
Pyrite Limbah Batubara Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Lapis Perkerasan Asphalt Concrete – Wearing Course

Riyan¹

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

E-mail: iyannn538@gmail.com

Aldi Rianto²

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

E-mail: Aldirianto587@gmail.com

M. Khusni³

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

E-mail: muhammadkhusni28@gmail.com

Emma Ruhaidani⁴

Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

E-mail: emma@umbjm.ac.id

Abstrak

Pyrite merupakan salah satu limbah sisa pembakaran batu bara di PLTU Asam-Asam yang berupa butiran batu. Pyrite juga merupakan material yang tidak dapat dihancurkan dengan menggunakan alat stone crusher. Oleh karena itu, di upayakan untuk di lakukan studi eksperimental pemanfaatan limbah batu bara pyrite sebagai pengganti agregat kasar pada campuran AC-WC. Berdasarkan pemikiran tersebut, apakah mungkin mendapatkan kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi dengan menambahkan campuran pyrite pada agregat kasar. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan di laboratorium dengan membuat campuran perkerasan AC-WC yang mengganti agregat kasar dengan pyrite. Setelah melakukan pembuatan sampel selanjutnya akan di uji lab dengan metode uji Marshall Test Variasi kadar pyrite 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap total campuran agregat kasar pada campuran AC-WC. Dari hasil percobaan didapatkan nilai keausan pyrite dengan mesin Los Angeles adalah sebesar 39,2%. Nilai kadar aspal optimum untuk campuran AC-WC dengan substitusi pyrite 0% adalah sebesar 5% - 5,5%, substitusi pyrite 25% didapat nilai kadar aspal optimum adalah 6,7 – 7%.

Kata Kunci: AC-WC, Marshall test, Pyrite

Abstract

Pyrite is one of the residual waste of burning coal at the Asam Asam PLTU in the form of stone grains. Pyrite is also a material that cannot be crushed using a stone crusher. Therefore, an experimental study of the utilization of pyrite coal waste as a substitute for coarse aggregate in AC-WC mixtures was attempted. Based on this thinking, is it possible to obtain good quality and in accordance with specifications by adding pyrite mixture to coarse aggregate. This research uses an experimental method with laboratory experiments by making AC-WC pavement mixtures that replace coarse aggregate with pyrite. After making the next sample will be tested in the lab with the Marshall Test test method Variations of pyrite content 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of the total coarse aggregate mixture in the AC-WC mixture. From the experimental results, the wear value of pyrite with Los Angeles machine is 39.2%. The optimum asphalt content value for AC-WC mixtures with 0% pyrite substitution is 5% - 5.5%, 25% pyrite substitution

Keywords: *Pyrite, Marshall test, AC-WC*

1. PENDAHULUAN

Jenis lapisan atas yang terdapat pada perkerasan lentur salah satunya adalah AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), lapisan atas (*surface*) akan mengalami kerusakan lebih cepat dibandingkan dengan lapisan lain, karena lapisan ini terletak paling atas serta berhubungan langsung dengan keadaan lingkungan dan roda kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi sebagai penahan beban kendaraan dan akan menerima gesekan kendaraan secara langsung. Untuk mencegah terjadinya kerusakan dan mempertahankan umur layanan jalan. Pada lapisan tersebut makadiperlukan kualitas material yang bagus.

Dalam pembuatan campuran Asphalt Concrete (AC) membutuhkan agregat dalam jumlah banyak. Karena dalam struktur perkerasan 90 – 95% terdiri dari agregat. Penggunaan fresh agregat yang terus menerus dalam jumlah besar akan menimbulkan masalah lingkungan di sekitar daerah penambangan tersebut (Harnaeni, 2016). Proporsi agregat dapat mengubah karakteristik marshall karena mampu menurunkan rongga di dalam agregat (Ariyanti, dkk, 2018). Dalam kondisi normal (100%) kadar aspal yang diturunkan sebesar 25% akan menurunkan nilai flow, VFA, dan VIM, sedangkan nilai stabilitas, MQ dan VMA mengalami kenaikan (Misbah, 2017).

