



CivETech

Civil Engineering and Technology Journal

P-ISSN 2798-4869

E-ISSN 2798-4060



CivETech
Civil Engineering and Technology Journal

Vol. 7

No. 2

Yogyakarta, Agustus 2025

P-ISSN 2798-4869

E-ISSN 2798-4060

Fakultas Teknik- Universitas Cokroaminoto Yogyakarta



Vol. 7. No. 2, Agustus 2025

Pelindung:

Dekan Fakultas Teknik UCY

Pemimpin Redaksi:

Ir. Muchamad Arif Budiyanto, S.T., M.Eng., IPM.

Redaksi Pelaksana:

Ratih Nurmala Saridewi, S.T., M.Eng

Cahyaning Kilang Permatasari, S.Pd., M.T.

Ir. Suryanto, M.T.

Ir. Singgih Subagyo, M.T.

Fahrudin Hanafi, S.Si., M.Sc.

Agatha Padma Laksitaningtyas S., S.T., M.Eng.

Ir. Nasrul Arfianto, S.T., M.T., IPP

Dr. Ir. Muslikh, M.Sc., M.Phil.

Muhammad Ryan Iskandar, S.T., M.Eng.

Ir. Nurokhman, M.T.

Fattah Setiawan Santoso, S.Ag., M.Ag.

Muhamad Arifin, S.T., M.Eng.

Mitra Bestari:

Dr. Rossy Armyn Machfudiyanto, S.T., M.T.

Dr. Ir. Herry Kristiyanto, S.T., M.T., IPM.

Dr. Adhy Kurniawan, S.T.

Dr. Devi Oktafiana Latif, S.T., M.Eng.

Zainul Faizen Haza, M.T., Ph.D.

Dr. Roby Hambali, S.T., M.Eng.

Ir. Nurokhman, M.T.

Dr. Ananto Nugroho, S.T., M.Eng.

Penerbit:

Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Jl. Perintis Kemerdekaan, Gambiran, Yogyakarta 55161

Telp. (0274) 372274

e-mail: civetechjournal@gmail.com

Jurnal **CivETech** terbit perdana pada Februari 2019. Jurnal ini memuat tulisan ilmiah, hasil penelitian, atau ide/gagasan orisinal yang belum pernah dimuat pada media cetak lain. Redaksi menerima tulisan sesuai dengan ketentuan naskah. Jurnal **CivETech** diterbitkan 2 (dua) kali setahun pada bulan Februari dan Agustus, , diterbitkan secara online dan akses terbuka dengan Elektronik dengan P-ISSN 2798-4869 dan E-ISSN 2798-4060.

EFEKTIVITAS PELARUT PERTALITE DAN TRICHLOROETHYLENE DALAM PROSES PENGUJIAN KADAR ASPAL PADA LAPIS PERKERASAN AC-WC

Hanifah Durrotul Hikmah¹, Suryanto², Nurokhman²,

Email: hanifahdurrotul1@gmail.com, suryantonandan@gmail.com, nurokhman.jogja@gmail.com

ABSTRAK: Sangat penting memeriksa hasil uji ekstraksi campuran aspal untuk menentukan penyebab hilangnya kandungan aspal selama ekstraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kadar aspal hasil ekstraksi campuran aspal AC-WC pada sampel material di laboratorium, untuk mengetahui faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan hasil kadar aspal pada jenis pelarut yang berbeda, untuk mengetahui hubungan grafik pengujian gradasi agregat terhadap nilai kadar aspal berdasarkan dua jenis pelarut yang berbeda dan untuk mengetahui efektifitas dari dua jenis pelarut untuk pengujian ekstraksi kadar aspal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi. Berdasarkan hasil penelitian ekstraksi kadar aspal dari enam sampel dengan dua jenis pelarut yang berbeda didapatkan nilai kadar aspal dari hasil pengujian ekstraksi menggunakan pelarut trichloroethylene dan pertalite berturut-turut rata-rata dari tiga sampel yaitu 6,35% dan yaitu 6,01%. Pengujian menggunakan *trichloroethylene* menghasilkan kadar aspal lebih tinggi dan mendekati spesifikasi Bina Marga 2018. Selain itu, pengujian ekstraksi menggunakan pelarut *trichloroethylene* juga lebih efektif dan menghasilkan kadar aspal yang akurat.

