

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Literatur Review

NO	NAMA PENELITI (TAHUN)	PERMASALAHAN	BATASAN MASALAH	METODOLOGI	HASIL PENELITIAN	RISET YANG DISARANKAN	RENCANA RISET	JUDUL
1	Valdo Y. Pinangkaan, Tampanatu P. F. Sompie, Sudarno (2022)	Perbandingan antara dua jenis campuran aspal, yakni <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) dengan <i>Cold Paving Hot Mix Asbuton</i> (CPHMA) pada karakteristik material perkerasan jalan. Penelitian ini menyoroti pemanfaatan aspal modifikasi dari Buton (Asbuton) yang lebih ramah lingkungan dan efisien biaya.	Penelitian ini membatasi analisis pada perbandingan sifat fisik dan mekanik antara AC-WC Asbuton dan CPHMA pada pekerjaan perkerasan jalan, dengan menggunakan pengujian Marshall dan pengujian sifat agregat di dua laboratorium.	Metode yang digunakan adalah eksperimental, dengan pengujian laboratorium yang mencakup analisa saringan agregat, pengujian berat jenis, pengujian abrasi, pembuatan briket, dan pengujian Marshall. Pengujian dilakukan pada dua lokasi laboratorium dengan sampel	Hasil penelitian menunjukkan bahwa AC-WC Asbuton memiliki kepadatan dan ketahanan terhadap beban kendaraan yang lebih baik dibandingkan dengan CPHMA. AC-WC Asbuton memiliki nilai stabilitas sebesar 1420 kg, sedangkan CPHMA hanya 604,09 kg. Selain itu, AC-WC Asbuton juga menunjukkan nilai	Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk menganalisis pengaruh CPHMA pada jenis jalan yang memiliki volume lalu lintas rendah atau sedang. Selain itu, riset lebih lanjut perlu mengeksplorasi teknik pemrosesan Asbuton yang lebih efisien dan dapat	Rencana riset berikutnya adalah melakukan analisis perbandingan di beberapa lokasi dengan kondisi lalu lintas yang berbeda, untuk mengetahui kinerja kedua jenis aspal pada berbagai tingkat kapasitas jalan. Selain itu, eksperimen lebih lanjut mengenai penggunaan CPHMA pada	Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)

			Fokusnya adalah pada pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas, flow, VFB, VMA, dan VIM.	Asbuton dari PT. Dayana Cipta dan CPHMA dari BPJN XV Sulawesi Utara.	VFB, VMA, dan flow yang lebih baik dibandingkan dengan CPHMA, yang berarti lebih tahan lama dan lebih stabil dalam menerima beban.	meningkatkan daya tahan CPHMA dalam aplikasi jalan dengan beban tinggi.	daerah dengan keterbatasan fasilitas seperti Asphalt Mixing Plant (AMP) juga perlu diteliti.	
2.	Suhaila Ridwan, Revia Oktaviani, Agus Winarno, Windhu Nugroho, Shalaho Dina Devy (2022)	Penelitian ini membahas pemanfaatan aspal alam Buton (Asbuton) sebagai bahan pengikat dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC). Meskipun potensi Asbuton di Indonesia cukup besar, penelitian yang mendalam mengenai komposisi dan karakteristik penggunaan Asbuton dalam lapisan perkerasan jalan AC-WC belum banyak ditemukan. Selain itu, tidak banyak	Penelitian ini hanya berfokus pada penggunaan Asbuton sebagai agregat halus, yang dicampur dengan Sirtu Kukar sebagai agregat kasar, dan diterapkan pada campuran lapisan aspal beton (AC-WC). Penelitian ini	Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pengujian laboratorium yang melibatkan analisis berat jenis, penyerapan agregat, keausan agregat, dan rancangan campuran agregat. Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui stabilitas, flow, VMA, VIM, dan VFA dari campuran aspal yang	Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan Asbuton sebagai agregat halus menghasilkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 3,4%. Parameter Marshall seperti stabilitas, flow, VMA, VIM, dan VFA menunjukkan bahwa Asbuton dapat memenuhi spesifikasi untuk kualitas jalan lapisan AC-WC. Namun, beberapa parameter seperti nilai flow dan VIM	Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan Asbuton pada kondisi lalu lintas yang lebih tinggi, serta melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh ukuran butir agregat Asbuton terhadap ketahanan dan durabilitas perkerasan jalan. Penelitian juga disarankan	Rencana riset yang dapat dilakukan adalah penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh variasi ukuran butir agregat Asbuton terhadap stabilitas dan daya tahan jalan, serta penelitian mengenai potensi Asbuton dalam aplikasi lain, seperti campuran pondasi atau perkerasan ringan. Selain itu, perlu	Kajian Ukuran Butir Agregat Batu Aspal Buton (Asbuton) Terhadap Lapisan Aspal Beton

		riset yang membahas bagaimana variasi ukuran butir agregat Asbuton dapat mempengaruhi kualitas perkerasan jalan.	membatasi pada pengujian Marshall dan analisis karakteristik fisik agregat serta parameter Marshall lainnya, seperti stabilitas, flow, VMA, VIM, dan VFA.	menggunakan Asbuton sebagai agregat halus. Data dianalisis menggunakan software Microsoft Excel untuk mengolah hasil pengujian.	menunjukkan variasi yang lebih besar dibandingkan dengan batasan yang ditetapkan.	untuk membandingkan performa Asbuton dengan jenis aspal lainnya, seperti aspal modifikasi, untuk melihat perbedaan kinerja di lapangan.	dilakukan uji coba lebih lanjut untuk mengevaluasi penggunaan Asbuton pada ruas jalan dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi.	
3.	Zaki Andito Aji, Rudy Hermawan Karsaman, Nasuhi Zain (2025)	Penelitian ini membahas perbandingan antara dua jenis aspal yang digunakan dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC): Asbuton murni (100%) dan aspal Shell Pen 60/70. Permasalahan utama yang dibahas adalah bagaimana penggunaan masing-	Penelitian ini dibatasi pada perbandingan performa kedua jenis aspal dalam campuran AC-WC, dengan pengujian dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada kedua jenis aspal. Uji modulus dilakukan dengan menggunakan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran AC-WC dengan asbuton murni adalah 5,7%, sementara untuk aspal Shell Pen 60/70 adalah 5,5%. Hasil uji modulus resilien menunjukkan bahwa campuran	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi lebih dalam tentang pengaruh variasi komposisi agregat dan bahan pengikat lainnya dalam campuran AC-WC dengan asbuton murni.	Rencana riset berikutnya dapat mencakup evaluasi penggunaan asbuton murni pada berbagai daerah dengan kondisi iklim yang berbeda dan evaluasi lebih lanjut terhadap biaya dan efisiensi penggunaan	Perbandingan Kinerja Penggunaan Asbuton Murni dan Aspal Pen 60/70 dalam Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

		masing jenis aspal mempengaruhi kinerja perkerasan jalan dalam hal ketahanan terhadap kerusakan akibat kelelahan (fatigue) dan deformasi permanen, serta ketahanan terhadap beban kendaraan.	(SNI) dan spesifikasi Binamarga 2018. Fokus utama adalah pada uji modulus, uji karakteristik Marshall, serta analisis kerusakan fatigue dan deformasi permanen menggunakan software KENPAVE.	Universal Testing Machine (UTM) pada suhu 25°C, lalu hasilnya dikonversi sesuai dengan suhu perkerasan rata-rata tahunan (WMAPT) untuk ruas jalan Yogyakarta-Bakulan. Selain itu, analisis kinerja kerusakan dilakukan dengan menggunakan software KENPAVE untuk memodelkan repetisi beban yang menyebabkan kerusakan akibat fatigue dan deformasi permanen.	AC-WC dengan asbuton murni memiliki modulus yang lebih tinggi, yaitu 1705,12 MPa, dibandingkan dengan 1089,76 MPa untuk campuran menggunakan aspal Shell Pen 60/70. Selain itu, analisis KENPAVE menunjukkan bahwa perkerasan dengan asbuton murni memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan akibat kelelahan dan deformasi permanen, dengan repetisi beban yang lebih tinggi sebelum terjadi kerusakan.	Selain itu, riset mengenai aplikasi Asbuton murni dalam kondisi lingkungan yang lebih ekstrem dan pada berbagai jenis perkerasan jalan dengan volume lalu lintas yang berbeda juga perlu dilakukan untuk memperluas pemahaman tentang kinerja jangka panjang dari campuran ini.	asbuton murni dalam konstruksi jalan. Penelitian ini juga dapat mengintegrasikan teknologi baru dalam pengolahan asbuton untuk meningkatkan kinerja material lebih lanjut.	
--	--	---	---	---	---	--	---	--

4.	Mohamad Faldi Attamimi, Fadly Achmad, and Frice L. Desei (2021)	Penelitian ini mengkaji durabilitas dan penuaan campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) dengan menggunakan Asbuton Pracampur, dan bagaimana variasi lama rendaman serta penuaan aspal mempengaruhi ketahanan campuran tersebut. Salah satu permasalahan mendasar yang dibahas adalah kerusakan perkerasan jalan yang terjadi lebih cepat dari waktu yang direncanakan, yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti penuaan aspal, air, dan suhu.	Penelitian ini dibatasi pada penggunaan Asbuton Pracampur dalam campuran AC-WC dan fokus pada analisis pengaruh penuaan aspal (Short-Term Oven Aging (STOA) dan Long-Term Oven Aging (LTOA)) serta variasi lama rendaman terhadap ketahanan perkerasan jalan. Hanya parameter stabilitas, flow, dan daya tahan yang diukur	Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo. Pengujian dilakukan menggunakan prosedur standar Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO), dan pengujian durabilitas dilakukan dengan perendaman sampel dalam air pada berbagai durasi (0,5 jam hingga 96 jam). Uji STOA dan LTOA dilakukan untuk mensimulasikan penuaan jangka	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan Asbuton Pracampur menghasilkan kadar aspal optimum 6,0%. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk kondisi normal, STOA, dan LTOA adalah 97,11%, 94,82%, dan 95,77%, yang semuanya memenuhi spesifikasi minimal 90%. Durabilitas campuran mengalami penurunan setelah proses penuaan dan perendaman dalam air, namun tetap menunjukkan ketahanan yang baik, dengan	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi variasi jenis aspal lain, seperti aspal modifikasi, dalam campuran AC-WC untuk membandingkan kinerjanya dalam jangka panjang. Selain itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh kondisi lingkungan lain, seperti kelembapan dan suhu ekstrem, terhadap ketahanan perkerasan jalan yang menggunakan	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan penggunaan berbagai metode aging dan rendaman pada kondisi yang lebih ekstrim serta pengujian ketahanan jangka panjang di lapangan. Pengujian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Asbuton Pracampur dalam kondisi iklim tropis dan area dengan beban lalu lintas tinggi.	Kajian Durabilitas dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman
----	---	---	--	--	---	--	--	---

