

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 4, Nomor 8, September, P. 73-90
E-ISSN: 2986-6340
Licensed by CC BY-SA 4.0
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.22683680>

Analisa Kinerja Campuran Optimum Lapis Aus (Ac-Wc) untuk Perkerasan Runway Bandara Menggunakan Aspal Pg 76

Analysis of the Optimum Performance of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Mixtures for Airport Runway Pavements Using PG 76 Asphalt

Andi Rahmadani Suryanto¹, Irfan Zhain², Yogie Risdianto³

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

Email: andirahmadani011203@gmail.com

Abstrak

Transportasi udara di Indonesia mengalami perkembangan pesat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik terjadi kenaikan penumpang domestik sebanyak 5,5 juta penumpang dan penumpang internasional sebanyak 1,84 juta penumpang pada periode Desember 2024 – 2025. Peningkatan penumpang dan perkembangan pesat transportasi udara tersebut harus ditunjang oleh prasarana bandar udara terutama perkerasan pada sisi *runway* yang melayani proses lepas landas dan pendaratan pesawat untuk menjamin keamanan dan kenyamanan perjalanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan karakteristik parameter marshall pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) menggunakan aspal PG 76 untuk perkerasan *runway* bandara. Metode yang digunakan adalah eksperimental di laboratorium dengan pengujian berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026. Hasil Trial Gradasi Combine menunjukkan bahwa trial 3 menghasilkan kinerja terbaik diantara trial lainnya. Hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran AC – WC yang didapatkan sebesar 5,70%. Berat material yang digunakan pada kondisi KAO mulai dari agregat fraksi 10 – 15 sebesar 328,2 gram, agregat fraksi 5 – 10 sebesar 271,6 gram, agregat fraksi 0 – 5 sebesar 520,5 gram, filler sebesar 11,3 gram, dan aspal sebesar 68,4 gram.

Kata Kunci: AC – WC, Aspal PG 76, Runway, KP DJPU 74 Tahun 2026

Abstract

Air transportation in Indonesia is experiencing rapid growth. According to Statistics Indonesia (BPS), there was an increase of 5.5 million domestic passengers and 1.84 million international passengers during the period from December 2024 to 2025. This surge in passenger volume and the rapid growth of air transport must be supported by robust airport infrastructure, particularly runway pavement that accommodates aircraft take-off and landing operations to guarantee safe and comfortable travel. This study aims to analyze the performance and Marshall parameter characteristics of an Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) mixture utilizing PG 76 polymer-modified asphalt binder for airport runway pavement. A laboratory experimental method was employed, with testing procedures conducted in accordance with the Decree of the Director General of Civil Aviation (KP DJPU) No. 74 of 2026. The results of the combined gradation trials indicate that Trial 3 achieved the optimum performance compared to the other trial formulations. The resulting Optimum Asphalt Content (OAC) for the AC-WC mixture was determined to be 5.70%. The material proportions utilized under the OAC condition comprised 328.2 grams of 10–15 mm aggregate fraction, 271.6 grams of 5–10 mm aggregate fraction, 520.5 grams of 0–5 mm aggregate fraction, 11.3 grams of mineral filler, and 68.4 grams of PG 76 asphalt binder.

Keywords: AC-WC, PG 76 Asphalt Binder, Runway, KP DJPU No. 74 of 2026

Article Info

Received date: 20 August 2026

Revised date: 28 August 2026

Accepted date: 7 September 2026

PENDAHULUAN

Transportasi udara pada masa ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dibuktikan dengan kenaikan jumlah penggunaannya. Berdasarkan berita resmi dari data Badan Pusat Statistik (2026), terdapat kenaikan jumlah pengguna transportasi udara di Indonesia baik penumpang atau barang pada periode Desember 2024 – Desember 2025. Penumpang udara domestik mengalami kenaikan sebanyak 5,5 juta orang atau naik sebesar 9,02%. Penumpang udara internasional mengalami kenaikan sebanyak 1,8 juta orang atau naik sebesar 8,54%. Angkutan barang udara domestik mengalami kenaikan sebesar 57,0 ribu ton atau naik sebesar 4,97%.

Kenaikan pada transportasi udara tersebut didasarkan pada aspek pada penggunaannya yang mempertimbangkan biaya, waktu perjalanan lebih singkat, tingkat keamanan tinggi, dan kenyamanan

yang disediakan (Susilawati, 2024). Transportasi udara tergolong dalam sarana transportasi yang cepat, efektif, efisien, aman dan nyaman. Kenaikan penumpang dan perkembangan pesat dalam bidang transportasi udara ini harus ditunjang oleh prasarana bandar udaranya (Atmaja & Puspitasari, 2023).

Bandara merupakan prasarana utama dalam pelaksanaan transportasi udara di bidang penerbangan. Menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*), bandara atau bandar udara adalah suatu kawasan yang berada di daratan atau perairan (mulai dari instalasi, bangunan, hingga peralatan pengoperasian bandar udara) yang digunakan dalam menyeluruh atau sebagian diperuntukkan bagi kedatangan, keberangkatan serta perpindahan pesawat (Mahyuddin dkk., 2021).

Prasarana bandara dalam melaksanakan fungsinya dibagi menjadi beberapa sisi. Berdasarkan Permenhub PM Nomor 77 Tahun 2015 prasarana bandara terbagi menjadi dua jenis yaitu prasarana sisi darat dan prasarana sisi udara. Pada bagian sisi udara prasarana bandara landasan pacu (*runway*) merupakan aspek yang penting dan krusial dalam pelaksanaan penerbangan baik lepas landas ataupun pendaratan (Gunawan, 2024).

Landasan pacu (*runway*) adalah bidang berbentuk persegi yang jalur perkerasannya digunakan pesawat untuk melakukan pendaratan (*landing*) serta lepas landas (*take off*). Perkerasan pada landasan pacu harus direncanakan untuk dapat menahan beban dari pesawat yang beroperasi baik saat pendaratan maupun lepas landas, manuver pesawat, stabilitas, kriteria dimensi dan operasional lainnya (Zahra, 2023).

Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara, perkerasan bandara dibedakan menjadi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Namun perkerasan yang digunakan pada landasan pacu (*runway*) umumnya adalah perkerasan lentur. Perkerasan lentur digunakan karena perkerasan pada *runway* membutuhkan fleksibilitas yang tinggi serta tekstur yang kasar. Umumnya jenis perkerasan lentur yang digunakan pada *runway* adalah beton aspal (Laston) atau dengan nama lain *Asphalt Concrete (AC)*.

Berdasarkan Sukirman (2010) Beton aspal atau *Asphalt Concrete (AC)* adalah lapis permukaan yang menggunakan agregat bergradasi baik pada campurannya. Lapis ini digunakan pada jalur dengan beban lalu lintas yang berat yang sesuai dengan kebutuhan perkerasan *runway* yang harus mampu menahan beban berat pesawat saat lepas landas ataupun mendarat.

Lapisan aspal beton berdasarkan fungsinya dibagi menjadi tiga jenis yaitu laston berfungsi sebagai lapis yang dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), laston sebagai lapis pengikat yang dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), dan laston sebagai lapisan pondasi yang dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*) (Akbar, 2013). Lapis perkerasan AC-WC pada *runway* bandara harus direncanakan dengan matang dimana lapisan ini harus memiliki fleksibilitas tinggi dan kekasaran permukaan yang mencukupi. Lapisan AC-WC termasuk pada lapisan permukaan yang langsung bersentuhan dengan roda pesawat sehingga kondisi lapisan ini sangat penting dalam menentukan keamanan dan keberhasilan pesawat saat melaksanakan proses lepas landas dan pendaratan.

