

ANALISIS PENGGUNAAN PASIR LIMBAH TAMBANG DARI DESA MANEN PADURAN SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN HRS-BASE

Dicki Melson

Jurusan/Program studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: dickimelson@gmail.com

Robby

Jurusan/Program studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: robby@eng.upr.ac.id

Salonten

Jurusan/Program studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: salonten@jts.upr.ac.id

Abstact: *The Latasto (HRS Base) asphalt surface needs a different type of sand to mix with the asphalt to make it strong and durable. A company in Indonesia has been using gold mining waste to make this type of sand, and testing has shown that it is very strong and meets the requirements of the Bina Marga. The tests found that the aggregate had good physical properties and that the Marshall test kit could accurately measure the stability and melting values of mixtures of varying asphalt content. The highest stability value was found to be 7.0%, which is 975,522 kg. The mixture with the highest melting value (flow) was found to be the one with a content of 5.5% asphalt, 3.30mm in size. The manen Paduran mine waste sand mixture (VIM) met all the required technical requirements and had an air void value of 7.5%. Asphalt Filled Cavities (VFB) There are 2 variants of Manen Paduran mine waste sand that meet the requirements. Namely asphalt 7% percentage 72.29 and 7.5% 82.16%. The Marshall flow quotient (Marshall quotient) meets the requirements for all fluctuations in the asphalt sand content of the Manen Paduran mine waste. The highest Marshall quotientI value is found at 6.5% asphalt content, which is 11 of 324.258 kg/mm. MarshallI found that optimal asphalt content is 7.3%, while stability is 930 kg. Flowability is 3.10 mm, and voids are 4.50%. Cavities are filled with bitumen at 78.00%. The MarshallI Quotient is 300 kg/mm.*

Keywords : *HRS-BASE, Optimum Asphalt Content (KAO), Bina Marga, Manen Paduran village*

Abstrak: Kebutuhan material pasir alternatif sebagai bahan pencampur yang diperlukan untuk permukaan aspal Latasto (HRS Base) base course semakin meningkat untuk menunjang pembangunan. Material harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga. Material yang digunakan adalah limbah tambang emas dari Desa Manen Paduran, Kecamatan Banama Tingang, Kota Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Pengujian sifat campuran pendukung hot plate (HRS) dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Pengujian meliputi uji sifat fisik agregat dan uji sifat Marshall campuran dengan menggunakan alat uji Marshall. Nilai stabilitas tertinggi adalah aspal 7,0%, yaitu 975.522 kg. Nilai leleh (aliran) semua campuran variasi kadar aspal memenuhi semua persyaratan yang dipersyaratkan. Persentase kadar aspal 5,5% 3,30mm, 6,0% 3,17mm, 6,5% 3,10mm, 7% 3,03mm dan 7,5% 3,13mm. Campuran pasir limbah tambang (VIM) Manen Paduran yang memenuhi persyaratan teknis memiliki nilai rongga udara 7,5% dan kadar aspal 3,68%. Rongga Terisi Aspal (VFB) Ada 2 varian pasir limbah tambang Manen Paduran yang memenuhi syarat. Yaitu aspal 7% persentase 72,29 dan 7,5% 82,16%. Nilai *flow Marshall (Marshall quotient)* memenuhi syarat yang dipersyaratkan untuk semua fluktuasi kadar aspal pasir limbah tambang Manen Paduran. Nilai *Marshall quotient* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5%, yaitu sebesar 324,258 kg/mm. Hasil studi Parameter Marshall dengan lima variasi kadar aspal antara lain 5,5%, 6%, 6,5%, 7,5% 7,5%, memberikan kadar aspal optimal (KAO) 7,3%, stabilitas (kg) 930,00, daya alir (mm) sebesar 3,10, rongga dalam campuran (%) sebesar 4,50, rongga terisi aspal (%) sebesar 78,00, dan *Marshall Quotient* (kg/mm) sebesar 300,00.

Kata Kunci : *Lataston lapis pondasi (HRS-Base), Kadar Aspal Optimum (KAO), Bina Marga, Desa Manen Paduran.*

PENDAHULUAN

Dalam upaya untuk peningkatan pemerataan pembangunan provinsi Kalimantan Tengah diperlukan adanya penunjang prasarana transportasi meliputi, darat, laut dan udara. Hal tersebut sangat diperlukan karena menjadi syarat mutlak yang dibutuhkan suatu daerah.

Kebutuhan material semakin hari semakin meningkat, yang mana mengurangi ketersediaan khususnya pasir, material pasir sangat diperlukan dalam pembuatan permukaan jalan khususnya lapis pondasi aspal Latastos (HRS Base). Oleh karena itu, diharapkan material pasir alternatif sebagai bahan pencampur yang diperlukan untuk permukaan aspal Latasto (HRS-Base) lapisan dasar. Material tersebut harus memenuhi persyaratan yang dibuat oleh oleh Bina Marga, dengan memperhatikan beberapa aspek diantaranya ketersediaan material, aspek distribusi, dan aspek ekonomi serta lingkungan.