			melalui Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) sebagai indikator keawetan campuran.	pendek dan panjang. Pengukuran stabilitas, flow, dan durabilitas lainnya dilakukan berdasarkan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2.	stabilitas dan kekuatan yang masih memenuhi persyaratan spesifikasi setelah perendaman 96 jam.	Asbuton Pracampur.		
5.	Luthfiano Ikhsan Ramadhan, Tantin Pristyawati, Rida Handiana Devi (2024)	Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan Asbuton LGA 50/30 pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) dengan inovasi pemanfaatan limbah styrofoam. Masalah utama yang dibahas adalah terbatasnya pasokan aspal domestik untuk kebutuhan infrastruktur jalan di	Penelitian ini terbatas pada pengujian campuran AC-WC dengan penambahan Asbuton LGA 50/30 dan limbah styrofoam dengan variasi kadar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Parameter	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium. Pengujian dilakukan dengan mencampurkan Asbuton LGA 50/30 dengan limbah styrofoam dalam variasi kadar yang berbeda. Pengujian Marshall	Penelitian menunjukkan bahwa penambahan styrofoam pada campuran AC-WC dengan Asbuton LGA 50/30 memberikan dampak yang signifikan terhadap karakteristik Marshall. Variasi dengan 10% limbah styrofoam menghasilkan	Riset lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan limbah styrofoam dalam campuran aspal pada kondisi lingkungan yang lebih ekstrem, seperti cuaca sangat panas atau lembab. Penelitian juga	Rencana riset berikutnya adalah memperluas analisis dengan menguji campuran aspal yang menggunakan limbah plastik lain, seperti polyethylene atau polypropylene, untuk melihat apakah bahan-bahan ini dapat	Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Styrofoam

		Indonesia, dan bagaimana pemanfaatan asbuton lokal dan limbah styrofoam dapat mengurangi ketergantungan pada aspal impor sambil meningkatkan kualitas perkerasan jalan.	yang diuji mencakup karakteristik Marshall seperti stabilitas, flow, VMA (Void in Mineral Aggregate), VIM (Void in Mix), VFA (Void Filled with Asphalt), dan Marshall Quotient (MQ).	dilakukan untuk menentukan stabilitas, flow, VMA, VIM, VFA, dan MQ dari campuran tersebut. Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk memastikan kelayakan campuran dalam konstruksi jalan.	stabilitas tertinggi sebesar 2032,16 kg, diikuti oleh variasi lainnya yang juga menunjukkan peningkatan pada parameter seperti VMA, VFA, dan MQ, meskipun ada penurunan pada nilai flow. Penambahan styrofoam di atas 6% menyebabkan penurunan kinerja dalam beberapa parameter, seperti flow dan stabilitas pada campuran asbuton 9%.	bisa memperluas variasi limbah yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja campuran aspal dalam berbagai tipe jalan dan beban lalu lintas.	memberikan hasil yang serupa atau bahkan lebih baik. Selain itu, penelitian jangka panjang di lapangan perlu dilakukan untuk menguji ketahanan campuran ini terhadap kerusakan di dunia nyata.	
6.	Mhd. Islah, Hanantatur Adeswastoto (2023)	Penelitian ini membahas penggunaan aspal Buton Pracampur dalam proyek preservasi jalan Duri-Kandis-Sp. Palas-Siak II (Pekanbaru). Permasalahan utama	Penelitian ini dibatasi pada penggunaan aspal Buton Pracampur dalam campuran AC-WC untuk preservasi	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian karakteristik fisik dan mekanik campuran aspal menggunakan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan asbuton pracampur dalam campuran AC-WC memberikan karakteristik yang lebih baik dibandingkan	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji lebih dalam tentang biaya produksi dan metode ekstraksi asbuton yang lebih efisien.	Rencana riset berikutnya dapat mencakup analisis komparatif antara asbuton pracampur dan bahan pengikat lain, seperti aspal modifikasi,	Penggunaan Asbuton Pracampur pada Proyek Preservasi Jalan Duri-Kandis-Sp. Palas-Siak II (Pekanbaru)

		yang dibahas adalah penggunaan aspal Buton yang masih terbatas pada beberapa daerah di Indonesia meskipun memiliki cadangan yang melimpah. Asbuton Pracampur dianggap sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan aspal konvensional, namun biaya dan proses produksinya yang tinggi menjadi hambatan utama dalam pemanfaatannya.	jalan di lokasi tertentu. Fokus penelitian ini adalah pada karakteristik fisik dan mekanik campuran aspal menggunakan asbuton pracampur, seperti stabilitas Marshall, ketahanan terhadap deformasi plastis, daya lekat, dan ketahanan terhadap perubahan temperatur. Selain itu, penelitian ini juga membatasi pada evaluasi kinerja aspal	asbuton pracampur. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur standar, termasuk analisis saringan agregat, uji stabilitas Marshall, dan pengujian ketahanan terhadap deformasi plastis. Data primer diperoleh melalui pengujian laboratorium di PT. Mekar Abadi Mandiri Pekanbaru, dengan menggunakan asbuton pracampur dan aspal Pen 60/70 sebagai bahan pengikat.	dengan aspal konvensional dalam hal stabilitas Marshall dan ketahanan terhadap deformasi plastis. Asbuton pracampur menunjukkan daya lekat yang lebih tinggi dan lebih elastis, yang memberikan perkerasan jalan yang lebih tahan lama. Namun, harga yang lebih tinggi dan ketersediaan yang terbatas di beberapa daerah menjadi kendala utama dalam penggunaannya.	Selain itu, penelitian mengenai pengaruh asbuton pracampur terhadap kinerja perkerasan jalan dalam jangka panjang di berbagai kondisi iklim dan lalu lintas juga perlu dilakukan. Riset tentang teknik pengolahan asbuton yang lebih murah dan mudah diakses oleh industri konstruksi jalan juga sangat dibutuhkan.	dalam hal durabilitas dan ketahanan terhadap beban lalu lintas yang tinggi. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan pada pengembangan teknologi produksi asbuton pracampur yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.	
--	--	---	---	--	--	--	--	--

			Buton Pracampur dibandingkan dengan aspal konvensional.					
7.	Valdo Y. Pinangkaan, Tampanatu P. F. Sompie, Sudarno (2022)	Penelitian ini mengkaji perbandingan antara dua jenis campuran aspal, yaitu <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) menggunakan Asbuton dan <i>Cold Paving Hot Mix Asbuton</i> (CPHMA). Permasalahan utama yang dibahas adalah bagaimana karakteristik fisik dan mekanik keduanya memengaruhi ketahanan perkerasan jalan. Fokusnya pada stabilitas, ketahanan terhadap deformasi plastis, ketahanan terhadap perubahan temperatur, dan	Penelitian ini dibatasi pada perbandingan karakteristik campuran aspal menggunakan Asbuton dalam dua bentuk: AC-WC dan CPHMA. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara kedua jenis campuran dalam hal kepadatan (density), stabilitas Marshall, flow, VIM,	Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian di dua laboratorium terpisah: Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Manado dan Laboratorium PT. Dayana Cipta. Pengujian melibatkan analisis material, pengujian Marshall untuk menentukan stabilitas, flow, VIM, VFB, dan VMA, serta evaluasi ketahanan kedua jenis campuran	Hasil pengujian menunjukkan bahwa AC-WC Asbuton memiliki kepadatan dan ketahanan terhadap beban kendaraan yang lebih baik dibandingkan CPHMA. AC-WC Asbuton memiliki nilai stabilitas Marshall yang lebih tinggi, sementara CPHMA memiliki rongga dalam campuran dan agregat yang lebih banyak. Selain itu, perbandingan parameter Marshall menunjukkan bahwa AC-WC Asbuton lebih	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi pengaruh penggunaan CPHMA pada kondisi jalan yang lebih berat atau dalam proyek dengan LHR tinggi. Selain itu, perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan asbuton modifikasi dan pengaruhnya terhadap ketahanan perkerasan jalan dalam jangka panjang.	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan studi lebih lanjut tentang pengembangan dan inovasi dalam teknologi produksi CPHMA untuk meningkatkan kekuatannya, serta pengujian lebih lanjut mengenai efek penggunaan asbuton pada proyek jalan dengan berbagai tipe perkerasan, seperti perkerasan kaku dan lentur. Penelitian juga perlu mengeksplorasi	Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)

		aspek lainnya, serta tantangan penggunaan CPHMA yang memiliki keterbatasan dalam penerimaan beban yang tinggi.	VMA, VFB, dan Marshall Quotient (MQ), serta batasan spesifikasi yang diperlukan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018.	terhadap beban kendaraan.	memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, terutama dalam hal stabilitas, flow, dan ketahanan terhadap deformasi.	Penelitian juga disarankan untuk mengkaji pengaruh komposisi agregat dan jenis filler dalam campuran asbuton terhadap kinerja campuran aspal di berbagai kondisi cuaca.	potensi biaya dan efisiensi jangka panjang dalam penerapan CPHMA di seluruh Indonesia.	
8.	Afwan Kafabihi, Bambang Wedyantadji, Eding Iskak Imananto (2020)	Penelitian ini membahas potensi penggunaan aspal Buton (Asbuton) dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) untuk pembangunan jalan raya. Permasalahan utama yang dihadapi adalah rendahnya penggunaan aspal Buton di Indonesia meskipun memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber daya alam.	Penelitian ini dibatasi pada pengujian kadar aspal dalam asbuton, penentuan kadar aspal optimum pada campuran AC-WC, serta analisis penggunaan maksimum asbuton pada campuran tersebut.	Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian di Laboratorium Bahan Kontruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Penelitian ini melibatkan pengujian asbuton dengan ekstraksi menggunakan tabung refluks untuk	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal dalam asbuton yang diekstraksi adalah 20,68%, yang sesuai dengan tipe B50/30. Kadar aspal optimum untuk campuran AC-WC tanpa asbuton adalah 5,8%, dengan nilai stabilitas mencapai 982,41 kg. Penggunaan asbuton maksimal pada campuran	Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan asbuton dalam campuran jalan dengan beban lalu lintas tinggi, serta pengaruhnya terhadap ketahanan jangka panjang. Selain itu, riset mengenai pengaruh variasi	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan analisis komparatif antara asbuton dan bahan pengikat lainnya, seperti aspal modifikasi atau aspal penetrasi, dalam campuran perkerasan jalan. Selain itu, riset dapat mencakup uji ketahanan campuran asbuton terhadap	Penggunaan Aspal Buton pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)