ICAO menyatakan dari tahun 2006 hingga 2012 kecelakaan pada penerbangan di bandar udara seluruh dunia 59% terjadi akibat landasan pacu yang kurang memadai (Pakan, 2014). Salah satu penyebab kurang memadainya landasan pacu adalah adanya kerusakan pada perkerasan landasan pacu. Berdasarkan Karma (2020) kerusakan pada perkerasan lentur landasan pacu dapat digolongkan menjadi keretakan (*cracking*), lepas-lepas/kerontokan (*disintegration*), perubahan permukaan konstruksi (*distortion*), dan kehilangan kekesatan (*loss of skid resistance*). Berdasarkan pernyataan tersebut maka diperlukan perencanaan landasan pacu (*runway*) secara matang termasuk perkerasan yang direncanakan. Perkerasan *runway* yang memadai dapat ditinjau dari hasil uji stabilitas marshall yang ada.

Stabilitas marshall adalah kemampuan benda uji dalam menerima beban lalu lintas atau kendaraan tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi secara permanen) seperti alur (*rutting*), gelombang, maupun *bleeding*. Nilai stabilitas marshall dipengaruhi oleh kadar aspal, kohesi aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk serta tekstur dari permukaan gradasi agregatnya (Putra dkk., 2023).

Oleh karena itu, penelitian “Analisa Kinerja Campuran Optimum Lapis Aus (AC-WC) Untuk Perkerasan *Runway* Bandara Menggunakan Aspal PG 76” bertujuan untuk menganalisis kinerja campuran AC-WC yang paling efektif untuk perkerasan *runway* bandara yang ditinjau pada aspek

kinerja pada setiap parameter marshallnya dengan aspal PG 76 sebagai pengikat antar agregatnya. Penggunaan aspal PG 76 dimaksudkan agar hasil nilai stabilitas marshall dapat memenuhi standart yang ada dan mengacu pada Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang didapatkan sebagai berikut:

- Bagaimana hasil *trial gradasi combine* pada campuran AC-WC menggunakan aspal PG 76 untuk perkerasan *runway* bandara?
- Bagaimana hasil uji marshall pada parameter Stabilitas, *Flow*, Kepadatan, MQ, VIM, VMA, dan VFB terhadap benda uji variasi kadar aspal dari campuran AC-WC menggunakan aspal PG 76 untuk perkerasan *runway* bandara?
- Berapa Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dihasilkan pada campuran AC-WC menggunakan aspal PG 76 untuk perkerasan *runway* bandara?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Transportasi dan Bahan Jalan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya pada Januari–Juni 2026. Penelitian bertujuan menganalisis karakteristik campuran AC-WC menggunakan aspal modifikasi PG 76 berdasarkan parameter Marshall.

Material yang digunakan terdiri atas agregat kasar, agregat halus, filler berupa abu batu dari PT Bumindo Sakti, serta aspal modifikasi polimer PG 76 dari PT Buntara Megah Inti. Pengujian material meliputi karakteristik agregat, filler, dan aspal yang mengacu pada standar ASTM, SNI, serta Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026.

Perencanaan campuran dilakukan dengan menentukan gradasi agregat dan proporsi masing-masing fraksi melalui metode *trial and error*, kemudian menentukan kadar aspal rencana (Pb). Digunakan lima variasi kadar aspal, yaitu Pb–1,0%; Pb–0,5%; Pb; Pb+0,5%; dan Pb+1,0%, dengan tiga benda uji pada setiap variasi. Sebanyak sembilan benda uji digunakan untuk *trial gradasi* dan 15 benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO), sehingga total benda uji sebanyak 24 buah.

Pembuatan dan pengujian benda uji mengacu pada SNI 06-2489-1991. Campuran agregat dan aspal dipanaskan serta dicampur pada temperatur yang ditentukan, kemudian dipadatkan menggunakan Marshall compactor sebanyak 75 tumbukan pada masing-masing sisi benda uji untuk kondisi lalu lintas berat. Pengujian Marshall dilakukan untuk memperoleh nilai stabilitas, *flow*, Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VFB.

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan membuat hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall. KAO ditentukan berdasarkan kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratan parameter Marshall dan volumetrik sesuai spesifikasi yang digunakan. Hasil analisis selanjutnya dibandingkan dengan standar teknis sebagai dasar penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari AMP PT. Bumindo Sakti. Agregat ini merupakan batuan pecah serta pasir yang berasal dari proses pemecahan batuan dengan mesin *stone crusher*. Pengujian agregat dibagi menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Pengujian agregat dilaksanakan sesuai pedoman berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian merupakan batuan pecah yang dikelompokkan menjadi agregat fraksi 5 – 10 dan fraksi 10 – 15. Pengujian agregat kasar dilaksanakan sesuai dengan pedoman yang ada.

Hasil pengujian agregat kasar telah memenuhi persyaratan pada pedoman berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.

A. Abrasi dengan mesin *Los Angeles*

Pengujian abrasi dengan mesin *los angeles* berpedoman pada ASTM C131 dan SNI 2417:2008.

Pengujian ini mendapatkan nilai sebesar 16,40%. Berdasarkan persyaratan pada pedoman KP DJPU

74 Tahun 2026, hasil pengujian material agregat kasar dapat melayani pesawat dengan berat layan lebih dari atau sama dengan 60.000 lbs atau 27.200 kg dengan persyaratan nilai maksimum 30%.

B. Gumpalan lempung dan bahan mudah pecah/rapuh dalam agregat (*Clay lumps and friable particles*)

Pengujian gumpalan lempung dan bahan mudah pecah/rapuh dalam agregat berpedoman kepada ASTM C142 dan SNI 4141:2015. Pengujian ini menghasilkan nilai sebesar 0,25%. Hasil pengujian ini berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 dengan persyaratan nilai maksimum 0,3% dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar telah memenuhi persyaratan.

C. Persentase partikel pecah pada agregat kasar (*Percentage of Fractured Particles*)

Pengujian persentase partikel pecah pada agregat kasar berpedoman pada ASTM D 5821 dan SNI 7619: 2012. Pengujian ini menghasilkan nilai sebesar 100% dikarenakan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batu pecah yang dihasilkan dari *stone crusher*. Berdasarkan persyaratan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026, hasil pengujian material agregat kasar dapat melayani pesawat dengan berat layan lebih dari atau sama dengan 60.000 lbs atau 27.200 kg dengan persyaratan 85% agregat memiliki bidang pecah satu atau lebih dan 75% agregat memiliki bidang pecah dua atau lebih.

D. Partikel pipih (rasio lebar dan tebal lebih dari 5 dan lonjong (rasio panjang dan lebar lebih dari 5)

Pengujian partikel pipih berpedoman pada ASTM D 4791 dan SNI 8287-2016. Pengujian ini menghasilkan nilai sebesar 5,13%. Hasil pengujian ini berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 dengan persyaratan nilai maksimum 8% dapat disimpulkan material agregat kasar telah memenuhi persyaratan.

Berdasarkan beberapa hasil pengujian yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar dari PT Bumindo Sakti dapat digunakan sebagai material pembentuk campuran lapis AC-WC untuk perkerasan *runway* bandara.

Pengujian diatas merupakan pengujian yang dipersyaratkan dalam pedoman KP DJPU 47 Tahun 2026. Selain pengujian diatas, peneliti juga melaksanakan pengujian untuk mengetahui berat jenis agregat kasar. Hasil pengujian agregat kasar didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian Berat Jenis	Hasil Uji
Berat jenis curah kering	2,676 gr/cm ³
Berat jenis curah jenuh kering permukaan	2,712 gr/cm ³
Berat jenis semu	2,776 gr/cm ³
Penyerapan air	1,339 %

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian berat jenis agregat kasar digunakan dalam perhitungan volumetrik campuran aspal dalam parameter marshall nantinya sehingga pengujian ini harus dilaksanakan. Pengujian berat jenis ini tidak memiliki persyaratan besaran nilai yang harus dipenuhi dalam pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026.

Hasil Pengujian Agregat Halus dan *Filler*

Agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) yang digunakan pada penelitian merupakan agregat fraksi 0 – 5. Pengujian agregat halus serta *filler* dilaksanakan sesuai dengan pedoman yang ada. Terdapat beberapa jenis pengujian yang dilakukan dalam pengujian ini.

Hasil pengujian agregat halus dan *filler* telah memenuhi persyaratan pada pedoman berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.

