

Kajian Proses Produksi Asphalt Concrete Binder Course Menggunakan Asphalt Mixing Plant (AMP) Pada PT. Alhas Jaya Group di Aceh Utara

Iponsyah Putra¹, Chairil Anwar², Ridhaul Hidayat³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

*Koresponden email: ipon@pnl.ac.id

Diterima: 10 November 2022

Disetujui: 18 November 2022

Abstract

Asphalt Mixing Plant (AMP) is used to produce asphalt mixtures. Type of asphalt used in this research is the Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC). This study aims to determine the stages of the asphalt manufacturing process and material needed using the Asphalt Mixing Plant (AMP) in one day of production. The method used in this research is the interview method and the direct observation method to the location of the Asphalt Mixing Plant PT. Alhas Jaya Group. There are three stages to produce the Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC). The first stage includes hard asphalt, heating, hot asphalt preparation, and weighing. The second stage begins with stockpiling aggregates, transporting aggregates into cold bin, drying/heating, filtering aggregates, and weighing. The third stage is the preparation of additional materials (if needed) and weighing. Producing asphalt concrete binder course for one day of production consist of 15-20 mm coarse aggregate of 90 tons/day or 70 m³/day, 0-5 mm fine aggregate of 72 tons/day or 49 m³/day, fine sand of 88.2 tonnes/day or 60 m³/day, rock ash of 90 tonnes or 62 m³/day and asphalt of 19.8 tonnes/day or 19 m³/day.

Keywords: *AMP, AC-BC, Process, Production, Material.*

Abstrak

Proses untuk mendapatkan material jalan campuran aspal, diperlukan peralatan yang disebut Asphalt Mixing Plant (AMP). Bahan pengikat dalam penelitian ini adalah Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC) yang sering digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas sedang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahapan proses dan kebutuhan material untuk menghasilkan aspal hotmix menggunakan Asphalt Mixing Plant (AMP) dalam satu hari produksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode wawancara dan metode observasi langsung ke lokasi Asphalt Mixing Plant PT. Alhas Jaya Group. Terdapat tiga tahap untuk memproduksi Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC). Tahap pertama meliputi aspal keras, pemanasan, persiapan aspal panas, dan penimbangan. Tahap kedua dimulai dengan penimbunan agregat, pengangkutan agregat ke dalam cold bin, pengeringan/pemanasan, penyaringan agregat, dan penimbangan. Tahap ketiga adalah persiapan bahan tambahan (jika diperlukan) dan penimbangan. Kebutuhan bahan baku AC-BC untuk satu hari produksi terdiri dari agregat kasar 15-20 mm sebesar 90 ton/hari atau 70 m³/hari, agregat halus 0-5 mm sebesar 72 ton/hari atau 49 m³/hari, pasir halus sebesar 88,2 ton/hari atau 60 m³/hari, abu batu sebesar 90 ton atau 62 m³/hari dan aspal sebesar 19,8 ton/hari atau 19 m³/hari.

Kata Kunci: *AMP, AC-BC, Proses, Produksi, Material.*

1. Pendahuluan

Peralatan pengaduk aspal dengan nama lain AMP (Asphalt Mixing Plant) yaitu wadah pengaduk agregat, aspal, dengan atau tanpa bahan pengisi untuk mendapatkan material campuran beton aspal yang homogen. AMP harus mempunyai Sertifikat Laik Operasi (SLO) dan sertifikasi kalibrasi yang masih berlaku dari Metrologi untuk timbangan aspal, agregat dan bahan pengisi tambahan.[1]

Asphalt concrete atau biasa disebut Lapisan Aspal beton (laston) adalah lapisan pada jalan raya, yang memiliki tiga jenis lapisan campuran aspal keras dan memiliki agregat yang bergradasi menerus,

dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete- Binder Course), memiliki karakteristik agregat maksimum 25,4 mm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 60 mm.

Campuran aspal beton atau Laston merupakan salah satu campuran yang bergradasi tertutup atau gradasi menerus, dikarenakan dicampur pada keadaan panas maka sering disebut dengan aspal panas atau hotmix [2]. Laston AC-BC merupakan aspal beton yang sering digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas sedang yaitu 1 – 10 juta ESA atau LRH <2000 kendaraan dan jumlah kendaraan truk maksimum 15% dan harus menggunakan alat pecampur AMP dan Asphalt Finisher sebagai alat penghamparnya.

