

Diterima : | Selesai Direvisi : | Disetujui : | Dipublikasikan : Desember 2023  
DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.15.1.159-167>  
Copyright © 2023 Jurnal Konstruksia  
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Karakteristik Marshall Pada Campuran HRS-WC Menggunakan *Pyrite* Limbah PLTU Asam-Asam Kabupaten Tanah Laut Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Emma Ruhaidani<sup>1</sup>, Dyah Pradhitya Hardiani<sup>1</sup>, Elia Anggarini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jl. Gubernur Syarkawi, Kalimantan Selatan, 70581

Email korespondensi: [emma@umbjm.ac.id](mailto:emma@umbjm.ac.id)

### ABSTRAK

*Pyrite* merupakan limbah batu bara yang berupa butiran – butiran seperti batu dengan ukuran 2 – 4 mm, *Pyrite* termasuk batu bara muda yang tidak bisa hancur dan dibakar dengan menggunakan alat *coal crusher*. *Pyrite* selama ini digunakan untuk campuran pembuatan *paving block*, batako, bata ringan, dan jalan beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik fisis dari limbah *Pyrite*, mengetahui hasil karakteristik *Marshall* campuran pada aspal dengan penggunaan *Pyrite* 0%, 5%, 10%, 25%, 50% dserta mengetahui kadar aspal optimum pada campuran aspal HRS–WC. Pada penelitian ini *Pyrite* dimanfaatkan sebagai bahan campuran agregat kasar pada campuran aspal HRS–WC diharapkan sebagai alternatif guna mengurangi limbah. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Kadar aspal optimum yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Dari hasil pengujian bahan didapatkan nilai abrasi *pyrite* sebesar 38,9%, hal ini menunjukkan bahwa *pyrite* termasuk material yang rapuh. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan *pyrite* sebesar 10% dari total agregat kasar menghasilkan nilai flow sebesar 4,4 mm, nilai MQ sebesar 289,44 kg/mm dengan kadar aspal optimum sebesar 5,4 – 7%.

**Kata kunci:** Lataston (HRS-WC), *Pyrite*, *Marshall*

### ABSTRACT

*Pyrite* is coal waste in the form of grains such as stones with a size of 2-4 mm, *Pyrite* includes young coal that cannot be crushed and burned using a coal crusher. *Pyrite* has been used to make paving blocks, adobes, light bricks, and concrete roads. The purpose of this study is to determine the physical characteristics of *Pyrite* waste, determine the results of the *Marshall* characteristics of mixtures on asphalt with the use of *Pyrite* 0%, 5%, 10% and 25%, and determine the optimum asphalt content in HRS–WC. In this study, *Pyrite* is used as a mixture of coarse aggregate in the HRS–WC asphalt mixture is expected as an alternative to reduce waste. This research method uses experimental methods. The optimum bitumen content used is 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. From the results of material testing, the abrasion value of *pyrite* is 38.9%, it mean that *pyrite* easily crashed. The results of the study shown that the use of *pyrite* at 10% of the total coarse aggregate resulted in a flow value of 4.4 mm, an MQ value of 289.44 kg/mm with an optimum asphalt content of 5.4 - 7%.

**Keywords:** Lataston (HRS-WC), *Pyrite*, *Marshall*

## 1. PENDAHULUAN

Campuran HRS-WC terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, *Filler* serta bahan pengikat berupa aspal campuran panas. Kandungan aspal yang relatif tinggi pada campuran bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas.

PLTU (Pembangkit listrik tenaga uap) 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. *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 limbah batu barayang berupa butiran butiran seperti batu dengan ukuran 2-4 mm. *Pyrite* selama ini digunakan untuk campuran pembuatan *paving block*, batako, bata ringan, jalan beton, dan pekerjaan lapangan lainnya, tetapi belum pernah digunakan untuk campuran perkerasan lentur. Limbah *pyrite* diharapkan dapat menjadi pengganti agregat kasar. Pada penelitian ini digunakan persentasi *pyrite* 0%, 5% 10%, 25%, 50% pada campuran aspal beton pada lapis permukaan HRS-WC.