Kata kunci: Aspal AC-WC, Ekstraksi, Kadar Aspal, Pertalite, *Trichloroethylene*

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pembangunan perkerasan jalan adalah Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), yang merupakan lapisan permukaan dari suatu ruas jalan yang terbuat dari campuran aspal dan agregat (Suryanto, 2022). Kualitas dari campuran ini sangat dipengaruhi oleh kadar aspal yang optimal dan penggunaan pelarut yang tepat dalam pengujian kadar aspal tersebut (Wahyudi, 2023). Berdasarkan spesifikasi umum 2020 Revisi 3 (tiga) Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga disyaratkan bahwa toleransi kadar aspal adalah $\pm 0,3\%$ dari total berat campuran. Hal ini menunjukkan bahwa kadar aspal memiliki dampak yang signifikan terhadap umur lapisan perkerasan. Aspirasi untuk menggunakan pelarut yang efektif dalam pengujian kadar aspal sangat penting, karena kualitas aspal berpengaruh langsung terhadap keawetan dan kestabilan struktur jalan. *Trichloroethylene* diketahui dalam industri sebagai pelarut organik karena kemampuannya untuk melarutkan berbagai material; namun, penggunaan pelarut ini menghadapi tantangan dari sisi keamanan dan dampak lingkungan, mengingat material ini bersifat karsinogenik (Sastri, 2022). Di sisi lain, *Trichloroethylene*, yang dikenal sebagai pelarut yang lebih kuat, telah digunakan dalam beberapa penelitian untuk menentukan kadar bitumen dalam campuran aspal, termasuk dalam konteks pengujian kadar air dan bitumen pada aspal Buton (Nurfasiha, 2023). Permasalahan penelitian diatas terkait perbandingan kadar aspal hasil ekstraksi campuran aspal AC-WC pada sampel material di laboratorium, faktor-faktor perbedaan hasil kadar aspal pada jenis pelarut yang berbeda. Kemudian efektifitas penggunaan bahan pelarut untuk pengujian ekstraksi kadar aspal.

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

² Dosen Fakultas Teknik Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbandingan kadar aspal hasil ekstraksi campuran aspal AC-WC pada sampel material di laboratorium, faktor perbedaan hasil kadar aspal pada jenis pelarut yang berbeda.
2. Menganalisis efektifitas dari dua jenis pelarut untuk pengujian ekstraksi kadar aspal.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari konstruksi jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman (YR Saragi, 2021).

2.2 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Lapisan tersebut antara lain (1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*), (2) Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*), (3) Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*), dan Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) (Nurokhman, 2022). Bahan pembentuk perkerasan jalan antaran lain tanah, agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*).

2.3 Persyaratan Material Campuran AC-WC

Persyaratan material campuran AC-WC yaitu (M Mashuri, 2020) :

1. Agregat Kasar. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan.
2. Agregat Halus. Agregat halus dari sumber mana pun, harus terdiri dari pasir atau hasil ayakan batu pecah yang terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (4,75 mm).
3. Bahan Pengisi. Bahan Pengisi yang ditambahkan (*filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*, *Calcium Carbonate* $CaCO_3$), atau debu kapur padam yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari asbuton.

Tabel 1. Gradasi agregat gabungan untuk campuran laston

Ukuran Ayakan (mm)	%Berat Yang Lolos Terhadap Agregat dalam Campuran Laston (AC-WC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Tabel 6.3.2.3

- 2 Efektivitas Pelarut Pertalite dan *Trichloroethylene* Dalam Proses Pengujian Kadar Aspal Pada Lapis Perkerasan Ac-Wc
(Hanifah Durrotul Hikmah¹, Suryanto², Nurokhman²)

2.4 Pengujian Ekstraksi

Proses ekstraksi merupakan proses pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang bisa melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut dapat dipisahkan.

Rumus untuk mencari kadar aspal rencana adalah sebagai berikut (Qurratul Ayun, 2021):

$$P = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\% \text{ filler}) + K \quad (2.1)$$

dimana :

Pb = Kadar aspal rencana, persen terhadap berat campuran

CA = Agregat kasar, persen agregat tertahan saringan no.8

FA = Agregat halus, persen agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no. 200

FF = Agregat lolos ayakan no.200

K = Konstanta (nilai K sekitar 0,5 sampai 1,0 untuk AC dan 2,0-3,0 untuk HRS)

Rumus untuk menentukan kadar aspal hasil ekstraksi adalah sebagai berikut (PP Keumala, 2023):

$$H = (A - (E + D)) / A \times 100 \% \quad (2.2)$$

keterangan:

H = Kadar aspal sampel (%)

A = Berat sampel sebelum ekstraksi (gram)

D = Berat masa dari kertas filter (gram)

E = Berat sampel setelah ekstraksi (gram)

2.5 Pengujian Analisis Saringan Agregat

Analisis saringan agregat ialah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir (Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990), 1990).

2.6 Jenis Pelarut

Jenis pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi kadar aspal, dimana pelarut mempengaruhi senyawa yang tersari, jumlah zat terlarut yang terekstraksi dan kecepatan ekstraksi (NM Sari, 2022). Bensin merupakan campuran berbagai hidrokarbon yang diperoleh melalui proses penyulingan/pemurnian minyak mentah (Soehardi, 2017). *Trichloroethylene* (TCE) adalah pelarut organik yang sering digunakan dalam proses industri. TCE adalah salah satu contoh dari *Non Aqueous Phase Liquid* (NAPL) yang sudah banyak mencemari tanah dan air tanah (M Muchlis, 2015).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen perbandingan kadar aspal hasil ekstraksi pada campuran aspal AC-WC dengan benda hasil uji campuran pertalite dan *Trichlorethylene*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Cokroaminoto Yogyakarta. Data primer yaitu data yang digunakan berupa sampel aspal pada perkerasan *Asphalt ConCrete-Wearing Course* (AC-WC) sedangkan data sekunder didapatkan dari artikel, instansi terkait, literatur/buku-buku, dan sumber-sumber pustaka lainnya serta mencari informasi dengan *browsing* melalui media elektronik.