Penggunaan pasir dari hasil limbah tambang emas ini merupakan upaya pemanfaatan sumber daya alam, salah satu material yang digunakan adalah pasir hasil limbah tambang emas dari Desa Manen Paduran Kecamatan Banama Tingang Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah. Dimana jumlah material pasir cukup banyak untuk pembangunan, terkhususnya sebagai bahan perkerasan aspal Lataston lapis pondasi (HRS-Base).

Alasan pemilihan lokasi tempat penelitian:

1. Material yang ada cukup banyak untuk kebutuhan pembangunan.
2. Mengingat material pasir dari hasil limbah tambang emas, maka peneliti tertarik untuk mencari alternatif untuk menggunakan hasil limbah pasir tersebut sebagai campuran pada perkerasan aspal lataston lapis pondasi (HRS-Base).

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan Raya

Trotoar merupakan bagian terpenting dari jalur, secara struktural memiliki posisi paling sentral dalam rangka jalan pada penampang melintang jalan Saodang (2005) mengatakan

bahwa perkerasan adalah lapisan struktur yang dipasang langsung di atas dasar landasan jalan di dalam jalur, dan tujuannya untuk menyerap dan menahan beban lalu lintas langsung.

Fungsi Lapisan Perkerasan

Perkerasan di buat terdiri dari beberapa lapisan sehingga memiliki daya dukung dan daya tahan yang cukup untuk menopang beban yang ada. Lapis permukaan terletak paling atas. Menurut Suprpto (2004) Lapisan permukaan harus memiliki kualitas yang tertinggi karna akan berinteraksi langsung dengan belan atau roda kendaraan. Selain itu ada juga lapisan pondasi atas (LPA), ada juga lapisan pondasi bawah dan ada juga lapisan tanah dasar.

1. Lapis Permukaan (LP)

Lapisan permukaan merupakan bagian atas jalan, yang mempunyai fungsi:

Fungsi struktural, berpartisipasi dalam mendukung dan mendistribusikan beban kendaraan yang diterima dari jalan, baik beban vertikal maupun horizontal (gaya geser). Prasyarat untuk ini, kuat dan stabil.

Fungsi non-struktural :

1. Lapisan kedap air yang mencegah air merembes ke lapisan bawah perkerasan.
 2. Membuat permukaan yang tetap rata agar kendaraan dapat berjalan dengan mulus dan memberikan kenyamanan yang wajar.
 3. Menjamin keselamatan lalulintas dengan membuat permukaan anti slip.
 4. Menjadi lapisan aus, sehingga menjadi lapisan yang dapat diganti setelah digunakan.
2. Lapis *Base Course* atau lapis Pondasi Atas (LPA)

Base course merupakan bagian lapisan yang terletak di antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah atau dengan tanah di bawahnya, bila lapisan pondasi bawah tidak digunakan. Fungsi lapisan ini adalah sebagai berikut:

- a. Lapis pendukung dari lapisan permukaan.

b. Menahan beban horizontal dan vertikal.

c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

LPB adalah bagian konstruksi jalan antara lapisan Pondasi dan Tanah dasar, yang tugasnya :

- Mendistribusikan beban roda.
- Lapisan Peresapan.
- Bagian yang mencegah tanah dasar masuk ke lapisan pondasi.
- Bagian pertama pada pembuatan perkerasan jalan

4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar adalah permukaan tanah asal, permukaan tanah galian, atau permukaan timbunan yang dipadatkan. Ini permukaan dasar untuk meletakkan bagian perkerasan jalan lainnya.

Pasir

Pasir merupakan butiran halus yang digunakan sebagai agregat halus pada campuran panas dan berfungsi untuk mengunci antar butiran agar dapat meningkatkan stabilitas campuran dan untuk mengisi ruang antar butir agregat kasar. Menurut Bina Marga (1983) agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 (2,36mm) dan tertahan pada saringan no. 200 (0,075mm).

Pasir sesuai dengan besar butirannya terbagi dalam tiga macam yaitu:

- Pasir Karas (*Course Sand*)**
Pasir kasar adalah pasir yang besar butirannya berkisar pada 2mm sampai dengan 0,6mm.
- Pasir Sedang (*Medium Sand*)**
Pasir sedang adalah pasir yang besar butirannya berkisar antara 0,6mm sampai dengan 0,2mm.
- Pasir Halus (*Fine Sand*)**
Pasir halus adalah pasir yang besar butirannya berkisar antara 0,2mm sampai dengan 0,06mm.

Aspal

Aspal adalah material campuran jalan yang berfungsi sebagai perekat. Menurut (Sukirman, 2003) jumlah aspal dalam campuran perkerasan jalan bervariasi antara 4-10% dari berat campuran atau 10-15%

dari volume campuran. Aspal juga didefinisikan sebagai bahan perekat berwarna hitam atau coklat tua yang komponen utamanya adalah bitumen.

Ada berbagai macam jenis aspal:

- Berdasarkan tempat diperolehnya aspal yaitu ada aspal alam dan aspal minyak.
- Berdasarkan bentuk pada temperatur ruang ada aspal padat, aspal cair, dan aspal emulsi.

