



## Pencampuran Batu Kapur Dan *Bottom Ash* Sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan Kabupaten Wakatobi

Masbahrin<sup>1\*</sup>, La Ode Muh. Magribi<sup>2</sup>, La Ode Musa Rachmat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

\*Corresponding Author: [bahrinwakatobi17@gmail.com](mailto:bahrinwakatobi17@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

CBR, Bottom Ash, Limestone, Abrasion, Pavement.

#### How to cite:

Masbahrin, La Ode Muh. Magribi, La Ode Musa Rachmat (2021). *Pencampuran Batu Kapur dan Bottom Ash Sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan Kabupaten Wakatobi*



### ABSTRACT

Highway is an important infrastructure facility to support economic development in a region. The pavement construction of Wakatobi Regency is known to use materials imported from Palu City and Ambon City. In Wakatobi, there are actually quite a lot of local materials, such as sand and limestone or limestone, but they cannot be used optimally.

The purpose of this study was to determine the characteristics of Komala limestone and the characteristics of bottom ash taken from the Nii Tanasa PLTU and how the ideal mixture composition between the two materials combined.

The results showed that the characteristics of limestone/ limestone with the composition with the composition of broken stone 55% + 45% bottom ash, 50% broken stone + bottom ash 50% and 45% broken stone + 55% bottom ash obtained coarse aggregate density = 1,491%, weight type of fine aggregate (bottom ash) = 14,95% with each abrasion = 25,30% for testing the performance of an ideal mixture of Komala limestone and Nii Tanasa bottom ash with a composition of 55% broken stone + 45% bottom ash, CBR on  $\gamma_d$  Max. 61,76 % have met the specifications. Meanwhile the composition of 50% crushed stone + bottom ash 50% and 45% broken stone + 55% bottom ash does not meet the specifications of Bina Marga 2010.

## 1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan sarana dan prasarana yang harus disediakan guna menunjang seluruh aktivitas masyarakat sehingga perekonomian mampu menjadi pendorong berkembangnya sektor-sektor terkait. Di beberapa daerah, khususnya di daerah-daerah terpencil seperti yang ada di Pulau Wakatobi Provinsi Sulawesi Tenggara. Mempunyai permasalahan yaitu sulitnya memperoleh material standar yang sesuai. Ketersediaan sarana dan prasarana infrastruktur jalan masih sangat terbatas sehingga sulit dijangkau (terisolir) dan sulit untuk berkembang karena dihadapkan dengan sulitnya akses angkut muat material jalan berkualitas sesuai spesifikasi, sehingga daerah-daerah tersebut, untuk pembangunan infrastruktur jalan membutuhkan biaya yang tinggi karena harus mendatangkan material berkualitas di daerah-daerah lain.

Perkerasan jalan di Wakatobi baik bahan pengikat, agregat kasar, di datangkan dari Kota Palu dan Kota Ambon. Selain biaya yang berlipat dan waktu pengiriman yang lama, juga tidak ada keuntungan finansial bagi masyarakat menjadi kendala dalam infrastruktur jalan yang ada di daerah tersebut.

Di Wakatobi, sebenarnya tersedia cukup banyak material lokal seperti material pasir dan material batu kapur atau batu gamping namun belum bisa dimanfaatkan secara optimal untuk perkerasan jalan oleh karena itu tidak memenuhi persyaratan spesifikasi, sering dikenal dengan istilah material lokal. Hal tersebut mendorong berbagai pihak untuk melakukan sebuah penelitian agar material yang ada dapat dimanfaatkan. Material lokal seperti batu kapur dan batu gamping dikembangkan dengan pencampuran bahan *bottom ash* sehingga memungkinkan masuk spesifikasi untuk perkerasan jalan.

## 2. Tinjauan Pustaka

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang digunakan antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain aspal, semen, dan tanah liat (Agus, 2016).

### A. Jenis Perkerasan jalan

Menurut Permana (2013) Perkerasan jalan memiliki lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Secara umum perkerasan jalan memiliki persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat ( aspal atau semen ). Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu, :

- a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistem pekerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.
- b. *Rigid pavement* atau perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan Beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (*aphalt*).
- c. Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur, kedua jenis perkerasan ini bekerjasama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk itu dibutuhkan adanya persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton. Letak perkerasan lentur tersebut dapat berada diatas perkerasan kaku ataupun perkerasan kaku berada diatas perkerasan lentur.