3.1. Peralatan dan Bahan Pengujian

Peralatan dan bahan dalam penelitian ini antara lain ekstraktor sentrifus aspal, kertas saringan/filter, timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, bahan pelarut *trichloroethylene*, bahan pelarut pertalite, oven, baskom, kuas, kunci inggris dan spatula

Tabel 2. Penyiapan Sampel

No	Sampel	Jenis Pelarut Yang Digunakan	Kadar Tambahan Pelarut Setiap Kali Pencucian
1	S1	TCE	500 ml
2	S2	TCE	500 ml
3	S3	TCE	500 ml
4	S4	Pertalite	500 ml
5	S5	Pertalite	500 ml
6	S6	Pertalite	500 ml
Jumlah Sampel		6 buah	3000 ml

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Ekstraksi

4.1.1 Pengujian Ekstraksi Pelarut *Trichloroethylene*

Hasil pengujian menunjukkan hasil ekstraksi menggunakan larutan *Trichloroethylene* dengan 3 kali pencucian nilai kadar aspal pada sampel 1,2 dan 3 memiliki rata-rata 6,35 %.

Tabel 3. Pengujian Ekstraksi Kadar Aspal menggunakan Larutan *Trichloroethylene* dengan 3 kali pencucian

Uraian	Benda Uji			Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
Berat Tempat (A)	80,1 (gr)	82,3 (gr)	79,7 (gr)	80,7 (gr)
Berat Filter (Sebelum Ekstraksi) (B)	16,9 (gr)	17,1 (gr)	18,2 (gr)	17,4 (gr)
Berat Contoh Aspal (Sebelum Ekstraksi) (C)	1000,2(gr)	1000,5(gr)	1000,7(gr)	1000,4(gr)
Berat Contoh Aspal + Tempat (Sebelum Ekstraksi) (D)	1080,3(gr)	1082,8(gr)	1080,4(gr)	1081,1(gr)
Berat Filter (Sesudah Ekstraksi) (E)	17,6 (gr)	17,9 (gr)	19,7 (gr)	18,4 (gr)
Berat Agregat (Sesudah Ekstraksi) (F)	935,4 (gr)	936,1 (gr)	936 (gr)	935,8 (gr)
Berat Bahan Lain (G)	0,7 (gr)	0,8 (gr)	1,5 (gr)	1 (gr)
Berat Total Agregat (F+G) (H)	936,1 (gr)	936,9 (gr)	937,5 (gr)	936,8 (gr)
Berat Aspal Dalam Campuran (C-H) (I)	64,1 (gr)	63,6 (gr)	63,2 (gr)	63,6 (gr)
Prosen (%) Aspal Dalam Campuran I/C*100 (J)	6,40 (%)	6,35 (%)	6,31 (%)	6,35 (%)

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Pengujian kadar aspal hasil ekstraksi yang telah diuji dengan 3 sampel menghasilkan nilai-nilai yang konkret.

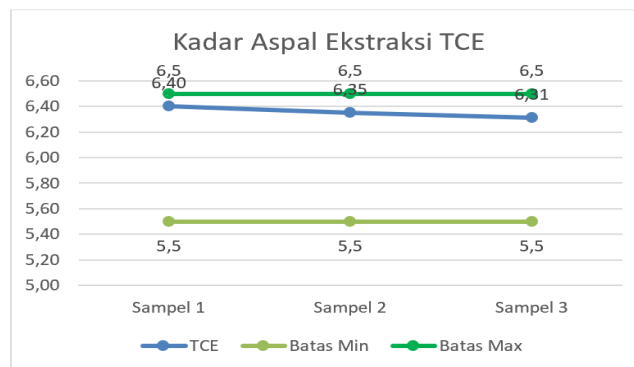
Sampel pertama, berat contoh aspal atau berat sampel sebelum ekstraksi adalah 1000,2 gram, kemudian diberi pelarut TCE dan setelah ekstraksi tercatat 935,4 gram menunjukkan bahwa sampel mengalami pengurangan material sedangkan, berat filter sebelum ekstraksi adalah 16,9 gram dan setelah ekstraksi tercatat 17,6 gram menunjukan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel pertama menghasilkan kadar aspal sebesar 6,40%.

Sampel kedua, berat contoh aspal atau berat sampel lebih banyak dari sampel pertama. Sebelum ekstraksi tercatat 1000,5 gram, kemudian diberi TCE dan setelah ekstraksi tercatat berat total 936,9 gram menunjukan bahwa sampel tetap mengalami pengurangan material walaupun berat contoh aspal atau berat sampel lebih banyak dan hasilnya ditambah berat bahan lain. Selain itu, berat filter sebelum ekstraksi adalah 17,1

- 4 Efektivitas Pelarut Pertalite dan *Trichloroethylene* Dalam Proses Pengujian Kadar Aspal Pada Lapis Perkerasan Ac-Wc
(Hanifah Durrotul Hikmah¹, Suryanto², Nurokhman²)

gram dan setelah ekstraksi tercatat 17,9 gram tetap menunjukkan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel kedua menghasilkan kadar aspal 6,35%.

