

## **Analisis Karakteristik Gradasi dan Kelayakan Material *Aluvial Gravel Sand* (Kinang Jingkion) Sebagai *Agregat Hot Rolled Sheet (HRS Base)* di Kabupaten Yalimo, Provinsi Papua Pegunungan**

**Ronal Fernando Lumban Tobing\*, Rachmat Mudiyono, Juny Andry Sulistyo**

Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

Email: ronalfernandotobing@gmail.com\*

---

### **Keywords:**

*Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion), Laboratory Testing, Technical Feasibility, Road Pavement, Papua Highlands..*

---

---

### **Abstract**

*The construction of road infrastructure in mountainous regions such as Yalimo Regency faces major challenges related to the limited availability of aggregate materials that meet technical standards. This condition necessitates the use of local materials as more efficient and sustainable alternatives. This research aims to analyze the gradation and physical–mechanical properties of Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion), assess its conformity with Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base) specifications, and identify its potential and limitations as an aggregate material for road pavement. The research was conducted through a series of laboratory tests, were conducted, including sieve analysis, specific gravity and water absorption, Sand Equivalent, Los Angeles abrasion, mud content, soundness against sulfate solution, stripping test, flat and elongated particles, and Marshall testing. The test results show that Kinang Jingkion material has a Fineness Modulus (FM) of 3.40–3.45, SSD specific gravity of 2.45–2.55 g/cm<sup>3</sup>, water absorption below 3%, passing No.200 sieve of 0.60%, Sand Equivalent of 89–93%, and Los Angeles abrasion of less than 25%. The Marshall stability value is approximately 2344 kg, with a flow of 6–9 mm and VIM of 4.8–5.5%, all of which meet the HRS-Base requirements. Technically, the material is considered suitable for use as coarse aggregate in hot-mix asphalt. In conclusion, Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) has strong potential to serve as an effective local aggregate alternative for road pavement in Yalimo Regency, although some limitations such as durability under water immersion and the availability of processing facilities need to be considered in its practical application.*

---

---

### **Kata Kunci:**

*Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion), Uji Laboratorium, Kelayakan Teknis, Perkerasan Jalan, Papua Pegunungan*

---

---

### **Abstrak**

Pembangunan infrastruktur jalan di wilayah pegunungan seperti Kabupaten Yalimo menghadapi kendala ketersediaan material agregat yang memenuhi standar teknis sehingga diperlukan penggunaan material lokal sebagai alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gradasi dan sifat fisik-mekanik material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion), menilai kesesuaiannya dengan spesifikasi Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base), serta mengidentifikasi potensi dan keterbatasannya sebagai bahan agregat pada perkerasan jalan. Penelitian dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air, Sand Equivalent, keausan Los Angeles, kadar lumpur, kekekalan bentuk terhadap larutan sulfat, uji penyelimutan dan pengelupasan, partikel pipih dan lonjong, serta pengujian Marshall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material Kinang Jingkion memiliki Modulus Kehalusan (FM) 3,40–3,45, berat jenis SSD 2,45–2,55 gr/cm<sup>3</sup>, penyerapan air < 3%, kadar lolos No.200 sebesar 0,60%, Sand Equivalent 89–93%, dan keausan Los Angeles < 25%. Nilai stabilitas

---

Marshall  $\pm 2344$  kg, flow 6–9 mm, dan VIM 4,8–5,5%, seluruhnya memenuhi spesifikasi HRS-Base. Secara teknis material ini dinyatakan layak digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beraspal panas. Kesimpulannya material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) berpotensi menjadi alternatif agregat lokal yang efektif untuk perkerasan jalan lingkungan di Kabupaten Yalimo meskipun beberapa keterbatasan terkait ketahanan terhadap rendaman air dan ketersediaan fasilitas pengolahan perlu diperhatikan dalam penerapannya..

---

## PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu pilar utama dalam upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat, memperkuat konektivitas antarwilayah dan mendorong pertumbuhan ekonomi nasional maupun daerah. Jalan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transportasi untuk mobilitas manusia dan barang tetapi juga sebagai penggerak utama kegiatan ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat. Menurut Bappenas, pembangunan infrastruktur jalan bertujuan untuk memperluas aksesibilitas, memperkecil kesenjangan antarwilayah serta mendukung pengembangan kawasan tertinggal dan terisolasi. Infrastruktur jalan yang baik akan membuka peluang investasi, memperluas pasar hasil produksi lokal dan meningkatkan efisiensi distribusi barang dan jasa. (Todaro & Smith, 2015) menyebutkan bahwa pembangunan infrastruktur fisik termasuk jalan merupakan bagian integral dari pembangunan ekonomi karena menciptakan fondasi yang memungkinkan terjadinya pertumbuhan dan produksi. Jalan membantu mengatasi hambatan geografis, memfasilitasi integrasi ekonomi wilayah dan mendorong terciptanya pemerataan pembangunan. Namun demikian di wilayah-wilayah tertentu, terutama daerah dengan kondisi geografis yang sulit seperti Kabupaten Yalimo di Provinsi Papua Pegunungan, pembangunan jalan menghadapi tantangan yang tidak sederhana.

Kabupaten Yalimo adalah salah satu daerah terpencil dengan kondisi topografi yang didominasi oleh pegunungan, kemiringan lereng yang curam dan aksesibilitas yang terbatas. Wilayah ini berbatasan dengan Kabupaten Jayapura di utara, Kabupaten Yahukimo di timur, Kabupaten Jayawijaya di selatan dan Kabupaten Mamberamo Tengah di barat. Berdasarkan data (B. P. S. K. Yalimo, 2023), panjang jalan kabupaten di Yalimo masih didominasi oleh jalan tanah sepanjang 216,74 km, sementara jalan provinsi sepanjang 168 km juga belum sepenuhnya beraspal. Kondisi ini mencerminkan belum optimalnya pembangunan infrastruktur jalan di daerah ini.

Selain kondisi topografi yang sulit, tantangan lainnya adalah terbatasnya pasokan material agregat yang memenuhi standar teknis untuk campuran aspal terutama pada lapisan penutup (Hot Rolled Sheet Base atau HRS-Base). Lapisan ini merupakan bagian teratas perkerasan jalan yang menerima beban lalu lintas secara langsung sehingga kualitasnya sangat menentukan umur layan jalan. Dalam praktiknya kebutuhan agregat di Kabupaten Yalimo sebagian besar masih dipenuhi dengan mendatangkan material dari luar daerah seperti Jayapura, Nabire, bahkan dari Pulau Jawa. Hal ini menyebabkan biaya logistik sangat tinggi, memperlambat pelaksanaan proyek dan membebani anggaran daerah maupun pusat. Tingginya biaya konstruksi di Kabupaten Yalimo tercermin dalam data Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK) tahun 2023 yang mencapai 254,48, jauh di atas rata-rata nasional (IKK= 100) dan

termasuk salah satu yang tertinggi di Indonesia. Biaya pembangunan jalan di Yalimo lebih dari dua setengah kali lipat dibandingkan rata-rata nasional yang menunjukkan adanya ketergantungan yang tinggi terhadap material dari luar dan mahal nya biaya transportasi akibat kondisi geografis dan infrastruktur yang terbatas. Selain itu karakteristik geologi dan geomorfologi Kabupaten Yalimo yang terdiri atas dataran bergelombang hingga pegunungan dengan ketinggian 0–3000 mdpl dan kemiringan lereng dominan 15–25% (agak curam), bahkan di beberapa distrik lebih dari 40% (sangat curam), menimbulkan risiko bencana alam seperti longsor yang berdampak pada kerusakan jalan dan kesulitan akses material ke lokasi proyek.