Proses mixing agregat pada umumnya berupa batuan agregat kasar, agregat halus, filler, dan asphalt. Untuk menghasilkan aspal hot mix yang siap di muat ke dalam dump truck, untuk selanjutnya dikirim ke lapangan akan melalui beberapa proses yaitu pemanasan, penimbangan dengan campuran tertentu, yang kemudian di campur dengan aspal.

Alasan diadakan penelitian ini adalah belum banyaknya penelitian untuk mengetahui proses dan sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC) terutama di daerah Aceh Utara dan sekitarnya, sehingga penulis merasa penting untuk mengangkat tema ini sebagai bahan penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses dan kebutuhan sumber daya yang diperlukan untuk memproduksi Asphalt Concrete Binder Course (AC – BC) untuk satu hari produksi menggunakan Asphalt Mixing Plant (AMP) pada PT. Alhas Jaya Group. Selain untuk mengetahui proses, penelitian ini juga untuk mengetahui campuran bahan dan Volume alat yang digunakan untuk menghasilkannya.

A. Asphalt Mixing Plant (AMP)

Peralatan untuk produksi bahan campuran aspal, merupakan satu kesatuan unit peralatan yang disebut Unit Pencampuran Aspal atau *Asphalt Mixing Plant* (AMP), yang dalam proses operasinya terbagi dalam empat jenis AMP, yaitu:

- AMP tipe takaran (*Batch type*)
- AMP tipe menerus (*Continuous type*)
- AMP tipe *Drum*
- AMP tipe *Pugmill Mix*

Tiga tipe terakhir tidak disarankan digunakan untuk pekerjaan campuran beraspal di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, mengingat karena proses pengendalian mutu pekerjaan selama pelaksanaan relatif lebih sulit dibandingkan dengan tipe takaran (*Batch type*) [3]. Kelebihan AMP tipe takaran adalah pada tipe ini komposisi bahan telah ditentukan berdasarkan berat masing- masing bahan dalam campuran beraspal. Proses pencampuran aspal pada AMP jenis takaran ini dimulai dengan penimbangan bahan-bahan sesuai dengan komposisi yang ditentukan berdasar Job Mix Formula dan dicampur pada pugmill dalam waktu tertentu [4].

Berikut ini elemen utama yang penting pada peralatan pencampur aspal panas jenis takaran adalah:

1. Bak penampung dingin
2. Tangki Aspal dan Aspal Pemanasnya
3. Pengering (Dryer)
4. Saringan
5. Bak penampung panas
6. Penampung Debu (Dust Collector)
7. Unit Pengaduk (Mixer Unit)
8. Pengendali Waktu Pengadukan (Control Mixing Time)
9. Timbangan Agregat
10. Penakar Aspal
11. Kotak Penimbang (Hoper)

Aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat yang biasa disebut dengan aspal keras dan bersifat termoplastis. Material aspal hotmix dipanaskan mencapai suhu minimum 140°C sampai maksimum 160°C, di suatu wadah yang didesain sehingga dapat dicegah terjadinya perpindahan panas disekitar wadah tersebut dan mampu menyalurkan material aspal ke alat pencampur secara pada temperatur yang telah ditentukan setiap waktu [5].

B. Kinerja Alat

Produksi kerja alat berat dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu waktu siklus, jenis material, dan faktor efisiensi [6]. Kinerja adalah suatu cara untuk mengukur perbandingan antara hasil yang berasal dari usaha yang dilakukan dengan seluruh sumber daya yang digunakan secara efektif dan efisien. Kinerja alat dihitung berdasarkan Volume dan waktu periode alat tersebut. Persamaan Kinerja adalah:

$$Q = \frac{V}{CT} \quad (1)$$

Dimana :

Q : Kinerja alat (m³/Jam)

V : Volume kapasitas alat (m³)

CT : Waktu periode (jam)

Untuk menghitung Kinerja perlu juga ditambahkan faktor efisiensi alat, maka rumusnya menjadi:

$$Q = \frac{V \cdot Fe \cdot 60}{CT} \quad (2)$$

Dimana :

Q : Kinerja alat (m³/Jam)