### B. Batu Bara (*Fly Ash dan Bottom Ash*)

*Fly Ash/ Bottom Ash* merupakan limbah padat yang di hasilkan dari pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga listrik. Ada tiga tipe pembakaran batu bara pada industri listrik yaitu *dry bottom boilers*, *wet-bottom boilers* dan *cyclon furnace*. Apabila batu bara dibakar dengan *type dry bottom boilers*, maka kurang lebih 80% dari abu meninggalkan pembakaran sebagai *fly ash* dan masuk dalam corong gas. Apabila batu bara dibakar dengan *wet-bottom boilers* sebanyak 50% dari abu tertinggal di pembakaran dan 50% lainnya masuk dalam corong gas. Pada *cyclon furnace*, dimana potongan batu bara digunakan sebagai bahan bakar, 70-80% dari abu tertahan sebagai boiler slag dan hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai dry ash pada corong gas (Sugeha, 2016).

### C. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Menurut (Funan, 2020) berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Di samping itu agregat dengan kadar pori besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar :

a) *Bulk specific gravity* (berat jenis curah)

Berat jenis *Bulk* adalah berat jenis dimana volume yang diperhitungkan adalah seluruh volume pori yang ada (volume pori yang dapat diresapi air dan volume pori yang tidak dapat diresapi air)

$$\text{Berat jenis (Bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (1)$$

b) *Apparent specific gravity* (berat jenis semu)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat material kering dengan berat air yang isinya sama dengan isi material dalam keadaan kering

$$\text{Berat jenis semu (Apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (2)$$

c) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

Berat kering permukaan jenuh adalah perbandingan antara berat material kering permukaan jenuh dengan berat air yang isinya sama dengan material dalam keadaan jenuh

$$\text{Berat kering permukaan jenuh} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3)$$

d) Penyerapan :

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \quad (4)$$

Dimana :

$B_j$  = Berat benda uji kering permukaan jenuh

$B_a$  = Berat benda uji kering permukaan air

$B_k$  = Berat benda uji kering oven

2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

a) *Bulk specific gravity* (berat jenis curah)

$$\text{BulkSG} = \frac{B_k}{B_a + B_j - B_t} \quad (5)$$

b) *Apparent specific gravity* (berat jenis semu)

$$\text{ApparentSG} = \frac{B_k}{B + B_j - B_t} \quad (6)$$

c) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

$$\text{SSD} = \frac{B_j}{B_a + B_j - B_t} \quad (7)$$

d) Penyerapan

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana :

$B_k$  = Berat benda uji kering oven

$B_a$  = Berat benda uji kering permukaan air

$B_t$  = Berat piknometer berisi benda uji dan air

$B_j$  = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh

### D. Gradasi

Menurut Debataraja (2020) gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikel agregat dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat ditimbang dan dipersentasekan agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan terhadap berat total. Gradasi agregat

mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm).

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (9)$$

dimana:

- a = berat benda uji semula (gram)
- b = berat benda uji tertahan saringan No. 12 gram

### E. Spesifikasi Material Perkerasan

Setiap lapisan perkerasan memiliki ketebalan spesifikasi material perkerasan jalan yang telah ditetapkan dalam pedoman spesifikasi material perkerasan jalan, Bina Marga yang telah diuraikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Material Perkerasan Jalan Base B

Sifat-Sifat	Kelas B
Abrasi agregat kasar	0 – 40%
Butiran pecah, tertahan ayakan 3/8"	55/50
Indeks plastis	0 - 10
Sifat-Sifat	Kelas B
Batas cair	0 - 35
Hasil kali indeks plastisitas dengan % lolos saringan No. 200	-
Berat jenis dan penyerapan air	0 – 3%
CBR rendaman	Min. 60%
Perbandingan % lolos No. 200 dan No. 40	Maks. 2/3

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 2010

### 3. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini jenis dan sumber data yang dipakai adalah data yang telah ditetapkan oleh pihak Laboratorium Bina Marga.

