

Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Slag Nikel PT. Vale Sebagai Pengganti Agregat

Kevin Matasik Rante Padang

Submit:
23 Januari 2025
Review:
19 Februari 2025
Revised:
10 April 2025
Published :
26 Mei 2025

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar,
Indonesia, kevinmatasik@gmail.com

Abstrak

Penggunaan *green material* untuk konstruksi pekerjaan jalan sangat dibutuhkan dalam rangka menciptakan konstruksi yang berkelanjutan. Salah satu *green material* yang dapat dimanfaatkan adalah slag nikel yang terdapat di PT.Vale Sorowako. Penelitian ini dimaksud untuk pemanfaatan slag nikel PT. Vale Sorowako dalam campuran AC-BC serta untuk memperoleh nilai karakteristik terhadap *filler*, agregat halus dan kasar lalu dilakukan penyusunan komposisi pada campuran AC-BC, serta untuk memperoleh karakteristik campuran dilakukan dengan uji *marshall* dan untuk mendapatkan hasil dari stabilitas *marshall* sisa. Pedoman yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 03-1737-1989. Penggunaan agregat 100% dari slag nikel dan kadar aspal 5,00%-7,00% dengan interval 0.5% menghasilkan optimum 7,00% dan memenuhi untuk semua hasil pengujian untuk karakteristik *marshall*. Serta untuk hasil KAO pada kadar aspal 7,00% melalui pengujian *marshall immersion* pada campuran AC-BC didapatkan stabilitas Marshall Sisa sebesar 104,91%.

Kata kunci: AC-BC, Karakteristik Campuran, Pengujian Marshall, Slag Nikel

Abstract

The use of green materials for road work construction is urgently needed in order to create sustainable construction. One of the green materials that can be used is nickel slag found in PT. Vale Sorowako. This research is intended for the utilization of nickel slag of PT. Vale Sorowako in AC-BC mixture and to obtain the characteristic value of filler, fine and coarse aggregate and then the composition of the AC-BC mixture is carried out, as well as to obtain the characteristics of the mixture is carried out by marshall test and to obtain the results of the stability of the residual marshall. The guideline used in this study is SNI 03-1737-1989. The use of 100% aggregate of nickel slag and asphalt content of 5.00%-7.00% with an interval of 0.5% results in an optimum of 7.00% and meets for all test results for marshall characteristics. And for the results of KAO at asphalt content of 7.00% through marshall immersion testing on AC-BC mixture, Marshall stability was obtained Residual by 104.91%

Keywords: AC-BC, Mixture Characteristics, Marshall Test, Nickel Slag

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan bagian dari susunan lapisan konstruksi untuk memastikan beban lalu lintas dapat diteruskan ke tanah dasar dengan merata, mutu dari suatu perkerasan tergantung pada material yang dipakai. Perkembangan sarana dan prasarana meningkatkan kebutuhan material, maka dari itu sumber daya alam perlu dimanfaatkan untuk mengunrangi dampak lingkungan akibat adanya limbah. Slag nikel terbentuk melalui proses pemurnian bijih nikel dan produksinya di Indonesia cukup besar khususnya di PT.Vale bisa mencapai 150.000 sampai 220.000 ton pertahunnya. Slag nikel dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat maupun bahan tambah pada campuran perkerasan jalan. Belum ada penelitian Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari *filler*, aspal dan agregat (slag nikel) dan untuk mengetahui hasil dari karakteristik campuran AC-BC melalui uji Marshall Konvensional dan uji Marshall Immersion untuk mengetahui stabilitas marshall sisa.