V : Volume kapasitas alat (m³)

CT : Waktu periode (jam)

Fe : Faktor Efisiensi

Kinerja alat berat yang digunakan pada proses produksi aspal hotmix dapat dihitung sebagai berikut:

1. Wheel Loader

Untuk mengambil agregat dari Penampung ke dalam bak penampung dingin AMP.

$$Q = \frac{V \cdot Fb \cdot Fe \cdot 60}{CT} \quad (3)$$

Dimana :

V : Volume bucket (m³)

Fb : Faktor bucket

Fe : Faktor efisiensi

CT : Waktu periode (T1 + T2 + T) (menit)

T_1 : Waktu tempuh isi $(L/V_1) \times 60$ (menit)

T_2 : Waktu tempuh tanpa isi $(L/V_2) \times 60$ (menit)

T : Waktu (0,6 – 0,75 menit)

L : Jarak dari Penampung ke Bak Penampung dingin (km)

V_1 : Kecepatan rerata bermuatan (15 km/jam s/d 25 km/jam)

V_2 : Kecepatan rerata tanpa muatan (25 km/jam s/d 35 km/jam)

2. Aspalht Mixing Plant (AMP)

$$Q = V \cdot Fe \quad (4)$$

Dimana :

Q : Kinerja alat (m^3/jam)

V : Kapasitas Alat (m^3)

Fe : Faktor efisiensi

2. Metodologi

Adapun metodologi penelitian, yaitu:

a. Metode Wawancara

Dengan melakukan tanya jawab langsung ke operator dan penanggung jawab di lokasi Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Alhas Jaya Group.

b. Metode Observasi

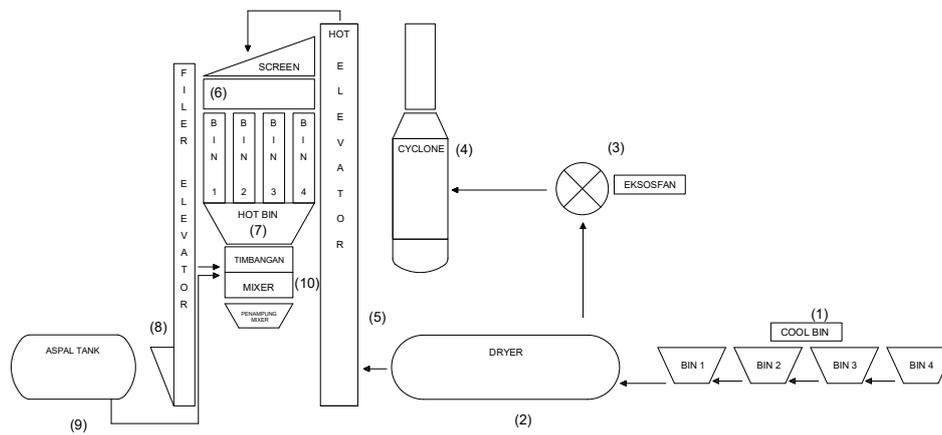
Dalam kajian ini menggunakan metode observasi yaitu turun ke lapangan dimana lokasi pengolahan Asphalt Mixing Plant (AMP) PT Alhas Jaya Group agar memperoleh data-data sumber daya yang digunakan di lokasi AMP dan dokumentasi setiap tahapan proses pelaksanaan produksi asphalt AC-BC.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Proses Pelaksanaan di AMP

Berdasarkan hasil survey dilapangan uraian proses produksi aspal sebagai bahan perkerasan konstruksi pada unit asphalt mixing plant secara ringkas dan keseluruhan dari mulai proses produksi sampai bahan jadi selama melakukan survey di PT. Alhas Jaya Group. Adapun spesifikasi Volume produksi Asphalt Mixing Plant (AMP) dan Kondisi komponen – komponen nya masih bagus sesuai standar yang telah ditentukan. Pada unit AMP yang diobservasi, memiliki volume alat sebesar 60 ton/jam, tenaga penggerak 294 HP, volume tangki aspal 60.000 liter dan volume pugmill 1.000 kg.