**Tabel 2.** Variabel Penelitian

No	Unsur yang ditinjau	Indikator	Parameter
1	Karakteristik pencampuran batu kapur Komala dan <i>bottom ash</i> PLTU Nii Tanasa	Pengujian pencampuran batu kapur Komala dan <i>bottom ash</i> PLTU Nii Tanasa	1. Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus 2. Berat jenis agregat kasar dan berat jenis agregat halus
2	Kinerja pencampuran batu kapur Komala dan <i>bottom ash</i>	CBR Laboratorium	1. Abrasi 2. Pemadatan 3. CBR

**Tabel 3.** Rancangan Benda Uji Presentase variasi penggabungan agregat

No	Variasi I (%)		Variasi II (%)		Variasi III (%)	
	Batu pecah	Bottom ash	Batu pecah	Bottom ash	Batu pecah	Bottom ash
1	45%	55%	50%	50%	55%	45%
2	45%	55%	50%	50%	55%	45%

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### A. Analisis Saringan

Pengujian analisa saringan untuk Agregat Kasar dan Agregat Halus dengan komposisi Batu Pecah 45% - *bottom ash* 55%, Batu Pecah 50% - *bottom ash* 50% dan Batu Pecah 55% - *bottom ash* 45% sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan.

**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan

No	Lubang	% Kumulatif Lolos		%		Total	Spesifikasi
	Ayakan	Batu Pecah	<i>Bottom Ash</i>	Batu Pecah	<i>Bottom Ash</i>		
1	2"	10000	10000	55	45	10000	100
2	1 ½"	10000	10000	55	45	10000	88 – 95
3	1"	68,82	10000	37,85	45	82,85	70 – 85
4	3/8	14,81	10000	8,15	45	53,15	30 – 65
5	No. 4	6,32	10000	3,47	45	48,47	25 – 25
6	No.10	2,11	63,85	1,16	28,73	29,89	15 – 40
7	No. 40	0,00	33,62	0,00	15,13	15,13	8 – 20
8	No. 200	0,00	11,08	0,00	4,98	4,98	2 - 8

Berdasarkan Tabel 4 untuk tiga sampel pengujian menghasilkan nilai analisa saringan yang sama. Untuk agregat kasar (Batu Pecah) mulai tertahan pada saringan 1" serta lewat pada saringan 2". Sedangkan agregat halus (*Bottom Ash*) mulai tertahan pada saringan No. 10 serta mulai lewat pada saringan 2"

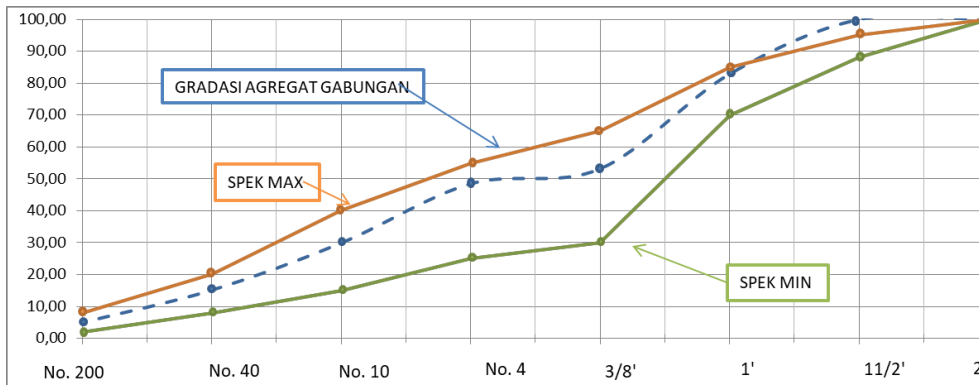
##### B. Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

- 1) Rancangan proporsi agregat gabungan Batu Pecah 55% - *Bottom Ash* 45% sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan tersaji pada lampiran 2. Untuk membuat komposisi gabungan data hasil gradasi, agregat kasar yang tertahan saringan No. 4 dan agregat halus tertahan saringan No. 200.