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Asam – Asam adalah jenis pembangkit tenaga uap yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Prinsip kerjanya dengan memanfaatkan uap hasil pembakaran batu bara untuk menggerakkan turbin uap dan generator Listrik. Batubara merupakan batuan sediman yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen sebagai unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan (Hendly Syahputra Pratama, 2021). Dalam limbah dari batu bara terdapat mineral yang dikenal dengan *Pyrite*.

Pyrite adalah salah satu limbah sisa hasil pembakaran batu bara di PLTU Asam – Asam yang berupa seperti butiran batu, *pyrite* juga bahan yang tidak bisa hancur dengan menggunakan alat *coal crusher*. *Pyrite* merupakan mineral yang memiliki *konduktansi* tinggi, sehingga dapat menurunkan *resistivitas* secara signifikan. Khusus untuk studi terkait *reservoir*, sampai saat ini belum ada studi yang menghubungkan efek penurunan resistivitas oleh *Pyrite* dengan parameter *salinitas* dan *porositas* (Putra, dkk, 2018). Morfologi *pyrite* yang diambil dari deposit mineral Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone Sulawesi selatan berbentuk lempengan dengan ukuran $\pm 2 \mu\text{m}$ (Haris,2014)

Pyrite merupakan salah satu mineral sulfide yang sangat sering dijumpai dalam batu bara. Kehadiran *Pyrite* ini sangat berpotensi menimbulkan air asam tambang. Saat diteliti menggunakan mikroskop dan di temukan dalam bentuk *euhedral* dan *framboidal*. Jenis *framboidal* ini sangat halus kristalnya, sangat rentan dan cepat bereaksi dengan udara sehingga *Pyrite* inilah yang diyakini menjadi pemicu terbentuknya air asam tambang pada tambang batu bara. (Widodo, dkk, 2019)



Gambar 1. Limbah Pyrite
Sumber: penulis, 2023

Limbah pyrite tersebut belum dimanfaatkan secara bearti dan hanya menjadi limbah buangan disekitar wilayah PLTU Asam – Asam. Dalam pengujian laboratorium yang dilakukan, penggunaan pyrite dalam lapis perkerasan HRS-WC sebagai agregat kasar sebesar 10% didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,4 – 7% (Ruhaidani, 2023). Dari hasil percobaan di laboratorium, didapatkan bahwa penggunaan pyrite sebesar 5% sebagai pengganti agregat kasar pada lapis AC-WC didapat nilai kadar aspal sebesar 6 – 6,7% (Indriyani, 2023). Dari hasil pemanfaatan di atas, didapat bahwa penggunaan pyrite pada perkerasan maksimal hanya 10% dari total agregat kasar yang digunakan.

Pada penelitian ini, penggunaan persentase pyrite yang lebih besar sehingga dapat menjadi bahan alternatif agregat kasar di Kalimantan Selatan. Pyrite yang digunakan sebagai bahan campuran agregat kasardengan nilai persentase 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% pada campuran aspal beton AC-WC. Demikian dalam penggunaanya, diharapkan pencampuran limbah pyrite pada campuran beraspal dapat meningkatkan mutu dan kualitas perkerasan baik itu stabilitas, durabilitas, flekibilitas, kedap air, kekerasan, maupun ketahanan kelelahan. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk konstruksi perkerasan jalan di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metode kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium. Sebelum dilakukan pembuatan sample, dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu. Semua agregat dilakukan pengujian berat jenis, analisa saringan. Untuk agregat kasar dan pyrite juga dilakukan uji keausan agregat dengan mesin Los Angles. Dilakukan Analisa saringan gabungan untuk membuat proporsi agregat yang masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018. Untuk aspal, dilakukan pengujian berat jenis, daktilitas.

