

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 4, Nomor 8, September, P. 54-67
E-ISSN: 2986-6340
Licensed by CC BY-SA 4.0
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22652439>

Evaluasi Kinerja Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc)* Menggunakan Aspal Modifikasi Pg 70 Dengan Metode Perkerasan Mutlak Berdasarkan Stabilitas Marshall Dan Stabilitas Sisa Pada Perkerasan *Taxiway* Bandara

Raffael Arshelangga Pria Firmansyah¹, Irfan Zhain², Yogie Risdianto³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: raffaelapf22@gmail.com

Abstrak

Perkerasan lentur pada area sisi udara (*airside*) bandar udara, khususnya *taxiway*, menerima pembebanan yang tinggi dan berulang dari roda pesawat udara, sehingga memerlukan lapisan perkerasan dengan kapasitas daya dukung yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan karakteristik mekanis campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* dengan menggunakan aspal modifikasi PG 70 berdasarkan standar pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian eksperimental laboratorium dengan pengujian marshall pada tiga pengondisian benda uji, yaitu stabilitas normal (pemadatan 75 tumbukan per sisi), stabilitas sisa (perendaman air suhu 60°C selama 24 jam), dan kepadatan mutlak (pemadatan 400 tumbukan per sisi). Parameter yang dianalisis mencakup stabilitas, *flow*, kepadatan, *Marshall Quotient* (MQ), *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled by Asphalt* (VFB). Hasil penelitian menunjukkan campuran AC-BC PG 70 memenuhi seluruh spesifikasi. Pada stabilitas normal, nilai VMA mencapai 15,35%. Pada stabilitas sisa, diperoleh Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 90,80%, VIM 3,79%, dan MQ 461,9 kg/mm yang membuktikan ketahanan air dan durabilitas sangat tinggi. Sementara pada kepadatan mutlak, stabilitas melonjak hingga 2355,5 kg dan MQ 743,0 kg/mm, mengindikasikan ketahanan struktur yang kuat terhadap deformasi plastis (*rutting*).

Kata Kunci: AC-BC, Aspal Modifikasi PG 70, *Taxiway*, Marshall Test, Indeks Kekuatan Sisa, Kepadatan Mutlak, KP DJPU 74 Tahun 2026.

Abstract

Flexible pavement in the airside area of airports, particularly taxiways, is subjected to high and repetitive loads from aircraft wheels, thereby requiring a pavement layer with high load-bearing capacity. This study aims to evaluate the performance and mechanical characteristics of Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) mixture using PG 70 modified asphalt based on the KP DJPU 74 Year 2026 guideline standard. The research method used is laboratory experimental testing using Marshall testing under three specimen conditioning states: normal stability (75 blows per side compaction), retained stability (water immersion at 60°C for 24 hours), and refusal density (400 blows per side compaction). The parameters analyzed include stability, flow, density, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), and Void Filled with Asphalt (VFB). The results show that the AC-BC PG 70 mixture meets all specifications. Under normal stability, the VMA value reaches 15.35%. Under retained stability, a Retained Strength Index (IKS) of 90.80%, VIM of 3.79%, and MQ of 461.9 kg/mm were obtained, proving very high water resistance and durability. Meanwhile, at refusal density, stability jumped to 2,355.5 kg and MQ to 743.0 kg/mm, indicating strong structural resistance to plastic deformation (rutting).

Keywords: AC-BC, PG 70 Modified Asphalt, *Taxiway*, Marshall Test, Retained Strength Index, Refusal Density, KP DJPU 74 Year 2026.

Article Info

Received date: 20 August 2026

Revised date: 28 August 2026

Accepted date: 7 September 2026

PENDAHULUAN

Bandar Udara merupakan salah satu elemen vital dalam sistem transportasi udara, yang menjadi salah satu pilar utama dalam perekonomian Indonesia. Salah satu bagian yang sangat penting di bandara adalah landasan hubung yang berada di sisi udara. Landasan hubung atau *taxiway* adalah jalur perkerasan di bandar udara yang disediakan khusus untuk pergerakan pesawat terbang (*taxiing*) dari

satu bagian bandara ke bagian lainnya. Sebagai komponen kunci dalam pergerakan pesawat, kualitas *taxiway* harus memastikan keselamatan dan kenyamanan dalam penerbangan. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat sangat diperlukan untuk menciptakan perkerasan lentur yang memiliki umur layanan yang panjang untuk *taxiway*. Agregat memiliki peran krusial dalam perancangan perkerasan lentur, yang menjelaskan adanya perbedaan dalam kualitas perkerasan lentur di bandara-bandara Indonesia (Santika, 2024).

Agar di perolehnya kinerja sistem jaringan bandar udara yang bagus, maka di perlukan perkerasan yang kualitas bahannya memenuhi spesifikasi campuran beton aspal. Perkerasan bandara (*Airport Pavement*) merupakan struktur konstruksi lapis keras yang dibangun di atas tanah dasar (*subgrade*) pada area pergerakan pesawat. Menurut Sukirman (1992) Jenis Perkerasan berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat di bedakan menjadi 3 jenis yaitu perkerasan kaku, perkerasan lentur, dan perkerasan komposit (Ichwan, 2023).

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Perkerasan lentur juga perkerasan yang sangat banyak digunakan dan dibandingkan dengan perkerasan yang lainnya. Sehingga lapisan perkerasan memiliki kelenturan yang dapat menahan beban pesawat yang melintas di atasnya. Salah satu jenis lapisan perkerasan yang sering digunakan dalam perancangan *taxiway* adalah lapis aspal beton (*laston*), yang juga dikenal sebagai *Asphalt Concrete* (AC). *Laston* merupakan tipe lapisan perkerasan jalan yang dibuat dari campuran agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta aspal sebagai bahan pengikatnya. Kekuatan dari perkerasan aspal beton diperoleh dari struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*). Struktur *interlocking* ini menghasilkan geseran internal yang tinggi dan memastikan agregat saling melekat melalui lapisan tipis aspal perekat yang berada di antara butiran agregat (Santika, 2024).

LASTON terbagi menjadi 3 jenis AC-WC (*Asphalt concrete – Wearing Course*), AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*), *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) merupakan lapisan Perkerasan yang terletak di bawah AC-WC dan di atas AC-Base. Lapisan AC-BC harus memiliki kriteria seperti ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/ regangan yang di akibatkan beban yang diterima, dan di teruskan ke lapisan bawahnya yaitu *base* dan *sub grade*. Karakteristik dari campuran ini harus memiliki Stabilitas yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mencari cara alternatif dalam meningkatkan kinerja campuran beraspal panas menggunakan campuran agregat kasar, agregat halus, *filler* abu batu dengan jenis campuran *Asphalt Concrete – Base Course* (AC – BC) menggunakan bahan ikat aspal PG 70 (Ichwan, 2023).

Menurut Sawaludin (2018), iklim adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan bandara. Di Indonesia, yang memiliki iklim tropis dengan suhu udara dan curah hujan yang umumnya tinggi, kondisi ini dapat menjadi salah satu penyebab kerusakan pada konstruksi perkerasan bandara. Oleh karena itu, selain memilih agregat sebagai bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat, pemilihan gradasi agregat juga sangat penting. Gradasi agregat yang baik memastikan lapisan aspal beton memiliki *fleksibilitas* yang tinggi, sehingga lapisan ini tidak mudah rusak akibat suhu yang tinggi dan dapat menjaga nilai stabilitas *Marshall* dengan baik.