A. Pengujian Lolos Saringan 200

Pengujian lolos saringan 200 berpedoman pada ASTM C4079. Pengujian ini menghasilkan nilai sebesar 4,53%. Hasil pengujian ini berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 dengan persyaratan hasil pengujian pada rentang 3% – 6% disimpulkan material agregat halus telah memenuhi persyaratan.

B. Pengujian kandungan lempung, material organik dan bahan mudah pecah dalam agregat (*Clay lumps and friable particles*)

Pengujian kandungan lempung, material organik dan bahan mudah pecah dalam agregat (*clay lumps and friable particles*) berpedoman kepada ASTM C142 dan SNI 4141:2015. Pengujian ini memperoleh hasil sebesar 0,14%. Hasil pengujian ini berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun

2026 dengan persyaratan nilai maksimum 0,3% dapat disimpulkan material agregat halus telah memenuhi persyaratan.

Berdasarkan beberapa hasil pengujian yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa agregat fraksi 0 – 5 dari PT Bumindo Sakti dapat digunakan sebagai material agregat halus dan *filler* pembentuk campuran lapis AC-WC untuk perkerasan *runway* bandara.

Pengujian diatas merupakan pengujian yang dipersyaratkan dalam pedoman KP DJPU 47 Tahun 2026. Selain pengujian diatas, peneliti juga melaksanakan pengujian untuk mengetahui berat jenis agregat halus. Hasil pengujian agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian Berat Jenis	Hasil Uji
Berat jenis curah kering	2,717
Berat jenis curah jenuh kering permukaan	2,744
Berat jenis semu	2,793
Penyerapan air	1,0%

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian agregat halus digunakan dalam perhitungan volumetrik campuran aspal dalam parameter marshall nantinya sehingga pengujian ini harus dilaksanakan. Pengujian berat jenis ini tidak memiliki persyaratan besaran nilai yang harus dipenuhi dalam pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026.

Hasil Pengujian Analisis Saringan

Hasil analisis saringan menunjukkan karakteristik gradasi yang berbeda pada setiap fraksi agregat yang digunakan dalam campuran AC-WC. Pengujian dilakukan terhadap dua sampel pada masing-masing fraksi, kemudian hasilnya dirata-ratakan.

Agregat fraksi 0–5 memiliki persentase lolos saringan No. 4 (4,75 mm) sebesar 99,31%, sehingga berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026 dikategorikan sebagai agregat halus dan memenuhi penggunaannya sebagai material campuran AC-WC.

Agregat fraksi 5–10 memiliki persentase lolos saringan No. 4 sebesar 54,49%, sedangkan material yang tertahan sebesar 45,51%. Komposisi tersebut menunjukkan karakteristik agregat yang berada pada rentang sedang hingga kasar, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu fraksi pembentuk campuran AC-WC. Nilai modulus kehalusan yang diperoleh sebesar 6,41.

Sementara itu, agregat fraksi 10–15 memiliki persentase material yang tertahan saringan No. 4 sebesar 98,68%, sehingga dikategorikan sebagai agregat kasar sesuai KP DJPU 74 Tahun 2026. Agregat ini memiliki nilai modulus kehalusan sebesar 7,66 dan dapat digunakan sebagai fraksi agregat kasar dalam campuran AC-WC.

Secara keseluruhan, hasil analisis saringan menunjukkan bahwa fraksi 0–5, 5–10, dan 10–15 memiliki distribusi ukuran butiran yang sesuai untuk digunakan sebagai material penyusun campuran AC-WC.

Hasil Pengujian Aspal PG 76

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal modifikasi *Performance Grade* 76 (PG 76) berasal dari PT Buntara Megah Inti. Pengujian material aspal dilaksanakan sesuai dengan pedoman berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.

Hasil pengujian material aspal modifikasi PG 76 telah memenuhi persyaratan pada pedoman berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai pengujian sebagai berikut.

A. Pengujian Penetrasi 100g, 5 detik, 25 °C, 0,1 mm

Pengujian penetrasi aspal modifikasi PG 76 berpedoman kepada ASTM D5 dan SNI 2456:2011.

Pengujian ini menghasilkan nilai 55,3. Berdasarkan pedoman pada KP DJPU 74 Tahun 2026, pengujian penetrasi tidak memiliki persyaratan besaran nilai secara spesifik namun harus dilaporkan.

B. Pengujian Titik Lembek, °C

Pengujian titik lembek pada aspal modifikasi PG 76 berpedoman kepada ASTM D36 dan SNI 2432:2011. Pengujian ini menghasilkan suhu titik lembek sebesar 80°C. Hasil pengujian titik lembek sudah sesuai dengan persyaratan dasar dari aspal modifikasi setara PG 76 dimana aspal ini harus

memiliki titik lembek sekitar 76°C. Berdasarkan pedoman pada KP DJPU 74 Tahun 2026, pengujian penetrasi tidak memiliki persyaratan besaran nilai secara spesifik namun harus dilaporkan.

C. Pengujian Titik Nyala, °C

Pengujian titik nyala aspal modifikasi PG 76 berpedoman pada ASTM D92 dan SNI 2433:2011. Pengujian ini menghasilkan suhu titik nyala sebesar 308°C. Hasil pengujian ini berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 dengan persyaratan suhu minimum 230°C dapat disimpulkan material aspal telah memenuhi persyaratan.

D. Pengujian Daktilitas, cm

Pengujian daktilitas aspal modifikasi PG 76 berpedoman pada SNI 2432:2011. Pengujian ini menghasilkan regangan sepanjang (145+) cm. Pengujian daktilitas ini tidak dilaksanakan hingga titik putus aspal dikarenakan keterbatasan dari alat yang digunakan, sehingga penulisan hasil uji (145+) cm. Pengujian ini tidak dipersyaratkan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. sehingga tidak ada besaran nilai yang harus dicapai dalam pengujian ini.

E. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis aspal modifikasi PG 76 berpedoman pada SNI 2441:2011. Pengujian menghasilkan nilai sebesar 1,028. Pengujian ini tidak dipersyaratkan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 sehingga tidak ada besaran nilai yang harus dicapai dalam pengujian ini. Namun hasil pengujian ini digunakan dalam perhitungan volumetrik campuran dan parameter marshall nantinya sehingga pengujian ini dilaksanakan oleh peneliti.

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah memenuhi spesifikasi atau persyaratan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026, maka dapat disimpulkan bahwa aspal modifikasi PG 76 dari PT Buntara Megah Inti dapat digunakan sebagai material pembentuk campuran lapis AC-WC untuk perkerasan *runway* bandara.

Trial Gradasi Combine

Trial gradasi combine dilakukan untuk menentukan proporsi agregat yang paling sesuai sebelum penyusunan design mix formula. Tiga variasi gradasi dirancang menggunakan metode trial and error berdasarkan batas gradasi AC-WC pada KP DJPU 74 Tahun 2026. Proporsi agregat pada Trial 1, Trial 2, dan Trial 3 berturut-turut terdiri atas fraksi 10–15 sebesar 32%, 30%, dan 29%; fraksi 5–10 sebesar 30%, 27%, dan 24%; fraksi 0–5 sebesar 36%, 42%, dan 46%; serta filler sebesar 2%, 1%, dan 1%. Ketiga variasi tersebut berada dalam rentang gradasi yang dipersyaratkan.

Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa Trial 1, Trial 2, dan Trial 3 masing-masing menghasilkan stabilitas sebesar 1.143,1 kg; 1.132,3 kg; dan 1.399,7 kg. Nilai flow berturut-turut sebesar 4,39; 6,44; dan 3,75 mm, sedangkan VMA sebesar 18,66%; 20,27%; dan 18,96%. Seluruh variasi memenuhi persyaratan stabilitas minimum 980 kg dan VMA minimum 15%, tetapi nilai VIM seluruh trial masih berada di atas rentang spesifikasi 3,3–4%.

Berdasarkan hasil tersebut, Trial 3 dipilih sebagai gradasi yang digunakan dalam penyusunan design mix formula karena menghasilkan stabilitas tertinggi (1.399,7 kg), flow sebesar 3,75 mm yang memenuhi spesifikasi, serta VMA sebesar 18,96%. Meskipun nilai VIM belum memenuhi persyaratan, parameter tersebut selanjutnya dioptimalkan melalui variasi kadar aspal dalam penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).