Dari hasil pengujian material, maka dibuat sample dengan komposisi Pyrite sebagai subsitusi agregat kasar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap agregat kasar, dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6% 6,5% dan 7%. Total benda uji pada penelitian ini adalah 75 sample. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Tambang Ulang, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Agregat halus berasal dari sungai Barito dan Pyrite yang berasal dari PLTU Asam – Asam, Jorong, Kalimantan Selatan.

Sample kemudian dilakukan pengujian Marshal untuk mengetahui nilai stabilitas dan flow dari masing-masing sample. Setelah itu akan diketahui karakteristik campuran, kadar optimum aspal yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar. dapat dilihat bahwa nilai penyerapan agregat kasar untuk sampel I yaitu 1,499% dan sampel II dari nilai penyerapan agregat kasar sebesar 1,371%, Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan Kementrian Pekerjaan umum Direktorat Jendral Bina marga 2018 Revisi 2, 1,435% penyerapan agregat kasar yang disyaratkan maksimum 2%.

3.2 Pengujian Berat Jenis & Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat halus 2 dapat dilihat bahwa nilai penyerapan agregat kasar untuk sampel I yaitu 1,85% dan sampel II dari nilai penyerapan agregat kasar sebesar 1,30% Hasil pengujian ini telah memenuhi persyaratan Kementrian Pekerjaan umum Direktorat Jendral Bina marga 2018 Revisi 2, 1,575% penyerapan agregat Halus yang disyaratkan maksimum 2%.

3.3 Pengujian Berat Jenis & Penyerapan Filler

Dapat dilihat bahwa nilai penyerapan sampel I adalah nilai berat, bisa dilihat bahwa berat jenis semen Portland diperoleh sebesar 3,145 gram/cm³. Jadi hasil tersebut sudah memenuhi standar ASTM C 118 yaitu untuk berat jenis semen Portland berkisar antara 3,15 – 3,17 dengan toleransi diperkenankan 0,01 gram/cm.

3.4 Pengujian Berat Jenis & Penyerapan Pyrite

Pengujian ini meliputi penentuan pembagian ukuran partikel *pyrite* dengan penyaringan. Beberapa spesifikasi untuk agregat yang mengacu pada metode ini berisikan persyaratan gradasi *pyrite* spesifikasi ASTM 11 menggunakan ukuransaringan dengan satuan inci sebagai standar Penyerapan, nilai rata-rata 2,250.

3.5 Pengujian Berat Jenis Aspal

Pengujian ini mencakup penentuan berat jenis dan berat isi aspal keras dengan menggunakan piknometer. Cara uji berat jenis aspal keras ini dapat digunakan terhadap semua jenis aspal keras termasuk aspal modifikasi. 5 hasil pengujian, didapatkan berat jenis aspal sebesar 1,023. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 ketentuan aspal kearas, bahwa nilai berat jenis pada aspal penetrasi sebesar (60-70) harus lebih besar atau sama dengan 1(>1) maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada aspal percobaan ini memenuhi standar sebagai bahan untuk perkerasan jalan.

3.6 Hasil uji sample

Karakteristik campuran aspal panas dapat diukur dengan sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai yaitu *Void In The Mix* (VIM), stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* (MQ), *Void In Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA). Nilai-nilai tersebut akan menentukan kadar aspal yang akan digunakan. Nilai stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai di titik maksimum, dan setelah itu nilai stabilitas akan menurun. Nilai flow akan terus meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Nilai VIM dan VMA akan menurun dengan meningkatkan kadar aspal yang digunakan.