Sampel ketiga, berat total aspal atau berat sampel ditambah lagi sehingga lebih banyak dari sampel 1 dan 2. Sebelum ekstraksi tercatat 1000,7 gram, kemudian diberi TCE dan setelah ekstraksi tercatat 937,5 gram menunjukkan bahwa sampel tetap mengalami pengurangan material walaupun berat contoh aspal atau berat sampel lebih banyak dan hasilnya ditambah berat bahan lain. Selain itu, berat filter sebelum ekstraksi adalah 18,2 gram dan setelah ekstraksi tercatat 19,7 gram tetap menunjukkan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel ketiga menghasilkan kadar aspal 6,31%.



Gambar 1. Grafik Kadar Aspal Larutan *Trichloroethylene*

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Rumus kadar aspal (KA) berikut ini dapat digunakan untuk membandingkan kadar aspal dari hasil ekstraksi: Pengujian kadar aspal dengan menggunakan pelarut *Trichloroethylene* masih dalam batas toleransi spesifikasi umum Bina Marga 2018 (revisi 2), dengan batas toleransi bawah 6,31% dan batas toleransi atas 6,40%, sesuai dengan persamaan berikut: Batas Maks KA > KA Hasil Ekstraksi > Batas Min KA, $6,5 > 6,35 > 5,5$. Hasilnya, sampel memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan.

4.1.2 Pengujian Ekstraksi Pelarut Pertalite

Hasil pengujian menunjukkan hasil ekstraksi menggunakan larutan pertalite dengan 3 kali pencucian nilai kadar aspal pada sampel 4,5 dan 6 memiliki rata-rata 6,01 %.

Tabel 4. Pengujian Ekstraksi Kadar Aspal menggunakan Larutan Pertalite dengan 3 kali pencucian

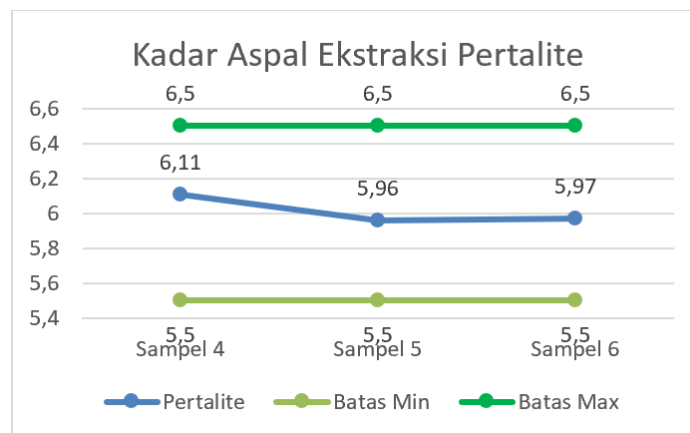
Uraian	Benda Uji			Rata-Rata
	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	
Berat Tempat (A)	82,5 (gr)	101,1 (gr)	95,6 (gr)	93,0 (gr)
Berat Filter (Sebelum Ekstraksi) (B)	17,9 (gr)	19,2 (gr)	18,8 (gr)	18,6 (gr)
Berat Contoh Aspal (Sebelum Ekstraksi) (C)	1000,6(gr)	1000,3(gr)	1000,4(gr)	1000,4(gr)
Berat Contoh Aspal + Tempat (Sebelum Ekstraksi) (D)	1083,1(gr)	1101,4(gr)	1096(gr)	1093,5(gr)
Berat Filter (Sesudah Ekstraksi) (E)	18,3 (gr)	19,9 (gr)	19,3 (gr)	19,1 (gr)
Berat Agregat (Sesudah Ekstraksi) (F)	939 (gr)	939,9 (gr)	940,1 (gr)	939,6 (gr)
Berat Bahan Lain (G)	0,4 (gr)	0,7 (gr)	0,5 (gr)	0,53 (gr)
Berat Total Agregat (F+G) (H)	939,4 (gr)	940,6 (gr)	940,6 (gr)	940,2 (gr)
Berat Aspal Dalam Campuran (C-H) (I)	61,2 (gr)	59,7 (gr)	59,8 (gr)	60,2 (gr)
Prosen (%) Aspal Dalam Campuran I/C*100 (J)	6,11 (%)	5,96 (%)	5,97 (%)	6,01 (%)

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Sampel keempat, berat contoh aspal atau berat sampel sebelum ekstraksi adalah 1000,6 gram, kemudian diberi jenis pelarut berbeda dari sampel 1,2 dan 3 yaitu pertalite setelah ekstraksi tercatat 939,0 gram menunjukkan bahwa sampel mengalami pengurangan material sedangkan, berat filter sebelum ekstraksi adalah 17,9 gram dan setelah ekstraksi tercatat 18,3 gram menunjukkan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel keempat menghasilkan kadar aspal sebesar 6,11%.

Sampel kelima, berat contoh aspal atau berat sampel dikurangi sedikit dari sampel keempat. Sebelum ekstraksi tercatat 1000,3 gram, kemudian diberi pertalite setelah ekstraksi tercatat berat total 940,6 gram menunjukkan bahwa sampel tetap mengalami pengurangan material walaupun berat contoh aspal atau berat sampel lebih sedikit dan hasilnya ditambah berat bahan lain. Selain itu, berat filter sebelum ekstraksi adalah 19,2 gram dan setelah ekstraksi tercatat 19,9 gram tetap menunjukkan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel kelima menghasilkan kadar aspal 5,96%.