Design Mixed Formula Lapisan AC-WC Runway

Berdasarkan hasil trial gradasi, diperoleh proporsi agregat terbaik untuk campuran AC-WC, yaitu agregat fraksi 10–15 sebesar 29%, fraksi 5–10 sebesar 24%, fraksi 0–5 sebesar 46%, dan filler abu sebesar 1%. Hasil analisis gradasi menunjukkan seluruh persentase lolos saringan berada dalam rentang spesifikasi gradasi AC-WC berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026, sehingga proporsi tersebut digunakan sebagai rancangan design mix formula.

Berdasarkan gradasi tersebut, diperoleh komposisi material berupa agregat kasar (CA) sebesar 56,84%, agregat halus (FA) sebesar 38,56%, dan filler sebesar 4,60%. Perhitungan kadar aspal rencana menghasilkan nilai Pb sebesar 5,1%, yang selanjutnya digunakan sebagai kadar aspal tengah dalam penentuan variasi kadar aspal.

Lima variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,1%; 4,6%; 5,1%; 5,6%; dan 6,1%, dengan interval 0,5%. Setiap variasi dibuat sebanyak tiga benda uji dengan berat masing-masing 1.200 gram, sehingga total benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebanyak 15 buah. Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan proporsi agregat yang telah ditentukan dan mengacu pada SNI 06-2489-1991.

Pengujian Marshall

Pengujian marshall merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan kinerja atau performa dari campuran aspal. Pengujian marshall dilaksanakan untuk mendapatkan nilai parameter-parameter yang diperlukan. Hasil dari pengujian marshall campuran AC-WC pada setiap parameter menjadi acuan peneliti untuk memutuskan apakah rancangan *design mixed formula* yang telah dibuat sudah memenuhi persyaratan ataupun standar untuk perkerasan bandara.



Gambar 1. Perendaman *Water Bath*
Sumber: Analisis Peneliti (2026)



Gambar 2. Pengujian Marshall
Sumber: Analisis Peneliti (2026)

Pengujian marshall yang dilakukan oleh peneliti di laboratorium berpedoman pada SNI 06-2489-1991 Tentang Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. Pengujian marshall dilaksanakan setelah benda uji dilepas dari cetakan (*mold*) dan diukur volumetrik (berat kering, berat SSD, serta berat dalam air). Setelah diukur berat untuk keperluan analisis volumetrik, benda uji direndam pada *water bath* selama 30 – 40 menit untuk pengujian marshall normal seperti pada Gambar 4.7. Pengujian marshall dilakukan menggunakan alat uji marshall seperti pada Gambar 4.8. Pengujian menggunakan alat marshall menghasilkan nilai stabilitas (*stability*) pada dial atas dan kelelahan (*flow*) pada dial bawah. Adapun hasil pengujian marshall serta volumetrik dari benda uji campuran AC-WC menggunakan aspal PG-76 untuk perkerasan *runway* bandara disajikan sebagai berikut.

Parameter Uji Marshall

Parameter pengujian marshall terdiri dari beberapa parameter pengujian yang dijadikan sebagai acuan penilaian terhadap kualitas dan kinerja dari campuran aspal yang ada. Adapun hasil pengujian marshall campuran berdasarkan setiap parameter pengujian disajikan sebagai berikut.

A. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi atau perubahan bentuk permanen (*permanent deformation*). Hasil pengujian stabilitas dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal disajikan sebagai berikut.

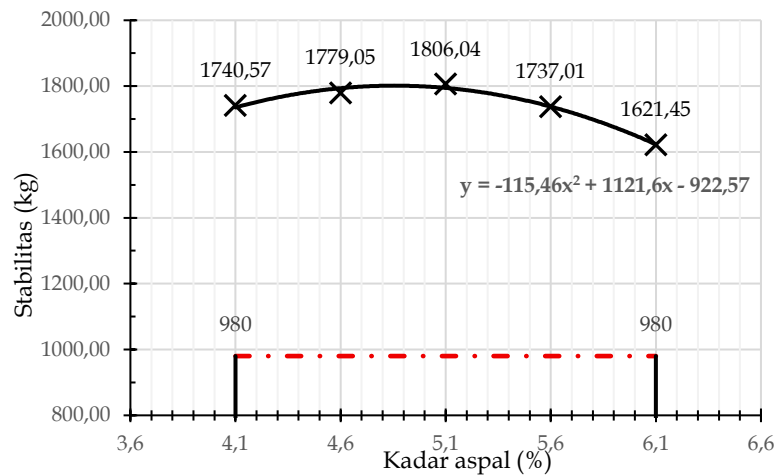
Tabel 3. Hasil Pengujian Stabilitas (*Stability*)

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Spesifikasi
4,1	1740,57	Min. 980 Berdasarkan
4,6	1779,05	
5,1	1806,04	

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Spesifikasi
5,6	1737,01	KP DJPU 74 Tahun 2026
6,1	1621,45	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian stabilitas berdasarkan rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Stabilitas (kg)

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil stabilitas berdasarkan grafik membentuk tren garis parabolik yang naik secara bertahap hingga mencapai titik puncak lalu turun seiring dengan penambahan kadar aspal. Hasil stabilitas pada titik puncak (optimum) berada pada kadar aspal 5,1% dengan nilai stabilitas sebesar 1806,04 kg.

Hasil pengujian stabilitas (*stability*) menunjukkan bahwa campuran AC-WC yang telah dibuat pada seluruh variasi kadar aspal memiliki nilai stabilitas yang melampaui spesifikasi yang ada dengan syarat minimal 980 kg berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa stabilitas campuran naik berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal dan memiliki nilai tertinggi saat campuran mencapai variasi titik aspal optimum lalu turun kembali seiring penambahan kadar aspal. Saat campuran mencapai kadar aspal optimum, maka ikatan antara aspal dengan agregat pada benda uji telah terikat secara penuh dimana campuran akan mencapai kekuatan stabilitas maksimum dan tidak akan terjadi retak (*cracking*) saat kekurangan aspal maupun *bleeding* saat kadar aspal berlebih.

B. Kelelahan (*flow*)

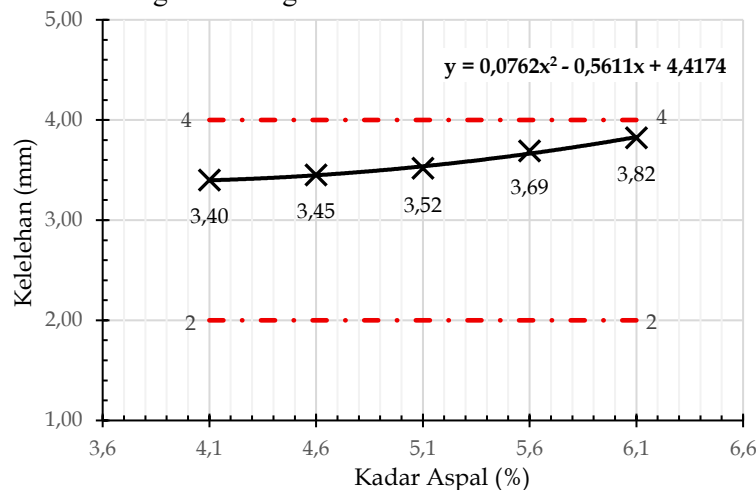
Kelelahan (*flow*) adalah nilai dari besarnya perubahan bentuk plastis (deformasi) dari campuran aspal padat yang merupakan akibat dari adanya beban hingga batas keruntuhan. Pengujian kelelahan diukur dengan menggunakan alat marhsall bersamaan dengan pengukuran stabilitas dengan menggunakan arloji pengukur kelelahan (*flow meter*). Hasil pengujian kelelahan (*flow*) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 5 Hasil Pengujian Kelelahan (*flow*)

Kadar Aspal (%)	Kelelahan (<i>flow</i>) (mm)	Spesifikasi
4,1	3,40	(2 – 4) mm Berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	3,45	
5,1	3,52	
5,6	3,69	
6,1	3,82	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian keelehan (*flow*) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Kelelahan/*Flow* (mm)
Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil keelehan (*flow*) berdasarkan grafik membentuk tren garis cekung keatas yang naik secara bertahap seiring dengan penambahan kadar aspal. Hasil pengujian keelehan (*flow*) menunjukkan bahwa campuran AC-WC yang telah dibuat pada seluruh variasi kadar aspal memiliki nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi yang ada dengan syarat keelehan pada rentang (2 – 4) mm berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa nilai keelehan (*flow*) meningkat berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal dikarenakan semakin banyak aspal maka akan semakin banyak lekatan antara aspal dengan agregat yang menyebabkan campuran aspal akan dapat meregang dan melunak tanpa mengalami retak (elastis).

