang berlaku untuk campuran aspal, khususnya dalam campuran aspal. Persentase kelolosan tersebut menunjukkan bahwa partikel abu kertas cukup halus untuk berperan sebagai *filler*, yang fungsinya adalah mengisi rongga antar agregat agar campuran menjadi lebih padat dan stabil. Jika abu kertas tidak memenuhi syarat ini, maka material tersebut dianggap kurang sesuai untuk digunakan sebagai *filler* dalam campuran beraspal.

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan Abu Kertas Karton

Agregat Halus : Filler Abu Kertas Karton (Berat Sampel Minimal 300 gram)													
Sampel Berat	Satu Gram 500,3				Dua Gram 500,8				Tiga Gram 500,5				Rata-rata
Sieve No.	Komulatif				Komulatif				Komulatif				
	Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Tertahan Komulatif	Lolos Komulatif	Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Tertahan Komulatif	Lolos Komulatif	Berat Tertahan	Kumulatif Berat Tertahan	Tertahan Komulatif	Lolos Komulatif	
1 ½"													
1"													
¾"													
#4													
#8													
#16	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	100
#30	9,84	9,84	1,97	98,03	10,1	10,1	2,02	97,98	10,5	10,5	2,10	97,90	97,97
#50	15,2	25,04	5,00	95,00	14,1	24,2	4,83	95,17	13,9	24,4	4,88	95,12	95,10
#100	18,55	43,59	8,71	91,29	18,5	42,7	8,53	91,47	18,8	43,2	8,63	91,37	91,38
#200	46,4	89,99	17,99	82,01	48	90,7	18,11	81,89	45,9	89,1	17,80	82,20	82,03
PAN	410,2	410,2	99,98	0,02	410	500,7	99,98	0,02	411,3	500,4	99,98	0,02	0,02

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 2. Lolos Analisa Saringan Abu Kertas Karton

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan terhadap abu kertas karton, diperoleh hasil 82,03% material berhasil lolos dari saringan No. 200. Hasil ini telah memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) tahun 2018, yang menetapkan syarat *filler* minimal 75% dari total massa material harus lolos saringan No. 200 agar dapat digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal.

Pengujian Berat Jenis Abu Kertas Karton

Berat jenis adalah perbandingan antara berat material dalam satuan volume tertentu dengan berat air pada volume yang sama pada suhu yang telah ditentukan.

Tabel 2. Hasil Berat Jenis Abu Kertas Karton

Filler : Serbuk Kapur		Pic.1	Pic.2	Pic.3
Nomor Contoh				
Massa piknometer + contoh	W2	55,1	55,9	55,6
Massa piknometer	W1	41,6	42,7	42,7
Massa filler	$Wt = W2 - W1$	13,5	13,2	12,9
Massa piknometer + Air + Filler	W3	150,1	149,9	150,8
Massa piknometer + Air	W4	142	142,6	142
	$W5 = W2 - W1 + W4$	155,5	155,8	154,9
Isi filler	$W5 - W3$	5,4	5,9	4,1
Berat jenis	$Wt/W5-W3$	2,5	2,237	3,146
Rata-rata			2,628	

(Sumber : Peneliti, 2025)

Hasil pengujian terhadap berat jenis *filler* dari abu kertas karton menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari tiga sampel yang diuji adalah 2,628. Standar yang digunakan sebagai acuan adalah SNI 03-4145-1996, yang menetapkan rentang berat jenis *filler* antara 2,25 hingga 2,7. Dengan demikian, nilai yang diperoleh telah sesuai dan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk *filler*.