		Pemerintah sedang berupaya untuk mengoptimalkan penggunaan asbuton dalam pembangunan jalan untuk menggantikan aspal impor yang lebih mahal. Selain itu, terdapat kendala teknis terkait karakteristik asbuton yang berbeda dari aspal minyak, yang memerlukan pengujian lebih lanjut mengenai penggunaannya pada campuran AC-WC.	Fokus penelitian adalah pada variabel stabilitas, flow, dan ketahanan campuran terhadap beban kendaraan berdasarkan pengujian Marshall, dengan variasi kadar asbuton pada campuran AC-WC sebanyak 5%, 7%, 9%, dan 11%.	mengetahui kadar aspal yang terkandung, diikuti dengan pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dalam campuran AC-WC. Setiap variasi kadar asbuton dibuat dalam 3 sampel benda uji dan diuji untuk stabilitas, flow, dan parameter Marshall lainnya.	AC-WC adalah 8,4% dengan nilai stabilitas 1341,33 kg. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa campuran dengan 8,4% asbuton memiliki kinerja terbaik dalam hal stabilitas dan flow, meskipun ada sedikit penurunan pada beberapa parameter.	jenis asbuton (misalnya Asbuton dengan kadar bitumen yang berbeda) terhadap kinerja campuran jalan juga perlu dilakukan. Penelitian juga bisa dilakukan mengenai cara-cara untuk menurunkan biaya produksi asbuton agar lebih kompetitif dengan aspal minyak.	kondisi cuaca ekstrem atau di berbagai daerah dengan kondisi lalu lintas yang bervariasi. Penelitian juga disarankan untuk mengembangkan teknik pemrosesan asbuton yang lebih efisien dan ekonomis.	
9.	Mohamad Faldi Attamimi, Fadly Achmad, Frice L. Desei (2021)	Penelitian ini membahas durabilitas campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) dengan menggunakan Asbuton Pracampur dan menganalisis	Penelitian ini dibatasi pada analisis durabilitas campuran AC-WC menggunakan Asbuton Pracampur	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall untuk menentukan parameter fisik	Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas, flow, dan MQ pada benda uji normal, STOA, dan LTOA mengalami penurunan seiring	Riset lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan Asbuton Pracampur pada kondisi	Rencana riset berikutnya dapat mencakup uji ketahanan campuran Asbuton Pracampur di lapangan pada kondisi lalu	Kajian Durabilitas dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Asbuton Pracampur

		pengaruh penuaan (aging) terhadap ketahanan material tersebut. Masalah utama yang dibahas adalah kerusakan jalan yang terjadi lebih cepat dari umur yang direncanakan, akibat dari faktor penuaan aspal, cuaca, suhu, dan air. Meskipun Asbuton Pracampur telah digunakan sebagai alternatif pengikat, penerapan penuaan jangka pendek (STOA) dan jangka panjang (LTOA) pada campuran AC-WC yang mengandung Asbuton belum banyak diteliti, khususnya dalam konteks ketahanan terhadap rendaman air dan perubahan temperatur.	dengan variasi lama rendaman 0,5 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam, serta pengaruh penuaan aspal melalui uji Short-Term Oven Aging (STOA) dan Long-Term Oven Aging (LTOA). Fokusnya pada pengujian stabilitas, flow, VIM, VMA, dan Marshall Quotient (MQ) dalam kondisi normal, STOA, dan LTOA, serta pengaruhnya	campuran aspal. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi campuran aspal: normal, STOA, dan LTOA. Benda uji direndam dengan variasi waktu dan diuji untuk menentukan stabilitas, flow, dan karakteristik Marshall lainnya. Data yang diperoleh dari pengujian durabilitas digunakan untuk menghitung dan menganalisis keawetan campuran aspal.	dengan bertambahnya waktu rendaman. Benda uji yang direndam selama 96 jam memiliki stabilitas yang lebih rendah, meskipun masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk benda uji normal, STOA, dan LTOA adalah 97,11%, 94,82%, dan 95,77%, yang menunjukkan ketahanan yang baik terhadap pengaruh penuaan. Namun, ada penurunan dalam nilai stabilitas dan flow pada benda uji yang direndam dalam waktu lebih lama.	lapangan dengan beban lalu lintas yang lebih tinggi dan dalam kondisi iklim yang lebih ekstrem. Selain itu, penelitian mengenai penggunaan Asbuton Pracampur dalam campuran dengan agregat yang berbeda serta pengaruhnya terhadap kinerja jangka panjang di berbagai wilayah juga perlu dilakukan. Penelitian tentang metode pengolahan Asbuton yang lebih efisien dan ekonomis juga disarankan.	lintas padat serta uji ketahanan terhadap cuaca ekstrim. Penelitian juga bisa melibatkan penggunaan Asbuton Pracampur dalam campuran dengan teknologi baru untuk meningkatkan ketahanan jangka panjang. Selain itu, riset tentang biaya dan keberlanjutan penggunaan Asbuton dalam skala industri perlu dipertimbangkan.	Terhadap Variasi Lama Rendaman
--	--	---	--	---	--	--	---	---------------------------------------

			terhadap Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).					
10.	Ilham Yunus, Humairah Annisa (2023)	Penelitian ini membahas penggunaan Asbuton Butir B50/30 dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) untuk meningkatkan kinerja campuran aspal. Permasalahan utama yang dihadapi adalah ketergantungan Indonesia terhadap impor aspal minyak, meskipun negara memiliki potensi besar aspal alam (Asbuton) yang belum dimanfaatkan	Penelitian ini terbatas pada pengujian kinerja campuran AC-WC dengan variasi kadar Asbuton Butir B50/30 (6%, 7%, 8%, 9%, dan 10%) yang disubstitusi pada campuran AC-WC dengan variasi temperatur	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall untuk menilai kinerja campuran aspal. Pengujian dilakukan dengan variasi kadar Asbuton Butir B50/30 yang disubstitusi pada campuran AC-WC, serta variasi temperatur pemadatan untuk mencari	Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan substitusi Asbuton Butir B50/30 pada kadar 7% menunjukkan peningkatan stabilitas sebesar 5,6% pada temperatur 140°C, yang merupakan temperatur pemadatan optimal. Nilai stabilitas, flow, dan Marshall Quotient pada campuran yang	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan Asbuton Butir B50/30 pada campuran dengan berbagai jenis agregat dan pengaruhnya terhadap ketahanan perkerasan jalan dalam jangka panjang. Penelitian tentang penggunaan	Rencana riset berikutnya dapat mencakup analisis komparatif antara campuran AC-WC dengan Asbuton dan aspal modifikasi lainnya, serta uji ketahanan jangka panjang pada kondisi lingkungan yang lebih ekstrem. Penelitian lebih lanjut juga perlu dilakukan mengenai metode pencampuran	Analisis Penggunaan Asbuton Butir B50/30 Terhadap Kinerja Campuran AC-WC Dengan Variasi Temperatur Pemadatan

		sepenuhnya. Penggunaan Asbuton Butir B50/30 sebagai substitusi dalam campuran AC-WC perlu dieksplorasi lebih lanjut, terutama untuk mengatasi kendala dalam proses pemadatan pada temperatur rendah yang mempengaruhi kinerja campuran.	pemadatan (120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C). Penelitian difokuskan pada pengujian Marshall untuk mengetahui kadar aspal optimum, stabilitas, flow, Marshall Quotient, dan parameter terkait lainnya.	temperatur pemadatan yang optimal. Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan pengaruh Asbuton terhadap kinerja campuran pada suhu pemadatan yang berbeda.	menggunakan Asbuton mengalami perubahan yang signifikan, namun masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Peningkatan stabilitas ini menunjukkan bahwa Asbuton Butir B50/30 dapat meningkatkan kualitas campuran, terutama dalam hal ketahanan terhadap deformasi dan suhu tinggi.	Asbuton pada kondisi iklim yang berbeda dan pada proyek dengan volume lalu lintas yang tinggi juga perlu dilakukan. Selain itu, studi tentang metode pemrosesan Asbuton yang lebih efisien untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas material sangat diperlukan.	yang optimal untuk Asbuton Butir B50/30 dalam campuran AC-WC.	
11.	Ika Sulianti, Ibrahim, Agus Subrianto, Anna Elvaria, Intan Septiana Maharani, Kanaya	Penelitian ini membahas penggunaan limbah Rubber Sheet sebagai substitusi pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) untuk meningkatkan	Penelitian ini terbatas pada analisis pengaruh substitusi Rubber Sheet pada campuran AC-WC terhadap	Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall. Pengujian dilakukan pada campuran AC-WC dengan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi Rubber Sheet pada campuran AC-WC meningkatkan nilai stabilitas, dengan stabilitas tertinggi tercatat pada kadar Rubber Sheet 3%,	Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan Rubber Sheet dalam campuran aspal untuk kondisi iklim	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan pengujian lebih lanjut dengan penggunaan Rubber Sheet pada variasi suhu pemadatan yang lebih luas dan	Pengaruh Penggunaan Rubber Sheet Pada Campuran Lapis Asphalt Concrete-Wearing Coarse Terhadap