Untuk menghasilkan kualitas material kontruksi yang baik maka agregat yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik juga karena komposisi campuran beraspal sebesar 90% dan memberikan kekuatan yang baik pada perkerasan jalan [1], *Binder Course* merupakan salah satu lapis perkerasan jalan dengan pemadatan secara *hot mix* (campuran beraspal panas) [2] tebal minimum dari lapis ini adalah 6 cm dan digunakan untuk melayani lalu lintas sedang sampai dengan tinggi [3]. Salah satu bahan campuran beraspal yang digunakan adalah aspal dengan nilai penetrasi 60/70, salah satu penelitian membuktikan bahwa menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan jenis pertamina memiliki titik lembek lebih rendah dari aspal penetrasi esco 60/70 [4]. Penggunaan slag nikel dan serabut kelapa pada campuran pada campuran aspal beton SMA menghasilkan tingkat efektifitas dan stabilitas yang tinggi [5]. Pemanfaatan limbah sebagai *green material* untuk konstruksi jalan raya yang bisa dipertimbangkan adalah limbah nikel. Limbah ini merupakan hasil pengolahan industri nikel yang bisa digunakan sebagai pengganti agregat atau sebagai *filler* penerapan limbah slag nikel dalam konstruksi jalan menggunakan metode penyimpanan dalam suhu dingin [6]. Penggunaan slag nikel sebagai bahan substitusi agregat pada campuran HRS dengan gradasi semi senjang menghasilkan nilai VIM yang kecil dan nilai stabilitas yang besar [7]. Substitusi agregat dari kadar batu laterit 50% bagi campuran *binder course* menghasilkan nilai MQ yang kecil karena campuran menjadi semakin lentur[8]. Bahan pengisi juga bisa digunakan untuk campuran AC-BC adalah tanah, aspal dengan kadar 2% dapat menaikkan stabilitas dan nilai MQ pada campuran beraspal [9]. Selain pemanfaatan slag nikel limbah yang bisa digunakan adalah limbah ban bekas pada campuran AC-BC hasilnya membuktikan bahwa jika penggunaan kadar limbah ban bekas yang tinggi dapat mengakibatkan kelenturan yang tinggi namun stabilitasnya akan menurun [10]. Penggunaan slag nikel sebagai bahan pengisi untuk campuran HRS sebaiknya kurang dari 6,7% karena jika sama dengan atau melebihi 6,7% nialai VIM tidak memenuhi spesifikasi untuk nilai VIM[11]. Penggunaan slag nikel pada campuran perkerasan jalan yang dikombinasikan dengan *fly ash* untuk tanah lempung dapat meningkatkan daya dukung untuk lapis pondasi serta memperkecil permeabilitas tanah [12]. Agregat halus pada campuran beraspal dapat diganti dengan penggunaan maksimal 50% slag nikel hal ini dapat memberikan nilai kadar aspal optimum yang baik dan nilai karakteristik marshall immersion memenuhi persyaratan campuran beraspal[13]. Penggunaan kadar limbah plastik HDPE dengan kadar 1,5% dapat meningkat fleksibilitas namun menurunkan nilai kelelahan [14], sedangkan penggunaan limbah plastik LDPE dengan kadar yang tinggi dapat menyebabkan keretakan pada campuran perkerasan jalan [15].

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Agregat (Slag Nikel)

Pengambilan slag nikel diambil langsung dari pabrik pengelolaan slag nikel yang berada di PT.Vale, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan sebanyak ± 25 kg.

B. Perancangan Komposisi Campuran AC-BC

Bahan untuk perancangan komposisi dari campuran adalah

1. Slag nikel sebagai pengganti agregat (100%)
2. Aspal dengan penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat
3. *Filler* (semen)

C. Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji digunakan kadar aspal sebesar 5,00%-7,00% dengan kenaikan kadar aspal 0.5%. Benda uji sebanyak 3 buah untuk pengujian Marshall konvensional setiap kadar aspal sehingga total benda uji yang digunakan untuk uji Marshall Konvensional adalah 15 benda uji. Pengujian Marshall *Immersion* dibutuhkan 3 benda uji dari kadar aspal optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Agregat, *Filler*, dan Aspal

1. Agregat dan *Filler*

Pengujian keausan agregat menggunakan mesin Los Angeles ini dimaksudkan untuk melihat kemampuan agregat untuk menahan gesekan yang dibagi dalam bentuk fraksi, hasil dari pengujian ini mendapatkan nilai fraksi A 11,42%, fraksi B 8,56%, fraksi C 8,12%, fraksi D 6,92%. Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui nilai dari berat jenis, berat kering permukaan, berat semu dan penyerapan air pada agregat, hasil dari pengujian ini menunjukkan berat jenis 3,15%, kering permukaan 3,19%, semu 3,28%, penyerapan air 1,31% untuk pengujian agregat kasar dan pada pengujian berat jenis agregat halus didapatkan nilai berat jenis 2,53%, kering permukaan 2,55%, semu 2,58%, penyerapan 0,71%. Pengujian agregat yang lolos saringan nomor 200 bertujuan untuk melihat presentase agregat yang lolos saringan no 200, hasil dari pengujian ini didapatkan nilai 0,61%. Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk melihat presentase kadar lumpur yang terdapat di agregat, Ketika kadar lumpur pada agregat tinggi maka agregat yang akan digunakan dalam campuran aspal tidak melekat dengan baik, nilai yang didapatkan dalam pengujian ini *sand equivalent* 96,64% dan kadar lumpur 3,36%. Pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan dimaksudkan untuk menilai secara kuantitatif distribusi agregat yang berbentuk pipih dan lonjong, nilai yang didapatkan dalam pengujian ini indeks kepipihan 7,16% dan indeks kelonjongan 4,53%. Pengujian berat jenis *filler* dilakukan untuk membantu mengetahui karakteristik dari *filler*, hasil dari pengujian ini didapatkan nilai 2,71%.