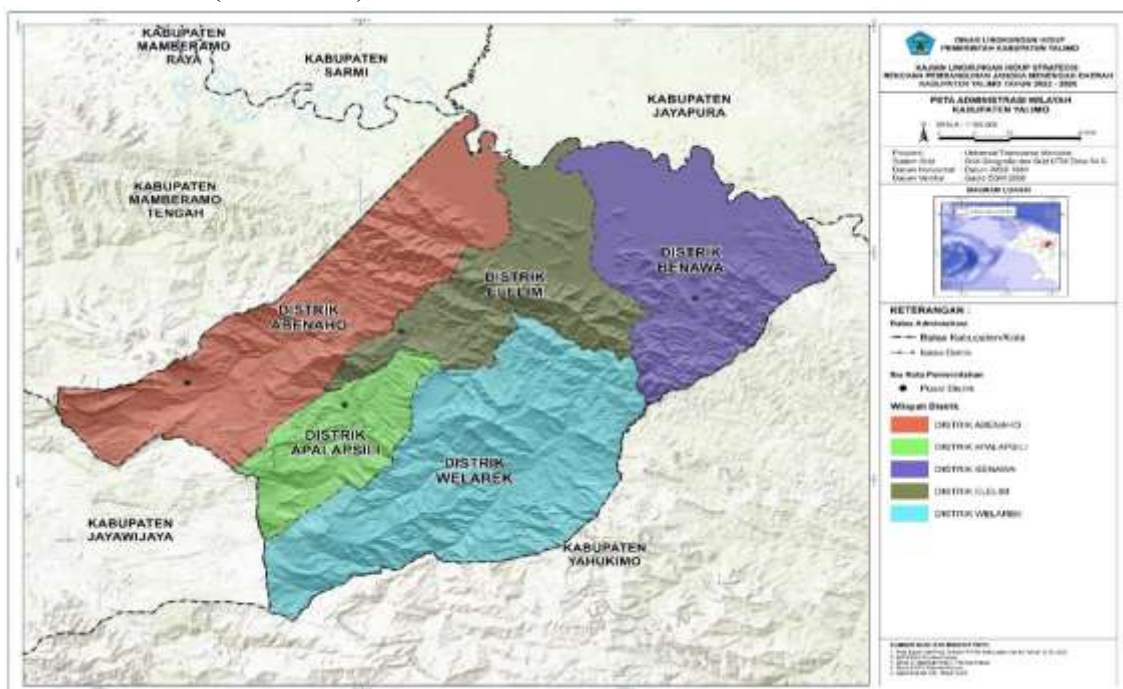
Dalam menghadapi tantangan tersebut salah satu solusi yang relevan adalah dengan memanfaatkan potensi sumber daya lokal sebagai bahan baku konstruksi. Pendekatan ini sejalan dengan teori pembangunan berkelanjutan (Kodoatie & Sugianto, 2002), yang menekankan pentingnya memanfaatkan material lokal untuk menekan biaya, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan efisiensi proyek. Dengan demikian selain lebih ekonomis, penggunaan material lokal juga mendukung pemberdayaan ekonomi masyarakat setempat. Kabupaten Yalimo memiliki material batuan lokal yang dikenal masyarakat dengan nama Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion), yang secara alami tersedia dalam jumlah cukup melimpah. Menurut penelitian (Bahtiar, 2024), material ini memiliki karakteristik fisik yang cukup baik dan berpotensi digunakan sebagai agregat pada perkerasan jalan. Penelitian awal lainnya oleh (Idie, 2023) juga menyebutkan bahwa Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) menunjukkan hasil yang menjanjikan sebagai alternatif material konstruksi, meskipun diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai gradasi butirannya dan kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis campuran HRS-Base.

Gradasi agregat merupakan salah satu faktor paling penting dalam menentukan kualitas campuran aspal. Gradasi yang tepat akan menghasilkan kepadatan optimal, stabilitas tinggi, dan daya tahan terhadap deformasi maupun kerusakan prematur. Sebaliknya, gradasi yang tidak sesuai dapat menyebabkan masalah teknis seperti porositas tinggi, bleeding, stripping, hingga kegagalan dini pada perkerasan jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian laboratorium untuk memastikan apakah Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) memenuhi kriteria gradasi dan sifat fisik sesuai spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga. Urgensi penelitian ini semakin tinggi seiring dengan program pembangunan infrastruktur nasional yang menargetkan percepatan pembangunan di wilayah Papua. Pemanfaatan material lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi tingginya biaya logistik, mempercepat pembangunan jalan dan mendukung pembangunan berkelanjutan di Kabupaten Yalimo. Penelitian ini akan memberikan data empiris yang penting bagi para pemangku kepentingan, termasuk pemerintah daerah, kontraktor, dan perencana, untuk memanfaatkan potensi sumber daya lokal secara optimal dan efisien.

Berdasarkan paparan di atas penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis gradasi material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) yang tersedia di Kabupaten Yalimo serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar gradasi agregat untuk campuran HRS-Base. Temuan penelitian ini diharapkan dapat membantu merancang pembangunan jalan pedesaan dengan menggunakan material lokal secara efektif dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian analisis karakteristik gradasi dan kelayakan material lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) sebagai agregat HRS Base berada di Kabupaten Yalimo Provinsi Papua Pegunungan. dengan fokus pengambilan sampel material agregat lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) yang terdapat di dua lokasi yaitu Kampung Apalapsili dan Sungai Habie. Pemilihan lokasi penelitian ini bukan tanpa alasan melainkan didasarkan pada ketersediaan sumber daya material yang selama ini dimanfaatkan secara tradisional oleh masyarakat setempat untuk berbagai kebutuhan konstruksi sederhana seperti pembangunan jalan lingkungan, pondasi bangunan, maupun pekerjaan infrastruktur lainnya. Dengan demikian lokasi ini memiliki potensi signifikan untuk diteliti lebih lanjut sebagai sumber agregat alternatif dalam pekerjaan perkerasan jalan beraspal, khususnya pada lapisan Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)



**Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Yalimo**

Sumber: ( Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Yalimo Tahun 2013–2033.

Setelah pengambilan sampel dari lapangan, material di uji di Laboratorium UPTD Balai Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang, Perumahan Dan Kawasan Permukiman, yang berlokasi di Jalan Silva Griya No 1 Kotaraja, Provinsi Jayapura. Laboratorium ini dipilih karena memiliki fasilitas peralatan uji material yang cukup lengkap dan memenuhi standar nasional maupun internasional (ASTM) serta di dukung oleh tenaga teknis yang berpengalaman dalam pengujian agregat untuk pekerjaan jalan.

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilakukan di Laboratorium. Penelitian eksperimental dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gradasi material Lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) melalui serangkaian pengujian Laboratorium yang mengikuti prosedur standar. Eksperimental

dilakukan terhadap sampel material yang di ambil dari lokasi penelitian kemudian di uji di Laboratorium untuk mendapatkan data empiris mengenai distribusi ukuran butiran (gradasi) dan dibandingkan persyaratan spesifikasi teknis untuk lapisan penutup (HRS-Base) pada perkerasan jalan

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder untuk menilai kelayakan material lokal Pasir Kerikil Aluvial (Kinang Jinkion) sebagai agregat pada campuran Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base). Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan pengambilan sampel material secara langsung di dua lokasi quarry yang representatif, yaitu Kampung Quarry Apalapsili dan Kampung Quarry Habie di Distrik Elelim, Kabupaten Yalimo, masing-masing sebanyak 100 kg dengan metode grab sampling. Observasi lapangan dilakukan untuk memahami kondisi aktual lokasi penambangan, termasuk topografi, distribusi material, dan aksesibilitas. Data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur dan dokumen resmi, seperti Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2/SNI, dokumen teknis dari Dinas PUPR Kabupaten Yalimo, RPJMD Kabupaten Yalimo 2024–2029, serta literatur terkait agregat lokal daerah pegunungan.

Pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi lapangan dan wawancara. Wawancara dilakukan dengan pihak Dinas PUPR, kepala adat, dan tokoh masyarakat setempat untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan material jalan, kondisi jalan eksisting, spesifikasi teknis HRS-Base, serta aspek sosial, budaya, dan aksesibilitas yang memengaruhi pemanfaatan material lokal. Analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel agregat untuk menilai kesesuaian karakteristik gradasi dan sifat fisik material dengan standar yang berlaku (Ahmad, 2015). Tahapan analisis meliputi evaluasi gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan air, keausan Los Angeles, sand equivalent, kadar butiran lolos saringan No. 200, penyelimutan dan pengelupasan aspal, kekekalan bentuk dengan larutan sulfat, kadar butiran pipih dan lonjong, serta perhitungan parameter volumetrik campuran seperti VIM dan VMA. Seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan spesifikasi teknis untuk menentukan kualitas dan kelayakan Pasir Kerikil Aluvial (Kinang Jinkion) sebagai agregat HRS-Base di Kabupaten Yalimo.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Distrik Elelim, Kabupaten Yalimo, Provinsi Papua Pegunungan, dengan pengambilan sampel material lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) dilakukan di dua lokasi quarry utama yaitu Kampung Apalapsilii dan Kampung Habie. Lokasi ini dipilih karena merupakan sumber utama material batuan Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) yang digunakan masyarakat setempat untuk konstruksi jalan lingkungan dan memiliki karakteristik yang mewakili kondisi alam di Kabupaten Yalimo. Secara geografis Distrik Elelim terletak di bagian tengah Kabupaten Yalimo dan merupakan pusat administrasi kabupaten sehingga akses menuju lokasi lebih mudah dibanding distrik lainnya. Meskipun demikian, kondisi medan di sekitar lokasi quarry tetap menantang karena sebagian besar wilayah berbukit dan bergelombang, dengan ketinggian antara 500 hingga 1.500 meter di atas permukaan laut. Topografi yang bervariasi ini menyebabkan material lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) mengalami proses pelapukan alami yang memengaruhi ukuran butiran dan bentuk fisik batuanannya. Kampung Apalapsilii dan Kampung Habie merupakan lokasi

quarry terbuka di mana batuan Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) dieksploitasi secara tradisional. Quarry ini berada di lereng dengan kemiringan berkisar antara 15–25%, sehingga material yang diperoleh sebagian besar berbentuk pecahan batu alami dengan variasi ukuran yang cukup beragam. Akses ke quarry dilakukan melalui jalan tanah dan jalur setapak yang digunakan oleh kendaraan kecil dan alat angkut tradisional.

Dalam survei lapangan, pengambilan sampel material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) dilakukan secara representatif dengan mempertimbangkan variasi ukuran butiran, kepadatan, dan karakteristik fisik batuan. Dari setiap quarry, diambil masing-masing 100 kg sampel batuan untuk kemudian diuji di laboratorium. Sampel dikumpulkan dan disimpan dengan prosedur yang mempertahankan kondisi alami material agar hasil pengujian laboratorium dapat mencerminkan karakteristik sebenarnya dari batuan di lapangan. Selain kondisi topografi dan fisik batuan, lokasi penelitian juga memperlihatkan akses terbatas terhadap transportasi karena medan yang berbukit dan sebagian besar jalan berupa tanah atau batu pecah. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam penelitian karena memengaruhi potensi penggunaan material lokal Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) untuk konstruksi jalan lingkungan, baik dari segi ketersediaan maupun logistik pengangkutan. Secara keseluruhan lokasi penelitian mencerminkan kondisi pegunungan tropis di Papua yang menantang, di mana pemanfaatan material lokal seperti Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) memiliki relevansi tinggi untuk pembangunan infrastruktur jalan yang ekonomis dan teknis layak. Gambaran ini menjadi dasar penting bagi analisis karakteristik gradasi, sifat fisik, dan kelayakan material dalam penelitian ini.



**Gambar 2. Wawancara Dengan Dinas PUPR Kab. Yalimo, Tokoh Adat Dan Tokoh Masyarakat**

Sumber: Dokumentasi



**Gambar 3. Proses Pengambilan Sampel**

Sumber: Dokumentasi

Pembahasan hasil penelitian merupakan bentuk kecendekiawanan peneliti. Untuk itu penulis diharapkan dapat mengungkapkan secara rinci dan mendalam hal-hal yang menjadi temuan dalam penelitiannya. Dalam bagian ini, penulis harus merujuk pada hasil-hasil penelitian sebelumnya yang telah terbit dalam jurnal ilmiah (terutama jurnal internasional bereputasi). Penulis juga disarankan untuk merujuk hasil-hasil penelitian yang telah diterbitkan dalam Jurnal Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia.

Berikut adalah beberapa contoh penulisan rujukan dalam tubuh artikel. Penulisan dapat seperti ini (Leonard, 2013), atau juga ada dua penulis maka ditulis seperti ini (Supardi & Leonard, 2010). Jika terdapat 4 atau lebih penulis, maka ditulis seperti ini (Leonard et al, 2015). Lalu, dapat juga ditulis nama di luar tanda kurung, seperti Leonard, (2013), menyesuaikan dengan pernyataan yang ditulis. Penulisan rujukan TIDAK PERLU mencantumkan halaman dari sumber rujukan yang dikutip. Perlu dicatat bahwa semua penyebutan nama adalah mengikuti nama belakang dari setiap penulis yang dikutip.

### **Berat Jenis Bulk Agregat Gabungan Aluvial Gravel Sand (Kinang Jinkion) Dengan Agregat Kampung Harapan Kabupaten Jayapura**

Pengujian berat jenis bulk agregat gabungan dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata berat jenis dari campuran beberapa fraksi agregat sesuai proporsinya. Nilai ini sangat penting karena akan digunakan dalam perhitungan kebutuhan aspal, rongga udara, serta kepadatan campuran beraspal panas. Dalam penelitian ini, agregat digunakan adalah agregat gabungan antara material dengan beberapa fraksi, yaitu agregat kasar, sedang, abu batu, dan pasir. Masing-masing fraksi dihitung berat jenis bulk-nya, kemudian digabung sesuai proporsi sehingga diperoleh nilai berat jenis bulk gabungan yang mewakili karakteristik agregat secara keseluruhan

**Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Bult Agregat Gabungan**

No	Agregat	Proporsi agregat	Berat jenis Bulk agregat	Berat jenis gabungan. Bulk agregat	Berat jenis Bulk agregat gabungan rata-rata
1	BT 1-2	30,00%	2,703	11,10	2,737
2	BT 0,5 – 1	15,00%	2,709	5,54	
3	Abu Batu	47,00%	2,680	17,53	
4	Pasir	6,00%	2,536	2,37	
5	Filter	2,00%			
		100%		36,53	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium UPTD Balai Pengujian Dinas PUPR, data diolah peneliti (2025)

Hasil analisis pengujian berat jenis bult agregat gabungan Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) dengan agregat Kampung Harapan Kabupaten Jayapura sebagai berikut

Rumus:

Bj bulk gabungan= (Proporsi agregat)/(BJ bulk agregat)

Agregat BT 1-2

Bj bulk gabungan=  $30,00/2,703=11,10$

Agregat BT 0,5 -1

Bj bulk gabungan=  $15,00/2,709=5,54$

Agregat Abu Batu

Bj bulk gabungan=  $47,00/2,680=17,53$

Agregat Pasir

Bj bulk gabungan=  $6,00/2,536=2,37$

Bj Bulk Gabungan

Bj bulk gabungan=  $100,00/36,53=2,737$

Hasil pengujian berat jenis bulk agregat gabungan menunjukkan bahwa untuk fraksi agregat batu pecah ukuran 1–2 cm diperoleh nilai 11,10, fraksi batu pecah ukuran 0,5–1 cm sebesar 5,54, fraksi abu batu sebesar 17,53, dan fraksi pasir sebesar 2,37. Setelah dijumlahkan, totalnya mencapai 36,53. Berdasarkan perhitungan berat jenis bulk agregat gabungan adalah 2,737. Nilai ini berada dalam rentang standar berat jenis agregat kasar, yaitu antara 2,5 hingga 3,0 menurut Spesifikasi Umum Bina Marga maupun standar ASTM. Dengan demikian, agregat gabungan dari material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) dan Kampung Harapan dinyatakan memenuhi persyaratan teknis dan layak digunakan sebagai bahan campuran perkerasan aspal.

### **Pengujian Marshall Untuk Campuran Beraspal Panas**

Pengujian Marshall menggunakan AASHTO T 245-97 (2004) menentukan sifat-sifat campuran aspal panas HRS Base. Pengujian ini menentukan kadar aspal yang tepat untuk stabilitas, fleksibilitas, dan kepadatan. Spesimen uji silinder yang dipadatkan (briket) dievaluasi untuk stabilitas, aliran, berat jenis, VMA, VIM, dan VFB. Variasi kadar aspal adalah

4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%, masing-masing dengan dua spesimen uji. Kadar aspal optimal (KAO) untuk campuran HRS Base ditentukan oleh hasil pengujian berikut.