Ketentuan umum untuk aspal harus memenuhi persyaratan seperti gpada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Ketentuan Aspal Keras

NO	Jenis Pengujian	Metode Pengujim	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG 70	PG 76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
2	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sin?) pada osilasi 10 rad/detik=1,0kPa (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematik 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	=300	=3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	=43	Dilaporkan	
5	Duktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	=100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	=232	=230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T 44-14	=99	=99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	=1,0	-	
9	Stabilitas Penyimpangan Perbedanan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	=2,2	
10	Kadar Parafin Lihai (%)	SNI 03-3639-2002	=2	-	
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	=0,3	=0,3	
12	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sin?) pada osilasi 10 rad/detik	SNI 06-2441-1991	-	70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% Semula)	SNI 2456:2011	=54	=54	=54
14	Duktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	=100	=50	=25
15	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sin?) pada osilasi 10 rad/detik =3000 kPa (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2022)

Pengujian Aspal

Pengujian penetrasi dilakukan untuk mengukur kekerasan aspal, yaitu dengan menggunakan jarum diameter 1 mm dan beban 50 gram. Nilai jarum beserta beban yang diberikan pada sampel aspal selama 5 detik, dilakukan pada suhu 25°C pembacaan dilakukan pada dial induktor dalam satuan 0,1 mm.

Untuk mengetahui berapa temperatur titik nyala dan titik bakar maka dilakukan pengujian titik nyala dan titik bakar. Pengujian dilakukan dengan menekan sampel semen aspal ke dalam cangkir kuning Cleveland. Cangkir diletakkan di atas hot plate dan termometer ditempatkan untuk mengukur suhu. Temperatur titik nyala adalah temperatur dimana aspal menyala sementara ada temperatur titik bakar adalah temperatur dimana aspal mulai terbakar selama minimal 5 detik.

Uji durability dilakukan agar sifat kohesi dan plastisitas aspal diketahui. Sampel aspal dimasukan kedalam cetakan kemudian diletakan pada tempat pengujian. Ruang bukti diisi dengan cairan dengan berat jenis mendekati aspal. Panjang sampel aspal putus dengan kecepatan 5 cm/menit pada saat pemeriksaan disebut daktilitas.

Sensitivitas suhu aspal dikontrol menggunakan titik tembok. Titik lembek adalah suhu di mana aspal mulai melunak, yang ditunjukkan oleh panel uji aspal yang jatuh di bawah berat bola baja di atasnya.

Kemampuan aspal untuk menjaga sifat-sifatnya di bawah kondisi cuaca yang berbeda adalah daya tahannya. Aspal yang baik dapat dievaluasi dengan menguji paparan aspal terhadap panas dan udara (*Rolling Thin Film Oven Test = RTFOT*) atau dengan *Thin Film Oven Test (TFOT)*

Kemampuan aspal untuk membentuk ikatan yang baik dengan agregat dan mempertahankannya pada tempat yang sama disebut daya rekat. Sedangkan kemampuan aspal untuk mempertahankan kesatuan agregat setelah pencampuran disebut kohesi. Sebuah tes dilakukan untuk melihat seberapa kuat sifat ini.

Pengujian Marshall

Untuk mengetahui kinerja beton aspal padat dilakukan pengujian yang meliputi:

1. Uji berat volume sampel
2. Uji kemampuan maksimum beton aspal padat aspal dalam menahan beban sampai tercapai plastis leleh.
3. Uji aliran (Flow) merupakan pemebebanan sampai pada batas keruntuhan sehingga mengakibatkan besarnya perubahan bentuk plastis beton aspal padat.
4. Perbandingan antara stabilitas dan flow merupakan perhitungan koefisien *Marshall*
5. Uji berbagai jenis volume pori pada beton aspal padat (VIM, VMA dan VFA).
6. Uji ketebalan permukaan atau lapisan aspal.

Sifat volumetrik dari aspal beton panas dapat diketahui secara analitis, baik yang diperoleh di laboratorium, ataupun di lapangan. Beberapa parameter yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut:

V_{mb} = volume *bulk* dari beton aspal padat.

VMA = volume Rongga udara antar butir agregat dalam campuran, termasuk yang terisi oleh aspal, (*void in the mineral aggregate*).

VIM = volume rongga pada beton aspal padat (*void in mix*).

VFA = volume rongga pada beton yang terisi oleh aspal (*volume of void filled with asphalt*).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode uji laboratorium, dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Palangka Raya. Bahan dahulu diperiksa di laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik material. Desain campuran kemudian dibuat dari informasi yang diperoleh tersebut. kemudian sampel (briket) dibuat sehingga

sifat-sifat campuran diketahui. Sampel berupa pasir diperoleh dari Desa Manen Paduran, Kecamatan Banama Tingang, Kota Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Sejumlah sampel acak secukupnya diambil di titik pengambilan sampel.

Material yang dipersiapkan meliputi:

1. Agregat Halus: Pasir dari Desa Manen Paduran Kecamatan Banama Tingang Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah.
2. Aspal: Penetrasi 60/70

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Sifat Fisik Agregat

Hasil Uji sifat fisik agregat disajikan dalam Tabel.2

Tabel 2. Hasil Analisa Saringan Masing-Masing Agregat

No. Saringan	Persentase Lolos Saringan (%)			
		Eks. Palu		Manen Paduran
Inch mm	Agregat Kasar (CA)	Abu Batu (FA)	Pasir (SA)	
#3/4 19	100.00	100.00	100.00	
#1/2 12,7	84.76	100.00	100.00	
#3/8 9,5	2.44	100.00	100.00	
No.8 2,36	0.73	83.37	56.00	
No.30 0,60	0.62	39.48	20.05	
No.200 0,075	0.10	13.75	0.00	

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2022)

Hasil dari uji sifat fisik agregat, uji keausan agregat kasar dan uji kadar lempung ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Masik-Masing Agregat.