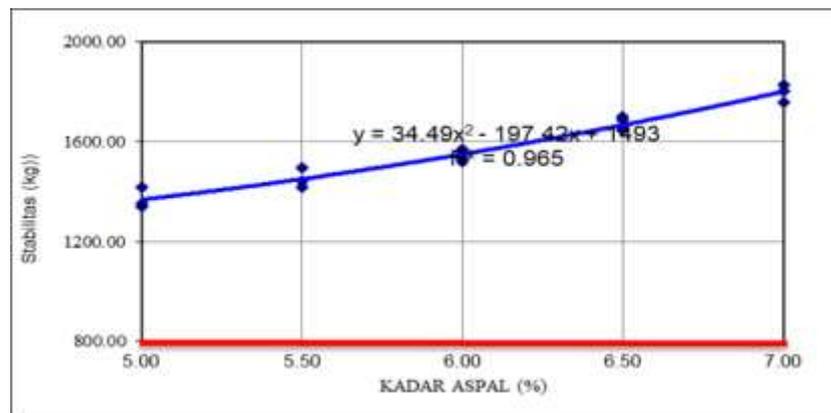
2. Aspal

Hasil dari nilai pengujian penetrasi 25 derajat celsius yang dapat diterapkan di lapangan 25°C 65.2 mm. hasil dari pengujian daktilitas 150mm. Hasil dari pengujian titik lembek 50.4°C berfungsi untuk mengevaluasi kemampuan aspal di lapangan sehingga daya lekatnya menjadi baik. Hasil pengujian titik nyala 280 °C pada suhu ini aspal mulai terbakar akibat pemanasan. Nilai yang diperoleh pada pengujian berat jenis aspal adalah 1,017g . Nilai yang diperoleh dari pengujian berat yang hilang 0,03% untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal setelah dilakukan berulang kali proses pemanasan. Hasil pengujian penetrasi TFOT 65% nilai penetrasi TFOT 65% merupakan nilai kekerasan aspal yang dapat menjadi acuan di lapangan.

B. Karakteristik Campuran AC-BC

1. Stabilitas

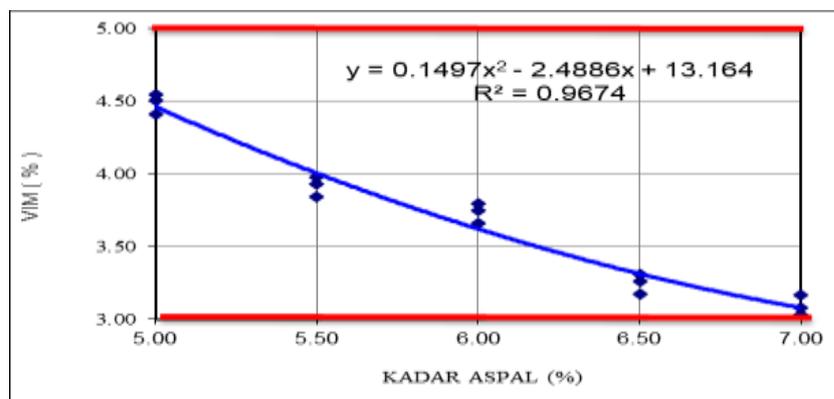
Pada kadar aspal yang paling tinggi sebagai bahan perkerasan jalan yang melayani volume lalu lintas sedang sampai tinggi. Kadar aspal yang terlalu tinggi cepat menghasilkan oksidasi dan menurunkan ketahanan terhadap kondisi perendaman lapis perkerasan. Pada kondisi ini, kelekatan aspal terhadap agregat menurun sehingga stabilitas berkurang. Nilai minimum stabilitas untuk campuran AC-BC adalah 800 kg. Hasil dari pengujian stabilitas pada campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,00% hingga 7,00% masing-masing adalah 1369,35 kg untuk kadar aspal 5,00%, 1450,91 kg untuk 5,50%, 1541,06 kg untuk 6,00%, 1678,42 kg untuk 6,50%, dan 1796,73 kg untuk 7,00%. Aspal berfungsi sebagai pengikat bagi agregat sehingga bidang kontak antar agregat menjadi besar dan terjadi peningkatan stabilitas.