	Tabhita Sundang, Krisna Deka Ramadhan (2023)	kinerja perkerasan jalan. Permasalahan utama yang dibahas adalah ketergantungan Indonesia pada impor aspal minyak dan bagaimana pemanfaatan limbah Rubber Sheet dapat mengurangi limbah plastik serta meningkatkan daya tahan campuran aspal terhadap beban lalu lintas yang lebih tinggi. Penelitian ini mengidentifikasi perlunya solusi alternatif berbahan baku lokal dan ramah lingkungan.	karakteristik Marshall, yang meliputi stabilitas, flow, VMA (Void in Mineral Aggregate), VIM (Void in Mix), VFB (Void Filled with Asphalt), dan Marshall Quotient. Substitusi Rubber Sheet diuji pada variasi kadar 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, dan 3%, dengan kadar aspal optimum yang sudah ditentukan sebelumnya.	substitusi Rubber Sheet pada kadar yang bervariasi. Setiap campuran diuji untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dan diuji lagi untuk karakteristik Marshall pada berbagai kadar Rubber Sheet. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hakaaston Palembang, dengan fokus pada pencapaian stabilitas dan ketahanan terhadap beban lalu lintas.	yang mencapai 1266 kg. Selain itu, nilai flow dan Marshall Quotient meningkat seiring dengan penambahan Rubber Sheet, meskipun nilai flow lebih tinggi dari batas spesifikasi pada kadar lebih dari 3%. Pengujian juga menunjukkan bahwa campuran dengan substitusi Rubber Sheet 1.5% memberikan kinerja terbaik, dengan stabilitas 1134 kg dan nilai Marshall Quotient yang memenuhi spesifikasi minimum.	ekstrem dan daerah dengan lalu lintas tinggi. Selain itu, penelitian mengenai pengaruh substitusi Rubber Sheet pada ketahanan jangka panjang perkerasan jalan terhadap suhu ekstrem, kelembapan, dan pembebanan berulang juga perlu dilakukan. Penelitian tentang substitusi limbah plastik lainnya yang ramah lingkungan dalam campuran aspal juga dapat menjadi arah yang menarik.	analisis lebih dalam mengenai dampaknya pada ketahanan jalan terhadap kerusakan mekanis, seperti retak atau deformasi. Pengujian jangka panjang di lapangan juga diperlukan untuk mengevaluasi ketahanan campuran dengan Rubber Sheet terhadap perubahan suhu dan cuaca.	Karakteristik Marshall
12.	Suprayitno, Sri Wiwoho	Penelitian ini membahas	Penelitian ini terbatas pada	Metode penelitian yang	Hasil pengujian menunjukkan	Penelitian lanjutan	Rencana riset berikutnya dapat	Studi Penggunaan

Mudjanarko, Koespiadi, Arthur Daniel Limantara (2019)	penggunaan limbah plastik HDPE (High-Density Polyethylene) sebagai bahan tambahan dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC). Permasalahan utama yang dibahas adalah pengelolaan limbah plastik yang terus meningkat di Indonesia dan pemanfaatannya sebagai material alternatif dalam perkerasan jalan. Meskipun banyak penelitian yang membahas penggunaan limbah plastik dalam campuran aspal, penelitian terkait penggunaan plastik HDPE masih terbatas, terutama mengenai efeknya terhadap kualitas dan	penggunaan limbah plastik HDPE dalam campuran AC-WC dengan variasi kadar 0%, 4%, 8%, dan 12%. Fokus penelitian adalah pada penentuan kadar aspal optimum (KAO) dan analisis karakteristik Marshall, seperti stabilitas, flow, VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Aggregate), VFB (Void Filled with Asphalt), dan	digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum dan karakteristik campuran aspal. Pengujian dilakukan pada empat komposisi campuran dengan substitusi HDPE yang berbeda, yakni 0%, 4%, 8%, dan 12%. Campuran diuji untuk mengetahui stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB, dan Marshall Quotient, dengan tujuan untuk menemukan campuran optimal yang dapat digunakan	bahwa campuran dengan 8% HDPE memberikan kinerja terbaik, dengan kadar aspal optimum sebesar 4.45%. Stabilitas, flow, VMA, dan Marshall Quotient pada campuran dengan 8% HDPE memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Penggunaan HDPE juga menunjukkan peningkatan stabilitas, namun dengan penurunan nilai flow pada kadar lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi fleksibilitas campuran. Pengujian lainnya menunjukkan bahwa campuran HDPE 8% dapat menahan beban lalu lintas dengan	disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan limbah plastik jenis lain dalam campuran aspal, serta untuk mengkaji pengaruh jangka panjang penggunaan HDPE pada ketahanan jalan terhadap kerusakan akibat beban berulang dan kondisi iklim yang ekstrem. Penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk menilai efektivitas HDPE dalam aplikasi jalan dengan lalu lintas tinggi dan suhu yang bervariasi.	melibatkan uji lapangan untuk menilai kinerja jangka panjang campuran aspal dengan HDPE pada jalan yang berbeda jenis dan volume lalu lintas. Pengujian juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi potensi substitusi HDPE dengan jenis limbah plastik lainnya dalam campuran aspal untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan perkerasan jalan.	Variasi Campuran Material Plastik Jenis High-Density Polyethylene (HDPE) Pada Campuran Beraspal untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)
---	--	--	--	---	--	---	--

		daya tahan perkerasan jalan.	Marshall Quotient. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian di laboratorium untuk menentukan campuran optimal yang memenuhi standar spesifikasi.	pada lapisan aus (AC-WC).	daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran tanpa HDPE.			
13.	Andriyo Arjuna Bayo Dewo, Apriyyani Ayu Armita, Silvyana Erlyanti, Yustina Albertha Bela, Danny Setiawan, Abul Fida Ismaili (2018)	Penelitian ini mengkaji penggunaan getah karet alam SIR (Standard Indonesian Rubber) dengan jenis SIR 10, 20, 30, dan 50 dalam campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC). Permasalahan yang dihadapi adalah pengelolaan limbah karet alam yang masih terbatas dalam aplikasi perkerasan	Penelitian ini terbatas pada pengujian kadar getah karet alam SIR 10, 20, 30, dan 50 dalam campuran aspal AC-WC, dengan variasi penambahan 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dari total berat	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium, di mana setiap campuran diuji menggunakan pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) serta karakteristik lain seperti stabilitas, flow, VMA, VIM,	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan getah karet SIR 10 menghasilkan nilai stabilitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan SIR 20, 30, dan 50. Pada kadar 4%, campuran dengan SIR 10 memenuhi spesifikasi untuk stabilitas, VIM, VMA, dan VFA,	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan getah karet dengan metode lain (misalnya, proses depolimerisasi atau modifikasi kimia) untuk meningkatkan kinerja campuran aspal. Selain itu, perlu	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan uji ketahanan jangka panjang di lapangan dengan jalan yang menerima beban lalu lintas tinggi dan berada di daerah dengan suhu ekstrem. Penelitian juga disarankan untuk mengeksplorasi pengaruh pengolahan lebih	Pengaruh Penambahan Getah Karet Alam Padat SIR 10, SIR 20, SIR 30, dan SIR 50 Sebagai Bahan Pengikat Campuran Aspal Pada Laston Lapis Permukaan Atas (AC-WC)

		jalan. Pemanfaatan getah karet alam untuk menggantikan sebagian aspal dalam campuran aspal bertujuan untuk meningkatkan daya tahan jalan dan memberikan alternatif bahan baku yang lebih ramah lingkungan. Namun, dampak penggantian ini terhadap karakteristik campuran aspal perlu dieksplorasi lebih lanjut.	campuran. Fokus utama penelitian adalah pada pengujian Marshall untuk mengetahui stabilitas, flow, VMA (Void in Mineral Aggregate), VIM (Void in Mix), VFA (Void Filled with Asphalt), dan Marshall Quotient, serta pengaruh penambahan getah karet terhadap kualitas campuran aspal.	VFA, dan Marshall Quotient. Pengujian dilakukan pada empat jenis getah karet alam (SIR 10, SIR 20, SIR 30, dan SIR 50) dengan variasi kadar yang berbeda, dan hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas campuran AC-WC.	tetapi nilai flow pada kadar lebih tinggi tidak memenuhi spesifikasi. Penambahan getah karet pada SIR 20, 30, dan 50 masih banyak yang tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, khususnya untuk nilai stabilitas dan flow. Secara keseluruhan, SIR 10 memberikan hasil yang lebih baik dalam memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.	dilakukan studi lapangan untuk menguji ketahanan campuran aspal dengan getah karet terhadap kondisi nyata seperti suhu ekstrem, kelembapan, dan beban lalu lintas tinggi.	lanjut terhadap karet alam untuk memperbaiki sifat fisiknya, serta untuk mencari cara yang lebih efisien dalam memodifikasi getah karet agar sesuai dengan standar kualitas perkerasan jalan.	
14.	Alkhafi Maas Siregar,	Penelitian ini membahas modifikasi aspal Pen	Penelitian ini terbatas pada penggunaan	Metode penelitian yang digunakan adalah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa	Penelitian lebih lanjut disarankan	Rencana riset berikutnya dapat melibatkan uji	Analisis Kekuatan Aspal Pen 60-