Gradasi agregat memegang peran penting dalam campuran beraspal, karena berbagai sifat campuran seperti stabilitas, kekakuan, kemudahan dalam pengerjaan, permeabilitas, daya tahan, ketahanan terhadap kelelahan, tahanan gelincir, dan ketahanan terhadap air sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat tersebut. Gradasi agregat adalah faktor utama yang memengaruhi sifat-sifat *Marshall* dari campuran aspal beton, sehingga pemilihan gradasi yang optimal sangatlah penting. Gradasi agregat yang terbaik adalah gradasi yang dapat mencapai kepadatan maksimum, di mana partikel halus ditempatkan secara efektif di antara partikel kasar untuk mengurangi ruang kosong dan menghasilkan gradasi yang ideal (Santika, 2024).

Dari uraian latar belakang diatas maka diperlukan penjelasan yang lebih rinci terkait judul penelitian, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam memahami judul dari penelitian ini. Adapun judul yang dimaksud adalah “Evaluasi Kinerja Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* Menggunakan Aspal Modifikasi PG 70 Dengan Metode Perkerasan Mutlak Berdasarkan Stabilitas Marshall Dan Stabilitas Sisa Pada Perkerasan *Taxiway Bandara*”

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan pertimbangan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil komposisi gradasi pada campuran AC-BC menggunakan aspal PG 70 untuk perkerasan *taxiway bandara*?
2. Bagaimana hubungan dari parameter hasil uji marshall (stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA) terhadap benda uji KAO kondisi normal dari campuran AC-BC menggunakan aspal PG 70 untuk perkerasan *taxiway bandara*?
3. Bagaimana kesimpulan dari pengujian marshall terhadap benda uji kondisi normal, stabilitas sisa dan kepadatan mutlak pada campuran AC-BC menggunakan aspal PG 70 untuk perkerasan *taxiway bandara*?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium untuk menganalisis karakteristik campuran aspal AC-BC menggunakan aspal modifikasi polimer PG 70. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan dan Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian meliputi persiapan bahan dan alat, pengujian karakteristik agregat dan aspal, perencanaan campuran, pembuatan benda uji, pengujian Marshall, serta analisis data.

Bahan yang digunakan terdiri atas agregat kasar, agregat halus, filler berupa abu batu, dan aspal modifikasi polimer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) PG 70. Agregat diperoleh dari PT Bumindo Sakti dan dikelompokkan berdasarkan fraksi ukuran 0–5 mm, 5–10 mm, 10–15 mm, dan 15–20 mm, sedangkan aspal PG 70 diperoleh dari PT Aspindo Group. Peralatan penelitian meliputi oven, ayakan dan *sieve shaker*, timbangan, termometer, cetakan Marshall, *Marshall compactor*, *extruder*, *water bath*, timbangan hidrostatis, dan *Marshall compression machine*.

Pengujian bahan dilakukan untuk memastikan kesesuaian material terhadap spesifikasi yang digunakan. Pengujian agregat meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, *soundness*, kandungan lempung dan partikel rapuh, *sand equivalent*, *fine aggregate angularity*, abrasi Los Angeles, persentase butir pecah, serta partikel pipih dan lonjong. Pengujian filler meliputi indeks plastisitas. Sementara itu, karakteristik aspal PG 70 dievaluasi melalui pengujian penetrasi, viskositas kinematik, titik lembek, daktilitas, titik nyala dan titik bakar, kelarutan dalam trichloroethylene, berat jenis, serta parameter geser dinamis ($G/\sin \delta$).

Perencanaan campuran dilakukan menggunakan metode Marshall dengan gradasi agregat tipe AC-BC. Kadar aspal rencana (P_b) ditentukan berdasarkan proporsi agregat kasar, agregat halus, filler, dan konstanta campuran. Selanjutnya, variasi kadar aspal ditetapkan sebesar $P_b - 1\%$, $P_b - 0,5\%$, P_b , $P_b + 0,5\%$, dan $P_b + 1\%$ untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Setiap variasi dibuat sebanyak tiga benda uji. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji tambahan untuk pengujian stabilitas normal, stabilitas sisa, dan kepadatan mutlak, sehingga total benda uji yang digunakan sebanyak 36 benda uji.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengeringkan agregat pada suhu 105–110 °C, memisahkan agregat berdasarkan fraksi, kemudian memanaskan dan mencampurkan agregat dengan aspal pada temperatur pencampuran yang ditentukan. Campuran dimasukkan ke dalam cetakan Marshall dan dipadatkan menggunakan *Marshall compactor* sebanyak 75 tumbukan pada setiap

sisi untuk mensimulasikan kondisi lalu lintas berat. Benda uji kemudian didinginkan selama kurang lebih 24 jam sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian Marshall dilakukan berdasarkan SNI 06-2489-1991 untuk memperoleh parameter stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VFA. Benda uji direndam dalam *water bath* pada suhu 60 °C sebelum pengujian. Pengujian stabilitas sisa dilakukan dengan prosedur serupa, tetapi benda uji mengalami perendaman selama 24 jam pada suhu 60 °C. Seluruh hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif melalui tabel dan grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall untuk menentukan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi dan menetapkan nilai KAO.

Bagan alir penelitian meliputi tahapan persiapan bahan dan alat, pengujian material, perencanaan campuran, *trial* gradasi, pembuatan benda uji, pengujian Marshall dan stabilitas sisa, analisis data, serta penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian terhadap sifat-sifat fisis maupun mekanis agregat dilakukan untuk mengevaluasi mutu, karakteristik material, serta tingkat kelayakan agregat ketika akan digunakan sebagai bahan pembuatan benda uji pada perkerasan bandara. Pengujian agregat ini dibagi menjadi 4 pengujian yakni pengujian agregat kasar yang meliputi pengujian abrasi, gumpalan lempung, partikel pecah, dan partikel pipih lonjong, kemudian pengujian agregat halus yang meliputi pengujian lolos saringan 200 dan pengujian kandungan lempung. Pengujian *filler* dan terakhir pengujian analisis saringan.

A. Abrasi dengan mesin *Los Angeles*

Pengujian abrasi menggunakan mesin *Los Angeles* ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan, pengujian ini mengacu pada ASTM C131 menghasilkan presentase tertahan sebesar 16,40%. Dengan persyaratan presentase maksimal 30% untuk perkerasan pesawat dengan berat lebih besar atau sama dengan 27.200 kg serta presentase maksimal 40% untuk perkerasan pesawat dengan berat kurang dari 27.200 kg, maka pengujian ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.

B. Gumpalan lempung dan bahan mudah pecah/rapuh dalam agregat

Pengujian gumpalan lempung dan bahan mudah pecah/rapuh dalam agregat, mengacu pada ASTM C142 menghasilkan presentase sebesar 0,25% dari total berat agregat yang sudah diuji. Dengan persyaratan presentase maksimal 0,3%, maka pengujian ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.