Dari data survey Asphalt Mixing Plant terdiri dari beberapa komponen utama terdiri dari, Bak Penampung dingin, Tangki Aspal dan Aspal Pemanasnya, Pengering (dryer), Saringan, Bak penampung panas, Penampung Debu (Dust Collector), Unit Pengaduk (Mixer Unit), Pengendali Waktu Pengadukan (Control Mixing Time), Timbangan Agregat, Penakar Aspal, Kotak Penimbang (Hoper). Bagan alur proses produksi aspal AC-BC dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Bagan Alur Proses Produksi Asphalt

B. Sumber daya

Untuk analisis bahan hotmix yang digunakan berjenis Laston (Lapisan Aspal Beton) AC-BC (Asphalt Concrete- Binder Course) yang berfungsi sebagai lapisan antara yaitu lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Lapisan ini mempunyai kestabilan untuk menahan beban lalu lintas yang diberikan oleh roda kendaraan. Ukuran agregat maksimum yaitu 25,4 mm dan tebal nominal minimum 5 cm.

Agregat penutup mengandung granular yang keras berupa kerikil pecah atau batu pecah, tidak kotor, lempung dan tidak berdebu yang dapat mencegah pecampuran secara homogen pada aspal hotmix. Agregat yang diperoleh untuk mendapatkan agregat penutup yang sesuai rujukan pengujian dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Ketetapan bentuk agregat tanpa terjadi perubahan terhadap larutan natrium sulfat maksimum sebesar 12% dan larutan magnesium sulfat sebesar 18% [7].
2. Pengikisan dengan mesin Los Angeles untuk 100 putaran maksimum 6% dan untuk 500 putaran maksimum 30% [8].
3. Agregat yang melekat terhadap aspal minimal 95% [9].
4. Angularitas agregat kasar harus mempunyai muka sisi pecah ≥ 1 dan agregat kasar yang mempunyai muka sisi pecah ≥ 2 sebesar 90% [10].
5. Butiran mudah pecah dan gumpalan lempung dalam agregat maksimal 5% [11]. SNI 4141:2015
6. Rasio rerata panjang terhadap tebal (Average Greatest Dimension/Average Least Dimension, AGD/ALD) maksimum 2,3 [12].
7. Rerata jumlah agregat berukuran tebal (Average Least Dimension, ALD) dalam rentang $\pm 2,5$ mm [11].
8. Untuk rancangan campuran agregat kasar adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) dan lolos ayakan no.200 maksimum 1%. Untuk agregat halus yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm) dan lolos ayakan no.200 maksimum 10% [13].

Untuk campuran pengisi agregat dapat berbentuk debu batu kapur, debu kapur padam, debu kapur magnesium dan dolomit mengacu referensi AASHTO M303-89(2014) [14]. Tipe Aspal yang digunakan adalah aspal tipe I dengan nilai penetrasi pada suhu 25°C (0,1 mm) adalah 60-70 [15] dan memiliki berat jenis sama dengan atau diatas 1 gr/cc [16].

campuran agregat yang digunakan sebagai bahan binder course adalah:

Campuran agregat 15-20 mm	= 25,00 %,
Campuran agregat 0-5 mm	= 20,00 %,
Campuran pasir halus	= 24,50 %,
Campuran abu batu	= 25,00 %
Campuran aspal	= 5,50 %.

Berat isi agregat 15-20 mm = 1390 kg/m³, berat isi agregat 0-5 mm = 1460 kg/m³, berat isi pasir dan abu batu = 1460 kg/m³, berat isi aspal = 1030 kg/m³ dan berat isi Hotmix = 2230 kg/m³. Kebutuhan material yang diperlukan perharinya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Kebutuhan agregat kasar (15-20 mm)

AMP berproduksi secara terus menerus selama 6 jam maka kebutuhannya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan agregat kasar perhari} &= \text{Campuran agregat} \times \text{Volume alat} \times 360 \text{ menit} \\ &= 25\% \times 1000 \text{ kg/menit} \times 360 \text{ menit} \\ &= 90.000 \text{ kg atau } 90 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan agregat kasar dalam m}^3 &= \frac{90.000 \text{ kg}}{1290 \text{ kg/m}^3} \\ &= 70 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan agregat halus (0-5 mm)