Gambar 1. Material *Pyrite*

Lapis HRS-WC pada perkerasan lentur memerlukan material agregat kasar dengan lolos saringan  $\frac{3}{4}$ " ,  $\frac{1}{2}$ "  $\frac{3}{8}$ " , No. 8, No. 30 dan No. 200. HRS-WC lapisan yang langsung bersinggungan dengan roda kendaraan dan cuaca sehingga berfungsi

sebagai lapisan kedap air, tahan terhadap terbentuknya alur. Oleh karena itu, kualitas lapisan HRS-WC harus direncanakan memiliki stabilitas, kelenturan, keawetan dan ketahanan yang baik agar melaksanakan fungsinya dengan baik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *pyrite* dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada lapis HRS-WC. Untuk mengetahui hal tersebut dibuat sampel untuk campuran HRS-WC dengan mengganti agregat kasar dengan variasi dengan 0%, 5%, 10%, 25% dan 50% dari total berat agregat kasar yang digunakan. Kadar aspal yang digunakan adalah 5%; 5,5%; 6,0; 6,5%; 7,0%. Sampel dilakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan.

### Tujuan dan manfaat penelitian

1. Mengetahui karakteristik fisis dari limbah *Pyrite* PLTU Asam-Asam.
2. Mengetahui hasil karakteristik *Marshall* campuran aspal dengan penggunaan *Pyrite* 0%, 5%, 10%, 25%, dan 50%.
3. Mengetahui kadar aspal optimum pada campuran aspal HRS-WC dengan limbah *Pyrite* 0%, 5%, 10%, 25%, dan 50% sebagai agregat kasar.
4. memberi alternatif bahan perkerasan pada HRS-WC dan diharapkan setiap daerah dapat memanfaatkan *Pyrite* yang dimiliki sebagai bahan agregat kasar pada perkerasan jalan sesuai dengan karakteristiknya masing-masing sehingga pemanfaatan dapat dilakukan secara maksimal.

### Landasan teori

HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*) adalah jenis perkerasan HRS yang merupakan lapis aus permukaan

perkerasan aspal. Fungsinya adalah sebagai lapisan kedap air, membuat halus permukaan jalan, menahan beban kendaraan sehingga tidak terbentuk alur, serta sebagai tahanan gelincir permukaan perkerasan.

*Hot Rolled Sheet* bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*. Selain itu, HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi.

### **Agregat kasar**

Agregat bergradasi kasar adalah agregat dengan ukuran butir berkisar dari kasar hingga halus, meskipun agregat kasar tetap mendominasi. menurut *ASTM (American Standard Testing Material)* 1974 mendefinisikan agregat kasar memiliki ukuran lebih dari 4,75 mm, sedangkan *American AASHTO (Association of State Highway and Transportation Officials)* mendefinisikan agregat kasar memiliki ukuran lebih dari 2 mm, yang lebih kecil dari ASTM 1974. Batu pecah atau kerikil yang kering, kuat, tahan lama, dan tanpa komponen yang mengganggu dapat digunakan sebagai agregat kasar.

### **Agregat halus**

Agregat yang secara umum mempunyai ukuran 0,234–0.075 mm. Agregat halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekerasan butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8. Berat jenis pasir antara 2,5 sampai 2,9. Sedangkan

penyerapan pasir didapat dari selisih antara berat pasir sebelum dioven dengan berat pasir sesudah dioven. Butir-butir agregat halus bersifat kekal yang artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti hujan dan matahari.

### **Filler**

*Filler* adalah suatu bahan berbutir halus lewat ayakan No. 200 (0,075 mm). Bahan *Filler* sendiri dapat berupa: debu batu, kapur, *portland cement* atau bahan lainnya (Bahan dan Struktur Jalan Raya, Ir. Soeprapto Tatomihardjo, M.Sc ; 1994).

*Filler* mempunyai fungsi mempertinggi kepadatan dan stabilitas campuran, menambah jumlah titik kontak butiran, mengurangi jumlah bitumen yang digunakan untuk mengisi rongga dalam campuran.

Bahan pengisi (*Filler*) pada campuran beraspal terutama laston sebagai lapis permukaan jalan, merupakan salah satu komponen yang mempunyai persentase yang terkecil disamping aspal. Namun mempunyai fungsi yang sangat penting untuk memodifikasi gradasi agregat halus dalam campuran beraspal, sehingga kepadatan campuran bisa meningkat.

### **Aspal**

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat *viskoelastic* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material *berbituminous*.

Fungsi aspal sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat

aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik. Sifat kepekaan terhadap temperaturnya aspal adalah material termoplastik yang bersifat lunak/cair apabila temperaturnya bertambah.

### **Marshall test**

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang telah teruji kebenarannya dan terkalibrasi. Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan (stabilitas) terhadap kelelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelehan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01”.

Nilai Karakteristik *Marshall*:

- a) Stabilitas adalah kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Nilai stabilitas juga berpengaruh pada fleksibel lapis perkerasan yang dihasilkan. Untuk syarat Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 adalah minimal > 800.
- b) Flow (kelelehan) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai VIM yang besar menyebabkan

berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh terhadap campuran aspal. Untuk syarat Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 adalah minimal > 3.