Void In The Mix (VIM) adalah presentase rongga yang terdapat pada campuran. Pengaruh nilai VIM adalah keawetan pada campuran perkerasan. Nilai VIM yang tinggi menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran perkerasan sehingga campuran akan bersifat porous. Campuran menjadi kurang keawetannya, mudah teroksidasi karena kurang rapat sehingga air dan udara mudah masuk ke rongga-rongga dalam campuran. Nilai VIM dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Nilai VIM (n)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	3,07	7,01	4,98	3,92	2,92
25%	5,48	8,68	6,52	5,53	4,21
50%	89,88	8,69	6,52	5,53	4,21
75%	10,34	11,23	9,85	7,10	5,87
100%	14,86	11,86	12,16	10,03	9,32

Sumber: Penulis, 2023

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan seperti *bleeding*, *rutting*, gelombang, dll. Nilai stabilitas tinggi menyebabkan campuran yang terlalu kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami retak jika terkena beban. Akan tetapi, jika nilai stabilitas yang rendah, perkerasan akan mengalami alur (*rutting* karena beban lalu lintas. Nilai stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, internal friction, interlocking antar butiran, kohesi/penetrasi, bentuk serta gradasi agregat. Nilai stabilitas dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2 Nilai STABILITAS (p)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	981,89	1245,50	1596,74	1600,26	1420,54
25%	866,46	785,21	541,54	593,54	585,69
50%	866,46	785,21	541,54	593,54	585,69
75%	1701,36	1470,60	2134,50	1663,78	1459,48
100%	1069,67	915,15	985,98	1575,06	1542,89

Sumber: Penulis, 2023

Flow (Kelelahan) yaitu perubahan bentuk atau deformasi secara vertical yang terjadi dari dimulainya pembebanan samapai dengan kondisi stabilitas menurun. Hal ini menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada perkerasan karena menahan beban yang mengenainya. *Flow* dilakukan dengan uji Marshall. Nilai *Flow* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3 Nilai FLOW (r)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	5,13	4,12	3,82	3,33	4,00
25%	4,67	4,53	5,97	5,07	4,33
50%	3,86	3,07	2,82	3,40	4,41
75%	3,19	2,73	2,23	1,60	2,52
100%	2,96	3,04	4,12	3,76	3,18

Sumber: Penulis, 2023

Marshall Quotient (MQ) yaitu hasil bagi dari pembacaan arloji dengan nilai flow. Nilai MQ yang kecil menunjukkan campuran yang semakin lentur, sedangkan MQ yang besar menunjukkan campuran yang kaku. Nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow, kadar aspal dalam campuran, nilai viscositas aspal, gradasi agregat, bentuk agregat, serta tekstur dari agregat. Nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4 Nilai MQ (s)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	189,25	328,33	419,50	482,60	367,20
25%	177,56	175,03	98,98	119,21	132,84
50%	517,55	714,86	604,77	530,63	389,27
75%	539,78	574,37	1115,68	2398,74	672,72
100%	455,31	301,37	254,73	434,08	511,99

Sumber: Penulis, 2023

Void In Mineral Agregat (VMA) yaitu rongga udara yang terdapat diantara partikel campuran perkerasan yang telah dipadatkan, termasuk ruang yang terisi oleh aspal. VMA dinyatakan dalam persentase terhadap total volume campuran perkerasan. *Void In Mineral Agregat* (VMA) dipengaruhi oleh kadar aspal dalam campuran, energi pemadatan, gradasi agregat. Nilai VMA dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 Nilai VMA (l)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	13,086	17,518	16,627	16,612	16,653
25%	15,246	16,012	17,980	18,008	17,763
50%	9,24	10,12	10,99	11,85	12,71
75%	8,77	9,60	10,44	11,26	12,08
100%	8,34	9,14	9,94	10,73	11,52

Sumber: Penulis, 2023

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan rongga atau pori yang telah terisi oleh aspal pada campuran perkerasan yang telah dipadatkan. VFA dinyatakan dalam persen. Nilai VMA dengan VFA mempunyai kaitan yang erat. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFA antara lain, gradasi atau ukuran agregat, energi pada saat pemadatan, temperatur pada saat pemadatan, kadar aspal yang digunakan. Persentase VFA yang besar, pada temperatur tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan. Nilai VFA yang terlalu rendah dapat menyebabkan mudah teroksidasi dan campuran perkerasan akan bersifat porous (Roberts et.AL, 1991). Nilai VFA dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6 Nilai VFA (m)