**Tabel 5.** Pengujian gradasi agregat gabungan

Nomor Saringan	Presentase Lolos Saringan		Batu Pecah 55%	Sirtu 45%	Total Mix	Spesifikasi	
	Batu Pecah	Sirtu				Min	Max
2"	100,00	100,00	55,00	45,00	100,00	100	100
1 1/2"	100,00	100,00	55,00	45,00	100,00	88	95
1"	68,82	100,00	37,85	45,00	82,85	70	85
3/8"	14,81	100,00	8,15	45,00	53,15	30	65
No. 4	6,32	100,00	3,47	45,00	48,47	25	55
No. 10	2,11	63,85	1,16	28,73	29,89	15	40
No. 40	0,00	33,62	0,00	15,13	15,13	8	20
No. 200	0,00	11,08	0,00	4,98	4,98	2	8

Berdasarkan Tabel 5 Hasil pengujian gradasi agregat gabungan terlihat bahwa agregat kasar Batu Pecah tertahan saringan 1" serta lewat saringan No. 4, sedangkan agregat halus (*Bottom Ash*) tertahan saringan No. 10 serta mulai lewat pada saringan 2". Sehingga hasil analisis campuran Batu Pecah 55% dan *Bottom Ash* 45% sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



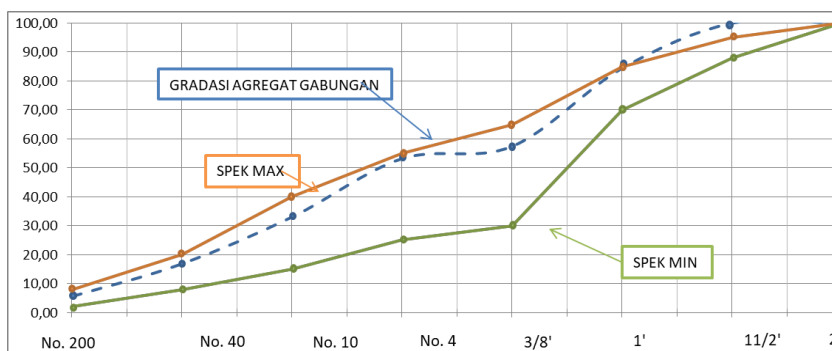
Gambar 1. Gradasi Gabungan Agregat

- 2) Rancangan proporsi agregat gabungan Batu Pecah 50% - *Bottom Ash* 50% sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan tersaji pada lampiran 14. Untuk membuat komposisi gabungan data hasil gradasi, agregat kasar yang tertahan saringan No. 4 dan agregat halus tertahan saringan No. 200

Tabel 6. Pengujian gradasi agregat gabungan

Nomor Saringan	Presentase Lolos Saringan		Batu Pecah 50%	Sirtu 50%	Total Mix	Spesifikasi	
	Batu Pecah	Sirtu				Min	Max
2"	100,00	100,00	50,00	50,00	100,00	100	100
1 1/2"	100,00	100,00	50,00	50,00	100,00	88	95
1"	68,82	100,00	34,41	50,00	84,41	70	85
3/8"	14,81	100,00	7,41	50,00	57,41	30	65
No. 4	6,32	100,00	3,16	50,00	53,16	25	55
No. 10	2,11	63,85	1,05	31,92	32,98	15	40
No. 40	0,00	33,62	0,00	16,81	16,81	8	20
No. 200	0,00	11,08	0,00	5,54	5,54	2	8

Berdasarkan Tabel 6 Hasil pengujian gradasi agregat gabungan terlihat bahwa agregat kasar Batu Pecah tertahan saringan 1" serta lewat saringan No. 4, sedangkan agregat halus (*Bottom Ash*) tertahan saringan No. 10 serta mulai lewat pada saringan 2". Sehingga hasil rekapitulasi campuran Batu Pecah 50% dan *Bottom Ash* 50% dirangkum menjadi grafik, yang secara visual tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Gradasi Gabungan Agregat

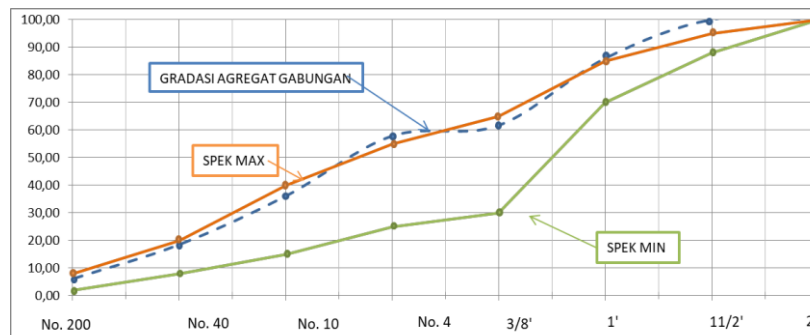
Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui bahwa hasil dari data gradasi yang telah dicampurkan belum memenuhi spesifikasi karena gradasi gabungan mendekati spesifikasi maximum.