C. Presentase partikel pecah pada agregat kasar

Pengujian partikel pecah pada agregat kasar ini mengacu pada ASTM D5821, menghasilkan presentase sempurna 100%. Dengan presentase 85% agregat yang memiliki bidang pecah satu atau lebih dan 75% agregat yang memiliki bidang pecah dua atau lebih untuk perkerasan pesawat dengan berat lebih besar atau sama dengan 27.200 kg dan presentase 65% agregat yang memiliki bidang pecah satu atau lebih dan 50% agregat yang memiliki bidang pecah dua atau lebih untuk perkerasan pesawat dengan berat kurang dari 27.200 kg, maka pengujian ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.

D. Partikel pipih dan lonjong

Pengujian partikel pipih dan lonjong ini mengacu pada ASTM D4791, menghasilkan presentase 5,13%. Dengan persyaratan presentase maksimal 8% dan perbandingan berat partikel pipih dan lonjong lima berbanding satu, maka pengujian ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.

Hasil Pengujian Agregat Halus dan *Filler*

A. Lolos saringan 200

Pengujian lolos saringan 200 ini mengacu pada ASTM C 4079, menghasilkan presentase sebesar 4,53%. Dengan persyaratan presentase 3-6%, maka pengujian ini telah memenuhi syarat karena hasil yang diperoleh berada di rentang angka presentase yang telah ditentukan.

B. Kandungan lempung, material organik dan bahan mudah pecah dalam agregat

Pengujian kandungan lempung, material organik dan bahan mudah pecah dalam agregat ini mengacu pada ASTM C142. Pengujian ini menghasilkan presentase sebesar 0,14% dari total berat agregat yang sudah diuji. Dengan persyaratan presentase maksimal 0,3%, maka pengujian ini telah memenuhi syarat yang ditentukan.

Hasil Pengujian Material dan Perancangan Campuran

Pengujian analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat yang digunakan dalam campuran AC-BC. Pengujian mengacu pada KP DJPU 74 Tahun 2026 sebagai dasar penentuan gradasi campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai modulus kehalusan agregat fraksi 0–5, 5–10, 10–15, dan 15–20 masing-masing sebesar 3,65; 6,41; 7,66; dan 9,17. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan karakteristik ukuran butiran pada setiap fraksi yang selanjutnya digunakan dalam penentuan proporsi campuran.

Pengujian sifat fisik aspal PG 70 meliputi penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala, dan berat jenis. Pengujian mengacu pada standar SNI yang relevan serta persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai penetrasi rata-rata diperoleh sebesar 55,7 (0,1 mm), titik lembek 84°C, daktilitas rata-rata 139,5 cm, dan titik nyala rata-rata 325,5°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aspal yang digunakan memenuhi persyaratan yang ditetapkan untuk penggunaannya sebagai bahan pengikat campuran beraspal (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Selanjutnya dilakukan trial gradasi combine terhadap dua alternatif gradasi untuk memperoleh komposisi agregat yang memenuhi rentang spesifikasi AC-BC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gradasi 1 memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan gradasi 2. Salah satu parameter utama yang menunjukkan perbedaan tersebut adalah stabilitas Marshall, yaitu sebesar 1.304 kg pada gradasi 1 dan 1.043,9 kg pada gradasi 2. Berdasarkan hasil evaluasi seluruh parameter, gradasi 1 dipilih sebagai dasar perancangan *design mix formula* (DMF) AC-BC taxiway.

Proporsi agregat yang diperoleh dari hasil *trial gradasi* terdiri atas fraksi 15–20 sebesar 11%, fraksi 10–15 sebesar 36%, fraksi 5–10 sebesar 14%, fraksi 0–5 sebesar 38%, dan filler sebesar 1%. Kombinasi tersebut menghasilkan persentase lolos saringan yang berada dalam rentang spesifikasi AC-BC pada KP DJPU 74 Tahun 2026, sehingga dapat digunakan sebagai rancangan awal campuran (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Berdasarkan komposisi agregat tersebut, diperoleh kadar aspal rencana (*initial binder content/Pb*) sebesar 5,1% menggunakan persamaan empiris kadar aspal. Selanjutnya ditentukan lima variasi kadar aspal, yaitu 4,1%; 4,6%; 5,1%; 5,6%; dan 6,1%, yang digunakan dalam pembuatan benda uji Marshall. Setiap benda uji dirancang dengan berat total campuran sebesar 1.200 gram, yang terdiri atas kombinasi agregat kasar, agregat sedang, agregat halus, filler, dan aspal sesuai dengan variasi kadar aspal yang telah ditentukan. Hasil pengujian terhadap variasi tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan karakteristik Marshall dan kadar aspal optimum pada campuran AC-BC taxiway.

Pengujian Marshall

Pengujian marshall pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan perendaman benda uji yang telah dibuat sebelumnya kedalam waterbath dengan suhu stabil 60° dan dengan durasi perendaman selama 30 menit. Setelah perendaman selesai, pengujian marshall dilakukan dengan menggunakan alat marshall test sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991. Pengujian marshall ini menghasilkan tujuh parameter uji marshall sesuai dengan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 yaitu stabilitas, flow, kepadatan, marshall quotient, VIM, VMA, dan VFA.

Hasil pengujian Marshall campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) dengan aspal modifikasi PG 70 menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran. Pengujian dilakukan pada kadar aspal 4,1%; 4,6%; 5,1%; 5,6%; dan 6,1% berdasarkan parameter stabilitas, flow, density, Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VFB sesuai KP DJPU No. 74 Tahun 2026.

Nilai stabilitas meningkat dari 1.484,69 kg pada kadar aspal 4,1% hingga mencapai maksimum 1.953,00 kg pada kadar 5,6%, kemudian menurun menjadi 1.863,48 kg pada kadar 6,1%. Seluruh kadar aspal memenuhi persyaratan minimum stabilitas sebesar 980 kg. Nilai flow meningkat seiring penambahan kadar aspal, yaitu dari 1,67–3,70 mm, dengan kadar 4,1% tidak memenuhi persyaratan 2–4 mm. Nilai density meningkat dari 2,312 menjadi 2,379 gr/cc, sedangkan MQ menunjukkan kecenderungan menurun dari 926,3 menjadi 505,2 kg/mm.

Parameter volumetrik menunjukkan bahwa nilai VIM menurun dari 8,87% menjadi 3,39% seiring peningkatan kadar aspal. Hanya kadar aspal 6,1% yang memenuhi rentang VIM 3,3–4%. Nilai VMA seluruh variasi memenuhi persyaratan minimum 14%, dengan nilai antara 16,33–17,23%, sedangkan VFB meningkat dari 48,57% menjadi 79,64%.

Berdasarkan irisan seluruh parameter yang memenuhi spesifikasi, diperoleh rentang kadar aspal efektif 5,8–6,1%. Nilai tengah rentang tersebut menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,95%. Pada KAO tersebut, dilakukan pengujian pada tiga kondisi, yaitu stabilitas normal, stabilitas sisa, dan kepadatan mutlak.

Pada stabilitas normal, diperoleh stabilitas 1.770,7 kg, flow 3,39 mm, density 2,411 gr/cc, MQ 524,8 kg/mm, VIM 3,51%, VMA 15,35%, dan VFB 77,15%. Seluruh parameter yang memiliki persyaratan memenuhi KP DJPU No. 74 Tahun 2026.