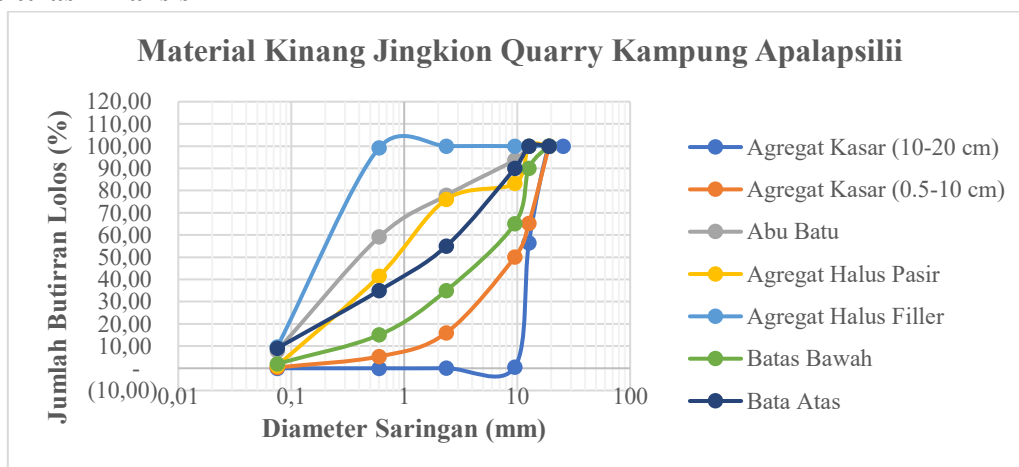
Berdasarkan hasil perhitungan laboratorium, nilai isi benda uji (volume) pada berbagai kadar aspal berkisar antara 505,0 cc hingga 519,0 cc, yang menunjukkan bahwa proses pemadatan berjalan dengan baik dan konsisten di setiap variasi kadar aspal. Semakin tinggi kadar aspal volume benda uji sedikit meningkat karena aspal mengisi rongga antar agregat, namun peningkatannya masih dalam batas wajar. Nilai kepadatan campuran (Gmb) meningkat dari kadar aspal 4,5% hingga mencapai puncak pada kadar 5,0%–5,5%, kemudian sedikit menurun pada kadar 6,0%–6,5%. Pola ini menunjukkan bahwa pada kadar aspal 5,0%–5,5%, campuran mencapai kondisi paling padat dan stabil. Setelah melewati kadar tersebut, kelebihan aspal justru menyebabkan campuran menjadi lebih longgar karena lapisan aspal yang terlalu tebal membuat agregat kurang saling mengunci.

Sementara itu nilai rongga dalam agregat (VMA) berada dalam kisaran 18,7% hingga 19,8%, yang sesuai dengan standar Bina Marga ( $\geq 15\%$ ). Nilai VMA yang relatif stabil menunjukkan bahwa campuran memiliki keseimbangan yang baik antara jumlah aspal dan agregat dalam mengisi rongga. Kondisi ini penting agar aspal cukup melapisi agregat tanpa menyebabkan kelebihan aspal yang bisa menurunkan stabilitas.

Untuk rongga terhadap campuran (VIM), hasil perhitungan menunjukkan nilai antara 3,73% hingga 7,10%. Menurut SNI 06-2489-1991, kisaran ideal VIM adalah 3–5%, yang berarti kadar aspal 5,0%–6,5% termasuk memenuhi standar. Pada kadar 4,5%, nilai VIM terlalu tinggi (7,1%), menandakan campuran masih memiliki banyak rongga udara. Sebaliknya, pada kadar 6,0%, nilai VIM mendekati batas bawah (3,73%), yang menandakan rongga sudah hampir tertutup sempurna oleh aspal.

Secara keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) terdapat pada sekitar 5,5%, di mana campuran memiliki kepadatan maksimum, nilai VMA yang sesuai standar, dan VIM dalam batas ideal. Dengan kadar aspal tersebut, campuran diharapkan memiliki stabilitas yang tinggi, ketahanan terhadap deformasi yang baik, serta daya tahan terhadap pengaruh air dan cuaca.

### Rekapitulasi Analisis

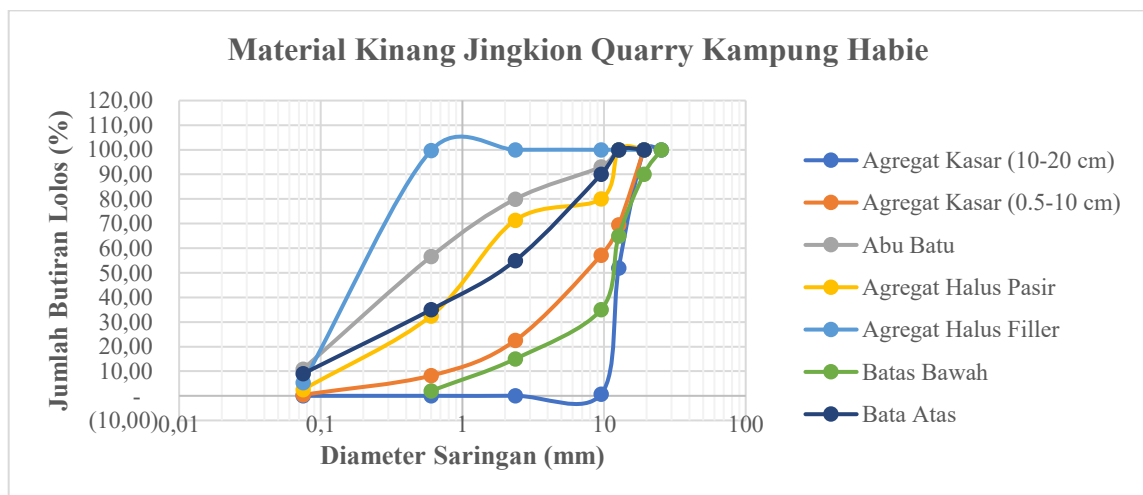


Gambar 4. Gradasi Agregat Quarry Kampung Apalapsilii

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Grafik pada Gambar [nomor] menunjukkan hasil analisis gradasi agregat dari Material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) Quarry Kampung Apalapsili. Sumbu horizontal merepresentasikan diameter saringan (mm) dalam skala logaritmik, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase butiran lolos (%) terhadap berat total sampel. Secara umum kurva menunjukkan bahwa setiap jenis material memiliki karakteristik gradasi yang berbeda. Agregat kasar berukuran 10–20 cm memiliki distribusi butiran yang dominan pada ukuran besar, dengan persentase butiran lolos di bawah 10% untuk saringan berdiameter di bawah 10 mm. Hal ini menandakan bahwa fraksi ini tergolong agregat kasar berbutir besar yang relatif seragam. Agregat kasar berukuran 0,5–10 cm memperlihatkan peningkatan jumlah butiran lolos secara bertahap seiring dengan mengecilnya diameter saringan, dengan nilai mencapai sekitar 90% pada saringan berukuran 20 mm. Pola ini menunjukkan bahwa material tersebut memiliki gradasi yang lebih baik dibanding agregat kasar berukuran 10–20 cm.

Sementara itu abu batu dan agregat halus (pasir) memperlihatkan kurva yang lebih landai, menandakan keberagaman ukuran partikel yang lebih besar dan distribusi butiran yang lebih merata. Agregat halus jenis filler memiliki nilai lolos hampir 100% pada diameter saringan di bawah 0,075 mm, yang mengindikasikan bahwa material tersebut sebagian besar terdiri dari partikel sangat halus. Apabila dibandingkan dengan batas bawah dan batas atas gradasi yang disyaratkan, terlihat bahwa sebagian besar fraksi agregat halus dan kasar masih berada dalam rentang spesifikasi standar. Dengan demikian material dari quarry tersebut dapat dikategorikan memiliki gradasi yang memenuhi persyaratan teknis untuk campuran perkerasan beraspal, meskipun diperlukan pengendalian proporsi tertentu agar diperoleh gradasi campuran yang optimal.