Rahmatsyah, Syahril Tahir Parinduri (2015)	60-70 dengan penambahan karet alam siklik (Cyclic Natural Rubber/CNR) untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan campuran aspal terhadap beban lalu lintas. Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya kerusakan jalan akibat material aspal yang kurang elastis dan kurang tahan terhadap perubahan suhu, yang mengarah pada penurunan kualitas perkerasan jalan. Oleh karena itu, penggunaan CNR dalam campuran aspal diharapkan dapat meningkatkan elastisitas dan ketahanan jalan.	aspal Pen 60-70 yang dimodifikasi dengan penambahan CNR dalam berbagai kadar (1 phr, 2 phr, 3 phr, dan 4 phr). Fokus utama penelitian ini adalah pengujian sifat fisik aspal yang dimodifikasi, termasuk pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat, dan daktilitas setelah kehilangan berat. Penelitian juga	eksperimen laboratorium, di mana sampel aspal Pen 60-70 dimodifikasi dengan penambahan CNR yang diolah dengan compatibilizer Asam Akriolat dan Benzoil Peroksida. Setiap sampel diuji untuk sifat fisik dan kekuatan melalui berbagai uji standar SNI, seperti uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, stabilitas, flow, dan densitas. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Medan dan Balai	penambahan CNR dalam campuran aspal meningkatkan densitas dan stabilitas aspal, dengan nilai stabilitas tertinggi pada sampel dengan penambahan 80 gr CNR (4 phr). Penambahan CNR juga menurunkan nilai penetrasi dan meningkatkan titik lembek, yang menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap suhu tinggi. Namun, nilai flow cenderung menurun dengan penambahan CNR, menunjukkan peningkatan kekakuan aspal, yang mempengaruhi elastisitasnya.	untuk mengkaji pengaruh penambahan CNR pada berbagai jenis aspal lain, serta efek jangka panjang dari modifikasi CNR pada ketahanan perkerasan jalan terhadap beban lalu lintas yang lebih tinggi dan perubahan iklim yang ekstrem. Selain itu, riset dapat melibatkan pengujian lapangan untuk melihat kinerja modifikasi aspal dengan CNR dalam kondisi nyata.	ketahanan lapangan pada jalan yang menggunakan campuran aspal dimodifikasi dengan CNR, serta uji jangka panjang terhadap kerusakan akibat suhu ekstrem dan lalu lintas tinggi. Penelitian juga disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan CNR dalam campuran aspal dengan bahan pengikat lain untuk melihat potensi peningkatan kinerja.	70 Termodifikasi Dengan Pemanfaatan Karet Alam Siklik (Cyclic Natural Rubber)
--	---	--	--	---	---	---	--

			mencakup pengujian kekuatan aspal yang meliputi uji densitas, stabilitas, dan flow.	Penelitian Sistem Pelaksanaan, Pengujian dan Peralatan (PSP3) Dinas Pekerjaan Umum Medan.				
15.	Andi Syaiful Amal (2011)	Penelitian ini membahas penggunaan getah karet (Lateks) pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) dengan aspal Pen 60/70 untuk meningkatkan stabilitas dan ketahanan perkerasan jalan. Permasalahan utama yang dihadapi adalah ketergantungan pada aspal minyak yang relatif mahal dan kurang tahan terhadap perubahan suhu, serta kebutuhan untuk meningkatkan	Penelitian ini dibatasi pada penggunaan Lateks sebagai bahan tambahan pada campuran AC-WC dengan aspal Pen 60/70, khususnya pengaruh penambahan Lateks terhadap stabilitas Marshall, flow, Marshall Quotient, dan rongga udara	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian Marshall untuk menilai pengaruh penambahan Lateks pada stabilitas, flow, Marshall Quotient, dan rongga udara. Penelitian ini menggunakan variasi kadar Lateks (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%) yang ditambahkan pada campuran aspal Pen 60/70.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Lateks pada campuran aspal AC-WC meningkatkan stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Kadar Lateks optimum ditemukan pada 3,5%, yang menghasilkan stabilitas tertinggi (1435,21 kg) dan Marshall Quotient yang baik (3.652 KN/mm). Penambahan Lateks juga mengurangi	Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji penggunaan Lateks dalam campuran aspal dengan berbagai jenis agregat dan pengaruhnya terhadap ketahanan jalan dalam kondisi iklim ekstrem. Penelitian juga dapat memperluas penggunaan Lateks pada aspal dengan kandungan bitumen yang lebih tinggi atau	Rencana riset berikutnya bisa melibatkan uji ketahanan jangka panjang terhadap kerusakan akibat beban lalu lintas berat dan perubahan suhu pada campuran aspal yang menggunakan Lateks. Penelitian juga disarankan untuk mengeksplorasi kemungkinan substitusi Lateks dengan bahan tambahan lain yang lebih murah atau lebih ramah lingkungan untuk	Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (ATB)

		kualitas jalan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan Lateks terhadap stabilitas Marshall dan parameter lainnya dalam campuran Asphalt Treated Base (ATB).	(Air Void). Penelitian ini juga menilai kadar Lateks optimum yang menghasilkan campuran dengan kinerja terbaik dalam memenuhi spesifikasi Bina Marga.	Data pengujian dikumpulkan dan dianalisis dengan regresi linier untuk menentukan pengaruh penambahan Lateks terhadap kualitas campuran.	rongga udara dalam campuran, yang menunjukkan bahwa aspal menjadi lebih padat dan elastis. Pada kadar Lateks lebih dari 3,5%, peningkatan stabilitas tidak signifikan, tetapi nilai flow meningkat, menunjukkan perubahan pada kekakuan campuran.	pada campuran aspal dengan bahan pengikat lain, seperti aspal modifikasi, untuk mengetahui apakah ada perbedaan kinerja.	mengoptimalkan biaya dan keberlanjutan penggunaan aspal dalam perkerasan jalan.	
--	--	--	--	--	--	---	--	--

Sumber: Olah Data Penulis, 2025

2.2. Kajian Pustaka

2.2.1. Jalan

Jalan dibedakan berdasarkan peruntukannya, yang terdiri dari jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang dibangun oleh pemerintah untuk digunakan oleh masyarakat dalam rangka mendistribusikan barang dan jasa, sedangkan jalan khusus dibangun oleh instansi, badan usaha, individu, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan pribadi (UU No. 34 Tahun 2006).

Klasifikasi jalan umum berdasarkan UU No. 38 Tahun 2005 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dikelompokkan berdasarkan sistem jaringan, fungsi, status, dan kelas sebagai berikut:

A. Sistem Jaringan Jalan

Terdapat dua jenis sistem jaringan jalan, yaitu: (UU No. 38, 2005)

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Merupakan sistem jaringan jalan yang berfungsi untuk distribusi barang dan jasa di tingkat nasional, dengan menghubungkan pusat-pusat distribusi utama yang berperan sebagai pusat kegiatan.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Merupakan sistem jaringan jalan yang berfungsi untuk distribusi barang dan jasa di kawasan perkotaan.

B. Klasifikasi Berdasarkan Fungsi

Jalan umum dikelompokkan menjadi empat berdasarkan fungsi, yaitu: (PP No. 34, 2006)

1. Jalan Arteri

Jalan ini berfungsi untuk melayani angkutan utama dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi, dan terbatasnya jumlah jalan masuk.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor berfungsi untuk melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan karakteristik perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan terbatasnya jumlah jalan masuk.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal berfungsi untuk melayani angkutan setempat dengan karakteristik perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan tidak terbatasnya jumlah jalan masuk.

4. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan berfungsi untuk melayani angkutan di dalam kawasan lingkungan dengan karakteristik perjalanan jarak dekat dan kecepatan rendah.

C. Klasifikasi Berdasarkan Status

Jalan dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan statusnya, yaitu: (PP No. 34, 2006)

1. Jalan Nasional

Jalan nasional mencakup jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi, jalan strategis nasional, serta jalan tol.

2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi terdiri dari jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota atau antar ibukota kabupaten/kota, serta jalan strategis provinsi.

3. Jalan Kabupaten dan Kota

Jalan kabupaten mencakup jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional atau provinsi, menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, pusat kegiatan lokal, dan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder di wilayah kabupaten. Jalan kota adalah jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan pusat

pelayanan dalam kota, serta menghubungkan antar permukiman di dalam kota.

4. Jalan Desa

Jalan desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan atau antar permukiman dalam desa, serta jalan lingkungan di dalam desa.

D. Klasifikasi Berdasarkan Kelas

Jalan juga dikelompokkan berdasarkan kelasnya, yang terdiri dari lima kategori, yaitu kelas I, kelas II, kelas IIIA, kelas IIIB, dan kelas IIIC. Setiap kelas memiliki ketentuan yang ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

NO	KELAS	FUNGSI	SYARAT KENDARAAN
1.	I	Arteri	P < 18.000 mm L < 2.500 mm MST > 10 ton
2.	II	Arteri	P < 18.000 mm L < 2.500 mm MST ≤ 10 ton
3.	IIIA	Arteri atau kolektor	P < 18.000 mm L < 2.500 mm MST ≤ 8 ton
4.	IIIB	Kolektor	P < 12.000 mm L < 2.500 mm MST ≤ 8 ton
5.	IIIC	Lokal	P < 9.000 mm L < 2.100 mm MST ≤ 8 ton

Sumber: Bina Marga, 2018

2.2.2. Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Sukirman, 1993):

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen Portland (*portland cement*) sebagai bahan pengikat.

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit adalah kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur, di mana perkerasan lentur dapat diletakkan di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Pada konstruksi perkerasan lentur, terdapat beberapa lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Setiap lapisan berfungsi untuk menerima beban dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya. Menurut Saodang (2005), lapisan-lapisan dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

1. Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan lentur dibedakan menjadi perkerasan beraspal dan perkerasan tidak beraspal.

A. Perkerasan Beraspal

Lapisan-lapisan yang umumnya terdapat pada perkerasan beraspal adalah:

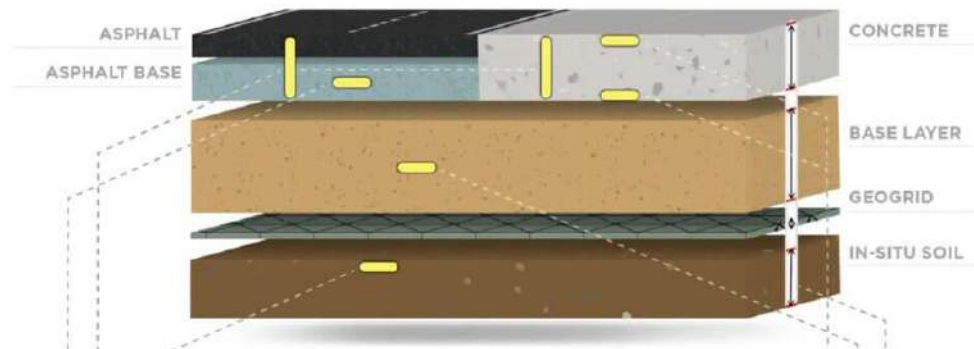
- 1) Tanah Dasar (*subgrade*)
- 2) Lapis Pondasi Bawah (*subbase course*)
- 3) Lapis Pondasi (*base course*)
- 4) Lapis Permukaan (*surface course*)

B. Perkerasan Tidak Beraspal

Untuk perkerasan tidak beraspal, lapisan-lapisannya hanya terdiri dari:

- 1) Lapisan Tanah Dasar
- 2) Lapisan Permukaan agregat tanpa pengikat.