Pada stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam, stabilitas menurun menjadi 1.607,8 kg, sedangkan flow meningkat menjadi 3,48 mm. Nilai density, MQ, VIM, VMA, dan VFB masing-masing sebesar 2,404 gr/cc; 461,9 kg/mm; 3,79%; 15,60%; dan 75,73%. Penurunan stabilitas sebesar 162,9 kg (9,20%) menghasilkan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 90,80%, sehingga masih memenuhi batas minimum 90%.

Pada kepadatan mutlak dengan 400 tumbukan per sisi, diperoleh stabilitas tertinggi sebesar 2.355,5 kg, flow 3,67 mm, density 2,421 gr/cc, MQ 743,0 kg/mm, VIM 3,13%, VMA 15,02%, dan VFB 79,20%. Dibandingkan kondisi normal, stabilitas meningkat sebesar 33,03%, menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan menghasilkan interlocking agregat dan kekakuan campuran yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, campuran AC-BC dengan aspal modifikasi PG 70 pada KAO 5,95% memenuhi parameter Marshall yang dipersyaratkan dan menunjukkan stabilitas, durabilitas, serta karakteristik volumetrik yang sesuai untuk lapisan AC-BC pada perkerasan taxiway bandar udara.

Kadar Aspal Optimum dan Karakteristik Marshall

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan berdasarkan evaluasi parameter Marshall pada variasi kadar aspal 4,1%; 4,6%; 5,1%; 5,6%; dan 6,1% dengan mengacu pada KP DJPU 74 Tahun 2026. Parameter yang dievaluasi meliputi stabilitas, *flow*, kepadatan, Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VFB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variasi kadar aspal memenuhi persyaratan stabilitas minimum sebesar 980 kg dan VMA minimum 14%. Parameter *flow* memenuhi rentang 2–4 mm pada kadar aspal 4,6–6,1%, sedangkan VIM memenuhi rentang yang disyaratkan pada kadar aspal 6,1%. Berdasarkan irisan seluruh parameter tersebut, diperoleh rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan sebesar 5,8–6,1%.

KAO ditentukan dari nilai tengah rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratan, sehingga diperoleh:

$$KAO = \frac{5,8 + 6,1}{2} = 5,95\%$$

Dengan demikian, kadar aspal optimum campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan aspal modifikasi PG 70 adalah 5,95%. Nilai tersebut selanjutnya digunakan pada pengujian stabilitas normal, stabilitas sisa, dan kepadatan mutlak sesuai prosedur pengujian yang dipersyaratkan (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Stabilitas Normal pada KAO

Pengujian stabilitas normal dilakukan pada kadar aspal 5,95% dengan perendaman benda uji dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 30–40 menit. Hasil pengujian menunjukkan nilai stabilitas sebesar 1.770,7 kg, flow 3,39 mm, kepadatan 2,411 gr/cc, MQ 524,8 kg/mm, VIM 3,51%, VMA 15,35%, dan VFB 77,15%. Nilai stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA telah memenuhi persyaratan KP DJPU 74 Tahun 2026. Hasil ini menunjukkan bahwa campuran pada kadar aspal 5,95% memiliki karakteristik Marshall yang sesuai untuk digunakan sebagai campuran AC-BC taxiway (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Stabilitas Sisa dan Indeks Kekuatan Sisa

Pengujian stabilitas sisa dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan campuran terhadap pengaruh air melalui perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Pada kadar aspal 5,95%, diperoleh stabilitas sisa sebesar 1.607,8 kg, flow 3,48 mm, kepadatan 2,404 gr/cc, MQ 461,9 kg/mm, VIM 3,79%, VMA 15,60%, dan VFB 75,73%. Parameter stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Berdasarkan perbandingan stabilitas normal sebesar 1.770,7 kg dan stabilitas sisa sebesar 1.607,8 kg, diperoleh Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 90,80%.

$$IKS = \frac{1.607,8}{1.770,7} \times 100\% = 90,80\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa campuran mampu mempertahankan sekitar 90,80% kekuatannya setelah mengalami pengondisian perendaman, sehingga menunjukkan tingkat durabilitas yang baik terhadap pengaruh air. Penurunan stabilitas setelah perendaman sebesar 162,9 kg atau sekitar 9,20% dari kondisi normal.

Kepadatan Mutlak

Pengujian kepadatan mutlak dilakukan pada kadar aspal 5,95% dengan pemadatan 400 tumbukan pada masing-masing sisi benda uji untuk memperoleh kondisi pemadatan maksimum. Hasil pengujian menunjukkan stabilitas sebesar 2.355,5 kg, *flow* 3,67 mm, kepadatan 2,421 gr/cc, MQ 743,0 kg/mm, VIM 3,13%, VMA 15,02%, dan VFB 79,20%. Nilai stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA memenuhi persyaratan yang digunakan dalam penelitian.

Secara keseluruhan, hasil pengujian pada kadar aspal optimum 5,95% menunjukkan bahwa campuran AC-BC dengan aspal modifikasi PG 70 memenuhi parameter Marshall yang dipersyaratkan serta memiliki nilai IKS sebesar 90,80%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa komposisi campuran yang diperoleh memiliki karakteristik kekuatan dan ketahanan terhadap pengaruh air yang memadai untuk aplikasi lapisan AC-BC pada perkerasan sisi udara, khususnya taxiway, sesuai dengan ketentuan KP DJPU 74 Tahun 2026 (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Analisis Karakteristik Marshall Berdasarkan Tiga Kondisi Pada Campuran Perkerasan Taxiway Lapisan AC-BC

Hasil pengujian karakteristik Marshall campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) pada tiga kondisi pengondisian menunjukkan adanya perbedaan respons mekanis dan volumetrik. Pengondisian yang digunakan meliputi stabilitas normal dengan perendaman 30–40 menit pada suhu

60°C, stabilitas sisa dengan perendaman 24 jam pada suhu 60°C, serta kondisi kepadatan mutlak. Hasil pengujian dibandingkan dengan persyaratan teknis perkerasan bandar udara berdasarkan KP DJPU No. 74 Tahun 2026 (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Nilai stabilitas normal, stabilitas sisa, dan kepadatan mutlak masing-masing sebesar 1.770,7 kg, 1.607,8 kg, dan 2.355,5 kg. Stabilitas normal telah memenuhi persyaratan minimum 980 kg. Setelah perendaman 24 jam, stabilitas menurun sebesar 9,20% dengan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 90,80%, sehingga masih memenuhi batas minimum 90%. Sementara itu, stabilitas pada kondisi kepadatan mutlak meningkat sebesar 33,03% dibandingkan kondisi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran memiliki daya dukung dan ketahanan terhadap pengaruh air yang baik (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Nilai flow pada kondisi normal, sisa, dan kepadatan mutlak berturut-turut sebesar 3,39; 3,48; dan 3,67 mm. Seluruh nilai tersebut berada dalam rentang persyaratan 2–4 mm. Peningkatan flow setelah perendaman sebesar 2,65% menunjukkan adanya sedikit peningkatan deformabilitas campuran akibat pengaruh air dan suhu, sedangkan nilai flow tertinggi pada kepadatan mutlak menunjukkan respons campuran terhadap tingkat pemadatan yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, nilai flow menunjukkan keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas campuran yang masih memenuhi persyaratan (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Nilai Marshall Quotient (MQ) masing-masing sebesar 524,8; 461,9; dan 743,0 kg/mm untuk kondisi normal, sisa, dan kepadatan mutlak. Penurunan MQ sebesar 11,99% setelah perendaman menunjukkan berkurangnya kekakuan akibat pengaruh air, sedangkan peningkatan MQ pada kondisi kepadatan mutlak menunjukkan meningkatnya kekakuan akibat kerapatan campuran yang lebih tinggi. Meskipun demikian, MQ tidak memiliki batas persyaratan khusus dalam KP DJPU No. 74 Tahun 2026, sehingga parameter ini digunakan sebagai indikator pendukung dalam mengevaluasi keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas campuran.