AMP berproduksi secara terus menerus selama 6 jam maka kebutuhannya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan agregat halus perhari} &= \text{Campuran agregat} \times \text{Volume alat} \times 360 \text{ menit} \\ &= 20\% \times 1000 \text{ kg/menit} \times 360 \text{ menit} \\ &= 72.000 \text{ kg atau } 72 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan agregat halus dalam m}^3 &= \frac{72.000 \text{ kg}}{1460 \text{ kg/m}^3} \\ &= 49 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan pasir halus

AMP berproduksi secara terus menerus selama 6 jam maka kebutuhannya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir halus perhari} &= \text{Campuran agregat} \times \text{Volume alat} \times 360 \text{ menit} \\ &= 24,5\% \times 1000 \text{ kg/menit} \times 360 \text{ menit} \\ &= 88.200 \text{ kg atau } 88,2 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasir halus dalam m}^3 &= \frac{88.200 \text{ kg}}{1460 \text{ kg/m}^3} \\ &= 60 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4. Kebutuhan abu batu

AMP berproduksi secara terus menerus selama 6 jam maka kebutuhannya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu batu perhari} &= \text{Campuran agregat} \times \text{Volume alat} \times 360 \text{ menit} \\ &= 25\% \times 1000 \text{ kg/menit} \times 360 \text{ menit} \\ &= 90.000 \text{ kg atau } 90 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan abu batu dalam m}^3 &= \frac{90.000 \text{ kg}}{1460 \text{ kg/m}^3} \\ &= 62 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

5. Kebutuhan aspal

AMP berproduksi secara terus menerus selama 6 jam maka kebutuhannya yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan aspal perhari} &= \text{Campuran agregat} \times \text{Volume alat} \times 360 \text{ menit} \\ &= 5,5\% \times 1000 \text{ kg/menit} \times 360 \text{ menit} \\ &= 19.800 \text{ kg atau } 19,8 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan aspal dalam m}^3 &= \frac{19.800 \text{ kg}}{1030 \text{ kg/m}^3} \\ &= 19 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Konversi untuk masing-masing bahan yang digunakan dari satuan berat ke volume untuk campuran 1000 kg aspal hotmix dapat dilihat pada tabel 1. Dibawah

Tabel 1. Volumetrik komposisi material campuran untuk 1000 kg aspal hotmix

Jenis Material	Berat (Kg)	Volume (m ³)
Agregat Kasar 15-20 mm	250	70
Agregat Halus 0-5 mm	200	49
Pasir Halus	245	60
Abu Batu	250	62
Aspal	55	19

Dalam satu kali produksi aspal hotmix dapat menghasilkan 1 ton/menit atau 60 ton/jam. Berarti dalam satu jam AMP akan melakukan 60 kali siklus produksi dimulai dari proses tahap pertama sampai tahap ketiga.

Pada saat memproduksi hotmix di AMP, pengambilan agregat dari Penampung ke dalam bak penampung dingin menggunakan wheel loader. Wheel loader yang dipakai untuk AMP sebaiknya mempunyai dimensi bucket sesuai dengan ukuran bak penampung, hal ini untuk mempermudah proses pemindahan agregat ke dalam bak penampung dingin.

Untuk mengangkut agregat dari Penampung ke bak penampung dingin di AMP PT. Alhas Jaya Group, maka dapat dihitung Kinerja wheel loader perjamnya adalah sebagai berikut:
Kinerja Alat (Volume Produksi Alat) agregat dipindahkan dari Penampung ke dalam cold bin AMP.

$$\text{Kinerja Wheel Loader} = \text{Volume} \times \text{Faktor bucket} \times \text{Faktor Efisiensi} \times 60 / \text{Waktu Siklus}$$

$$= \frac{1,5 \times 0,85 \times 0,75 \times 60}{1,43}$$

$$= 40,12 \text{ m}^3/\text{jam.}$$

kinerja perhari wheel loader yang bekerja selama 6 jam yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kinerja Wheel Loader Perhari} &= 40,12 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam} \\ &= 240 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

untuk menghasilkan campuran aspal beton panas maka dapat dihitung kinerja AMP dalam 6 jam/hari sebagai berikut:

$$\text{Kinerja AMP} = \text{Volume} \times \text{Faktor Efisiensi}$$

$$= 26,91 \times 0,75$$

$$= 20,18 \text{ m}^3/\text{jam}$$

kinerja perhari AMP yang bekerja selama 6 jam yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kinerja AMP Perhari} &= 20,18 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam} \\ &= 121 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Dari data hasil observasi dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil survey tahapan proses produksi meliputi tiga bagian yaitu Bagian pertama meliputi aspal keras, pemanasan, penyiapan aspal panas, dan di timbang. Bagian kedua mulai dari timbunan agregat, pengangkutan agregat ke Bak Penampung dingin, pengeringan/pemanasan, penyaringan agregat, dan penimbangan. Bagian ketiga Penyiapan bahan tambahan (bila diperlukan) dan Penimbangan. Dari tiga tahapan proses kemudian dicampurkan menjadi asphalt AC-BC.
2. Kebutuhan bahan baku Asphalt Mixing Plant sebesar 90 ton/hari atau 70 m³/hari untuk agregat kasar 15-20 mm, 72 ton/hari atau 49 m³/hari untuk agregat halus 0-5 mm, 88,2 ton/hari atau 60 m³/hari untuk pasir halus, 90 ton atau 62 m³/hari untuk abu batu dan 19,8 ton/hari atau 19 m³/hari untuk aspal.
3. Kinerja alat untuk wheel loader perhari sebanyak 240 m³/hari dan untuk AMP 121 m³/hari.

5. Referensi

- [1] S. Umum, "BUKU-SAKU-RANGKUMAN-SPESIFIKASI-UMUM-BINA-MARGA-2018-PEKERJAAN-HOTMIX-min".
- [2] N. M. S. B. PEREIRA, "Analisa Karakteristik Lapisan Campuran Aspal Beton (Laston) Asphalt Concrete – Bearing Course (Ac-Bc) Ditinjau Dari Parameter Marshall Dengan Menggunakan Material Dari Quarry Mandoki Timor Leste No Title," Universitas Katolik Widya Mandira, 2019. [Online]. Available: <http://repository.unwira.ac.id/2986/>
- [3] dan P. I. W. Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, *DIKLAT PELAKSANAAN BETON ASPAL CAMPURAN PANAS*, vol. 44, no. 1. 2021. doi: 10.47655/dialog.v44i1.470.
- [4] D. P. K. B. Aceh, "Asphalt Mixing Plant," Banda Aceh, 2020. [Online]. Available: <https://dinasupr.bandaacehkota.go.id/2020/07/12/asphalt-mixing-plant/>
- [5] K. direktorat jenderal bina marga 2018, "Spesifikasi Umum 2018," *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, no. September, 2018.
- [6] I. K. Hairul Amri, Yossyafra, "ANALISA KEBUTUHAN PEMAKAIAN ALAT BERAT PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TUGU COKLAT – PARIT MALINTANG KABUPATEN PADANG PARIAMAN," pp. 1–18, 2019.
- [7] SNI 3407:2008, "Cara Uji Sifat Kekekalan Agregat dengan Cara Perendaman Menggunakan Larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat," *Badan Stand. Nas.*, 2008.
- [8] Departemen Pekerjaan Umum, "Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles, SNI 2417:2008," *Standar Nas. Indones.*, 2008.
- [9] SNI 2439, "Metode uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal," *Sni 24392011*, pp. 1–11, 2011.
- [10] Badan Standarsisasi Nasional, "Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar," *Sni 76192012*, 2012.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 03-4141-1996: Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat," *Pusjatan-Balitbang PU*, pp. 1–6, 1996.
- [12] BSN, "SNI 4137:2012 Metode uji penentuan ukuran terkecil rata-rata (UKR) dan ukuran terbesar rata-rata (UBR) butir agregat," 2012, [Online]. Available: <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/8759-sni41372012>
- [13] SNI ASTM C117:2012, "Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dari Saringan 75 M (No. 200) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian," *Badan Stand. Nas. Indones.*, no. 200, 2012.
- [14] AASHTO, "Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 35th Edition - Table of Contents and Change List," 2014.
- [15] SNI 2432, "Cara Uji Penetrasi Aspal," *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 9–17, 2011.
- [16] 2011 SNI 2441, "SNI 2441:2011 tentang Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras," *Badan Standar Nas. Indones.*, 2011, [Online]. Available: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/648/sni-24412011-cara-uji-berat-jenis-aspal-keras.pdf>