Gambar 1. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas

2. VIM (Void in Mix)

Kadar aspal yang rendah dapat mengakibatkan tingginya rongga yang terdapat pada campuran. Ketika rongga pada campuran tinggi dapat mengakibatkan air dapat masuk ke dalam rongga tersebut dan menyebabkan kerusakan pada campuran. Hasil dari pengujian VIM pada campuran AC-BC diperoleh 4,49% untuk kadar aspal 5,00%, 3,92% pada kadar aspal 5,50%, 3,74% pada kadar aspal 6,00%, 3,25% pada kadar aspal 6,50%, dan 3,09% pada kadar aspal 7,00%. Rongga pada campuran akan semakin kecil pada kondisi kadar aspal 7%

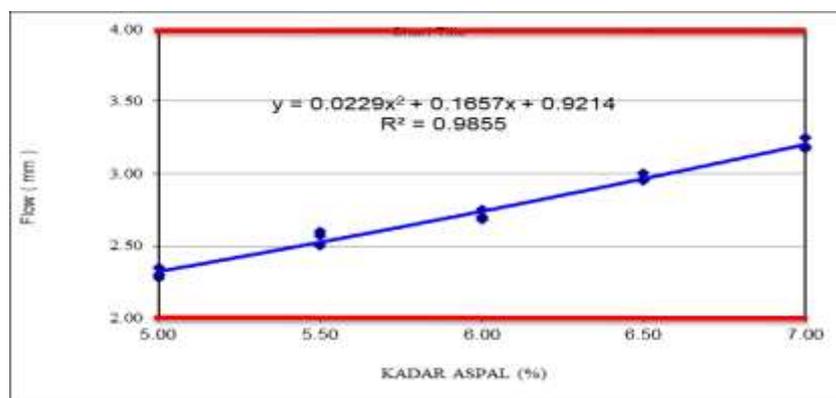


Gambar 2. Pengaruh kadar aspal terhadap VIM

3. Flow

Penggunaan kadar aspal yang rendah dapat lebih menyesuaikan diri terhadap deformasi akibat

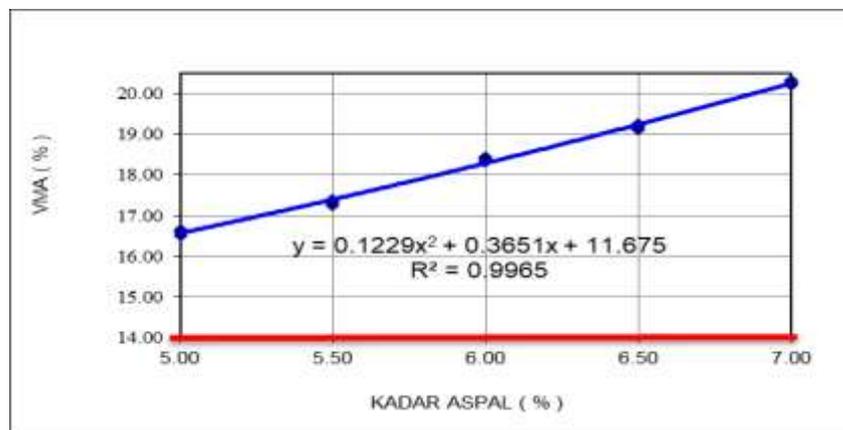
beban lalu lintas dibandingkan dengan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan *bleeding*. Penggunaan kadar aspal yang tinggi juga berpengaruh buruk pada stabilitas pada campuran. *Flow* yang tinggi dan stabilitas rendah pada campuran akan membuat campuran mudah untuk dikerjakan dan mengalami perubahan bentuk, sebaliknya stabilitas tinggi tetapi *flow* rendah membuat campuran menjadi getas. Hasil dari pengujian *flow* pada campuran AC-BC diperoleh nilai 2,31 mm pada saat kadar aspal 5,00%, 2,56 mm pada kadar aspal 5,50%, 2,71 mm untuk kadar aspal 6,00%, 2,97 mm untuk kadar aspal 6,50%, dan 3,20 mm pada saat kadar aspal sebesar 7,00%. Penambahan kadar aspal pada campuran ini sampai dengan kadar aspal 7% tahan terhadap deformasi pada saat menerima peningkatan beban lalu lintas dan bersifat plastis. Seluruh kadar aspal pada campuran ini dapat dapat menyelimuti dengan baik agregat (100% slag nikel), semakin tinggi kadar aspal, agregat yang terselimuti oleh aspal juga semakin baik.