Dari aspek volumetrik, kepadatan campuran pada kondisi normal, sisa, dan kepadatan mutlak masing-masing sebesar 2,411; 2,404; dan 2,421 g/cm³. Perubahan kepadatan relatif kecil, dengan penurunan 0,29% setelah perendaman dan peningkatan 0,41% pada kondisi kepadatan mutlak. Nilai VIM berturut-turut sebesar 3,51%, 3,79%, dan 3,13%. Nilai tersebut memenuhi rentang persyaratan VIM yang berlaku, yaitu 3,3–4% pada kondisi normal dan 2–4% pada kondisi kepadatan mutlak (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2026).

Nilai VMA pada kondisi normal, sisa, dan kepadatan mutlak masing-masing sebesar 15,35%, 15,60%, dan 15,02%. Seluruh nilai tersebut lebih besar dari batas minimum 14%, yang menunjukkan bahwa kerangka agregat masih menyediakan ruang yang memadai untuk aspal efektif. Sementara itu, nilai VFB masing-masing sebesar 77,15%, 75,73%, dan 79,20%. Meskipun VFB tidak memiliki persyaratan khusus dalam KP DJPU No. 74 Tahun 2026, perubahan nilainya menunjukkan bahwa perendaman cenderung menurunkan proporsi rongga yang terisi aspal, sedangkan kepadatan mutlak meningkatkan proporsi tersebut.

Secara keseluruhan, ketiga kondisi pengujian menunjukkan bahwa campuran AC-BC memenuhi parameter utama yang dipersyaratkan untuk perkerasan sisi udara. Kondisi stabilitas sisa menunjukkan nilai IKS sebesar 90,80%, yang mengindikasikan durabilitas campuran terhadap pengaruh air yang baik. Kondisi kepadatan mutlak menghasilkan stabilitas dan MQ tertinggi serta VIM terendah, sehingga menunjukkan peningkatan kekakuan akibat pemadatan. Namun, pengendalian tingkat pemadatan di lapangan tetap diperlukan agar tidak terjadi penurunan rongga udara secara berlebihan yang dapat meningkatkan potensi deformasi plastis dan bleeding pada perkerasan taxiway.

Campuran Perkerasan Taxiway Lapisan AC-BC Kondisi Normal

Kondisi stabilitas normal merupakan gambaran keadaan awal dari lapisan pengikat *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) setelah dipadatkan pada Kadar Aspal Optimum (KAO) dan

direndam air suhu 60°C selama 30 – 40 menit. Kondisi ini menggambarkan keadaan fisik dan mekanis ideal perkerasan sisi udara bandar udara, khususnya pada area *taxiway*, yaitu sebelum jalan tersebut dilintasi beban pesawat secara terus-menerus atau terpapar cuaca ekstrem dalam jangka waktu yang panjang. Pada tahap ini, butiran agregat saling mengunci dengan kuat dan terikat rapi oleh aspal, sehingga membentuk struktur lapisan pengikat yang stabil untuk menyalurkan beban tekan roda pesawat udara ke lapisan di bawahnya.

Ditinjau dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, keadaan campuran AC-BC pada kondisi stabilitas normal berada dalam performa yang sangat baik dan telah memenuhi seluruh standar spesifikasi KP DJPU 74 Tahun 2026. Dengan hasil yang telah memenuhi standar ini membuktikan bahwa campuran AC-BC pada stabilitas normal memiliki kemampuan struktur perkerasan yang sangat baik dan tahan terhadap deformasi plastis di area *taxiway* bandara.

Performa suatu campuran beraspal pada campuran AC-BC dengan menggunakan aspal PG 70 ditentukan oleh pemenuhan tujuh sifat utama perkerasan, yang meliputi stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air, dan dapat dilaksanakan. Ketujuh karakteristik ini saling berkaitan dan membutuhkan keseimbangan yang presisi. Berikut merupakan sifat aspal yang terdapat pada stabilitas normal:

A. Stabilitas

Ditinjau dari pengujian stabilitas normal, hasil stabilitas yang didapat yaitu sebesar 1770,7 kg telah memenuhi ambang batas minimum 980 kg sesuai spesifikasi pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Menurut Silvia Sukirman (2003), stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal untuk menahan beban pembebanan tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang atau alur. Terpenuhinya sifat stabilitas ini secara optimal pada variasi normal membuktikan bahwa penggunaan Kadar Aspal Optimum (KAO) berhasil membentuk susunan kerangka agregat yang saling mengunci dan aspal yang terselimuti secara merata, sehingga campuran memiliki kapasitas dukung mekanis yang sangat kuat untuk menahan tumpuan beban berat dari roda pesawat udara di area *taxiway* bandara.

B. Fleksibilitas

Ditinjau dari pengujian stabilitas normal, hasil *flow* yang didapat yaitu sebesar 3,39 mm telah memenuhi rentang ideal spesifikasi KP DJPU 74 Tahun 2026 yaitu 2 – 4 mm. Menurut Silvia Sukirman (2003), fleksibilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menyesuaikan diri akibat lendutan beban lalu lintas berulang tanpa menimbulkan retak. Pada kondisi normal, tingkat kelenturan campuran berada pada titik paling seimbang. Aspal memberikan sifat elastis yang pas sehingga perkerasan mampu menyesuaikan diri terhadap lendutan akibat beban roda pesawat tanpa mengalami keretakan plastis.

C. Tahan Terhadap Geser

Ditinjau dari pengujian stabilitas normal, hasil *marshall quotient* yang didapat yaitu sebesar 524,8 kg/mm. Menurut Silvia Sukirman (2003), ketahanan terhadap geser adalah kemampuan campuran untuk menahan gaya dorong mendatar akibat pengereman, percepatan, atau belokan kendaraan. Pada kondisi normal, nilai MQ yang tinggi menunjukkan keseimbangan kekakuan dan penguncian antar agregat. Campuran AC-BC sangat tangguh dalam menahan gaya geser horisontal mendadak akibat pengereman, percepatan, maupun manuver belokan roda pesawat udara di *taxiway*.

D. Tahan Terhadap Kelelahan

Ditinjau dari pengujian stabilitas normal, komposisi rongga udara (VIM 3,51%) dan kelelahan (*Flow* 3,39 mm) berada pada tingkat yang sangat seimbang. Menurut Silvia Sukirman (2003), ketahanan kelelahan adalah kemampuan perkerasan menahan beban lentur yang terjadi berulang kali tanpa mengalami retak lelah. Keseimbangan antara ruang rongga udara yang cukup dan ketebalan selimut aspal pada variasi normal ini memberi ruang elastisitas bagi perkerasan untuk meredam

regangan berulang dari lintasan roda pesawat, sehingga struktur perkerasan tidak cepat mengalami kelelahan atau patah.