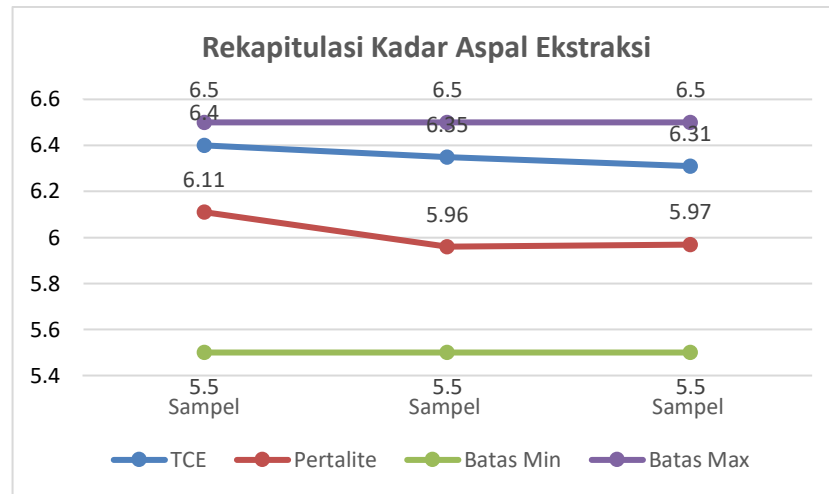
Sampel keenam, berat total aspal atau berat sampel ditambah sedikit lagi sehingga lebih banyak dari sampel 4, tetapi kurang dari sampel 5. Sebelum ekstraksi tercatat 1000,4 gram, kemudian diberi pertalite setelah ekstraksi tercatat 940,6 gram menunjukkan bahwa sampel tetap mengalami pengurangan material walaupun berat contoh aspal atau berat sampel lebih sedikit atau lebih banyak dan hasilnya ditambah berat bahan lain. Selain itu, berat filter sebelum ekstraksi adalah 18,8 gram dan setelah ekstraksi tercatat 19,3 gram tetap menunjukkan adanya penambahan berat yang terjadi akibat proses ekstraksi. Dengan demikian, sampel keenam menghasilkan kadar aspal 5,97%.



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Larutan Pertalite
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Rumus kadar aspal (KA) berikut ini dapat digunakan untuk membandingkan kadar aspal dari hasil ekstraksi: Hasil uji kadar aspal menggunakan pelarut pertalite masih dalam batas toleransi spesifikasi umum Bina Marga 2018 (revisi 2), dengan batas toleransi bawah 5,96% dan batas toleransi atas 6,11%, sesuai dengan persamaan berikut: Batas Maks KA > KA Hasil Ekstraksi > Batas Min KA, $6,5 > 6,11 > 5,5$. Hasilnya, sampel memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan.

4.1.3 Rekapitulasi Pengujian Ekstraksi Kadar Aspal



Gambar 3. Rekapitulasi Kadar Aspal Ekstraksi

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa kadar aspal dengan pelarut TCE menunjukkan hasil hampir mencapai maksimum, artinya pelarut TCE dapat melarutkan aspal dengan baik. Sementara itu, grafik kadar aspal pelarut pertalite menurun mendekati kadar aspal minimum, menunjukkan bahwa pelarut pertalite kurang efektif digunakan sebagai pelarut dalam pengujian ekstraksi kadar aspal di laboratorium.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Kadar Aspal

Jenis Pelarut	Nomer Sampel	Kadar Aspal Sebelum Ekstraksi	Kadar Aspal Sesudah Ekstraksi	Kadar Aspal Tanpa Pelarut
		(%)	(%)	(%)
TCE	Sampel 1	6,385	6,408	6,404
TCE	Sampel 2	6,338	6,356	6,352
TCE	Sampel 3	6,091	6,315	6,306
Pertalite	Sampel 4	6,273	6,116	6,114
Pertalite	Sampel 5	6,405	5,968	5,964
Pertalite	Sampel 6	6,165	5,978	5,975

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal sebelum ekstraksi, kadar aspal sesudah ekstraksi dan kadar aspal tanpa pelarut memiliki perbedaan yang kecil. Pada penelitian ini, perbedaannya sangat kecil karena berat debu relatif kecil terhadap campuran.

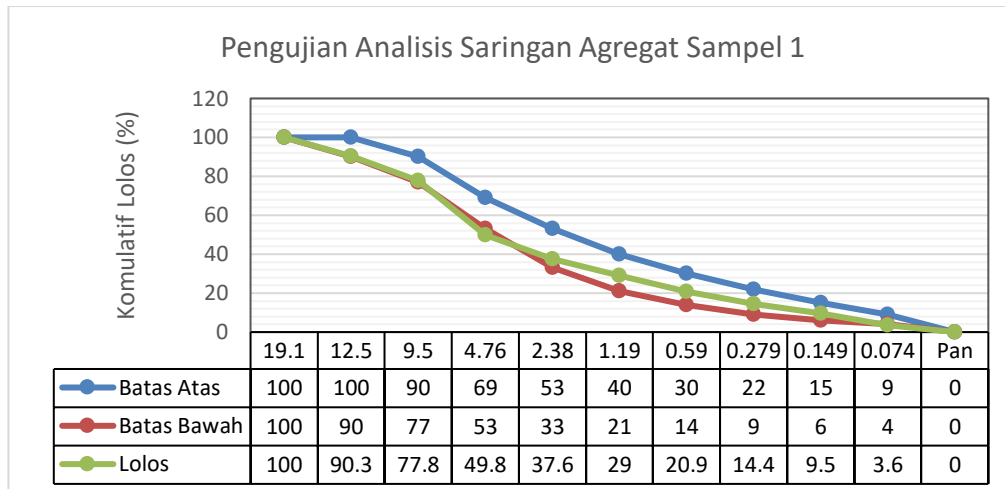
4.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat

4.2.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Pelarut *Trichloroethylene*

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 30 yaitu bernilai +6,9% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 30.

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 1 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,3 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi +0,8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi -3,2% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +4,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi +8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi +6,9% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +5,4% dari batas terdekat spesifikasi, saringan

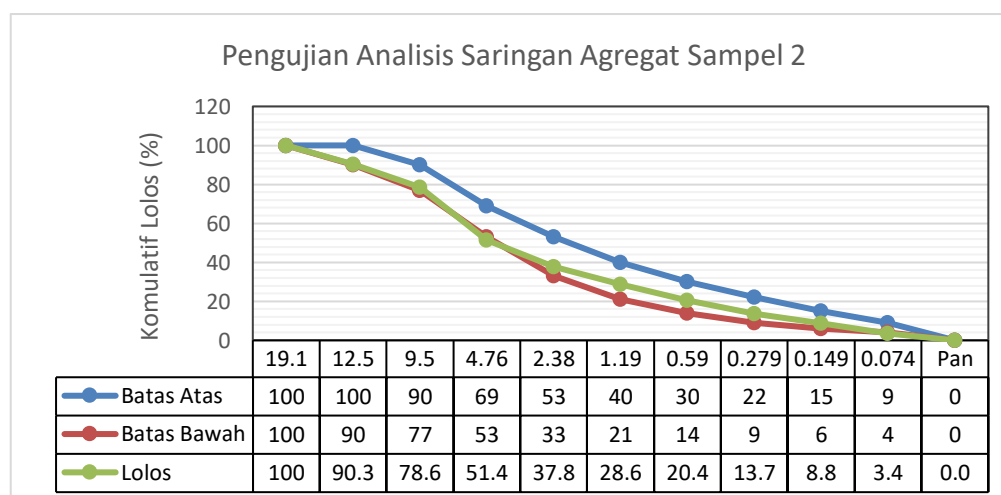
No 100 terjadi deviasi +3,5% dari batas terdekat deviasi dan saringan No 200 terjadi deviasi -0,4 dari batas terdekat spesifikasi.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 1

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 16 yaitu bernilai +7.6% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 16.

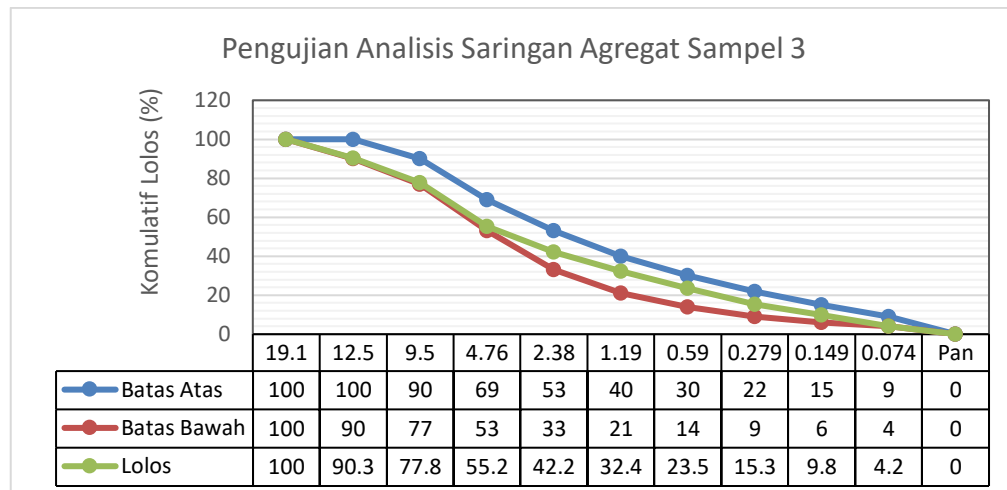


Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 2

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 2 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,3 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi +1,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi -1,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +4.8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi +7,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi +6.4% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +4,7% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 100 terjadi deviasi +2,8% dari batas terdekat deviasi dan saringan No 200 terjadi deviasi -0.6 dari batas terdekat spesifikasi.

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 8 yaitu bernilai +9,2% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 8.