C. Kepadatan (*density*)

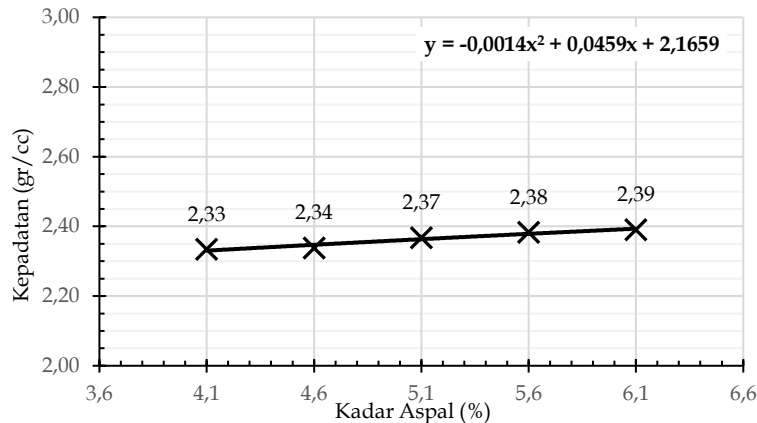
Kepadatan (*density*) adalah tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Hasil pengujian kepadatan (*density*) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kepadatan (*Density*)

Kadar Aspal (%)	Kepadatan(<i>density</i>) (gr/cc)	Spesifikasi
4,1	2,33	Tidak Dipersyaratkan pada KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	2,34	
5,1	2,37	
5,6	2,38	
6,1	2,39	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian kepadatan (*density*) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.

**Gambar 5** Grafik Hasil Pengujian Kepadatan (gr/cc)

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil kepadatan (*density*) berdasarkan grafik membentuk tren garis linear keatas yang naik secara bertahap seiring dengan penambahan kadar aspal. Ketentuan atau persyaratan nilai hasil pengujian kepadatan (*density*) tidak dipersyaratkan pada pedoman Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara, sehingga hasil pengujian kepadatan campuran AC-WC setiap variasi kadar aspal dapat digunakan. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai kepadatan (*density*) berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal dikarenakan aspal berfungsi sebagai bahan pengikat sekaligus menjadi bahan pengisi terhadap rongga pada campuran yang melumasi partikel agregat saat pemadatan sehingga nilai kepadatan campuran dapat meningkat seiring penambahan kadar aspal.

D. *Marshall Quotient* (MQ)

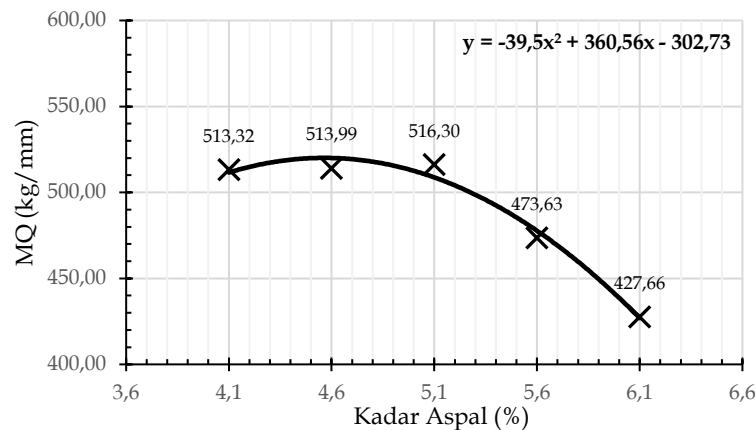
Marshall Quotient (MQ) merupakan nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan dari campuran beraspal dalam menerima beban terhadap deformasi plastis akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 7 Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (MQ)

Kadar Aspal (%)	<i>Marshall Quotient</i> (MQ) (kg/mm)	Spesifikasi
4,1	513,32	Tidak Dipersyaratkan pada KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	513,99	
5,1	516,30	
5,6	473,63	
6,1	427,66	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (kg/mm)
Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil *Marshall Quotient* (MQ) berdasarkan grafik membentuk tren garis parabolik (cembung) yang naik secara bertahap hingga mencapai titik puncak lalu turun seiring dengan penambahan kadar aspal. Hasil MQ pada titik puncak (optimum) berada pada kadar aspal 5,1% dengan nilai MQ sebesar 516,30 kg/mm.

Ketentuan atau persyaratan nilai hasil pengujian *Marshall Quotient* (MQ) tidak tercantum atau dipersyaratkan pada pedoman Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara, sehingga hasil pengujian kepadatan campuran AC-WC setiap variasi kadar aspal dapat digunakan. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai *Marshall Quotient* (MQ) dari campuran AC-WC berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal dan memiliki nilai tertinggi saat campuran mencapai variasi titik aspal optimum lalu turun kembali seiring penambahan kadar aspal.

Fase grafik naik terjadi pada kadar aspal yang relatif rendah, penambahan kadar aspal akan meningkatkan ikatan antar agregat sehingga nilai stabilitas juga naik sedangkan kelelehan (*flow*) memiliki nilai yang masih relatif rendah. Hal tersebut menyebabkan grafik MQ bergerak naik pada saat kadar relatif rendah. Saat campuran mencapai variasi titik aspal optimum, maka nilai stabilitas dan nilai kelelehan (*flow*) memiliki rasio pembagian yang terbaik (optimum) sehingga nilai MQ mencapai titik tertinggi serta mengartikan bahwa campuran aspal pada titik tersebut memiliki tingkat kekakuan tertinggi. Fase grafik turun terjadi pada kadar aspal yang relatif tinggi dikarenakan setelah melewati titik optimum, penambahan kadar aspal akan mengakibatkan selimut aspal pada agregat menjadi lebih tebal yang berpengaruh terhadap penurunan tingkat kekakuan (campuran aspal menjadi elastis) ditandai dengan peningkatan kelelehan (*flow*) dan penurunan stabilitas (*stability*).

E. VIM (*Void in Mix*)

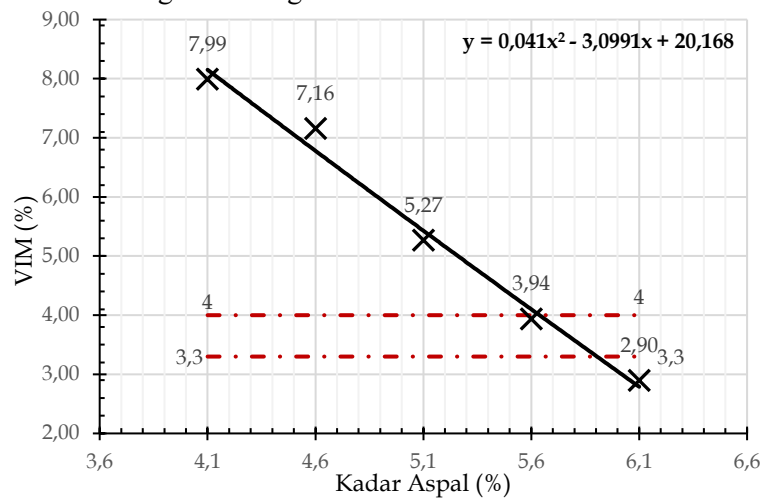
Void In The Mix (VIM) adalah presentase rongga yang terdapat dalam total campuran yang berhubungan dengan keawetan dari campuran dimana semakin tinggi nilainya maka semakin besar dan banyak rongga dalam campuran yang mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara dapat dengan mudah memasuki rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi (Ahya, 2022). Hasil pengujian *Void In The Mix* (VIM) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 8 Hasil Pengujian *Void in Mix* (VIM)