- c) VMA adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan. Nilai VMA akan meningkatkan seiring dengan bertambahnya selimut aspal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.
- d) VFA adalah bagian rongga yang berada diantara mineral agregat (VFA) yang terisi aspal efektif dinyatakan dalam persen. Rongga terisi campuran aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VFA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.
- e) *Vold In Mix* adalah volume udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume *bulk*. VIM atau rongga dalam

campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidak seragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitasnya campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Rongga udara dalam campuran yang terlalu kecil dapat menimbulkan *bleeding*. Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan makin kedap terhadap air, tetapi udara tidak dapat masuk kedalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Semakin besar rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan lebih cepat.

## 2. METODE

Metode kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium.

Dari hasil pengujian material, maka dibuat sampel dengan komposisi *Pyrite* sebagai substitusi agregat kasar 0%, 5%, 10%, 25% dan 50% dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap dengan masing-masing dibuat 3 benda uji. Total benda uji adalah 75 sampel. 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. Sebelum dilakukan pembuatan sampel, 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 Angeles*. Dilakukan Analisa saringan gabungan untuk membuat proporsi agregat yang masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018.

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

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tabel hasil pengujian material yang digunakan pada penelitian

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
1	Berat jenis (bulk)	-	≥2,5	2.56
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	-	≥2,5	2.60
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	-	≥2,5	2.66
4	Penyerapan (%)	%	≤3,0	1.44

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
1	Berat jenis (bulk)	-	≥2,5	2.520
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	-	≥2,5	2.550
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	-	≥2,5	2.580
4	Penyerapan (%)	%	≤3,0	1.575

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik *Filler*

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
1	Berat jenis (bulk)	-	≥2,5	2.51
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	-	≥2,5	2.54
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	-	≥2,5	2.66
4	Penyerapan (%)	%	≤3,0	1.92

Tabel 4. Analisa Saringan Gabungan

No. Saringan	Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler	Total (%)
	40.18	53.82	6	
3/4	100	100	100	100
1/2	84	100	100	93.70
3/8	71	100	100	78.99
# 8	51	100	100	61.11
# 30	0.3	95	100	48.30
# 50	0.06	55	100	40.62

No. Saringan	Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler	Total (%)
	40.18	53.82	6	
# 200	0.04	0.06	0.33	4.07

Tabel 5. Hasil Uji Keausan *Pyrite*

Gradasi Pemeriksaan	Jumlah = 500 Putaran		
Ukuran Saringan	I	II	
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (a)
76,2 (3")	63,5 (2½")	-	
63,5 (2½")	50,8 (2")	-	
50,8 (2")	36,1 (1½")	-	
36,1 (1½")	25,4 (1")	-	
25,4 (1")	19,1 (¾")	-	
19,1 (¾")	12,7 (½")	-	
12,7 (½")	9,52 (⅜")	-	
9,52 (⅜")	6,35 (¼")	-	
6,35 (¼")	4,75 (No. 4)	2500	
4,75 (No. 4)	2,36 (No. 8)	2500	
Jumlah Berat		5000	
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (b)			3010.4
Keausan	39.8	%	< 40% Aman

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis *Pyrite*

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
1	Berat jenis (bulk)	-	$\geq 2,5$	2.51
2	Berat jenis kering permukaan (SSD)	-	$\geq 2,5$	2.54
3	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	-	$\geq 2,5$	2.66
4	Penyerapan (%)	%	$\leq 3,0$	1.92

**Perhitungan Marshall**

Tabel 7. Perbandingan Nilai Stabilitas *Marshall*

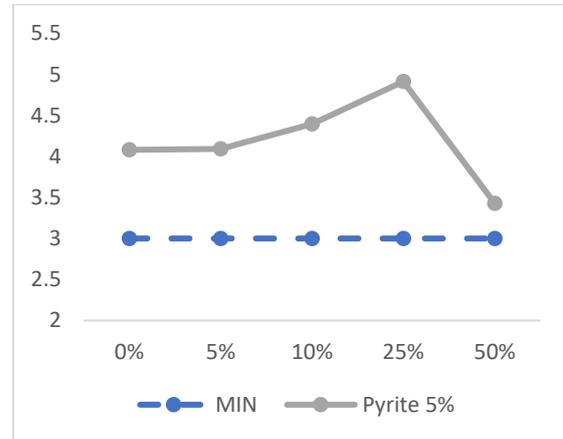
Min	% <i>Pyrite</i>	Stabilitas
800	0%	1408.85
800	5%	900.73
800	10%	1191.95
800	25%	1016.76
800	50%	921.59

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai stabilitas nilai stabiitas paling besar pada campuran dengan 10% *pyrite* dan mengalami penurunan seiring bertambahnya *pyrite* sebagai pengganti agregat kasar.