E. Dapat Dilaksanakan

Ditinjau dari pengujian stabilitas normal, campuran dirancang pada Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan nilai rongga antar agregat VMA sebesar 15,35% dan VIM 3,51% pada pemadatan standar. Menurut Silvia Sukirman (2003), kemudahan pelaksanaan adalah kemudahan suatu campuran beraspal untuk digelar dan dipadatkan di lapangan hingga mencapai kepadatan yang direncanakan tanpa terjadi pemisahan butir. Komposisi aspal dan rongga yang pas pada pengujian normal ini membuat campuran AC-BC memiliki keenceran yang ideal pada suhu pelaksanaan, sehingga sangat mudah dikerjakan dan dipadatkan secara merata. Campuran tidak terlalu kaku dan tidak mudah mengalami pemisahan butir.

Pada pengujian stabilitas normal terdapat 5 karakteristik campuran yang dianggap memenuhi dari ketujuh karakteristik yang ada. Untuk durabilitas, sebenarnya untuk stabilitas memenuhi namun dengan perbedaan kondisi pengujian dengan stabilitas sisa dan dampaknya terhadap struktur perkerasan menjadikan durabilitas bukanlah prioritas utama pada pengujian ini. Sedangkan untuk kedap air, hasil VIM yang lebih rendah dibandingkan stabilitas sisa dianggap menjadikan pengujian tidak lebih kedap air dibandingkan stabilitas sisa, yang membuat kedap air tidak menjadi prioritas utama dalam karakteristik campuran pada stabilitas normal.

Campuran Perkerasan *Taxiway* Lapisan AC-BC Berdasarkan Durabilitas (Keawetan) Stabilitas Sisa

Pengujian stabilitas sisa difokuskan untuk mengevaluasi ketahanan perkerasan lapis *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) terhadap potensi kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca ekstrem di area *taxiway* bandara. Kondisi ini diperoleh dengan merendam benda uji pada Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam air bersuhu 60°C selama 24 jam penuh di dalam *waterbath*. Perendaman dengan durasi panjang ini merepresentasikan kondisi kritis pada keadaan sebenarnya, yaitu saat lapisan perkerasan terendam genangan air hujan dalam jangka waktu lama. Pemaparan ini menguji sejauh mana daya rekat antara aspal dan agregat mampu bertahan dari risiko pelepasan butir serta penurunan kekuatan struktur.

Ditinjau dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, keadaan campuran AC-BC pada kondisi stabilitas sisa berada dalam performa yang sangat baik dan telah memenuhi seluruh standar spesifikasi KP DJPU 74 Tahun 2026. Dengan hasil yang telah memenuhi standar ini membuktikan bahwa campuran AC-BC pada stabilitas sisa memiliki durabilitas dan daya tahan air yang sangat tinggi, sehingga perkerasan *taxiway* dipastikan tetap kokoh dan tahan lama meskipun beroperasi dalam kondisi lingkungan yang basah dan tergenang.

Performa suatu campuran beraspal pada campuran AC-BC dengan menggunakan aspal PG 70 ditentukan oleh pemenuhan tujuh sifat utama perkerasan, yang meliputi stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air, dan dapat dilaksanakan. Ketujuh karakteristik ini saling berkaitan dan membutuhkan keseimbangan yang presisi. Berikut merupakan sifat aspal yang terdapat pada stabilitas sisa:

A. Stabilitas

Ditinjau dari pengujian stabilitas sisa, hasil stabilitas yang didapat yaitu sebesar 1607,8 kg dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) mencapai 90,80%, yang melampaui batas minimum spesifikasi diatas 90%. Menurut Silvia Sukirman (2003), stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen. Nilai stabilitas sisa yang tetap tinggi ini membuktikan bahwa meskipun campuran telah mengalami proses perendaman air suhu 60°C selama 24 jam, perpaduan penguncian antar agregat dan daya ikat aspal tidak mengalami penurunan berarti, sehingga perkerasan AC-BC tetap kuat dan stabil dalam menopang beban berat roda pesawat.

B. Durabilitas

Ditinjau dari pengujian stabilitas sisa, sifat durabilitas dinyatakan sangat memenuhi syarat karena pengujian ini merupakan pembuktian utama dari keawetan campuran, dimana nilai IKS sebesar 90,80% membuktikan ketahanan air yang sangat tinggi. Menurut Silvia Sukirman (2003), durabilitas adalah kemampuan campuran beraspal untuk bertahan dari keausan akibat pengaruh cuaca, iklim, serta perusakan oleh air. Tingginya angka kekuatan sisa ini menunjukkan bahwa selimut aspal melekat dengan sangat kuat pada permukaan agregat, sehingga air tidak mampu merusak ikatan tersebut dan perkerasan *taxiway* dipastikan memiliki masa layan yang panjang serta awet terhadap genangan air hujan.

C. Tahan Terhadap Kelelahan

Ditinjau dari pengujian stabilitas sisa, sifat ketahanan terhadap kelelahan dinyatakan memenuhi persyaratan karena didukung oleh nilai flow sebesar 3,48 mm dan VIM sebesar 3,79% yang tetap terjaga ideal. Menurut Silvia Sukirman (2003), ketahanan kelelahan adalah kemampuan perkerasan untuk menahan lendutan berulang dari beban roda kendaraan tanpa memicu terjadinya retak lelah. Proses perendaman memberikan efek pelunakan yang pas pada aspal tanpa merusak strukturnya, sehingga perkerasan AC-BC tetap memiliki kelenturan yang cukup untuk menyerap regangan akibat lintasan berulang roda pesawat udara meskipun berada dalam kondisi lingkungan yang basah.

D. Kedap Air

Ditinjau dari pengujian stabilitas sisa, sifat kedap air sangat memenuhi persyaratan karena nilai rongga udara (VIM) hanya meningkat sangat tipis menjadi 3,79% setelah perendaman air selama 24 jam. Menurut Silvia Sukirman (2003), kedap air adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam struktur internal yang dapat memicu kerusakan. Angka VIM yang tetap stabil di kisaran ideal ini membuktikan bahwa susunan rongga dalam campuran bersifat terputus-putus dan tidak saling menyambung, sehingga air genangan di permukaan *taxiway* tidak mudah meresap masuk ke dalam struktur lapisan AC-BC maupun merusak pondasi di bawahnya.

Pada pengujian stabilitas sisa terdapat 4 karakteristik campuran yang dianggap memenuhi dari ketujuh karakteristik yang ada. Untuk fleksibilitas, sebenarnya bisa memenuhi namun, perendaman dengan suhu 60°C selama 24 jam memberikan efek pelunakan ringan pada selimut aspal. Ditunjukkan dengan nilai *flow* 3,48% meningkat sebesar 2,65%. Untuk tahan terhadap geser, dengan penurunan *marshall qountient* sebesar 11,99% menjadi 461,9 kg/mm membuat sedikit pelunakan pada selimut aspal yang membuat stabilitas sisa kurang optimal jika dibandingkan dengan stabilitas normal dan kepadatan mutlak. Sedangkan untuk dapat dilaksanakan, stabilitas sisa sulit dilaksanakan pada saat pengerjaan awal, melainkan dibiarkan terbentuk secara alami akibat adanya genangan air hujan dan adanya cuaca ekstrem yang terjadi di lapangan.