Pemeriksaan	Eks. Palu		Pasir Manen Paduran
	Agregat Kasar	Abu Batu	
Berat Jenis (gram/cm ³)	2,660	2,525	2,555
Berat Jenis Kering Permukaan / SSD (gram/cm ³)	2,696	2,576	2,612
Berat Jenis Semu (gram/cm ³)	2,760	2,661	2,684
Penyerapan (%)	1,365	2,044	1,982
Keausan / Abrasi (%)	23,81	-	-
Sand Equivalent (%)	-	-	79,56

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2022)

Hasil Uji Sifat Fisik Agregat

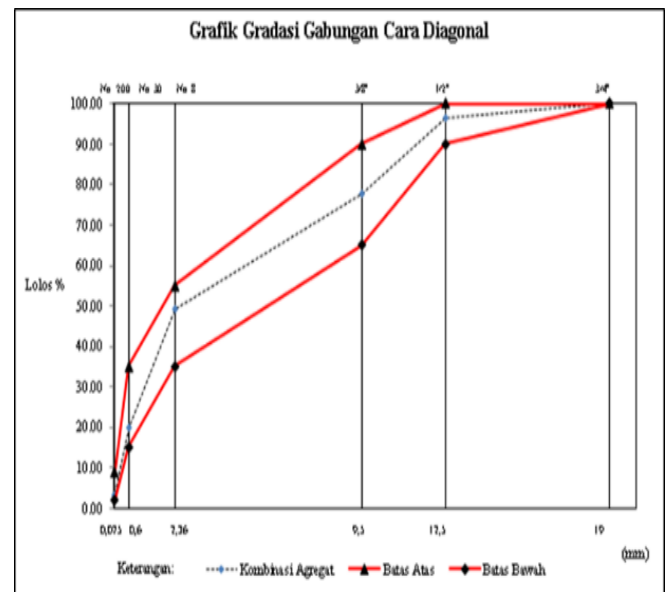
Hasil perhitungan agregat dengan metode diagonal dan perhitungan desain campuran menurut metode Asphalt Institute ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Gradasi

No. Saringan	Agregat Kasar (CA)	Abu Batu (FA)	Pasir (SA)		Total Kombinasi	Spesifikasi		
inch mm	100%	23%	100%	23%	100%	55%		
#3/4 19,0	100.00	23.00	100.00	22.00	100.00	55.00	100.00	100
#1/2 12,7	84.76	19.49	100.00	22.00	100.00	55.00	96.49	90-100
#3/8 9,5	2.44	0.56	100.00	22.00	100.00	55.00	77.56	65-90
No.8 2,36	0.73	0.17	83.37	18.34	56.00	30.80	49.31	35-55
No.30 0,600	0.62	0.14	39.48	8.69	20.05	11.03	19.86	15-35
No.200 0,075	0.10	0.02	13.75	3.03	0.00	0.00	3.05	2-9

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2022)

Gabungan Cara Diagonal.



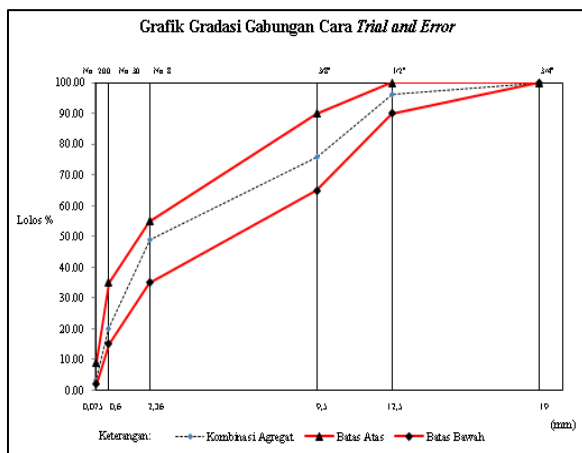
Gambar 1. Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal

Dalam tabel 5 di baha ini di tunjukan hasil uji komposisi gradasi agregat gabungan dengan menggunakan metode diagonal kemudian dikontrol dengan menggunakan metode coba-coba.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan dengan Cara *Trial And Error*

No. Saringan	Agregat Kasar (CA)	Abu Batu (FA)		Pasir (SA)		Total Kombinasi	Spesifikasi
		100%	25%	100%	24%		
#3/4	19,0	100.00	25.00	100.00	24.00	100.00	100
#1/2	12,7	84.76	21.19	100.00	24.00	100.00	90-100
#3/8	9,5	2.44	0.61	100.00	24.00	100.00	65-90
No.8	2,36	0.73	0.18	83.37	20.01	56.00	28.56
No.30	0,600	0.62	0.15	39.48	9.47	20.05	10.23
No.200	0,075	0.10	0.03	13.75	3.30	0.00	0.00
						3.33	2-9

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2022)



Gambar 2. Grafik Gradasi Gabungan Cara *Trial And Error*

Komposisi campuran yang dipakai untuk komposisi pembuatan benda uji adalah hasil perhitungan dengan metode *trial and error*, karena hasil dari nilai total kedua metode gabungan tersebut mendekati ideal. Kadar aspal awal dapat diperkirakan dari hasil perhitungan komposisi campuran yang telah diperoleh.