Pengujian XRF Abu Kertas Karton

Pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) pada abu kertas karton dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur kimia yang terkandung di dalamnya. Berikut hasil dari pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Tabel 3. Uji XRF Abu Kertas Karton

No.	Chemical Composition	Amount (%)	No.	Chemical Composition	Amount (%)
1	Al ₂ O ₃	6,8	7	V ₂ O ₅	0,02
2	SiO ₂	10,9	8	Cr ₂ O ₃	0,044
3	SO ₃	1,6	9	MnO	0,06
4	K ₂ O	0,09	10	Fe ₂ O ₃	3,99
5	CaO	72,20	11	CuO	0,14
6	TiO ₂	1,86	12	ZnO	0,12

(Sumber: Peneliti, 2025)

Berdasarkan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) pada abu kertas karton, menunjukkan kandungan yang mirip dengan abu kapur yang biasa digunakan sebagai pengisi dalam campuran beraspal. Oleh karena itu, abu kertas karton diharapkan nantinya dapat digunakan sebagai pengganti *filler*. Abu kertas karton didominasi oleh senyawa kalsium (CaO), silika (SiO₂), dan aluminium (Al₂O₃) dimana unsur kimia tersebut dapat meningkatkan potensi

stabilitas dan durabilitas pada campuran aspal. Meskipun unsur-unsur penyusunnya sama dengan yang terdapat pada abu kapur, tetapi komposisinya mempunyai proporsi yang berbeda.

Tabel 3. Rekapitulasi Spesifikasi Pengujian Abu Kertas Karton Berdasarkan Bina Marga (Revisi 2) 2018

No.	Parameter	Hasil	Spesifikasi
1	Lolos Saringan No. 200	82,03%	>75%
2	Berat Jenis	2,628	2,25-2,7

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan, abu kertas karton menunjukkan karakteristik fisik yang sesuai dengan standar teknis sebagai *filler* pada campuran aspal tipe AC-WC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 82,03% partikel dari limbah ini dapat melewati saringan No. 200, serta memiliki berat jenis rata-rata sebesar 2,628. Nilai ini telah memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) Tahun 2018. Selain itu, kemiripan komposisi senyawa kimia antara abu kertas karton dan abu kapur menjadikan limbah ini berpotensi sebagai alternatif *filler* dalam campuran perkerasan aspal. Oleh karena itu, limbah ini dianggap layak untuk menggantikan filler konvensional seperti batu kapur atau semen. Selain meningkatkan stabilitas campuran aspal, pemanfaatan abu kertas karton juga memberikan kontribusi positif terhadap upaya pengelolaan limbah kertas yang ramah lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa limbah tersebut memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai material alternatif dalam pembangunan konstruksi jalan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Ali, N. Ijaz, N. Aman, dan E. M. Noor, "Feasibility study of low density waste plastic in non load bearing asphalt pavement in district faisalabad," *Earth Sci. Pakistan*, vol. 1, no. 2, hal. 17–18, 2017, doi: 10.26480/esp.02.2017.17.18.
- [2] A. Z. Saputra dan A. S. Fauzi, "Pengolahan Sampah Kertas Menjadi Bahan Baku Industri Kertas Bisa Mengurangi Sampah di Indonesia," *J. Mesin Nusantara*, vol. 5, no. 1, hal. 41–52, 2022, doi: 10.29407/jmn.v5i1.17522.
- [3] Y. Anggraini, A. Malik, dan M. Sebayang, "Analisa Kinerja Campuran AC-WC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata dan Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler," *Sainstek (e-Journal)*, vol. 8, no. 2, hal. 70–80, 2020, doi: 10.35583/js.v8i2.122.
- [4] M. B. Miftah, "The Performance of Asphalt Concrete Wearing Course Mix using De-oiled Bleaching Earth as Filler reviewed from Marshall Parameters," vol. 14, no. 5, hal. 16545–16552, 2024.
- [5] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*. 2016.
- [6] Risdian Rizza, "Perbandingan Aspal Alam Dan Aspal Karet Pada Lapisan Perkerasan Jalan Ac-Bc Penetrasi 60/70 Terhadap Nilai Marshall," hal. 1–126, 2021.
- [7] A. Gunawan, "Pengaruh Pencampuran Dua Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton," *Inersia J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, hal. 59–68, 2016.
- [8] F. S. Ridwan dan Nadia, "Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton," *J. Konstr.*, vol. 8, no. 2, hal. 1–8, 2017.