- 3) Rancangan proporsi agregat gabungan Batu Pecah 45% - *Bottom Ash* 55% sebagai Lapis Pondasi Kelas B Perkerasan Jalan tersaji pada lampiran 26. Untuk membuat komposisi gabungan data hasil gradasi, agregat kasar yang tertahan saringan No. 4 dan agregat halus tertahan saringan No. 200

**Tabel 7.** Pengujian gradasi agregat gabungan

Nomor Saringan	Presentase Lolos Saringan		Batu Pecah 45%	Sirtu 55%	Total Mix	Spesifikasi	
	Batu Pecah	Sirtu				Min	Max
2"	100,00	100,00	45,00	55,00	100,00	100	100
11/2"	100,00	100,00	45,00	55,00	100,00	88	95
1"	68,82	100,00	30,97	55,00	85,97	70	85
3/8"	14,81	100,00	6,66	55,00	61,66	30	65
No. 4	6,32	100,00	2,84	55,00	57,84	25	55
No. 10	2,11	63,85	0,95	35,12	36,06	15	40
No. 40	0,00	33,62	0,00	18,49	18,49	8	20
No. 200	0,00	11,08	0,00	6,09	6,09	2	8

Berdasarkan Tabel 7 Hasil pengujian gradasi agregat gabungan terlihat bahwa agregat kasar Batu Pecah tertahan saringan 1" serta lewat saringan No. 4, sedangkan agregat halus (*Bottom Ash*) tertahan saringan No. 10 serta mulai lewat pada saringan 2". Sehingga hasil rekapitulasi campuran Batu Pecah 50% dan *Bottom Ash* 50% dirangkum menjadi grafik, yang secara visual tersaji pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Gradasi Gabungan Agregat

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa hasil dari data gradasi yang telah dicampurkan belum memenuhi spesifikasi karena terdapat beberapa nilai gradasi melebihi atau mendekati spesifikasi maximum.

## 5. Kesimpulan

Hasil pengujian karakteristik batu kapur/ gamping Komala dan *Bottom Ash* Nii Tanasa dengan komposisi Batu Pecah 55% - *bottom ash* 45%, Batu Pecah 50% - *bottom ash* 50% dan Batu Pecah 45% - *bottom ash* 55% diperoleh Berat Jenis Agregat Kasar 1,49%, Berat Jenis Agregat Halus (*Bottom Ash*) 14,95% dengan abrasi masing-masing 25,30%. Kinerja campuran yang ideal antara batu kapur/gamping Komala dan *bottom ash* Nii Tanasa dengan komposisi Batu Pecah 55% - *bottom ash* 45% diperoleh CBR pada yd Maks. sebesar 61,76%. Hal ini telah memenuhi

spesifikasi yang disyaratkan sesuai standar Bina Marga. Sedangkan komposisi campuran Batu Pecah 50% - *bottom ash* 50% dan 45% - *bottom ash* 55% belum memenuhi spesifikasi.

## Referensi

- Agus S. Kurniasih, Rezeki M. I. 2016. Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan Kota Cirebon Jawa Barat. Volume V Nomor 5, Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon.
- Debataraja, S, M, T. Sihite, N 2020 Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephalate (PET) Terhadap Daya Lekat Campuran Laston Lapis AC-WC. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 9(1), Universitas Darma Agung, Medan.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Devisi 6 Perkerasan Aspal Edisi November 2010. Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta
- Funan A. 2020. Analisis Kelayakan Agregat Kelas A dan B Dari Quarry Neomuti Sebagai Bahan Lapis Pondasi Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III. Nusa Tenggara Timur.
- Permana, A. Agtiar, G.S 2013. Komparasi Analisis Tebal Perkerasan Lapis Tambah (Overlay) Dengan Metode Asphalt Institute dan Analisa Komponen Pada Jalan Cihampelas Kota Bandung. Bandung
- Sugeha, L.R. Alif, Sulandari, E. Suyono, S.R. 2016. Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Laston. Kalimantan Barat