Perkiraan kadar aspal awal dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Pb = 0,045 (\% FA) + 0,035 (\% CA) + 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

Keterangan :

Pb = Kadar aspal

CA = Agregat kasar (*Coarse Aggregate*)

FA = Agregat halus (*Fine Aggregate*)

Filler = Agregat halus lolos saringan No. 200

Konstanta = 2,0 - 3,0 (diambil nilai konstanta = 2,0)

Hasil perhitungan *trial and error* disajikan pada Tabel 4. yang menunjukkan bahwa jumlah agregat yang lolos dari

saringan No 8 adalah 48,75%. Nilai CA adalah agrgat Kasar yang tertahan pada saringan No. 8.

Maka nilai CA = 100% - 48,75% = 51,25 D Presentase agregat yang tertahan di saringan No. 200 dan lolos dari saringan No. 8 merupakan nilai FA.

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan nilai FA adalah,} \\ FA &= 100\% - (\% Filler + \% CA) \quad (2) \\ &= 100\% - (3,33\% + 51,25\%) \\ &= 45,42\% \end{aligned}$$

Agregat yang lolos sanringan No. 200 adalah nilai *filler*. Dari hasil penggabungan diperoleh nilai *filler* adalah 3,33%.

Analisis Kadar Aspal:

$$\begin{aligned} Pb &= 0,045 (\% FA) + 0,035 (\% CA) + \\ &\quad 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta} \quad (3) \\ Pb &= (0,045 \times 45,42) + (0,035 \times 51,25) + \\ &\quad (0,18 \times 3,33) + 2,0 \\ Pb &= 6,44 \approx 6,5\% \end{aligned}$$

Hitungan aspal rata-rata yang dihasilkan adalah sekitar 7,5%, yang kemudian disortir dengan interval 0,5% dengan dua kali perubahan kadar aspal turun dan dua kali kenaikan kadar aspal. Diperoleh 5 (lima) variasi kadar aspal yaitu yaitu 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5%, hasil dari perhitungan estimasi kadar aspal. Persentase agregat yang digunakan pada berat total adalah 1200 gram. Perhitungan material campuran dan berat aspal sesuai komposisi yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan

Aspal dengan kadar 5,5%

- Agregat Kasar (CA)
25% = 25% x 1200 = 300 gram
- Abu Batu (FA)
24% = 24% x 1200 = 288 gram
- Pasir (SA)
51% = 51% x 1200 = 612 gram +
- **Total Berat Agregat = 1200 gram**
- Aspal
 $5,5\% = \left[\frac{5,5}{(100-5,5)} \right] \times 1200 = 69,84 \text{ gram}$

$$\text{Aspal + Berat Total Campuran = } 69,84\text{gram} + 1200\text{gram} = 1269,84\text{gram}$$

Dalam tabel 6 berikut disajikan perhitungan rencana berat aspal dan material lainnya.

Tabel 6. Rencana Komposisi Campuran

Berat Total Agregat 1200 gram				Berat Total Agregat Campuran	Variasi Kadar Aspal					Kode Sampel		
Agregat Kasar	Abu Batu	Pasir	gram		5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%			
%	gram	% gram	% gram	gram	Berat Kadar Aspal Terhadap Total Campuran							
25	300	24	288	51	612	1200	69,84	76,60	83,42	90,32	97,30	I

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Pengujian Marshall

Persiapan Uji Marshall

Setelah komposisi campuran (mix design) telah dihitung, selanjutnya adalah produksi briket atau sampel. Membuat benda uji sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991. Untuk lalulintas sedang jumlah total tumbukan yang dapat dilakukan adalah sebanyak 2 x 75 tumbukan.

Setelah sampel dipadatkan lalu didiamkan dalam temperatur ruang kemudian ditimbang beratnya, kemudian sampel di rendam dalam air selama 24 jam kemudian di timbang untuk mengetahui berat benda uji dalam keadaan jenuh. Selanjutnya benda uji di keringkan sampai pada kondisi kering jenuh baru kemudia di timbang lagi.

Sampel terlebih dahulu direndam dalam bak air panas dengan suhu 60 derajat celcius selama kurang lebih 30-40 menit baru kemudian dilakukan uji *Marshall*. Besar nilai stabilitas dan flow akan diperoleh masing-masing satuannya kg dan mm.

Perhitungan Pengisian Tabel Pengujian Marshall

Terlebih dahulu dilakukan perhitungan penyerapan agegat campuran dan berat jenis, baru kemudian dilakukan analisis dan perhitungan hasil uji *Marshall*. Dalam tabel 7 disajikan hasil dari perhitungan total serapan dan berat jenis agregat capuran lapisan dasar Lataston (*HRS-Base*)

Tabel 7. Perhitungan Penyerapan Terhadap Agregat dan Berat Jenis

No	Pemeriksaan	Hasil Perhitungan
1.	Berat Jenis Bulk (GSB)	2.553
2.	Berat Jenis Semu (GSA)	2.668
3.	Berat Jenis Efektif (GSE)	2.611
4.	Penyerapan (Pba)	0.933

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Selanjutnya dilakukan perhitungan tabel hasil tes Marshall.