Tabel 8. Perbandingan Nilai *Flow*

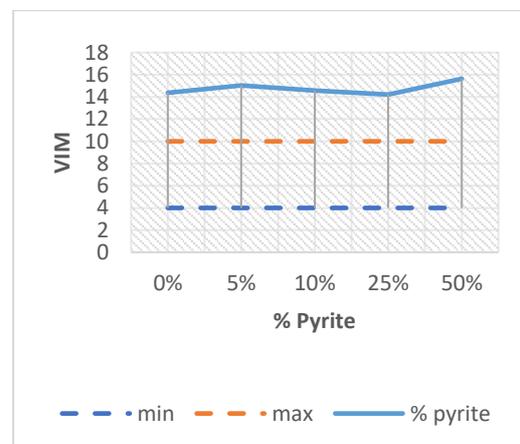
Min	% <i>pyrite</i>	Flow
3	0%	4.08
3	5%	4.09
3	10%	4.40
3	25%	4.91
3	50%	3.43

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai *flow* meningkat seiring bertambahnya persentase *pyrite*, akan tetapi mengalami penurunan pada persentase *pyrite* 50%.



Gambar 2. Penurunan Persentase *Pyrite* 50%

Rongga udara dalam campuran (VIM) untuk *Pyrite* 0%, 5%, 10% dan 25% bisa dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Rongga Udara Dalam Campuran VIM Untuk *Pyrite*

Pada penelitian ini didapatkan bahwa nilai VIM tidak masuk dalam spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 yaitu minimal 4% dan maksimal 10%.

VMA (*Void in the Mineral Aggregate*) adalah banyaknya volume pori didalam masing-masing butir agregat didalam

beton aspal padat dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9. Nilai VMA

Min	% pyrite	Flow
18	0%	16.09
18	5%	16.67
18	10%	16.26
18	25%	17.60
18	50%	11.04

Dari tabel terlihat bahwa nilai VMA tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 yaitu minimal 18%.

VFA adalah Bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butiran agregat. Nilai VFA dapat dilihat pada tabel 10 di bawah ini

Tabel 10. Nilai VFA

MIN	% pyrite	VFA
68	0%	78.37
68	5%	74.55
68	10%	77.01
68	25%	70.28
68	50%	86.57

Nilai VFA pada semua variasi memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa rongga pada campuran terisi oleh aspal.

MQ (*Marshall Quotient*) yaitu nilai kekakuan suatu campuran yang menerima beban. Nilai MQ dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini

Tabel 11. Nilai MQ

MIN	% Pyrite	MQ
250	0%	367.95
250	5%	225.77

MIN	% Pyrite	MQ
250	10%	289.44
250	25%	204.61
250	50%	197.25

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa nilai MQ untuk campuran yang menggunakan *pyrite* adalah variasi campuran *pyrite* 10%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian didapatkan beberapa kesimpulan:

1. *Pyrite* memiliki nilai keausan sebesar 39,8%. Syarat minimal batuan untuk agregat kasar memiliki keausan minimal < 40%. Hal ini menandakan bahwa *pyrite* memiliki Tingkat keausan yang tinggi atau mudah rapuh.
2. Dari nilai MQ dapat terlihat bahwa *pyrite* dapat digunakan pada campuran yaitu sebesar 10% dari agregat kasar yang digunakan

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azizah, N., & Rahardjo, B. (2017). Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Dengan *Filler* Abu Ampas Tebu. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 11–20.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, (2018). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Jalan Dan Jembatan*, Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum.
- [3] Fathonah, W., Intari, D. E., & Ningrum, M. R. (2021). Pengaruh Penggunaan Abu Daun Bambu sebagai *Filler* pada Campuran HRS-WC (Hot Rolled Sheet). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 48–54.
- [4] Purnomo, R. H. (2019). Design Hot Mix Formula HRS-WC. *Design Hot Mix Formula Hrs-Wc Dengan Menggunakan Gradasi Asphalt Institute Revisidah1,\**, VOL 06(01),

- 33-37.
- [5] Rahmawan, I. I. (2019). Pengaruh Penambahan Karet Alam (Lateks) PAda Campuran Aspal HRS-WC Dengan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai *Filler*. *Jurnal ITNM*, 138-139.
- [6] SNI ASTM C136 - 2012, (2012), "*Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*". Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.