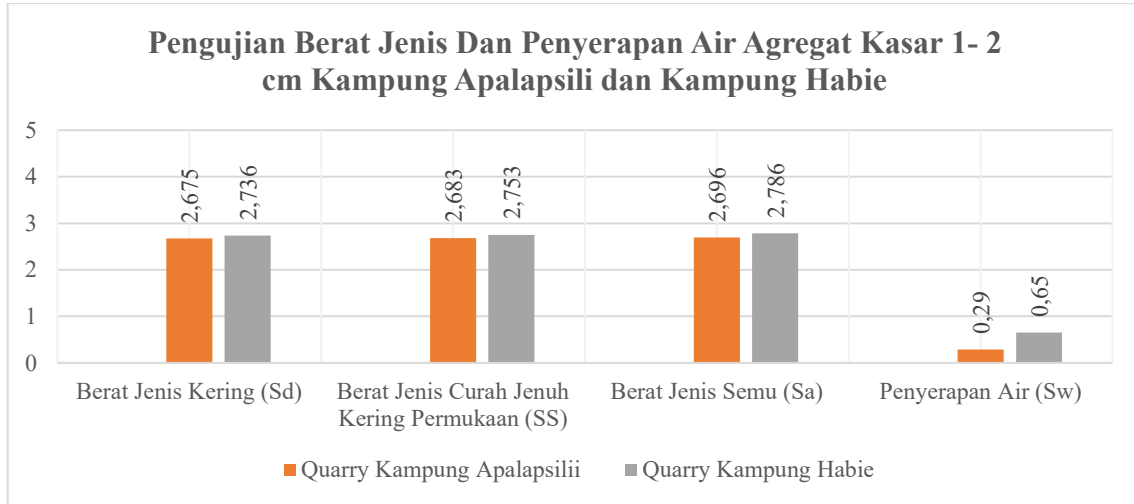
**Gambar 5. Gradasi Agregat Quarry Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil analisis gradasi agregat Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) dari Quarry Kampung Habie menunjukkan perbedaan karakteristik gradasi pada tiap fraksi ukuran. Agregat kasar 10–20 cm bersifat seragam dengan butiran besar, ditunjukkan oleh kurva curam dan persentase lolos rendah pada saringan kecil. Agregat kasar 0,5–10 cm memiliki variasi ukuran yang lebih baik dengan peningkatan persentase lolos yang bertahap. Abu batu dan pasir menunjukkan gradasi lebih baik dengan sebaran ukuran yang lebih merata, sedangkan agregat halus filler didominasi partikel sangat halus dengan nilai lolos mendekati 100% pada saringan

0,075 mm. Secara umum, gradasi material masih berada dalam batas spesifikasi yang diperkenankan, sehingga material dari quarry ini berpotensi digunakan dalam campuran beraspal panas dengan pengaturan proporsi agregat agar sesuai standar yang berlaku.

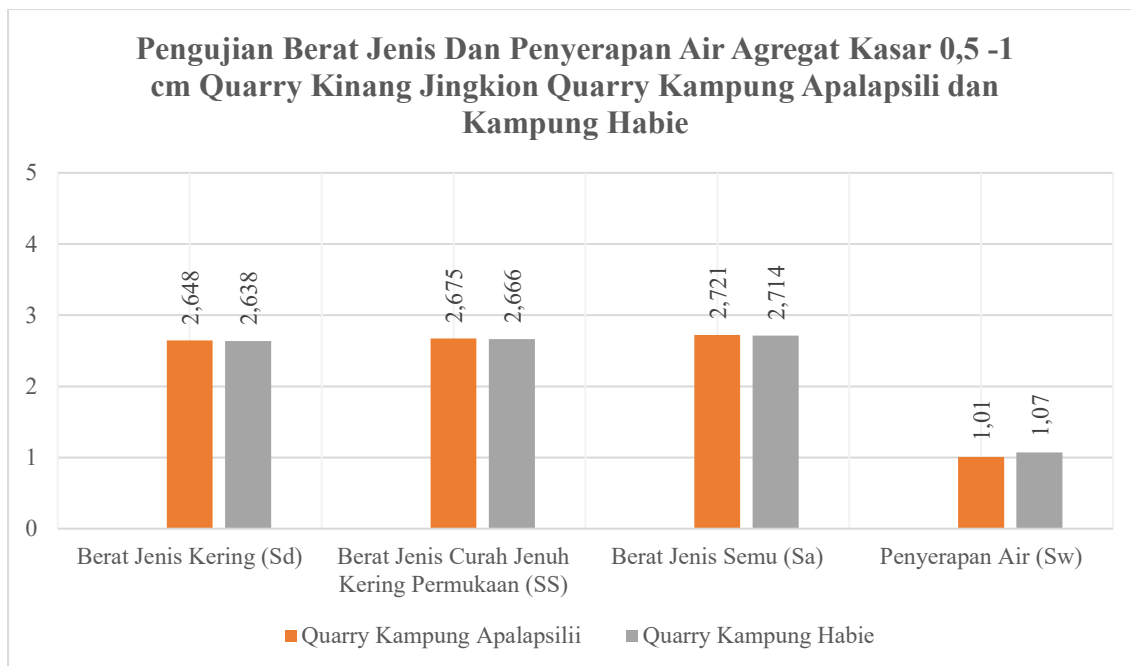
**Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**



**Gambar 6. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar 1- 2 cm Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

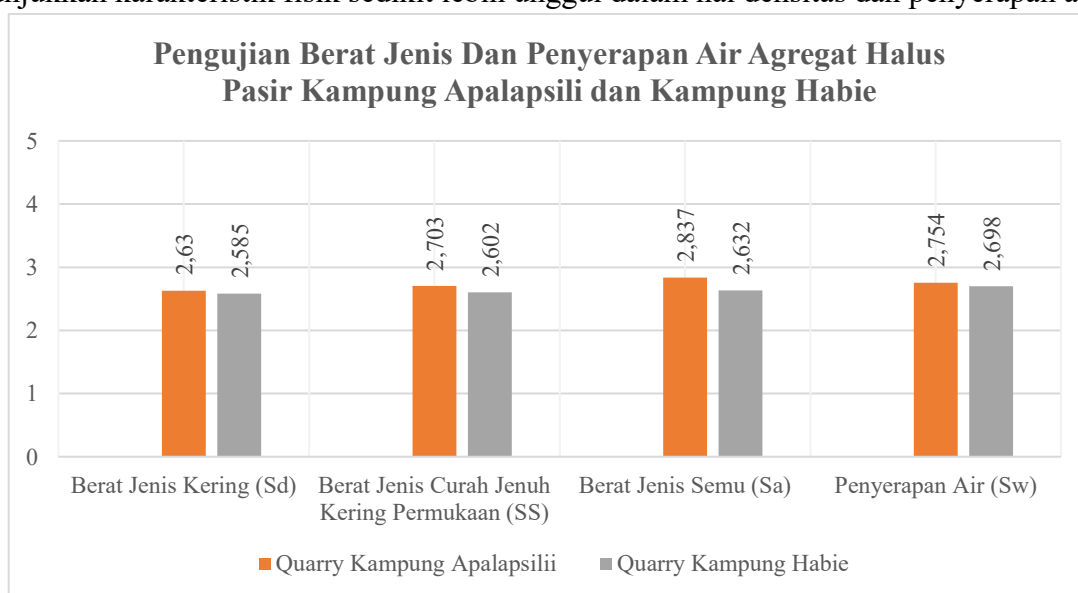
Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berukuran 1–2 cm dari Quarry Kampung Apalapsili dan Quarry Kampung Habie. Nilai berat jenis kering (Sd) untuk Apalapsili adalah 2,675, sedangkan Habie 2,736. Perbedaan kecil ini menunjukkan bahwa agregat dari Habie memiliki kerapatan mineral yang sedikit lebih tinggi. Untuk berat jenis curah jenuh kering permukaan (SS) masing-masing sebesar 2,683 dan 2,753, sedangkan berat jenis semu (Sa) adalah 2,696 dan 2,786. Nilai-nilai ini masih berada dalam kisaran yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2020, yaitu  $\geq 2,5$ , sehingga kedua agregat tergolong baik dari sisi densitas. Nilai penyerapan air (Sw) menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, yaitu 0,29% untuk Apalapsili dan 0,65% untuk Habie. Hal ini mengindikasikan bahwa agregat Apalapsili memiliki porositas lebih rendah dan struktur lebih padat, sehingga lebih tahan terhadap penetrasi air dan serapan aspal berlebih



**Gambar 7. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar 0,5- 1 cm Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