Analisis Variasi Kadar Aspal Terhadap Hasil Pengujian Marshall

Dari hasil uji marshal karakteristi utama dari campuran aspal panas adalah kelelehan (*flow*), stabilitas, *Marshall quotient*, rongga terisi aspal (*VFB*) rongga dalam campuran (*VIM*). Hasil uji laboratorium Marshall untuk briket/barang uji menunjukkan bahwa tidak semua memenuhi pesyaratan yang di persyaratkan untuk campuran *HRS-Base*. Untuk menganalisi hubungan antara lima sifat campuran digunakan grafik. Hasil dari pengujian Marshall untuk kelima benda uji di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Parameter Karakteristik *Marshall*

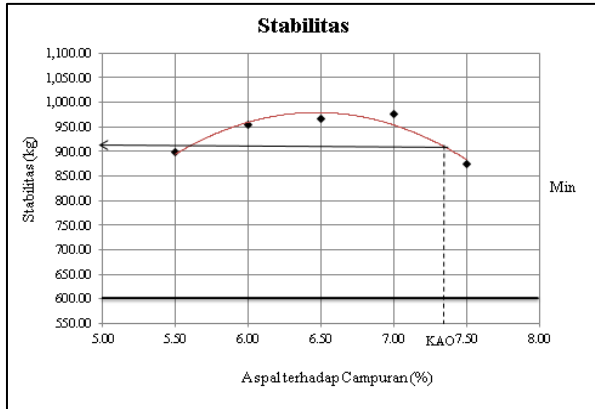
Kadar Aspal (%)	Parameter Karakteristik Marshall					Keterangan
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kN/mm)	
5,5	899.066	3.30	11.94	48.94	277.614	VIM dan VFB Tidak Memenuhi
6,0	954.127	3.17	10.11	55.70	303.622	VIM dan VFB Tidak Memenuhi
6,5	966.068	3.10	5.62	72.02	312.933	VIM dan VFB Tidak Memenuhi
7,0	975.522	3.03	5.95	72.29	324.358	VIM Tidak Memenuhi
7,5	873.691	3.13	3.68	82.16	279.018	Memenuhi
Spesifikasi	> 600	> 3	3 - 5	> 68	> 250	

Sumber: Hasil Pengujian Marshall (2022)

Dari hasil uji *Marshall* menunjukan bahwa campuran aspal yang memenuhi semua persyaratan karakteristik *Marshall* hanya pada kadar 7,5%. Pada kadar 7,0%, 6,5%, 6,0%, dan 5,0% terdapat beberapa parameter *Marshall* yang tidak terpenuhi.

Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

600 kg merupakan batas minimum untuk stabilitas campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)*.



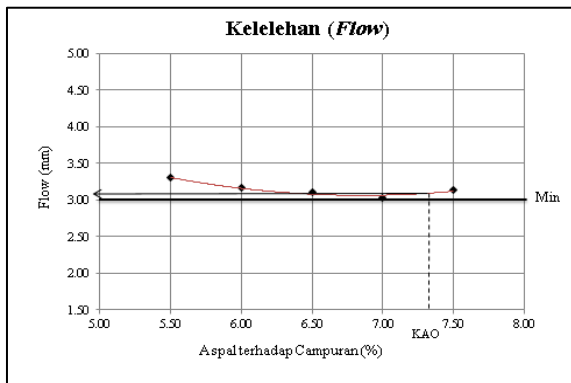
Sumber: Hasil Penelitian 2022

Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal

Dari grafik di atas pada kadar aspal 7,0% diperoleh nilai stabilitas tertinggi yaitu 975.522 kg dan nilai stabilitas 873.691 kg yaitu pada kadar aspal 7,5%. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Bina Marga (2018) Revisi 2 (dua) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS -Base)* telah terpenuhi yang mana minimum stabilitasnya adalah 600 kg.

Hubungan Variasi Kadar Aspal terhadap Kelelahan (Flow)

Nilai kelelahan (*flow*) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)* yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga (2018) Revisi 2 (dua) yaitu lebih besar dari 3 mm. Hasil pengujian kelelahan (*flow*) diperoleh dari nilai rata-rata ketiga benda uji untuk mewakili setiap kadar aspal. Pada gambar 3 akan diperlihatkan bagai mana pengaruh nilai kelelahan (*flow*) dengan variasi kadar aspal.