Struktur lapisan pada perkerasan beraspal dapat dilihat pada ilustrasi yang terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Tipikal Desain Perkerasan Lentur pada permukaan tanah asli (*at grade*)

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017

Lapisan permukaan terletak paling atas pada perkerasan jalan dan memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus, dan lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah. Jenis lapisan permukaan yang digunakan di Indonesia, menurut Saodang (2005), adalah sebagai berikut:

A. Laburan Satu Lapis (Burtu)

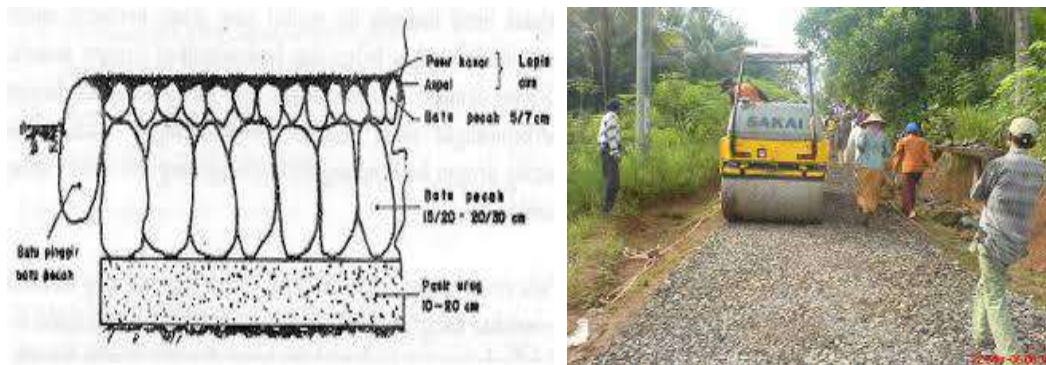
Laburan aspal satu lapis (BURTU) merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan ketebalan maksimum 20 mm.

B. Laburan Dua Lapis (Burda)

Laburan aspal dua lapis (BURDA) adalah lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi agregat secara berurutan dua kali. Ukuran nominal agregat yang digunakan adalah ukuran agregat yang dominan dalam suatu gradasi tertentu; sebagai contoh, ukuran nominal 20 mm adalah jumlah agregat yang dapat lolos dari saringan 19,1 mm.

C. Lapis Penetrasi Mac Adam (Lapen)

Lapis Penetrasi Mac Adam (Lapen) terdiri atas lapisan batuan pokok, batuan pengunci, dan batuan penutup yang dicor dengan aspal panas sehingga membentuk lapisan yang padat (Spek Bina Marga, 2010).



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Jalan Mac Adam (Lapen)

Sumber: (Nizar et al., 2022)

D. Lapis Asbuton Agregat (Lasbutag) dan Lasbutag Mikro

Lasbutag adalah lapisan yang terdiri atas aspal alam Asbuton, agregat, dan modifier yang dicampur kemudian dihampar dan dipadatkan sebagai campuran dingin (*coldmix*) (Spek Bina Marga, 2010). Selain itu, terdapat juga Lasbutag Mikro, yang merupakan varian dari Lasbutag dengan ukuran agregat yang lebih kecil, namun tetap menggunakan campuran aspal alam Asbuton dan bahan lainnya untuk meningkatkan kualitas lapisan permukaan jalan.



Gambar 2.3 Lapis Asbuton Agregat Lasbutag

Sumber: (Asidin, 2022)

E. *Asphaltic Concrete* (AC)

Asphaltic Concrete (AC) adalah campuran aspal dan agregat yang dicampur secara panas (*hotmix*), kemudian dihampar dan dipadatkan untuk membentuk lapisan yang kedap air.

F. *Dense Graded Emulsion Mix* (DGEM) dan *Open Graded Emulsion Mix* (OEGM)

Dense Graded Emulsion Mix (DGEM) dan *Open Graded Emulsion Mix* (OEGM) merupakan campuran aspal emulsi dengan agregat. Untuk DGEM, agregat yang digunakan memiliki gradasi rapat, sementara untuk OEGM, agregat yang digunakan memiliki gradasi terbuka. Kedua campuran ini dicampur dan dipadatkan pada suhu dingin.



Gambar 2.4 Campuran Aspal Emulsi

Sumber: (Asidin, 2022)

G. *Slurry Seal*

Slurry seal adalah lapisan tipis perkerasan untuk permukaan yang berupa bubur campuran aspal emulsi dan abu batu, yang dihamparkan pada lapisan permukaan jalan.

H. *Spilt Mastic Asphalt* (SMA)

Spilt Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran aspal beton yang menggunakan agregat bergradasi terbuka, sehingga menghasilkan rongga campuran yang cukup besar yang kemudian diisi dengan aspal. Hal ini menyebabkan kandungan aspal dalam campuran menjadi cukup tinggi.

2.2.3. Bahan

Aspal beton (*Asphaltic Concrete* = AC) terdiri dari dua komponen utama, yaitu aspal semen dan agregat. Agregat tersebut dapat dibagi menjadi tiga

kategori, yaitu agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat halus (*fine aggregate*), dan bahan pengisi (*filler*) (Spek Bina Marga, 2010).

2.2.3.1 Agregat

Agregat atau batuan secara umum didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat, berupa bahan berbutir dengan komposisi mineral padat, yang terdiri dari massa berukuran besar maupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dalam lapisan perkerasan jalan, dengan komposisi mencapai 90–95% dari campuran atau 75–85% dari volume total. Oleh karena itu, daya dukung dan mutu perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh sifat agregat dan hasil campurannya dengan material lainnya (Sukirman, 1993).

2.2.4 Sifat Fisik Agregat dan Hubungannya Dengan Kinerja Campuran Beraspal

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan campuran perkerasan jalan, antara lain meliputi: ukuran butir, gradasi, kebersihan, kekerasan, bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan, dan kelekatan terhadap aspal (Sukirman, 1993). Berikut adalah penjelasan mengenai sifat agregat yang mempengaruhi kualitas campuran:

A. Ukuran dan Gradasi

Ukuran dan distribusi partikel agregat yang terdistribusi secara terus-menerus dan rapat dapat mempengaruhi kualitas campuran perkerasan. Gradasi yang baik memastikan percampuran yang optimal antara agregat halus dan kasar.

B. Kebersihan

Agregat harus bersih dari kotoran, bahan organik, dan kontaminan lain yang dapat mempengaruhi kinerja campuran perkerasan.

C. Kekuatan/Kekerasan

Agregat harus cukup kuat dan tahan terhadap pecah dan hancur. Ketahanan agregat terhadap keausan dapat diuji menggunakan uji abrasi

Los Angeles, yang mengukur ketahanan agregat terhadap tekanan dan gesekan.

D. Durabilitas/*Soundness*

Agregat harus tahan terhadap kerusakan dan disintegrasi akibat perubahan kondisi cuaca, baik yang basah maupun kering. Durabilitas ini penting untuk memastikan bahwa perkerasan tetap kokoh sepanjang masa pakainya.

E. Bentuk dan Butiran Agregat

Agregat dapat memiliki bentuk butir bulat (*rounded*) hingga bersudut (*angular*). Sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5 Tipikal bentuk butir kubikal, lonjong, dan pipih

Sumber: (Hutagalung et al., 2013)

Bentuk butir ini mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya. Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antar agregat yang lebih kuat, meningkatkan kekuatan campuran. Sebaliknya, agregat berbentuk bulat lebih mudah dipadatkan tetapi memberikan kekuatan yang lebih rendah. Oleh karena itu, campuran agregat biasanya terdiri dari batu pecah (*crush stone*) dan batu pecah kerikil (*crush gravel*) sebagai agregat kasar, sementara agregat halus umumnya berupa pasir alam berbentuk bulat.

F. Bentuk dan Kondisi Permukaan

Stabilitas campuran perkerasan dipengaruhi oleh jenis permukaan agregat, apakah kasar (*rough*), halus (*smooth*), atau licin mengkilap (*glossy*). Gesekan antar partikel agregat yang memiliki permukaan kasar lebih besar, meningkatkan kekuatan ikatan antar partikel. Agregat berpori lebih banyak menyerap aspal, yang dapat menyebabkan lapisan aspal menjadi lebih tipis dan mengurangi kekuatan ikatan antara agregat dan aspal, sehingga lebih mudah pecah atau hancur. Agregat yang dihasilkan dari mesin pemecah batu memiliki permukaan kasar, sementara agregat dari sungai biasanya lebih halus dan licin (Afif, 2020).

G. Absorpsi / Penyerapan

Absorpsi adalah daya resap air atau aspal ke dalam pori-pori agregat. Agregat dengan daya serap yang tinggi akan menyerap lebih banyak aspal, mengurangi jumlah aspal yang dapat digunakan untuk menyelimuti permukaan agregat. Ini dapat meningkatkan biaya campuran aspal karena sebagian aspal akan terserap ke dalam pori-pori, yang seharusnya digunakan untuk mengikat agregat. Oleh karena itu, daya serap yang rendah lebih disukai dalam perkerasan jalan (Afif, 2020).

H. Kelekatan terhadap Aspal

Kelekatan antara agregat dan aspal bergantung pada sifat batuan agregat tersebut. Agregat dapat memiliki sifat:

1. *Hydrophilic*: Agregat yang menyukai air, yang menyebabkan mudah terjadi pengelupasan aspal (*stripping*).
2. *Hydrophobic*: Agregat yang tidak menyukai air, yang membuatnya lebih tahan terhadap pengelupasan aspal (*stripping*), sehingga lebih baik digunakan untuk perkerasan jalan. Tes dilakukan untuk menentukan seberapa mudah atau sulit pengelupasan aspal terjadi pada agregat.

Berdasarkan ukuran dan butirannya, agregat dapat dibedakan menjadi tiga jenis menurut Nasrulloh et al. (2024).