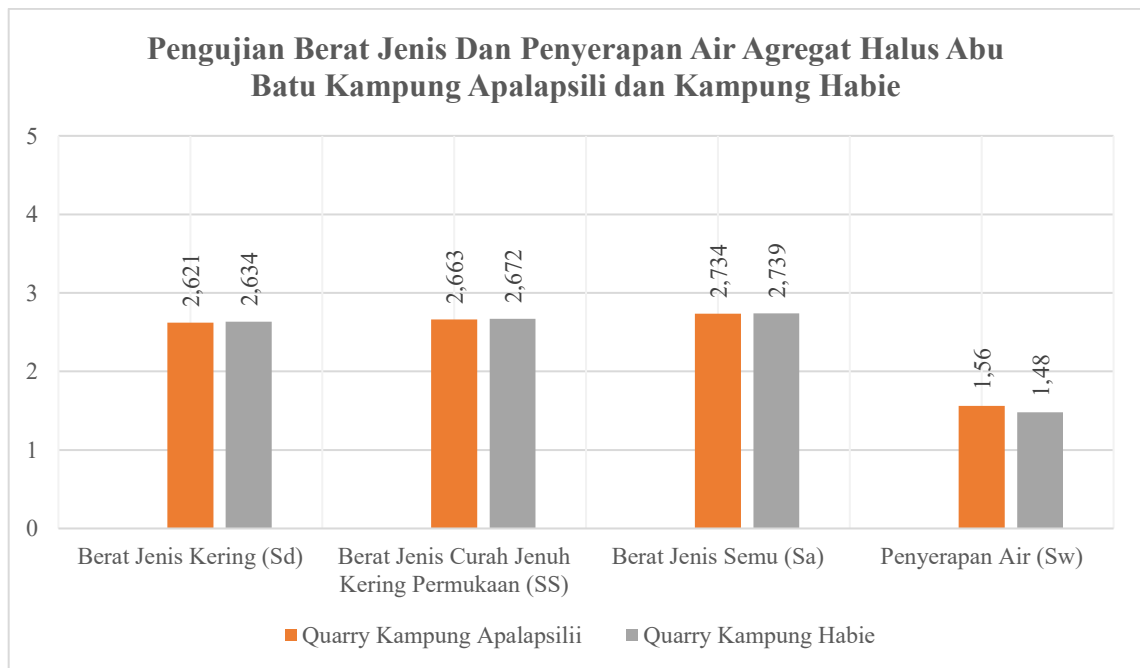
Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar 0,5–1 cm dari Quarry Apalapsili dan Habie memiliki nilai berat jenis yang hampir sama dan seluruhnya berada di atas 2,5, sehingga memenuhi spesifikasi Bina Marga 2020. Nilai penyerapan air keduanya juga rendah, masing-masing 1,01% dan 1,07%, masih di bawah batas maksimum 3%, yang menandakan porositas rendah dan tekstur batuan padat. Secara umum, kedua agregat memiliki mutu yang baik dan layak digunakan untuk campuran beraspal panas, meskipun agregat dari Apalapsili menunjukkan karakteristik fisik sedikit lebih unggul dalam hal densitas dan penyerapan air.



**Gambar 8. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus Pasir Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari Quarry Kampung Apalapsili dan Kampung Habie. Nilai berat jenis kering (Sd) untuk Apalapsili sebesar 2,630, sedangkan untuk Habie 2,585, menunjukkan bahwa agregat halus dari Apalapsili memiliki densitas yang sedikit lebih tinggi. Pada berat jenis curah jenuh kering permukaan (SS), nilai yang diperoleh masing-masing adalah 2,703 untuk Apalapsili dan 2,602 untuk Habie. Sedangkan berat jenis semu (Sa) menunjukkan nilai 2,837 pada Apalapsili dan 2,632 pada Habie. Nilai-nilai tersebut masih berada dalam rentang standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 ( $\geq 2,5$ ), sehingga kedua pasir memenuhi syarat untuk digunakan sebagai agregat halus. Nilai penyerapan air (Sw) sebesar 2,754% untuk Apalapsili dan 2,698% untuk Habie, keduanya masih di bawah batas maksimum 3%. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua material memiliki porositas rendah dan karakteristik fisik yang baik untuk digunakan dalam campuran perkerasan beraspal. Secara keseluruhan, pasir dari Quarry Kampung Apalapsili menunjukkan karakteristik fisik yang sedikit lebih baik dibandingkan pasir dari Kampung Habie, terutama dari sisi berat jenis yang lebih tinggi yang menandakan kepadatan butiran dan kekuatan mineral yang lebih baik

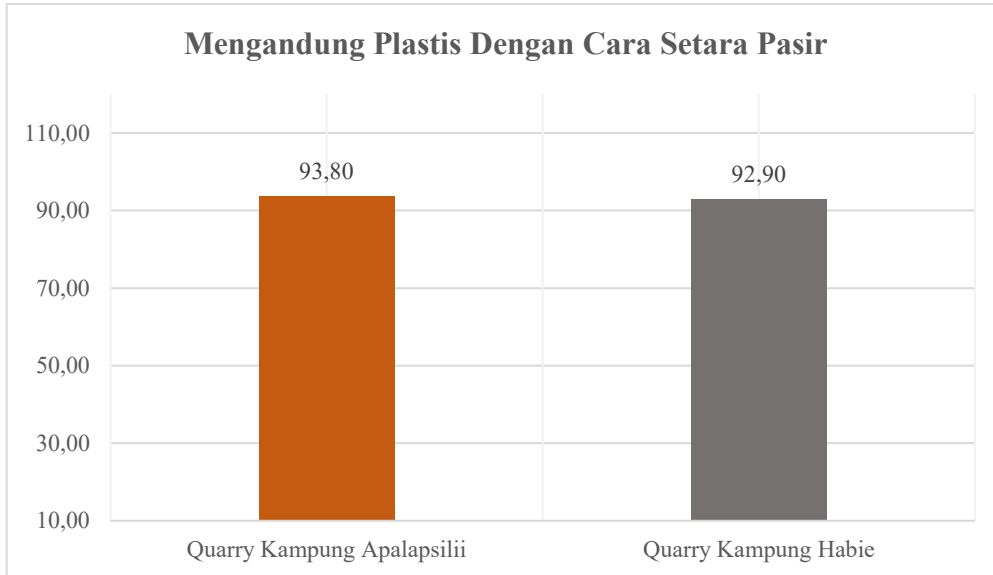


**Gambar 9. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus Abu Batu Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus abu batu dari Quarry Kampung Apalapsili dan Kampung Habie. Nilai berat jenis kering (Sd) untuk Apalapsili adalah 2,621, sedangkan untuk Habie 2,634, menunjukkan bahwa kedua material memiliki densitas yang hampir sama. Untuk berat jenis curah jenuh kering permukaan (SS), hasil yang diperoleh adalah 2,663 untuk Apalapsili dan 2,672 untuk Habie. Sementara berat jenis semu (Sa) masing-masing sebesar 2,734 dan 2,739. Nilai-nilai tersebut masih berada di atas standar minimum 2,5 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2020, sehingga kedua material dikategorikan memenuhi persyaratan fisik agregat halus. Nilai penyerapan air (Sw) menunjukkan sedikit perbedaan,

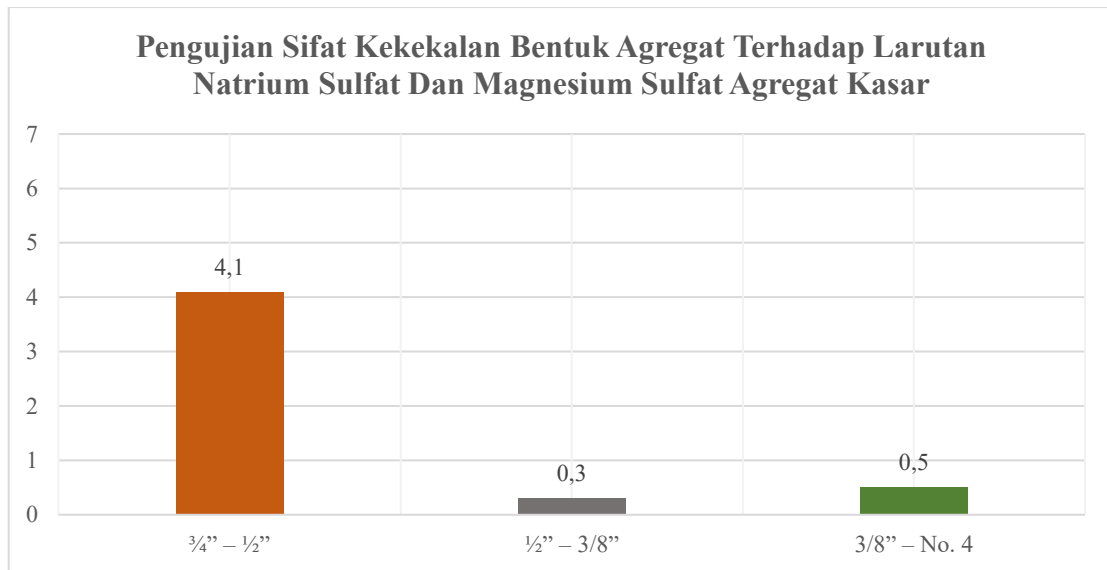
yakni 1,56% untuk Apalapsili dan 1,48% untuk Habie. Kedua nilai tersebut masih di bawah batas maksimum 3%, yang berarti abu batu dari kedua quarry memiliki porositas rendah dan mampu menjaga stabilitas campuran beraspal. Secara umum, abu batu dari kedua lokasi memiliki karakteristik yang sangat serupa. Namun material dari Kampung Habie sedikit lebih unggul dalam hal penyerapan air yang lebih rendah, sementara Apalapsili memiliki berat jenis semu yang sedikit lebih tinggi, menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan secara teknis.