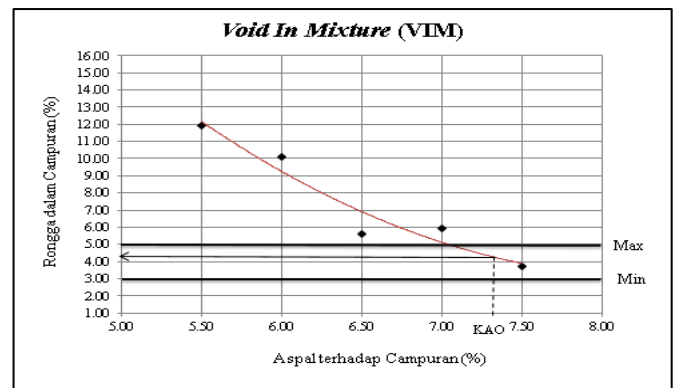
Sumber: Hasil Penelitian 2022

Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal terhadap Kelelahan

Dari Grafik diatas Pada kadar 5,5% nilai *flow* tertinggi terjadi adalah 3,30 mm dan *flow* terendah terjadi di kadar 7,0% sebesar 3,03 mm. Pada kadar 5,5%-7,7% telah memenuhi persyaratan untuk campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)* dari Bina Marga (2018) Revisi 2 (dua)

Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (Void in Mixture/VIM) Terhadap Variasi Kadar Aspal.

Hasil perhitungan nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: Hasil Penelitian 2022

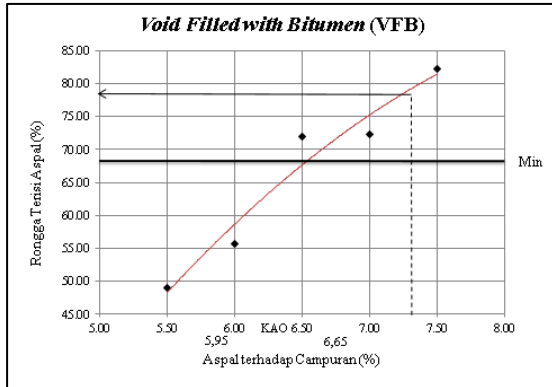
Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal terhadap Rongga Udara dalam Campuran (VIM)

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar aspal maka akan menurunkan kadar udara dalam campuran. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya jumlah aspal yang akan mengisi rongga udara di pada campuran aspal. Nilai VIM yang memenuhi persyaratan berada pada kadar aspal 7,5%.

Hubungan Rongga Terisi Aspal (Void Filled With Bitumen/VIM) Terhadap Variasi Kadar Aspal

Nilai rongga yang terlalu besar menyebabkan daya rekat antar agregat menjadi berkurang, dan akan mempengaruhi *durabilitas* campuran. Jika rongga antar agregat terisi aspal terlalu banyak maka akan memungkinkan terjadinya *bleeding* pada campuran.

Spesifikasi umum yang ditetapkan untuk Nilai Rongga yang terisi oleh Aspal (VFB) yaitu lebih besar dari 68%. Nilai rongga terisi aspal (VFB) dapat dilihat pada Gambar 6.



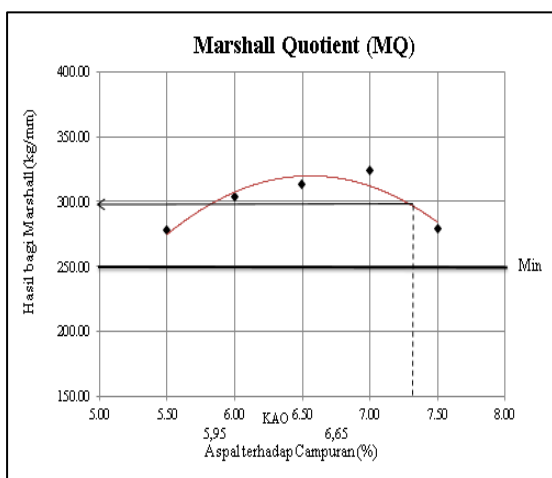
Sumber: Hasil Penelitian 2022

Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Terhadap Rongga Terisi Aspal (VFB)

Pada gambar 6 menunjukkan bertambahnya jumlah aspal cenderung meningkatkan jumlah rongga yang terisi aspal (VFB). Hal ini disebabkan karna bertambahnya jumlah aspal yang mengisi rongga udara diantara butiran agregat. Nilai VFB yang sesuai dengan persyaratan dengan kadar aspal 6,5%, 7,0 dan 7,5%.

Hubungan Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient) Dengan Kadar Aspal

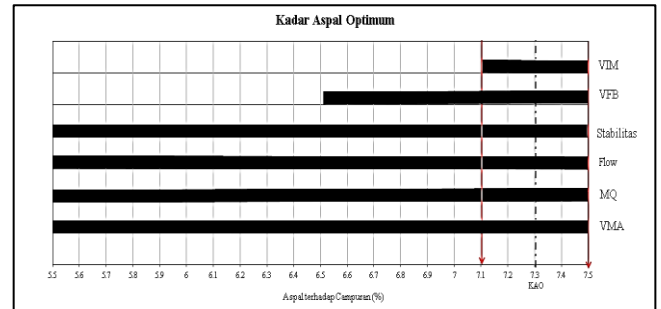
Marshall Quotient diperoleh dari nilai stabilitas dibagi dengan nilai kelelahan (flow).



Sumber: Hasil Penelitian 2022

Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal terhadap Marshall Quotient

Gambar 7 menunjukkan nilai Marshall quotient yang tertinggi itu di kadar aspal 7,0%, yaitu 324,358 kg/mm, nilai hasil bagi Marshall paling rendah adalah di kadar aspal 5,5%. sama dengan 277,614 kg/mm. Setelah menganalisa grafik-grafik di atas, nilai kadar aspal optimum (KAO) dapat ditentukan dengan cara memplot grafik antara kadar aspal yang memenuhi spesifikasi stabilitas, VMA, VFB, VIM dan Marshall quotient.