Campuran Perkerasan *Taxiway* Lapisan AC-BC Kondisi Kepadatan Mutlak (Kapasitas Beban)

Pengujian kepadatan mutlak dirancang untuk merepresentasikan kondisi batas akhir perkerasan lapis *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) setelah menerima pembebanan secara terus menerus dari roda pesawat udara di area *taxiway* bandara. Kondisi ini diperoleh dengan memberikan pemadatan tambahan sebanyak 400 tumbukan di setiap sisinya dibandingkan dengan pemadatan stabilitas normal dan stabilitas sisa yang hanya dilakukan 75 tumbukan di setiap sisinya. Pemaparan pemadatan mutlak ini menggambarkan proses pemadatan sebenarnya di lapangan seiring berjalannya masa layan, dimana butiran agregat terdesak dan tersusun sangat rapat, sehingga ruang rongga udara pada campuran menyusut hingga mencapai batas paling minimum.

Ditinjau dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, keadaan campuran AC-BC pada kondisi kepadatan mutlak berada dalam performa yang sangat baik dan telah memenuhi seluruh standar spesifikasi KP DJPU 74 Tahun 2026. Dengan hasil yang telah memenuhi standar ini membuktikan bahwa campuran AC-BC pada kepadatan mutlak tidak mengalami kegagalan akibat bleeding dan tetap

memiliki ketahanan struktur yang sangat baik terhadap risiko deformasi plastis hingga kondisi pemadatan maksimumnya.

Peforma suatu campuran beraspal pada campuran AC-BC dengan menggunakan aspal PG 70 ditentukan oleh pemenuhan tujuh sifat utama perkerasan, yang meliputi stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan, kedap air, dan dapat dilaksanakan. Ketujuh karakteristik ini saling berkaitan dan membutuhkan keseimbangan yang presisi. Berikut merupakan sifat aspal yang terdapat pada kepadatan mutlak:

A. Stabilitas

Ditinjau dari pengujian kepadatan mutlak, sifat stabilitas sangat memenuhi persyaratan karena nilainya melonjak ke titik tertinggi sebesar 2355,5 kg, yang jauh melampaui batas minimum 980 kg dalam spesifikasi KP DJPU 74 Tahun 2026. Menurut Silvia Sukirman (2003), stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen. Tingginya angka stabilitas ini terjadi karena energi pemadatan ekstra memaksa butiran agregat tersusun sangat rapat dan saling mengunci secara ekstrem, sehingga perkerasan AC-BC memiliki kapasitas daya dukung mekanis puncak untuk menahan tumpuan beban berat dari roda pesawat udara.

B. Tahan Terhadap Geser

Ditinjau dari pengujian kepadatan mutlak, sifat ketahanan terhadap geser dinyatakan sangat memenuhi syarat karena menghasilkan nilai *marshall quotient* maksimum sebesar 743,0 kg/mm. Menurut Silvia Sukirman (2003), ketahanan terhadap geser adalah kemampuan perkerasan untuk menahan gaya dorong mendatar akibat pengereman, percepatan, atau manuver belokan kendaraan. Kenaikan tajam nilai MQ ini menunjukkan bahwa gesekan antar butir agregat berada pada tingkat tertinggi, sehingga struktur perkerasan menjadi sangat kaku dan tahan terhadap pergeseran maupun pembentukan alur (*rutting*) akibat gaya gesek roda pesawat di *taxiway*.

C. Kedap Air

Ditinjau dari pengujian kepadatan mutlak, sifat kedap air sangat memenuhi persyaratan karena nilai VIM menyusut hingga 3,13% dan VFB meningkat hingga 79,20%. Menurut Silvia Sukirman (2003), kedap air adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam struktur internal yang dapat memicu kerusakan. Pada kondisi pemadatan maksimum ini, rongga udara tersumbat rapat oleh aspal sehingga menciptakan barrier yang sangat kedap dan tidak dapat dipenetrasi oleh air hujan. Selain itu, nilai VIM yang masih memenuhi rentang memastikan bahwa perkerasan aman dari risiko *bleeding* ke permukaan.

Pada pengujian kepadatan mutlak terdapat 3 karakteristik campuran yang dianggap memenuhi dari ketujuh karakteristik yang ada. Untuk durabilitas, rendahnya nilai VIM yaitu 3,13% membuat campuran sangat rapat sehingga durabilitas jangka panjangnya beresiko karena minimnya rongga udara dapat memicu *bleeding* ke permukaan saat suhu perkerasan naik di bawah terik matahari. Untuk fleksibilitas, karena VIM yang makin menyempit, aspal yang terdesak bertindak sebagai pelumas antar butir agregat, akibatnya perkerasan kehilangan kelenturan strukturalnya dan justru rawan mengalami pergeseran plastis (*alur/rutting*). Untuk tahan terhadap kelelahan, menyempitnya rongga udara VIM membuat campuran terlalu kaku, tidak ada lagi rongga udara yang tersedia sehingga menjadi rawan mengalami retak lelah saat menerima pembebanan dari roda pesawat. Sedangkan untuk dapat dilaksanakan, kepadatan mutlak sangat sulit dilaksanakan pada saat pengerjaan awal, melainkan dibiarkan terbentuk secara alami akibat pemadatan oleh roda pesawat selama masa layan.

Hubungan Analisa Parameter Marshall dengan Kondisi Perkerasan di Bandara

Pada kondisi stabilitas normal, pengujian ini mensimulasikan kekuatan struktur awal campuran dan belum terkena pengaruh cuaca dan iklim. Pada kondisi ini, seluruh parameter marshall berada pada proporsi optimum, dimana nilai VIM, VMA, serta stabilitas dan *flow* menghasilkan nilai MQ yang seimbang untuk membentuk perkerasan yang kokoh sekaligus elastis. Nilai VIM yang ideal

memberikan ruang yang cukup bagi aspal PG 70 untuk memuai tanpa merusak agregat, sementara ketebalan film aspal yang pas menjamin daya rekat yang maksimal. Dampaknya, perkerasan AC-BC terhindar dari kerusakan dini seperti alur (*rutting*) maupun pengelupasan (*stripping*), sehingga kerusakan yang timbul di lapangan murni berupa kerusakan jangka panjang alami akibat penuaan aspal.

Pada kondisi stabilitas sisa, dampak perendaman *waterbath* selama 24 jam dengan suhu 60°C memicu kerusakan daya rekat antara aspal dan agregat (batuan). Kondisi stabilitas sisa ini mensimulasikan perkerasan yang tergenang air dan berada pada kelembaban tinggi dalam waktu yang lama. Hal ini dilihat dari penurunan nilai stabilitas marshall dan melonjaknya nilai *flow* mencapai 3,48 mm. Peningkatan nilai *flow* ini mengindikasikan bahwa campuran telah kehilangan kekakuannya dan melunak akibat masuknya air ke dalam struktur perkerasan, sehingga film aspal PG 70 terkelupas dari permukaan agregat. Kerusakan fisik yang terjadi pada perkerasan mencakup pelepasan butiran batuan (*stripping*) dan membuat perkerasan berlubang.