**Gambar 10. Pengujian Mengandung Plastis Dengan Cara Setara Pasir Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian setara pasir (sand equivalent) untuk material dari Quarry Kampung Apalapsili dan Kampung Habie. Nilai setara pasir yang diperoleh masing-masing adalah 93,80% untuk Apalapsili dan 92,90% untuk Habie. Nilai setara pasir yang tinggi menunjukkan bahwa kedua material memiliki kandungan partikel plastis (lempung dan debu halus) yang sangat rendah sehingga agregat tergolong bersih dan tidak mengandung banyak bahan pengotor halus. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2020, nilai setara pasir minimum untuk agregat halus pada campuran beraspal panas adalah  $\geq 50\%$ , sehingga hasil kedua quarry ini jauh melebihi standar yang dipersyaratkan. Perbedaan nilai yang sangat kecil antara kedua lokasi menunjukkan bahwa karakteristik kebersihan agregat dari Apalapsili dan Habie hampir sama. Namun, nilai yang sedikit lebih tinggi pada material Apalapsili mengindikasikan agregat yang lebih bersih dan berpotensi menghasilkan ikatan lebih baik dengan aspal dalam campuran perkerasan.

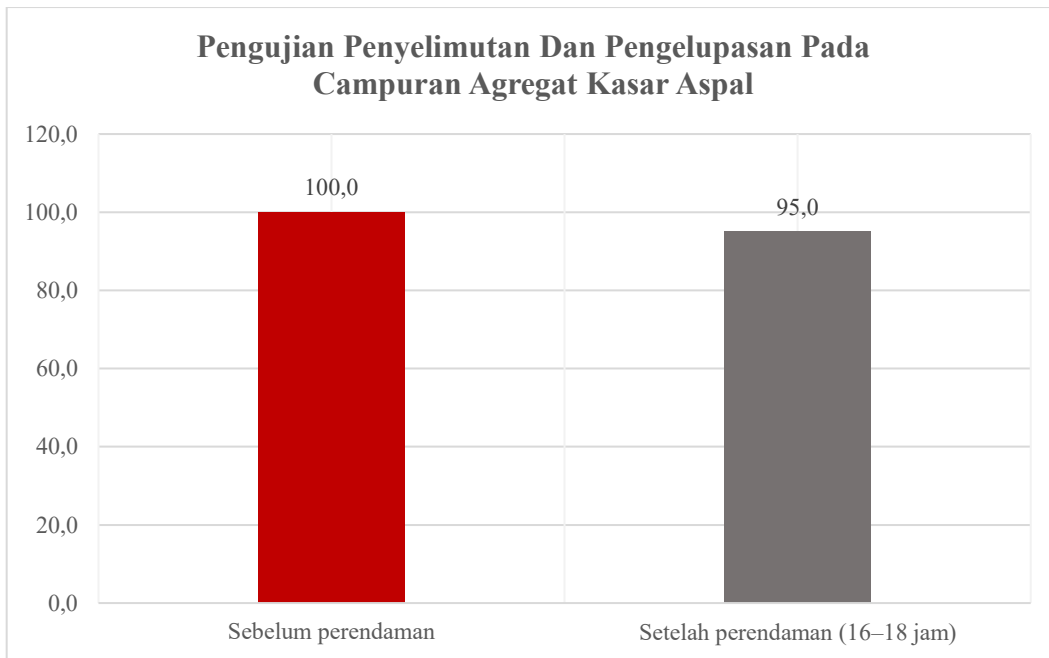


**Gambar 11. Pengujian Sifat Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan Natrium Sulfat Dan Magnesium Sulfat Agregat Kasar Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian kekekalan bentuk agregat kasar terhadap larutan natrium sulfat dan magnesium sulfat, yang bertujuan untuk menilai daya tahan agregat terhadap pelapukan akibat perubahan volume dari proses pembekuan dan pencairan garam sulfat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kehilangan berat agregat untuk fraksi  $\frac{3}{4}'' - \frac{1}{2}''$  sebesar 4,1%,  $\frac{1}{2}'' - \frac{3}{8}''$  sebesar 0,3%, dan  $\frac{3}{8}'' - \text{No.4}$  sebesar 0,5%. Nilai kehilangan yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa agregat memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh pelapukan kimia terutama pada fraksi halus di bawah  $\frac{1}{2}''$ .

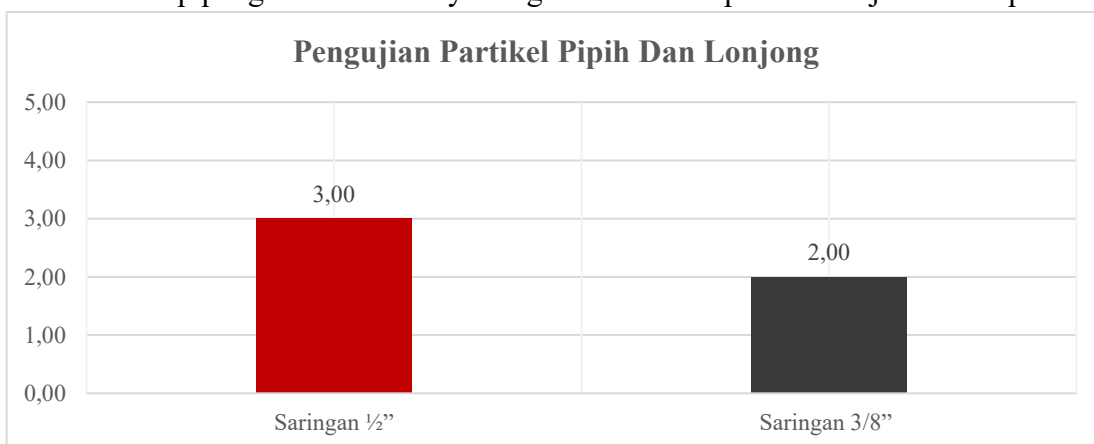
Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 batas maksimum kehilangan berat agregat pada pengujian kekekalan bentuk dengan larutan sulfat adalah maksimum 12% untuk natrium sulfat dan 18% untuk magnesium sulfat. Dengan demikian, seluruh hasil pengujian berada jauh di bawah batas toleransi, yang menandakan bahwa agregat kasar dari lokasi ini memiliki ketahanan sangat baik dan layak digunakan sebagai bahan lapisan perkerasan jalan



**Gambar 12. Pengujian Penyelimutan Dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat Kasar Aspal Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