Kadar Aspal (%)	<i>Void In Mix</i> (VIM) (%)	Spesifikasi
4,1	7,99	(3,3 – 4) % Berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	7,16	
5,1	5,27	
5,6	3,94	
6,1	2,90	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian *Void in Mix* (VIM) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian *Void In Mix* (VIM)

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil *Void in Mix* (VIM) berdasarkan grafik membentuk tren garis linear yang turun secara bertahap seiring dengan penambahan kadar aspal. Hasil pengujian *Void in Mix* (VIM) menunjukkan bahwa campuran AC-WC yang telah dibuat pada seluruh variasi kadar aspal memiliki nilai persentase VIM yang bervariasi dimana variasi kadar aspal 4,1%, 4,6%, 5,1%, serta 6,1% belum memenuhi spesifikasi yang ada. Sedangkan, hanya pada variasi kadar aspal 5,6% yang telah memenuhi spesifikasi yang ada dengan syarat *Void in Mix* (VIM) harus pada rentang (3,3 - 4)% berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai VIM berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal dikarenakan semakin banyak aspal maka rongga kosong diantara partikel agregat akan terisi oleh aspal sehingga mengurangi presentase rongga dalam campuran. Kuantitas aspal yang bertambah akan mengakibatkan lapisan aspal pada agregat semakin tebal sehingga campuran aspal akan tersusun lebih rapat setelah dipadatkan.

F. VMA (*Void Mineral Agregate*)

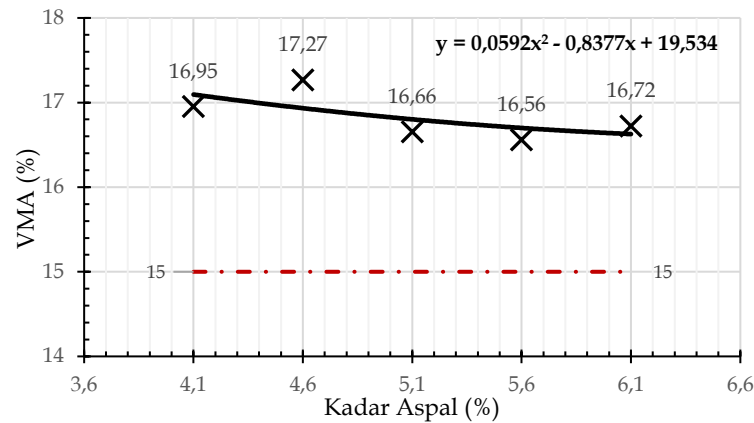
Void In Mineral Agregate (VMA) merupakan rongga udara yang terdapat diantara butiran agregat pada campuran aspal padat meliputi rongga udara serta volume aspal efektif (tidak termasuk aspal yang tidak terserap kedalam pori-pori agregat). VMA menunjukkan persentase total ruang kosong yang terdapat pada struktur campuran. Hasil pengujian *Void In Mineral Agregate* (VMA) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 9 Hasil Pengujian *Void In Mineral Agregate* (VMA)

Kadar Aspal (%)	<i>Void In Mineral Agregate</i> (VMA) (%)	Spesifikasi
4,1	16,95	Min. 15% Berdasarkan KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	17,27	
5,1	16,66	
5,6	16,56	
6,1	16,72	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian *Void in Mineral Agregate* (VMA) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian *Void In Mineral Agregate* (VMA)

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil *Void in Mineral Agregate* (VMA) berdasarkan grafik membentuk tren garis cekung keatas yang relatif stabil pada setiap variasi kadar aspal dikarenakan perubahannya hanya berkisar pada angka desimal. Hasil pengujian *Void in Mineral Agregate* (VMA) menunjukkan bahwa campuran AC-WC yang telah dibuat pada seluruh variasi kadar aspal telah memenuhi spesifikasi yang ada dengan syarat *Void in Mix* (VIM) harus memiliki nilai minimum sebesar 15% untuk gradasi 2 berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA membentuk tren kurva parabolik yang cekung keatas. Pada fase penurunan grafik terjadi pada saat kadar aspal awal (kadar aspal rendah) yang mempermudah antar butiran agregat untuk saling mengunci dengan rapat sehingga rongga VMA menurun seiring penambahan kadar aspal. Pada fase naiknya grafik terjadi pada kadar aspal akhir (kadar aspal tinggi/berlebih) yang menyebabkan terjadinya pemisahan (*displacement effect*) dikarenakan lapisan film aspal pada agregat yang terlalu tebal sehingga mendesak partikel agregat untuk saling menjauh dan meningkatkan rongga pada VMA.

G. VFB (*Void Filled by Bitumen*)

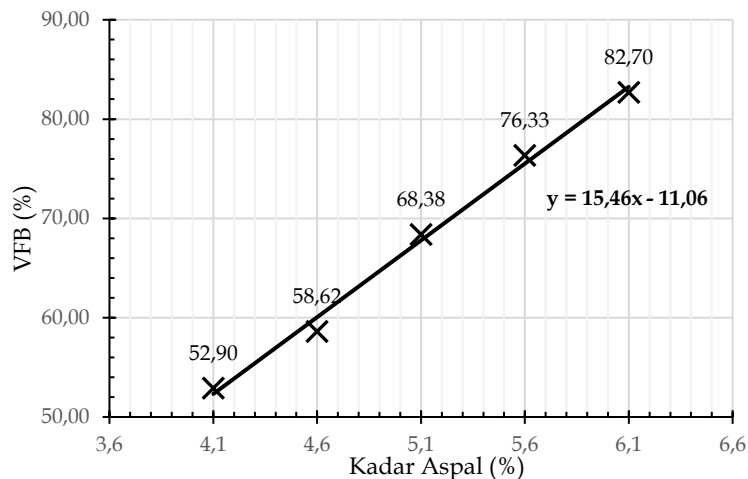
Void Filled by Bitumen (VFB) adalah persen dari rongga yang terisi aspal pada campuran setelah proses pemadatan. Hasil pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB) dari campuran aspal berdasarkan variasi kadar aspal didapatkan sebagai berikut.

Tabel 10 Hasil Pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB)

Kadar Aspal (%)	<i>Void Filled by Bitumen</i> (VFB) (%)	Spesifikasi
4,1	52,90	Tidak Dipersyaratkan Pada KP DJPU 74 Tahun 2026
4,6	58,62	
5,1	68,38	
5,6	76,33	
6,1	82,70	

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB) berdasarkan hasil dari rata-rata benda uji pada setiap variasi aspal disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 9 Grafik Hasil Pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB)

Sumber: Data Peneliti (2026)

Hasil *Void Filled by Bitumen* (VFB) berdasarkan grafik membentuk tren garis linear yang naik seiring dengan penambahan variasi kadar aspal. Ketentuan atau persyaratan nilai hasil pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB) tidak tercantum atau dipersyaratkan pada pedoman Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP DJPU 74 Tahun 2026 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara, sehingga hasil pengujian kepadatan campuran AC-WC setiap variasi kadar aspal dapat digunakan. Berdasarkan hasil data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa *Void Filled by Bitumen* (VFB) akan meningkat berbanding lurus dengan penambahan kadar aspal. Semakin banyak kadar aspal pada campuran maka akan semakin banyak aspal yang mengisi rongga pada campuran. Namun, kadar aspal yang berlebih dapat mengakibatkan perkerasan aspal mengalami *bleeding* (naiknya aspal ke permukaan) sehingga kadar aspal perlu dikontrol dengan parameter volumetrik lainnya seperti VIM, VMA, dan VFB.

Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) merupakan kadar aspal paling efektif diantara variasi kadar aspal dari benda uji yang ada. Kadar aspal optimum didapatkan dari kadar aspal tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan pada grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter marshall. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan rentang kadar aspal yang memenuhi pada setiap parameter marshall sebagai berikut.

a. Stabilitas (*stability*)

Nilai pengujian stabilitas berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 harus memiliki nilai minimum 980 kg. Hasil pengujian stabilitas dari variasi kadar aspal yang memenuhi persyaratan adalah seluruh variasi kadar aspal mulai dari 4,1%, 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,6%.

b. Kelelehan (*flow*)

Nilai pengujian kelelehan (*flow*) berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 harus memiliki nilai pada rentang (2 – 4)mm. Hasil pengujian kelelehan (*flow*) dari variasi kadar aspal yang memenuhi persyaratan adalah seluruh variasi kadar aspal mulai dari 4,1%, 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,6%.

c. Kepadatan (*density*)

Nilai pengujian kepadatan tidak dipersyaratkan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Sehingga seluruh hasil pengujian kepadatan dari variasi kadar aspal dapat digunakan serta memenuhi mulai dari 4,1%, 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,6%.

d. Marshall Quotient (MQ)

Nilai pengujian *Marshall Quotient* (MQ) tidak dipersyaratkan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Sehingga seluruh hasil pengujian MQ dari variasi kadar aspal dapat digunakan serta memenuhi mulai dari 4,1%, 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,6%.

e. Void in Mix (VIM)

Nilai pengujian *Void In Mix* (VIM) berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 harus memiliki nilai pada rentang (3,3 – 4)mm. Hasil pengujian VIM dari variasi kadar aspal yang memenuhi persyaratan adalah variasi kadar aspal 5,6% sedangkan variasi kadar aspal lainnya 4,1%,

4,6%, 5,1%, 6,6% tidak memenuhi persyaratan. Berdasarkan grafik hubungan antara VIM dan kadar aspal pada Gambar 4. 13, terdapat garis trendline yang masuk spesifikasi (2 – 4 mm) yaitu garis pada rentang kadar aspal 5,6% - 5,8%.

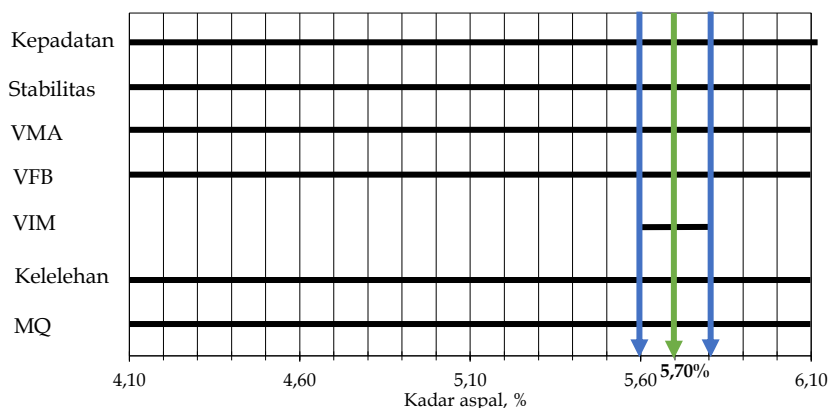
f. *Void in Mineral Agregate* (VMA)

Nilai pengujian *Void In Mineral Agregate* (VMA) berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026 harus memiliki nilai minimum 15%. Hasil pengujian VMA dari variasi kadar aspal yang memenuhi persyaratan adalah variasi kadar aspal 5,6% sedangkan variasi kadar aspal lainnya 4,1%, 4,6%, 5,1%, 6,6% tidak memenuhi persyaratan.

g. *Void Filled by Bitumen* (VFB)

Nilai pengujian *Void Filled by Bitumen* (VFB) tidak dipersyaratkan pada pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Sehingga seluruh hasil pengujian VFB dari variasi kadar aspal dapat digunakan serta memenuhi mulai dari 4,1%, 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,6%.

Hasil pengujian parameter marshall diatas menentukan rentang kadar aspal dalam penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO). Hasil pengujian parameter marshall berdasarkan rentang yang memenuhi persyaratan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memperoleh KAO sebagai berikut.



Gambar 10 Grafik Irisan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sumber: Analisis Data Peneliti (2026)

Grafik irisan kadar aspal optimum di atas ditentukan berdasarkan rentang kadar aspal pada setiap parameter pengujian yang memenuhi spesifikasi berdasarkan pedoman KP DJPU 74 Tahun 2026. Dikarenakan mayoritas dari parameter pengujian telah memenuhi persyaratan dan hanya pada parameter VIM yang memiliki variasi kadar aspal yang tidak memenuhi maka rentang kadar aspal untuk penentuan kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan parameter tersebut. Batas minimum (garis biru kiri) dari rentang yang memenuhi terdapat pada kadar aspal 5,6%. Batas maksimum (garis biru kanan) dari rentang yang memenuhi terdapat pada kadar aspal 5,8%. Hasil batas maksimum dan minimum pada rentang kadar aspal tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan kadar aspal optimum.

Perhitungan penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan batas minimum dan batas maksimum kadar aspal yang memenuhi spesifikasi dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 KAO &= \frac{\text{Batas minimum} + \text{Batas maksimum}}{2} \\
 &= \frac{5,6\% + 5,8\%}{2} \\
 &= 5,70\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) menghasilkan kadar aspal sebesar 5,70%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, disimpulkan bahwa **Kadar Aspal Optimum (KAO)** dari campuran AC-WC menggunakan aspal PG-76 untuk perkerasan *runway* bandara pada penelitian ini sebesar 5,70%.

Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah ditetapkan merupakan kadar aspal acuan dalam pengaplikasian langsung di lapangan. Adapun berat setiap material penyusun benda uji berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 11 Komposisi Campuran KAO

Material AC – WC	% Campuran	% Berat Total Campuran KAO 5,70% (gram)
Agregat Fraksi 10 – 15 (Kasar)	29,0%	328,2
Agregat Fraksi 5 – 10 (Sedang)	24,0%	271,6
Agregat Fraksi 0 – 5 (Halus)	46,0%	520,5
Filler (Abu Batu)	1,0%	11,3
Aspal		68,4
Total	100%	1200

Sumber: Analisis Data Peneliti (2026)

SIMPULAN

1. Trial gradasi 3 merupakan gradasi terbaik dengan proporsi agregat fraksi 10–15 sebesar 29%, fraksi 5–10 sebesar 24%, fraksi 0–5 sebesar 46%, dan filler sebesar 1%. Trial 3 menghasilkan stabilitas tertinggi sebesar 1.399,7 kg, flow 3,75 mm, MQ 438,4 kg/mm, dan VMA 18,96%, sehingga dipilih sebagai gradasi untuk *design mix formula*.
2. Hasil pengujian variasi kadar aspal menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal memengaruhi karakteristik Marshall. Stabilitas mencapai nilai maksimum 1.806,04 kg pada kadar aspal 5,1%, sedangkan VIM menurun dan VFB meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Berdasarkan seluruh parameter Marshall dan volumetrik, diperoleh rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi sebesar 5,6–5,8%.
3. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh sebesar 5,70%, yang merupakan nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratan. Pada kadar tersebut, komposisi material untuk benda uji seberat 1.200 gram terdiri atas agregat fraksi 10–15 sebesar 328,2 gram, fraksi 5–10 sebesar 271,6 gram, fraksi 0–5 sebesar 520,5 gram, filler sebesar 11,3 gram, dan aspal sebesar 68,4 gram.

SARAN

Saran yang bisa diberikan oleh peneliti berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) menggunakan aspal PG 76 untuk perkerasan *runway* bandara sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melaksanakan pengujian lebih lengkap yaitu pengujian *Tensile Strength Ratio* (TSR) dan *Tracking Test dengan Asphalt Pavement Analyzer* (APA) atau *Hamburg Wheel Track Test* (HWTT)
2. Dikarenakan penelitian ini memiliki keterbatasan pada alat pengujian di laboratorium, disarankan untuk penelitian selanjutnya melaksanakan pengujian material yang lebih lengkap sesuai dengan peraturan KP DJPU 74 Tahun 2026 baik untuk pengujian aspal ataupun agregat yang digunakan.