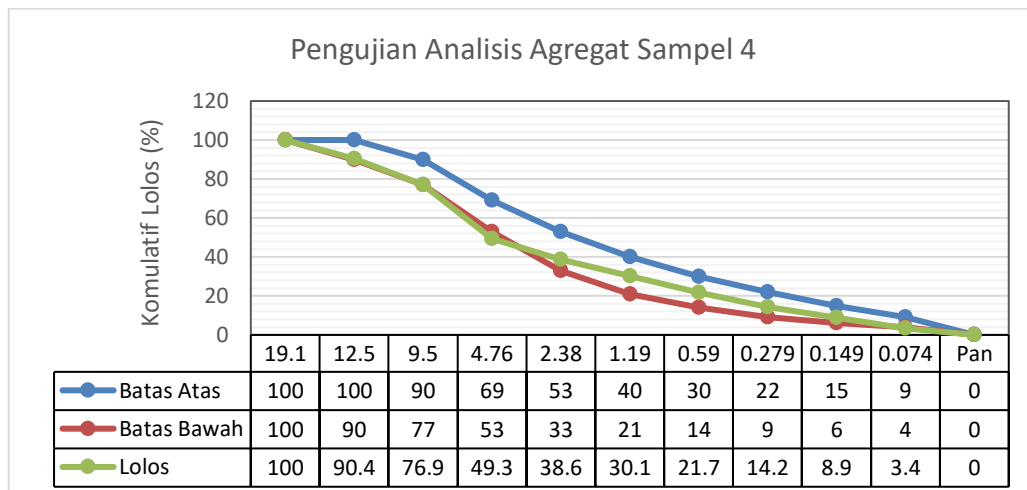


Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 3
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 3 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,3 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi +0,8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi +2,2% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +9,2% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi -7,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi -6,5% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +6,3% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 100 terjadi deviasi +3,8% dari batas terdekat spesifikasi dan saringan No 200 terjadi deviasi +0,2 dari batas terdekat spesifikasi.

4.2.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Pelarut Peralite

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 16 yaitu bernilai +9,1% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 16.

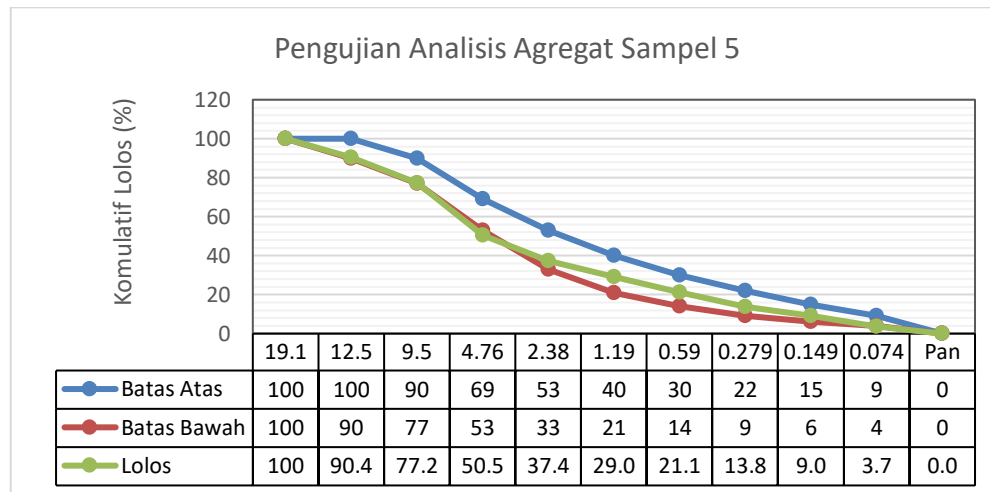


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 4
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 4 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,4 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi -0,1% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi -3,7% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +5,6% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi +9,1% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi +7,7% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +5,2% dari batas terdekat spesifikasi, saringan

No 100 terjadi deviasi +2,9% dari batas terdekat deviasi dan saringan No 200 terjadi deviasi -0,6 dari batas terdekat spesifikasi.

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 16 yaitu bernilai +8% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 16.

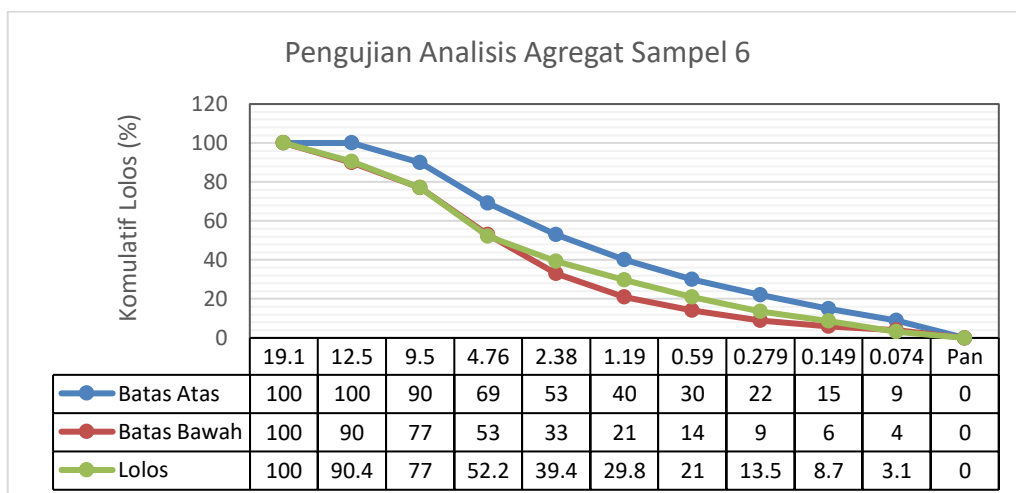


Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 5

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 5 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,4 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi +0,2% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi -2,5% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +4,4% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi +8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi +7,1% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +4,8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 100 terjadi deviasi +3% dari batas terdekat deviasi dan saringan No 200 terjadi deviasi -0,3 dari batas terdekat spesifikasi.