2.2.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang tertahan pada saringan nomor 8 atau agregat dengan ukuran lebih besar dari 2,56 mm, yang bersih, tahan lama, dan bebas dari lempung atau bahan-bahan yang tidak diinginkan lainnya. Persyaratan agregat kasar menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, yang digunakan dalam campuran beraspal panas, diatur sesuai dengan Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

NO	JENIS PENGUJIAN	STANDAR	NILAI
1.	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium dan Magnesium Sulfat	SNI 3407 : 2008	Max 12%
2.	Abrasi dengan mesin Los Angeles (500 Putaran)	SNI 2417 – 2008	Max 30%
3.	Kelekatan dengan aspal	SNI 03-2439-1991	Min 95%
4.	Angularitas (penentuan persentase butiran pecah pada agregat kasar)	SNI 7619:2012	95/90
5.	Partikel pipih lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks 10 %
6.	Material lolos ayakan no. 200	SNI 03-4142-1996	Maks 1%
7.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 1969 : 2008	Penyerapan air max 3 %

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga ,2010)

2.2.4.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos dari saringan nomor 8 (2,3 mm) dan tertahan pada saringan nomor 200 (0,75 mm). Agregat halus terdiri dari bahan-bahan dengan bidang kasar, sudut tajam, dan bebas dari kotoran atau bahan yang tidak diinginkan. Agregat halus dapat berupa pasir bersih, bahan halus hasil pemecahan batu (seperti abu batu), atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dalam keadaan kering. Persyaratan agregat halus menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 yang digunakan dalam campuran beraspal panas dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

NO	JENIS PENGUJIAN	STANDAR	NILAI
1.	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
2.	Material lolos ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks 8%
3.	Kadar lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
4.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 1970 : 2008	Penyerapan air max 3 %

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

2.2.4.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah material yang 75% lolos dari saringan nomor 200 (0,075 mm) dan dapat berupa abu kapur, abu dolomit, *fly ash*, semen, atau material lain yang tidak plastis. Persyaratan bahan pengisi menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, yang digunakan dalam campuran beraspal panas, diatur sesuai dengan Tabel 2.5.

NO	JENIS PENGUJIAN	STANDAR	NILAI
1.	Berat butiran yang lolos ayakan 75 mikron	SNI 03-4142-1996	$\geq 75\%$

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

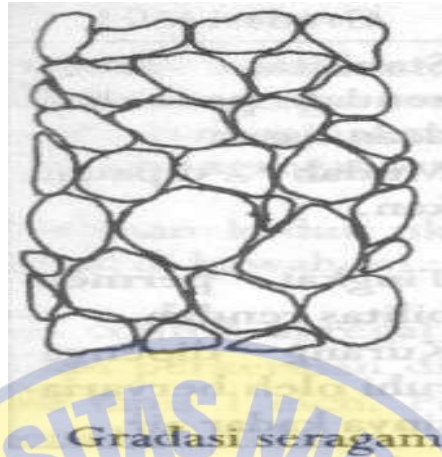
2.2.4.4 Agregat Gabungan

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi ukuran rongga antar butir, yang pada akhirnya akan mempengaruhi stabilitas campuran, serta berperan dalam proses pelaksanaan perkerasan itu sendiri. Dalam Darwis et al. (2022) gradasi agregat yang umum digunakan dalam perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

2.2.4.4.1 Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi yang memiliki ukuran butiran yang hampir seragam, dengan jumlah agregat halus yang

sangat sedikit, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat secara optimal.



Gambar 2.6 Gradasi seragam
Sumber: (Asidin, 2022)

2.2.4.4.2 Gradasi Rapat (*Dense Graded/Continuous Graded*)

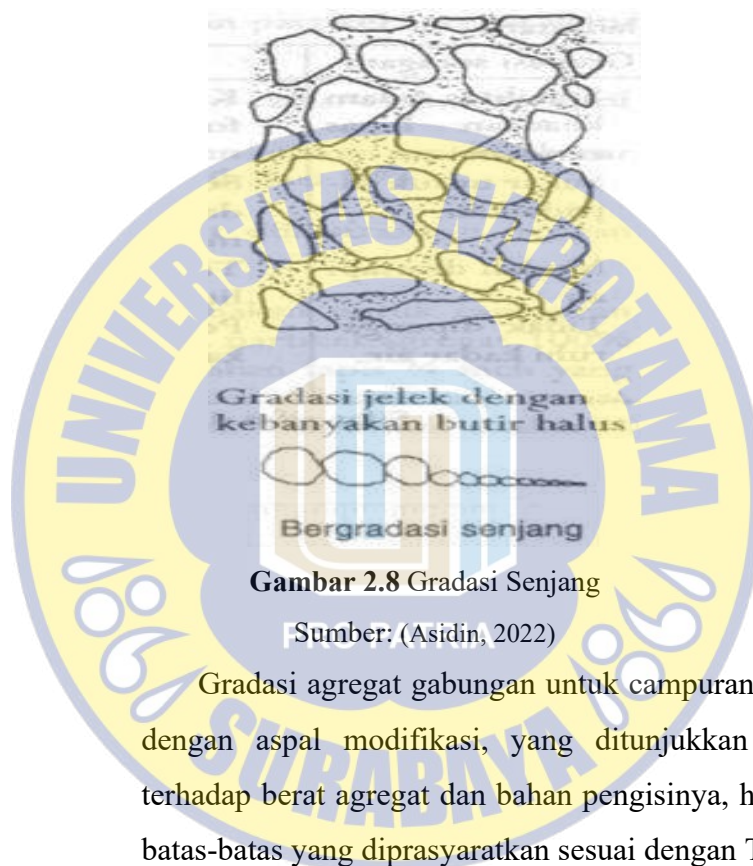
Gradasi rapat adalah campuran agregat yang mengandung hampir semua fraksi kasar dan halus, disusun sedemikian rupa sehingga membentuk susunan agregat yang rapat dan dapat mengisi hampir semua rongga dalam campuran. Gradasi ini juga dikenal sebagai gradasi baik atau *well graded*.



Gambar 2.7 Gradasi Rapat (Gradasi Baik)
Sumber: (Asidin, 2022)

2.2.4.4.3 Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah campuran agregat yang memiliki satu atau beberapa fraksi yang hilang, sehingga tidak terdapat distribusi ukuran butiran yang merata. Hal ini mengakibatkan adanya rongga yang tidak terisi di dalam campuran, sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gradasi Senjang

Sumber: (Asidin, 2022)

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi, yang ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisinya, harus memenuhi batas-batas yang diprasyaratkan sesuai dengan Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Panas

UKURAN AYAKAN (MM)	% BERAT YANG LOLOS TERHADAP AGREGAT DALAM CAMPURAN	
	GRADASI PORUS	GRADASI LASTON
37,5	-	-
25	-	-
19	100	100
12,5	90 – 100	90 – 100
9,5	50 – 80	77 – 90
4,75	20 - 35	53 – 69
2,36	15 – 25	33 – 53
1,18	-	21 – 40
0,600	-	14 – 30
0,300	-	9 – 22
0,150	-	6 – 15
0,075	5 – 11	4 – 9

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

2.2.5 Aspal/Bitumen

Aspal dan bitumen adalah dua kata yang mempunyai makna yang sama. Istilah aspal umumnya digunakan di Amerika Serikat, sedangkan bitumen umumnya digunakan di negara-negara Eropa terutama Inggris. Di Indonesia yang dimaksud dengan aspal adalah sama dengan bitumen. Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecokelatan yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material *berbituminous*. Berdasarkan terbentuknya/terbuatnya aspal dibedakan atas : aspal alam dan aspal minyak/buatan (dihasilkan dari penyulingan) (Darwis et al., 2022).

Kandungan aspal minyak atau aspal semen terdiri atas fraksi bagian padat yang disebut *asphaltene* (berwarna hitam sebagian besar berupa bahan bitumen) dan fraksi bagian yang cair yang disebut *maltene* (berupa minyak-

minyak berat/ polimer resin, *Acidafin* I, *Acidafin* II, dan *Parafin* dengan titik didih $> 300^{\circ}$) sehingga kekentalan/viskositas sangat tergantung dari *asphaltene* dan *maltenes* (Darwis et al., 2022).

Fungsi dari aspal dalam campuran aspal beton adalah sebagai bahan pengikat dan bahan pengisi. Sebagai bahan pengikat, aspal memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri. Sedangkan sebagai bahan pengisi, aspal mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri (Darwis et al., 2022).

2.2.5.1 Sumber Aspal

Berdasarkan sumber atau asalnya, aspal dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu (Liana et al., 2024):

- a) Aspal minyak (*bitumen*)
- b) Aspal danau (*lake asphalt*)
- c) Aspal batu (*rock asphalt*)
- d) Ter (*tar*)

Aspal danau dan aspal batu dikenal sebagai aspal alam.

2.2.5.1.1 Aspal Minyak

Sesuai dengan namanya, aspal minyak berasal dari minyak bumi mentah. Minyak bumi terbentuk dari sisa-sisa organisme dan tumbuhan laut yang mengendap bersama lumpur dan fragmen-fragmen batuan di dasar laut. Selama jutaan tahun, bahan organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan-lapisan yang tebalnya mencapai beberapa ratus meter. Akibat tekanan dari lapisan atas yang sangat berat, lapisan-lapisan tersebut terperangkap dalam batuan sedimen. Proses perubahan sisa-sisa organisme dan tumbuhan menjadi hidrokarbon minyak mentah dipandang sebagai akibat pemanasan oleh kerak bumi serta penekanan oleh lapisan atas, yang kemungkinan juga didukung oleh aktivitas bakteri dan radiasi. Seiring dengan semakin

tebalnya lapisan batuan sedimen (dan semakin besar tekanan yang terjadi), minyak yang terbentuk pada batuan sedimen akan terdorong melalui pori-pori batuan ke samping dan ke atas. Apabila lapisan batuan porus mencapai permukaan bumi, minyak tersebut akan menyusup hingga ke permukaan. Namun, sebagian besar minyak dan gas terperangkap dalam batuan porus yang tertutup oleh batuan kedap, membentuk kolam-kolam (*reservoirs*) minyak dan gas. Melalui pengeboran, minyak yang terperangkap dalam reservoir tersebut dapat ditemukan (Liana et al., 2024).