REFERENSI

- Ahya, M. S. (2022). *Karakteristik Marshall pada campuran polyethylene terephthalate sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap Laston lapis AC-WC* [Skripsi, Universitas Tidar].
- Akbar, S. J. (2013). *Teknis evaluasi runway bandara menurut parameter Marshall (Bandara Malikussaleh Lhokseumawe)*.
- Anwar, M. N. R., Akhmadali, & Sumiyattinah. (2020). Perbandingan hasil ekstraksi kadar aspal pada campuran aspal AC-BC gradasi kasar terhadap Job Mix Formula.
- Arif, M. I. (2023). *Karakteristik campuran aspal porus dengan limbah plastik polyethylene terephthalate (PET) sebagai bahan tambah pada aspal* [Skripsi, Universitas Lampung].
- Asyraf, M. S. N., Irianto, & Riswanto, S. (2025). Analisa karakteristik Marshall campuran AC-WC menggunakan agregat halus dari Kabupaten Sarmi, 109–118.

- Atmaja, R. A., & Puspitasari, Y. A. (2023). Studi revitalisasi fasilitas ruang tunggu terminal penumpang domestik Bandar Udara Internasional El Tari Kupang pasca Badai Seroja. *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam*, 5(1), 243–259. <https://doi.org/10.47467/elmal.v5i1.3512>
- Badan Pusat Statistik. (2026, February 2). *Perkembangan transportasi Indonesia 2025* (Berita Resmi Statistik No. 14/02/Th. XXIX). Badan Pusat Statistik.
- Bamher, B. G. (2020). *Analisis tebal perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 pada proyek jalan baru batas kota Singaraja–Mengwitani, Buleleng* [Laporan tugas akhir].
- Basuki, H. (1990). *Merancang dan merencana bandar udara*. Penerbit Alumni.
- Gunawan, I. (2024). *Perhitungan pavement classification number landasan pacu untuk pesawat tipe A330-300* [Skripsi, Universitas Batanghari Jambi].
- Hardani, Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Sukmana, D. J., & Istiqomah, R. R. (2020). *Metode penelitian kualitatif dan kuantitatif*. Pustaka Ilmu.
- Juananda, A. (2023). *Pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada campuran AC-BC penetrasi 60/70 terhadap karakteristik Marshall* [Skripsi, Universitas Sangga Buana].
- Karma, M. (2020). Sistem manajemen pemeliharaan perkerasan landasan di bandar udara. 9066, 133–146.
- Karyawan, I. D. M. A. (2020). *Potensi penggunaan agregat buatan berbahan limbah batu bara dalam campuran aspal beton untuk mengurangi rubber deposit pada permukaan runway* [Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Kurnia, R. (2016). Perbandingan kepadatan Marshall dan kepadatan mutlak (PRD) pada campuran beraspal. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 18(2), 97–104. <https://doi.org/10.35313/potensi.v18i2.536>
- Mahyuddin, Rangan, P. R., Nur, N. K., Halim, H., Tumpu, M., Sudirman, Sugiyanto, G., Lopian, F. E. P., & Katjo, S. (2021). *Perancangan bandar udara*. Yayasan Kita Menulis.
- Masherni, Surandono, A., & Saputra, A. A. (2020). Analisis perencanaan pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku/rigid pavement ruas Padang Ratu–Kalirejo (Link.032) STA. 0+000 s/d 0+685 KM Kabupaten Lampung Tengah. *TAPAK: Teknologi Aplikasi Konstruksi: Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 9(2).
- Mukhlis, Lusiana, Suardi, E., & Adibroto, F. (2019). Analisis kinerja indeks kekuatan sisa (IKS) campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan proses penghamparan sehingga mudah. *Jurnal Fondasi*, 8(1), 70–76.
- Nabilla. (2024). *Pengaruh penambahan polimer reaktif Elvaloy dan asam polifosfat terhadap sifat fisik aspal Pertamina* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah].
- Nurokhman, Suryanto, & Tsany, A. R. (2022). Studi kadar aspal, kepadatan dan tebal lapisan Laston AC-BC hasil coredrill pada ruas Jalan KSPN Borobudur. *CivETech*, 4(2), 53–64. <https://doi.org/10.47200/civitech.v4i2.1303>
- Pakan, W. (2014). Faktor penyebab kecelakaan penerbangan di landas pacu. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(3), 169. <https://doi.org/10.25104/warlit.v26i3.879>
- Purnama, R. A. (2021). *Kinerja campuran beraspal dengan menggunakan aspal Starbit E-55 dan aspal PG 76 FR berdasarkan gradasi Asphalt Concrete (AC) bandar udara*.
- Putra, M. T., Destania, H. R., & Febryandi, F. (2023). Analisis karakteristik Marshall campuran aspal modifikasi pada Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) dengan penambahan serbuk ban kendaraan. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 335–350. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5580>
- Putri, V. V. Y. D., Ahyudanari, E., & Rochmah, A. W. (2026). Effect of FAA and BBA aggregate gradations on the Marshall performance of asphalt concrete mixtures for airport runway applications. 5(1), 363–372.
- Qadafi, M. R. (2021). *Tinjauan perencanaan perkerasan lentur ruas Jalan Simpang Pasar Pariaman sampai dengan Simpang Kelling Kota Pariaman* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat].
- Ra, A. R., Putra, S., Sulistyorini, R., & Herianto, D. (2022). Karakteristik uji Marshall pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 10(3), 465–478. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v10i3.2704>
- Ramadhan, M. A. (2023). *Pengaruh fluktuasi gradasi terhadap daya dukung agregat kelas A* [Skripsi, Universitas Lampung].

- Rifansyah, M. (2023). *Pengaruh penambahan styrofoam pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete–Binder Course) penetrasi 60/70 terhadap karakteristik Marshall* [Skripsi, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung].
- Rohman, M. F., Hasanuddin, A., & Wicaksono, L. A. (2020). Penggunaan filler arang kayu pada aspal HRS-WC dan aspal AC-WC. *10*(2).
- Sitepu, S. A. (2021). *Strategi pelaksanaan program pemeliharaan runway di Bandar Udara Soekarno-Hatta* [Tesis, Institut Teknologi Bandung].
- Situmorang, A., & Pratomo, P. (2016). Variasi jumlah tumbukan terhadap uji karakteristik Marshall untuk campuran Laston (AC-BC). *4*(1), 89–98.
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D* (Ed. 19). Alfabeta.
- Sukirman, S. (2024). *Rekayasa bandar udara* (Ed. 3). Penerbit Itenas.
- Susilawati, T. (2024). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan moda transportasi udara pada masyarakat Kab. Kapuas Hulu Kalimantan Barat. *Jurnal Humaniora, Sosial dan Bisnis*, *2*, 1083–1093.
- Utama, D. (2006). Analisis struktur perkerasan runway, taxiway dan apron Bandar Udara Dr. F. L. Tobing menggunakan metode United States of American Practice. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, *8*, 81–91.
- Wibowo, M. R. F., Lindawati, & Said, B. F. (2025). *Konstruksi perkerasan jalan: Standar, material, dan teknik lapangan*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Wijaya, I. W. A. P., Indriani, M. N., & Wirahaji, I. B. (2023). Analisis kondisi perkerasan jalan dengan metode Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI): Studi kasus ruas Jalan Kutapang–Maos di Kecamatan Nusa Penida Kabupaten Klungkung. *Jurnal Widya Teknik*, *9*(1).
- Yamali, F. R. (2017). Pengaruh penambahan limbah karet ban luar pada lapis tipis aspal pasir (Latasir) terhadap karakteristik Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, *2*.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 77 Tahun 2015 tentang Standardisasi dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara*. (2015).
- RSNI M-01-2003 tentang metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat Marshall*. (2003).
- SNI 06-2489-1991 tentang metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall*. (1991).
- Spesifikasi umum 2025 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan Bina Marga*. (2025). (Pub. L. No. 07/SE/Db/2025).