Pada kondisi kepadatan mutlak, pengujian ini mensimulasikan ketahanan dari pemadatan akibat repetisi beban karena dilakukan pemadatan 400 tumbukan di setiap sisinya. Energi berlebih mendesak nilai VIM hingga menyusut pada presentase 3,13% dan melonjakkan nilai MQ sebesar 743 kg/mm. Rendahnya VIM menyebabkan campuran kehilangan ruang untuk memuai, sehingga pada saat temperatur permukaan perkerasan meningkat, aspal PG 70 terdesak naik ke permukaan dan memicu pendarahan aspal (*bleeding*). Selain itu, lonjakan nilai MQ yang terlalu tinggi menggambarkan sifat campuran yang terlalu kaku, sehingga perkerasan tidak sanggup meredam gaya pengereman yang memicu terjadinya deformasi plastis pada suhu tinggi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) menggunakan aspal modifikasi PG 70 untuk perkerasan taxiway bandara, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan berdasarkan irisan rentang kelayakan seluruh parameter Marshall. Kadar aspal minimum sebesar 5,8% ditentukan oleh batas minimum VIM, sedangkan kadar maksimum sebesar 6,1%. Nilai tengah kedua batas tersebut menghasilkan KAO sebesar 5,95%.
2. Pada KAO 5,95%, komposisi campuran terdiri atas agregat kasar fraksi 15–20 mm sebesar 11%, fraksi 10–15 mm sebesar 36%, fraksi 5–10 mm sebesar 14%, agregat halus fraksi 0–5 mm sebesar 38%, filler abu batu sebesar 1%, dan aspal PG 70 sebesar 5,95%.
3. Pada stabilitas normal, diperoleh stabilitas 1.770,7 kg, flow 3,39 mm, VIM 3,51%, VMA 15,35%, VFB 77,15%, dan MQ 524,8 kg/mm. Pada stabilitas sisa, stabilitas sebesar 1.607,8 kg dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebesar 90,80%, sehingga masih memenuhi batas minimum 90%. Sementara itu, pada kepadatan mutlak, stabilitas meningkat menjadi 2.355,5 kg dengan VIM 3,13% dan MQ 743,0 kg/mm.
4. Secara keseluruhan, campuran AC-BC dengan aspal modifikasi PG 70 pada KAO 5,95% memenuhi persyaratan KP DJPU 74 Tahun 2026 dan menunjukkan kinerja yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai lapisan pengikat pada perkerasan taxiway bandar udara.

SARAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan pembahasan mengenai evaluasi kinerja campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) menggunakan aspal modifikasi PG 70 pada perkerasan *taxiway* bandara, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, pencampuran aspal dengan agregat disaat pembuatan benda uji dilakukan dengan campuran aspal panas (*Hot Mix Asphalt*) dengan temperatur pencampuran pada suhu 150°C - 170 °C. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mencoba campuran aspal sedang (*Warm Mix Asphalt*)

- dengan temperatur pencampuran pada suhu 110°C - 140 °C untuk melihat perbedaan parameter marshall yang signifikan.
2. Disarankan untuk menambah variasi jumlah tumbukan di antara kondisi normal dan mutlak (misalnya 75, 150, 250, dan 400 tumbukan). Analisis ini dapat merepresentasikan kondisi perkerasan *taxiway* pada tahun-tahun awal hingga pertengahan masa layan, sehingga dapat diketahui lebih jelas mengenai karakteristik perkerasan *taxiway* bandara secara lebih rinci.

REFERENSI

- Ahmad, K. A., & Yunaefi, I. (2021). Karakteristik campuran beton aspal (AC-WC) dengan menggunakan variasi kadar filler limbah abu terbang batubara. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 2, 51–57.
- Akbar, S. J. (2016). Penggunaan abu batu bara sebagai filler pada campuran aspal beton AC-BC. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 6(2), 121–130.
- Al-Amri, F. (2013). Studi perbandingan penggunaan aspal minyak dengan aspal Buton Lawele pada campuran Asphalt Concrete Base Course (AC-BC) menggunakan metode Marshall Test. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 4(2), 181–190.
- Ananto, M. A. K., & Kurniawan, M. A. (2025). Perbandingan karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course modifikasi PG 70 dan aspal penetrasi 60/70 dengan bahan tambah anti stripping agent.
- Ariawan, I. M. A. (2014). Variasi agregat lonjong pada agregat kasar terhadap karakteristik lapisan aspal beton (Laston). *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 1983, 1–9.
- Ariawan, I. M. A., & Widhiawati, I. R. (2010). Pengaruh gradasi agregat terhadap karakteristik campuran Laston. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 14(2), 198–207.
- Ichwan, M. (2023). Perbandingan kinerja campuran AC-BC dengan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran dua tahap.
- Indarwati, S., Respati, S. M. B., & Darmanto. (2019). Kebutuhan daya pada air conditioner saat terjadi perbedaan suhu dan kelembaban. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 15(1), 91–95.
- Irwansyah, R. (2021). Pengaruh substitusi styrofoam pada campuran aspal penetrasi 60/70 terhadap Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan pengujian Marshall.
- Januardi. (2011). Pengaruh kepadatan mutlak terhadap kekuatan campuran aspal pada lapisan permukaan HRS-WC.
- Mahardiananta, I. M. A., Haryawan, I. G. A., Prihananta, P. D., & Nyoman, I. (2022). Design and construction of waterbath based microcontroller. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 5, 349–359.
- Melati. (2024). Analisis mutu kualitas aspal AC-BC terhadap sifat fisika material di PT BRU Kabupaten Lahat.
- Meliala, A. P. (2024). Analisis rencana penambahan tahap 1 Taxiway Alpha dan Bravo menggunakan perkerasan rigid pavement di Bandara Internasional Kualanamu.
- Muliasari, A., & Lukiana. (2013). Penentuan tebal perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR (California Bearing Ratio) dan ESWL (Equivalent Single Wheel Load) pesawat rencana pada perencanaan pembangunan bandar udara baru di Karawang. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 181–191.
- Putri, S. P., Pakombong, V., & Item, R. (2024). Analisis ayakan terhadap sampel tanah pada wilayah Kadun Jaya. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 5(2), 55–60.
- Ridha, N. (2017). Proses penelitian, masalah, variabel dan paradigma penelitian. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 14(1), 62–70.
- Ridwan, F. S. (2017). Analisis pengaruh pemanfaatan abu sekam sebagai filler pada campuran aspal beton. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 1–8.
- Santika, Y. (2024). Analisis variasi durasi perendaman pada campuran aspal beton menggunakan gradasi FAA dan BBA untuk perkerasan runway. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 88–97.

- Simaremare, F., Bunahri, R. R., Novie, D., Arta, C., & Kona, M. (2023). Analisa penambahan jalur Circuit D pada Taxiway di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai–Bali. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 1(2), 122–131.
- Sukirman, S. (2016). *Beton aspal campuran panas*.
- Sulung, U., & Muspawi, M. (2024). Memahami sumber data penelitian: Primer, sekunder, dan tersier. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 5, 110–116.
- Suryanto, & Nurokhman. (2022). Evaluasi properti Marshall terhadap mutu aspal beton lapangan pada runway Bandara Yogyakarta International Airport. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, IV(1), 59–72.
- Syahroni, M. I. (2022). Prosedur penelitian kuantitatif. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 2(3), 43–56.
- Tajudin, A. N. (2017). Analisis indeks stabilitas sisa pada campuran Asphalt Concrete dengan penggunaan limbah plastik sebagai agregat pengganti. *[Nama jurnal tidak tersedia]*, 1(1), 272–280.