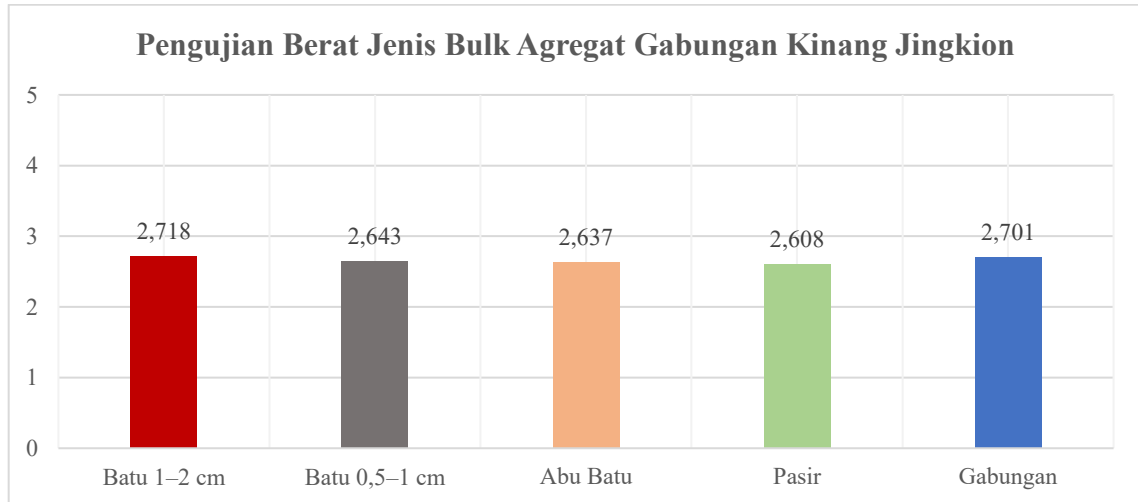
Hasil pengujian penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat kasar aspal yang bertujuan untuk menilai daya lekat (adhesi) antara aspal dan agregat setelah perendaman. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa persentase agregat yang terselimuti aspal sebelum perendaman sebesar 100%, sedangkan setelah perendaman selama 16–18 jam menurun menjadi 95%. Penurunan sebesar 5% menunjukkan bahwa agregat memiliki daya lekat yang sangat baik terhadap aspal dengan hanya sedikit pengelupasan akibat pengaruh air. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 Divisi 6, nilai minimum penyelimutan agregat yang disyaratkan adalah  $\geq 95\%$ . Dengan demikian hasil pengujian ini memenuhi persyaratan standar, menandakan bahwa campuran agregat kasar dan aspal dari sumber ini memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh air dan layak digunakan untuk perkerasan jalan beraspal.



**Gambar 13. Pengujian Partikel Pipih Dan Lonjong Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian partikel pipih dan lonjong pada agregat kasar menunjukkan bahwa pada saringan ½” diperoleh nilai 3%, sedangkan pada saringan ¾” sebesar 2%. Nilai tersebut masih berada jauh di bawah batas maksimum 25% sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 Divisi 6 untuk agregat kasar campuran beraspal. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa agregat memiliki bentuk butiran yang baik dan seragam



**Gambar 14. Pengujian Berat Jenis Bulk Agregat Gabungan Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) Kampung Apalapsili dan Kampung Habie**

Sumber: Data Diolah, Tahun 2025

Hasil pengujian berat jenis bulk agregat gabungan pada Quarry Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion) menunjukkan bahwa nilai berat jenis masing-masing fraksi agregat bervariasi antara 2,608 hingga 2,718. Nilai tertinggi terdapat pada agregat kasar berukuran 1–2 cm sebesar 2,718, sedangkan nilai terendah diperoleh pada pasir sebesar 2,608. Hasil pengujian agregat gabungan menunjukkan nilai berat jenis bulk sebesar 2,701, yang masih berada dalam rentang 2,5–2,9 sesuai dengan kriteria Spesifikasi Umum Bina Marga 2020 Divisi 6. Nilai ini menunjukkan bahwa agregat gabungan memiliki kepadatan dan kualitas mineral yang baik serta layak digunakan sebagai bahan campuran perkerasan beraspal panas (Hot Mix Asphalt).

## KESIMPULAN

Penelitian tentang penggunaan Pasir Kerikil Aluvial (Kinang Jingkion) lokal sebagai pengganti agregat konvensional pada lapisan perkerasan jalan lingkungan di Kabupaten Yalimo menunjukkan bahwa material ini memiliki potensi besar untuk konstruksi di daerah terpencil. Penelitian pengayakan menunjukkan bahwa agregat halus dan kasar Kinang Jingkion cocok untuk perkerasan jalan. Berat jenis dan daya serap air agregat kasar sesuai untuk kelas jalan lingkungan. Pengujian keausan (Los Angeles) menunjukkan nilai abrasi yang lebih tinggi dibanding agregat konvensional, namun masih dalam batas yang memungkinkan untuk digunakan pada jalan ber-lalu lintas rendah.

Pada pengujian karakter plastis dan kekotoran agregat yaitu setara pasir, kadar lumpur, dan bahan lolos saringan No. 200, material Kinang Jingkion memenuhi batas maksimal standar, sehingga kualitas kebersihan material masih baik. Uji kekekalan terhadap natrium sulfat dan magnesium sulfat menunjukkan bahwa agregat memiliki ketahanan yang cukup terhadap proses

pelapukan, walaupun tidak sebaik agregat batu pecah standar. Hasil uji penyelimutan dan pengelupasan memperlihatkan bahwa aspal masih dapat menyelimuti agregat dengan baik menunjukkan tingkat adhesi yang memadai. Pengujian partikel pipih dan lonjong menunjukkan persentase yang masih dalam batas wajar untuk digunakan sebagai bahan campuran. Nilai berat jenis bulk agregat gabungan aluvial gravel sand (Kinang Jingkion) juga berada pada kisaran yang sesuai untuk campuran beraspal. Sifat aspal yang digunakan yaitu aspal Pen 60/70, juga sesuai standar dengan nilai berat jenis yang normal. Berat jenis maksimum campuran beraspal dan hasil uji Marshall menunjukkan bahwa campuran aspal dengan agregat Kinang Jingkion masih memenuhi beberapa parameter stabilitas dan flow, meskipun stabilitasnya sedikit lebih rendah dibanding campuran yang menggunakan agregat konvensional.

Secara keseluruhan hasil pengujian menunjukkan bahwa material Kinang Jingkion layak digunakan untuk pekerjaan perkerasan jalan lingkungan terutama pada ruas dengan beban lalu lintas rendah. Penggunaan material lokal ini memberikan keuntungan dari sisi biaya, aksesibilitas, dan ketersediaan. Namun demikian penelitian juga menemukan kelemahan yaitu material mudah pecah ketika terendam terlalu lama sehingga sensitif terhadap kejenuhan air. Karena itu, penerapannya harus disertai sistem drainase yang baik dan penggunaan yang disesuaikan dengan kelas jalan yang tidak menerima beban berat. Dengan demikian material Kinang Jingkion dapat menjadi alternatif agregat yang potensial bagi wilayah terpencil seperti Yalimo selama penggunaannya dikendalikan dan disesuaikan dengan kebutuhan teknis lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J. (2015). *Metode penelitian administrasi publik teori dan aplikasi*.
- Adriyanto, R. 2020. *Metodologi Penelitian: Teori dan Aplikasi dalam Penelitian Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Bahtiar. 2024. "Karakteristik serbuk Kijang Jingkion Yalimo Papua sebagai bahan pengisi pada campuran HRS-WC." *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia* 10(3).
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. 2017. *Manual Perkerasan Jalan Revisi Juni 2017*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*.
- Hardiyatmo, H C. 2015. *Teknologi Bahan untuk Perkerasan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Idie, Johanis Hs Ervans. 2023. "Analisa tebal perkerasan dengan menggunakan material Aluvial Gravel Sand (Kinang Jingkion)." *Jurnal Ilmiah Indonesia* 8(10).
- Kodoatie, R J, dan Sugianto. 2002. *Infrastruktur Kota*. Andi Publisher.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1990. *SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1991a. *SNI 03-2439-1991: Metode Pengujian Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat Aspal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1991b. *SNI 06-2441-1991: Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Nasional, Badan Standardisasi. 1994. SNI 03-3407-1994: Metode Pengujian Sifat Kekakalan Bentuk Agregat terhadap Pengaruh Larutan Natrium Sulfat dan Magnesium Sulfat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1996. SNI 03-4141-1996: Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1997a. SNI 03-4428-1997: Metode Pengujian Nilai Setara Pasir Agregat Halus (Sand Equivalent Test). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 1997b. SNI 03-4429-1997: Metode Pengujian Kuantitas Butiran Pipih, Lonjong, atau Pipih dan Lonjong dalam Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2008a. SNI 03-2417-2008: Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (Los Angeles Abrasion Test). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2008b. SNI 1968:2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Gabungan (Combined Aggregate Bulk Specific Gravity Test). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2008c. SNI 1969:2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyanto. 2019. Perencanaan Jalan Raya dan Jembatan. Jakarta: Penerbit Teknik Sipil Nusantara.
- Sukirman, S. 2013. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.
- Todaro, M P, dan S C Smith. 2015. Economic Development. 12th ed. Pearson Education.
- Yalimo, Badan Pusat Statistik Kabupaten. 2023. Kabupaten Yalimo dalam Angka 2023. Badan Pusat Statistik.
- Yalimo, P. K. (2013). *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Yalimo Tahun 2013–2033*.