Gambar 3. Pengaruh kadar aspal terhadap *flow*

4. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

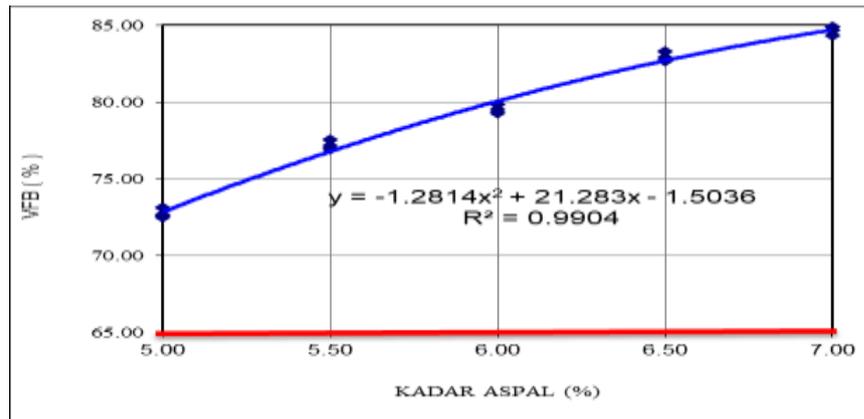
Nilai VMA yang rendah dapat menyebabkan stabilitas yang tinggi dengan menggunakan kadar aspal yang rendah tetapi Penggunaan kadar aspal yang rendah menyebabkan agregat kurang diselimuti oleh aspal yang dapat mengakibatkan kurangnya daya lekat pada campuran. Hasil dari pengujian VMA pada campuran AC-BC diperoleh nilai 16,475% pada saat kadar aspal 5,00%, 17,20% pada saat kadar aspal 5,50%, 18,27% pada kadar aspal 6,00%, 19,07% pada kadar aspal 6,50%, dan 20,14% untuk kadar aspal 7,00%. Penggunaan 100% agregat dari slag nikel menyebabkan rongga udara dalam campuran menjadi sedikit.



Gambar 4. Pengaruh kadar aspal terhadap VMA

5. VFB (Void Filled with Bitumen)

VFB bertujuan untuk menjaga mutu campuran dengan kadar aspal yang cukup, sehingga semakin tinggi kadar aspal maka nilai VFB akan semakin tinggi. Hasil dari pengujian VFB pada campuran AC-BC diperoleh nilai 72,75% pada saat kadar aspal 5,00%, 77,22% pada kadar aspal 5,50%, 79,54% untuk kadar aspal 6,00%, 82,97% pada saat kadar aspal 6,50%, dan 84,64% pada kadar aspal 7,00%. Semakin tinggi kadar aspal, maka rongga yang dapat terisi oleh aspal untuk semua kadar aspal pada penggunaan slag nikel 100% sebagai agregat semakin baik.



Gambar 5. Pengaruh kadar aspal terhadap VFB

C. Penentuan Kadar Aspal Optimum dan Stabilitas Marshall Sisa

Penentuan kadar aspal optimum dari hasil karakteristik campuran yang diuji melalui pengujian marshall konvensional dan mendapatkan kadar aspal optimum adalah 7,00%, artinya penyerapan aspal oleh slag nikel tinggi. Hasil dari pengujian stabilitas marshall sisa ditentukan dari uji Marshall *Immersion* yang menggunakan kadar aspal optimum dari uji marshall konvensional, dari hasil pengujian stabilitas marshall sisa didapatkan nilai 104.91%

KESIMPULAN

Karakteristik slag nikel dari PT. Vale Sorowako dalam pencampuran AC-BC memenuhi persyaratan bahan perkerasan jalan, Bina Marga 2018. Komposisi campuran AC-BC yaitu slag nikel (sebagai agregat kasar) 38,75%, slag nikel sebagai agregat halus 49,56%, *filler* 4,69% dengan kadar aspal optimum 7,00%. Menurut hasil pengujian karakteristik campuran AC-BC diperoleh hasil uji untuk semua pengujian telah sesuai dengan ketentuan dan nilai stabilitas Marshall sisa didapatkan 104,91%.