Sumber: Hasil Penelitian 2022

Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal Optimum (KAO) Terhadap Nilai Parameter Marshall

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada grafik hubungan kadar aspal dengan sifat karakteristik Marshall terhadap kadar aspal seperti berikut pada Gambar 7.

Kadar Aspal Optimum

$$= \frac{7,1 + 7,5}{2} = 7,3$$

Dalam tabel 9 di sajikan hasil pengujian karekteristik Marshall menunjukkan bahwa kadar aspal campuran 7,1-7,5% telah memenuhi standar yang telah ditentukan. Selanjutnya diambil nilai rata-rata 7,30% dari interval tersebut untuk nilai optimum Asphalt Content (OAC).

Untuk nilai parameter Marshall diambil nilai rata-rata 7,3 % untuk nilai Optimum Asphalt Content (OAC)

Tabel 9. Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum Komposisi I

Parameter Karakteristik Marshall						
Komposisi Campuran (%)	KAO (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga Terisi Aspal (%)	Hasil Bagi Marshall (kg/mm)
I	7,30	930,00	3,10	4,50	78,00	300,00
Spesifikasi	-	>600	>3	3-5	>68	>250

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kestabilan parameter Marshall dengan karakteristik kadar aspal optimum Koefisien Marshall (MQ) 300,00 kg/mm, (KAO) sebesar 930,00 kg, rongga campuran (VIM) sebesar 4,50%, rongga terisi aspal (VFB) 78,00 n, FLOW sebesar 3,10 mm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat dibuat beberapa kesimpulan:

1. Dari hasil pemeriksaan sifat fisik agregat pada pemeriksaan gradasi, berat jenis dan penyerapan, serta keausan agregat kasar material penyusun pada perencanaan *hot-rolled sheet base (HRS-Base)* telah memenuhi spesifikasi.
2. Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall menggunakan pasir limbah tambang dari Manen Paduran diperoleh nilai karakteristik parameter Marshall seperti berikut ini:
 - a. Tidak semua variasi kadar aspal menggunakan pasir limbah tambang emas dari Manen Paduran memenuhi spesifikasi nilai stabilitas. Nilai stabilitas yang paling tinggi yaitu pada campuran dengan kadar aspal 7,0 % sebesar 975,522 Kg.
 - b. Nilai Kelelehan (*flow*) untuk semua campuran terhadap variasi kadar aspal menggunakan pasir limbah tambang dari Manen Paduran semua memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Yaitu kadar aspal 5,5% sebesar 3,30 mm, 6,0% sebesar 3,17 mm, 6,5% sebesar 3,10 mm, 7% sebesar 3,03 mm, dan 7,5% sebesar 3,13 mm.
 - c. Dalam campuran Nilai rongga udara (VIM) untuk pasir limbah tambang dari Manen Paduran yang memenuhi spesifikasi dengan kadar aspal 7,5% sebesar 3,68%.
 - d. Nilai rongga terisi aspal (VFB) untuk pasir limbah tambang dari Manen Paduran terdapat 2 variasi

yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Yaitu kadar aspal 7% sebesar 72,29% dan 7,5% sebesar 82,16%.

- e. Senua variasi kadar aspal pasir dari manen paduran dengan hasil uji *Marshall Quotient* memenuhi spesifikasi yang di syaratkan . Nilai *Marshall Quotient* yaitu pada kadar aspal 6,5% sebesar 324,258 kg/mm.
3. Dari penelitian parameter Marshall dengan 5 variasi kadar aspal yang diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,3%, Stabilitas (kg) senilai 930,00, Flow (mm) senilai 3,10, Rongga dalam Campuran (%) senilai 4,50, Rongga Terisi Aspal (%) 78,00, dan Hasil Bagi Marshall (Kg/mm) 300,00.

SARAN

Setelah penelitian ini dilakukan, saran yang diberikan:

1. Hasil analisis perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)* menggunakan pasir limbah tambang dari Manen Paduran bisa digunakan pada variasi kadar aspal 7,5% karena memenuhi spesifikasi dari hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga (2018), Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2) 2020, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2014), *Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3*, Jakarta.
- Desriantomy, 2007. *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Palangka Raya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Direktorat Jendral Bina Marga DPU, *Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B/1983*.
- Hamirhan Saodang, 2005. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*, Nova. Bandung.
- Marga, D. J. B., 2018. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Divisi 6. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Sukirman S, *Perkerasan lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung, 1999.

- Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018. Divisi 6, Gradasi Agregat Kasar Dan Agregat Halus, Badan Penelitian dan Pembangunan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sukirman, Silvia. 2003 *Beton Aspal Campuran Panas Edisi 1*, Jakarta: GRANIT.
- Tm, Suprpto, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Penerbit UGM, Yogyakarta.
- Yusnandi Eliason, 2009. *Pemanfaatan Kerikil Pecah dan Sirtu dari Desa Taringen Sebagai Campuran Pembentuk Lataston Lapis Aus (HRS-Wearing Course)*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Palangka Raya.