Kadar Pyrite	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
0%	80,597	65,305	75,317	81,889	88,736
25%	67,933	57,737	69,150	74,444	82,131
50%	91,91	93,05	91,42	94,98	98,91
75%	94,38	93,93	95,91	99,36	101,22
100%	89,62	93,26	93,45	96,22	97,50

Sumber: Penulis, 2023

- kadar aspal optimum untuk pyrite 0% sebesar 5– 5,5%.
- kadar aspal optimum untuk pyrite 25% sebesar 5,1 – 5,6, dan 6,7-7%.
- kadar aspal optimum untuk pyrite 50% sebesar 5-5,7%.
- Kadar aspal optimum untuk pyrite 75% sebesar 5,6-6,4%.
- kadar aspal optimum untuk pyrite 100% sebesar 5,5-6,2%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini, pyrite dapat digunakan sebagai bahan alternatif agregat kasar pada campuran perkerasan AC-WC dengan kadar pyrite sebesar 25%. Kadar aspal optimum yang dapat di gunakan untuk campuran pyrite 25% adalah 5,3-5,4%.

Saran pada penelitian ini sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut agar pyrite dapat digunakan maksimal. Misalnya untuk campuran beton, campuran perkerasan sebagai agregat halus.

5. REFERENSI

- Ariyanti, D. dan Sutrisno, W. dan Haza, FZ. 2018. Pengaruh komposisi agregat kasar terhadap campuran asphalt concrete-wearing course (AC-WC). *Jurnal Renovasi*. 3 (1):58-65.
- Haris, A. Amin, DB. Yusuf, MA. dan Nurhasmi. 2015. Sintesis dan karakterisasi Pyrite (fes₂) dari deposit mineral kecamatan bontocani, kabupaten bone,sulawesiselatan. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 10(3): 263 – 268.
- Harnaeni, S. R., & Bayu M, I. (2016). Karakteristik Marshall Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar.
- Indriyani, A. 2023. Pengaruh Penggunaan limbah Pyrite PLTU Asam-asam sebagai pengganti agregat kasar campuran AC – WC. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Banjarmasin.
- Misbah, M. (2017). Pengaruh Variasi Kadar Aspal Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 2(1).
- Putra, ARM. dan Surjono, SS. 2018. *Penelitian pengaruh mineral pirit terhadap pembacaan log resistivitas dalam eksplorasi hidrokarbon menggunakan metode pseudocore yang dihubungkan dengan porositas, salinitas, dan sw*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.
- Pratama, H. S., & Fadhilah, F. (2021). Deashing Pada Batubara Menggunakan KOH dan HNO₃ Sebagai Leaching Agent. *Bina Tambang*, 6(2), 108-115
- Ruhaidani, E., Hardiani, D. P., & Anggarini, E. (2023). Karakteristik Marshall Pada Campuran HRS-WC Menggunakan Pyrite Limbah PLTU Asam-Asam Kabupaten Tanah Laut Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Konstruksia*, 15(1), 159-167.
- Santosa, R. dan Sujatmiko, B. dan Hendatama, BS. 2022. Karakteristik campuran asphalt concrete-binder course pada paket pembangunan jalan sidodadi jember. *Jurnal Proteksi*. 4 (1):34-41
- Widodo, S. Sufriadin, S. Ansyariah, A. Budiman, AA. Asmiani, N. Jafar, N. dan Babay, FM. 2019. Studikarakteristik mineral pirit pada batubara berdasarkan hasil analisis mikroskopi, proksimat, sulfur total, dan x-ray diffraction. *JurnalGoasapta*. 5(2): 1.
- Wikipedia. *Batu bara*. URL: <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Batubara>. Diakses tanggal 8 Februari 2023