REFERENSI

- [1] B. Jauhari dan N. Doda, "Pengaruh gradasi agregat terhadap nilai karakteristik aspal beton (ac-bc)," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, hlm. 27, Apr 2019, doi: 10.32662/gojise.v2i1.524.
- [2] R. Kadarningsih, "Evaluation of Aggregate Quality at the Batching Plant in Gorontalo as Raw Material for Ready-Mix Concrete," *E3S Web Conf.*, vol. 476, hlm. 01052, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202447601052.
- [3] A. Rahmat dan I. Fadly, "Analisis Material Agregat pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Studi Kasus: Agregat Sungai Saddang Kabupaten Enrekang)," *J. Karajata Eng.*, vol. 2, no. 2, hlm. 61–69, Des 2022, doi: 10.31850/karajata.v2i2.1858.

- [4] S. Asfiati, Zurkiyah, M. Yani, Indrayani, dan S. Prafanti, "Analysis of Mixed Stiffness Modulus of Different Asphalt Levels for AC-BC Pavement Layer with Pertamina 60/70 Asphalt and 60/70 Esso Asphalt Material," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2193, no. 1, hlm. 012017, Feb 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2193/1/012017.
- [5] Arrang, Irmawaty, Djamaluddin, dan Parung, "Efektifitas Sabut Kelapa Sebagai Stabilizing Agent dalam Campuran Stone Matrix Asphalt," *Konf. Nas. Tek. Sipil KoNTekS*, vol. 2, no. 1, Jan 2025, doi: 10.62603/konteks.v2i1.242.
- [6] R. T. Bethary dan D. E. Intari, "Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan," *Fondasi J. Tek. Sipil*, hlm. 34, Apr 2022, doi: 10.36055/fondasi.v0i0.14473.
- [7] C. Kamba dan R. Rachman, "Marshall Characteristics Test On Hot Rolled Sheet Base Combine Using Nickel Slag For Half Gap Graded," *PCEJ*, vol. 5, no. 3, 2018.
- [8] A. Putrawirawan, I. Ibayasid, dan R. Tristo, "Pemanfaatan Batu Laterit Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)," *Kurva J. Keilmuan Dan Apl. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 3, hlm. 166, Des 2022, doi: 10.31293/teknikd.v10i3.6848.
- [9] E. D. L. Bancin, K. Lubis, dan N. Mahda, "Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler pada Campuran AC-BC Terhadap Nilai Marshall," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 5, no. 1, hlm. 17-25, Apr 2021, doi: 10.31289/jcebt.v5i1.5072.
- [10] A. N. Rahmawati dan Y. Widhiastuti, "Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Ban Bekas Kendaraan terhadap Karakteristik Laston Ac-Bc dengan Metode Uji Marshall," *J. Pendidikan Tambusai*, vol. 7, 2023.
- [11] V. O. A. S. Ressang, E. Ngii, dan N. Nasrul, "Pengaruh Penggunaan Filler Slag Nikel FENI III pada Campuran HRS-WC," *STABILITA J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, hlm. 79, Agu 2020, doi: 10.55679/jts.v8i2.13682.
- [12] R. Wiziarti dan W. Rahayu, "Potensi Penggunaan Campuran Slag Nikel dan Fly Ash Sebagai Material Perkerasan Jalan," *Racic Rab Constr. Res.*, vol. 7, no. 1, hlm. 55-70, Jun 2022, doi: 10.36341/racic.v7i1.2462.
- [13] D. M. Putra, N. Nasrul, dan E. Ngii, "Potensi Slag Nikel Halus PT. Antam Pomalaa Sebagai Agregat Halus pada Campuran Aspal," *STABILITA J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, hlm. 11, Jul 2020, doi: 10.55679/jts.v8i1.12669.
- [14] O. Yendri dan W. Septiandi, "Kajian Kemampuan Campuran Aspal-Beton dengan Asbuton Cait yang Diisi dengan Serpihan HDPE," *J. Tek. Gradien*, vol. 15, no. 01, hlm. 9-19, Apr 2023, doi: 10.47329/teknik_gradien.v15i01.1011.
- [15] H. N. Hidayati, M. G. Rifqi, dan M. S. Amin, "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Pada Campuran Aspal Beton Lapis AC-BC," *J. Appl. Civ. Eng. Infrastruct. Technol.*, vol. 2, no. 2, hlm. 1-6, Des 2021, doi: 10.52158/jaceit.v2i2.63.