2.2.5.1.2 Aspal Danau

Aspal danau merupakan jenis "aspal alam" yang dikenal paling baik dan paling luas penggunaannya. Sebagai deposit yang terdapat pada cekungan di permukaan bumi, aspal danau diperoleh dengan cara menyuling bahan galian dari danau pada suhu 160°C, sehingga air yang terperangkap dalam bahan galian dapat menguap. (Liana et al., 2024).

2.2.5.1.3 Aspal Batu

Aspal batu terbentuk melalui penyusupan batuan kalkarius (seperti batu kapur atau batu pasir) oleh aspal alam. Aspal batu mengandung aspal hingga 12 persen dan dapat diperoleh melalui penambangan batu yang mengandung aspal. Di Indonesia, aspal batu ditemukan di Pulau Buton.

2.2.5.1.4 Ter (*tar*)

Tar adalah istilah generik untuk cairan yang diperoleh ketika bahan organik alami, seperti batu bara atau kayu, dikarbonisasi atau didestilasi (distilasi destruktif) tanpa kehadiran udara. Oleh karena itu, kata "tar" biasanya ditambahkan dengan nama bahan asalnya; misalnya, produk yang diperoleh melalui proses karbonisasi awal disebut tar batu

bara mentah (*crude coal tar*) atau tar kayu mentah (*crude wood tar*) (Liana et al., 2024).

2.2.6 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi adalah aspal keras yang kualitasnya ditingkatkan dengan penambahan bahan tambahan seperti polimer, lateks, bitumen asbuton, dan lainnya (Liana et al., 2024).

Peningkatan kualitas aspal modifikasi tersebut menurut (Liana et al., 2024) bertujuan untuk:

- A. Mencapai campuran yang lebih kaku pada suhu layanan tinggi guna meminimalkan terjadinya *rutting*.
- B. Meningkatkan ketahanan leleh pada campuran *hotmix*.
- C. Meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat untuk mengurangi pengelupasan atau kerentanannya terhadap air.
- D. Meningkatkan ketahanan terhadap abrasi untuk mengurangi *raveling* dan meminimalkan masalah selama proses konstruksi.
- E. Menghasilkan lapisan film aspal yang lebih tebal pada agregat untuk meningkatkan daya tahan campuran.
- F. Meningkatkan ketahanan terhadap penuaan atau oksidasi.
- G. Mengurangi ketebalan struktural lapisan perkerasan untuk menurunkan biaya siklus hidup perkerasan *hotmix*.

Aspal modifikasi yang digunakan di Indonesia sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 meliputi jenis *multigrade* atau Asbuton, elastomer lateks, dan sintetis yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang ditetapkan (Liana et al., 2024). Aspal *multigrade* diproduksi melalui proses penyulingan yang mengubah sifat fisik bahan pengikatnya, bukan hanya dengan mencampurkan bahan tambahan (*additive*). Selain itu, waktu penyimpanan aspal modifikasi yang menggunakan bahan dasar lateks tidak boleh melebihi 3 hari, kecuali jika selama periode penyimpanan yang lebih lama, aspal modifikasi tersebut tetap memenuhi sifat-sifat akhir sesuai dengan nilai-nilai yang tertera pada Tabel 2.6 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.6 Ketentuan-Ketentuan Untuk Aspal Keras Modifikasi

NO	JENIS PENGUJIAN	METODE SNI	ASPAL MODIFIKASI	
			ASBUTON YANG DIPROSES	ELASTOMER SINTETIS
1.	Penetrasi pada 25°C	SNI 06-2456-1991	40 – 55	Min.40
2.	Viskositas pada 135°C	SNI 06-6441-2000	385 – 2000	≤3000
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 54	≥ 54
4.	Daktilitas pada suhu 25°C	SNI 06-2432-1991	≥100	≥100
5.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232	≥ 232
6.	Kelarutan dalam TCE	SNI 06-2438-1991	≥90	≥99
7.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥1,0	≥1,0
8.	Stabilitas penyimpanan	ASTM D5976 Part 6.1	≤2,2	≤2,2
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT				
9.	Berat yang hilang (%)	06-2441-1991	≤0,8	≤0,8
10.	Penetrasi pada 25° (%)	06-2456-1991	≥ 54	≥ 54
11.	Keelastisan setelah pengembangan (%)	AASHTO T301-98		≥ 60
12.	Daktilitas pada 25°	06-2432-1991	≥ 50	≥ 25

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

2.2.7 Campuran Aspal dan Agregat

Campuran yang mengandung aspal (*bituminous mixture*) adalah campuran antara agregat dan aspal yang diikat menjadi campuran solid, dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan, khususnya pada perkerasan lentur. Beberapa jenis campuran aspal yang umum digunakan dalam perkerasan lentur konstruksi jalan raya meliputi campuran dengan gradasi senjang (*gap graded*), gradasi rapat (*dense graded*), dan gradasi terbuka (*open graded*) (Darwis et al., 2022).

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran beraspal panas (Liana et al., 2024) adalah sebagai berikut:

A. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Stabilitas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kekuatan geser campuran – Tahanan geser antara agregat dan tahanan geser akibat viskositas/kekentalan aspal.
2. Kekuatan aspal terhadap tarik (*tensile strength*).
3. Kekuatan inersia terhadap beban dinamis.

Stabilitas campuran ini dapat diuji menggunakan uji Marshall untuk memperoleh nilai stabilitas *Marshall* (dalam Kg) dan *flow* (dalam mm).

B. Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan adalah ketahanan campuran aspal terhadap cuaca, iklim, pelapukan, dan aksi perusakan akibat beban roda kendaraan, yang meliputi:

1. Tahan terhadap pengaruh oksidasi dan suhu udara – Campuran aspal tidak cepat menua, yang berarti nilai penetrasi aspal tidak menurun secara drastis akibat proses penuaan (*aging process*).
2. Tahan terhadap aksi perusakan oleh air.
3. Tidak mudah pecah akibat tumbukan dengan roda (*resistance to brittle cracking*).

C. Impermiabilitas (*Impermeability*)

Impermiabilitas adalah tingkat kemudahan campuran aspal dirembesi oleh air atau udara. Campuran aspal yang permeabel berarti mudah diresapi air, sehingga mudah lepas, mengelupas, dan cepat menua akibat oksidasi serta penguapan *maltene*.

D. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan campuran aspal untuk diolah, dicampur, dibentuk, dan dipadatkan sesuai dengan kebutuhan.

E. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan campuran aspal untuk melentur akibat beban dan variasi dari pondasi serta *subgrade* dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami pecah (*cracks*).

F. Tahanan Geser atau Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan aspal untuk membentuk permukaan dengan kekasaran yang cukup terhadap gesekan roda, sehingga roda kendaraan dapat berhenti pada jarak yang diinginkan saat mengerem atau mencegah selip pada tikungan dan saat hujan.

G. Ketahanan terhadap Lelah (*Fatigue Resistance*)

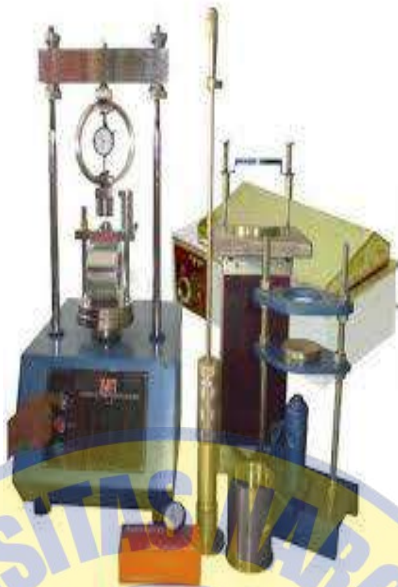
Ketahanan terhadap lelah adalah kemampuan campuran untuk melentur berulang-ulang tanpa mengalami pecah. Secara spesifik, sifat-sifat fisik campuran ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Sifat-sifat Campuran Aspal Beton yang Dimodifikasi

SIFAT-SIFAT CAMPURAN		NILAI ASPAL ASPAL BETON	NILAI ASPAL PORUS
Kadar aspal efektif (%)		4,5	
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2	
Jumlah tumbukan perbidang		75	75
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0	18
	Maks	5,5	25
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	
Stabilitas Marshall	Min	1000	500
Pelelehan (mm)	Min	3	2-6
Marshall quotien	Min	300	400
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2,5	
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min	2500	2500

Sumber: (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

Sumber: *AAPA (Australian Asphalt Pavement Association)*



Gambar 2.9 Set Alat Pengujian Marshall
Sumber: (Asidin, 2022)

2.2.8 Pengujian Campuran

Untuk memperoleh nilai parameter-parameter sifat campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi sesuai dengan Tabel 2.6, dilakukan pengujian Marshall. Pengujian Marshall dikembangkan oleh Corps of Engineers pada tahun 1940, berdasarkan metode dan konsep yang diformulasikan oleh *Bruce Marshall* dari *Mississippi State Highway Department*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kekuatan campuran aspal yang telah dipadatkan (Asidin, 2022).

Prosedur pengujian Marshall yang digunakan mengacu pada SNI 06-2489-1991. Pengujian ini memerlukan benda uji dengan ukuran diameter 101,6 mm dan tinggi 63,5 mm, yang dipadatkan menggunakan palu pemadat dengan jumlah tumbukan sesuai dengan peruntukannya, apakah untuk lalu lintas berat, sedang, atau ringan. Setelah dipadatkan, benda uji dibiarkan mendingin selama 24 jam. Selanjutnya, benda uji dilepas dari cetakan dan direndam dalam air pada suhu ruangan selama 24 jam. Benda uji kemudian ditimbang saat direndam dalam air dan dalam kondisi kering permukaan jenuh.

Setelah itu, pengujian dilakukan pada mesin dengan merendam benda uji dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 30–40 menit. Pengujian dilakukan

dengan memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit, sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan mulai menurun, sesuai dengan indikator pada jarum arloji penekan.

Pengujian untuk menentukan nilai rongga dalam campuran (%) pada kepadatan maksimal (*refusal*) dilakukan dengan prosedur pemadatan *Percentage Refusal Density* (PRD), yaitu pemadatan sampai campuran tidak mampu dipadatkan lebih lanjut. Hal ini dapat dilakukan menggunakan *vibrating hammer* atau mengikuti metode Marshall dengan jumlah tumbukan 2 x 400 pada tiap sisi lapisan benda uji (Asidin, 2022) .