Presentase deviasi terbanyak terjadi pada saringan No 16 yaitu bernilai +8,8% yang berarti bahwa gradasi agregat banyak lolos pada saringan No 16.

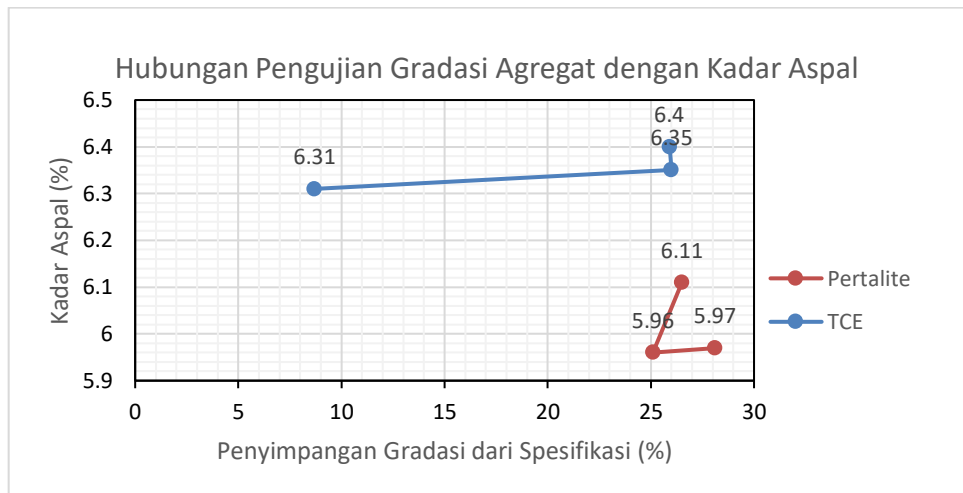


Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Sampel 6

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil pengujian gradasi agregat dari sampel 6 untuk saringan 1/2" terjadi deviasi +0,4 dari batas terdekat spesifikasi, saringan 3/8" terjadi deviasi +0% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 4 terjadi deviasi -0,8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 8 terjadi deviasi +6,4% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 16 terjadi deviasi +8,8% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 30 terjadi deviasi +7% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 50 terjadi deviasi +4,5% dari batas terdekat spesifikasi, saringan No 100 terjadi deviasi +2,7% dari batas terdekat spesifikasi dan saringan No 200 terjadi deviasi -0,9 dari batas terdekat spesifikasi.

4.3 Hubungan Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal



Gambar 10. Grafik Hubungan Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan grafik hubungan pengujian gradasi agregat dengan kadar aspal diatas diketahui bahwa kadar aspal hasil pengujian menggunakan pelarut TCE lebih stabil dan rapat meskipun terjadi penyimpangan yang kecil di sampel 3, sedangkan kadar aspal dengan pelarut pertalite memiliki rentang yang besar dan berjarak meskipun hasil pengujian gradasi agregat menunjukan nilai penyimpangan yang berdekatan. Dengan demikian, pengujian ekstraksi menggunakan pelarut TCE lebih efektif dan menghasilkan kadar aspal yang akurat daripada menggunakan pelarut pertalite.

4.4 Hubungan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Tabel 6. Hasil Penelitian Pengujian Kadar Aspal

Jenis Pelarut	Jenis Sampel	Kadar Aspal Sebelum Ekstraksi	Kadar Aspal Sesudah Ekstraksi	Deviasi	Efisiensi
		(%)	(%)	(%)	(%)
TCE	Sampel 1	6,39	6,40	-0,01	99,84
TCE	Sampel 2	6,34	6,35	-0,01	99,84
TCE	Sampel 3	6,09	6,31	-0,22	96,51
Pertalite	Sampel 4	6,27	6,11	0,16	102,62
Pertalite	Sampel 5	6,40	5,96	0,44	107,38
Pertalite	Sampel 6	6,17	5,97	0,20	103,35

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Penelitian ini menunjukan bahwa efisiensi ekstraksi jenis pelarut TCE 5,71% lebih rendah dibandingkan pelarut pertalite. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (PP Keumala, 2023) yang menemukan bahwa pertalite sebagai bahan pembanding kedua menunjukan efisiensi ekstraksi 33,33% lebih tinggi dibandingkan dengan bahan pelarut

pertama. Namun berbeda dengan hasil penelitian (F Sastri, 2021) yang menunjukkan efisiensi ekstraksi pelarut pertalite sebesar 6,35% lebih rendah sebagai bahan pembanding kedua. Hal ini bisa disebabkan karena jenis pelarut, suhu, waktu, tempat penelitian, volume pelarut yang digunakan, berat sampel yang digunakan, prosedur pengujian yang digunakan, alat pengujian belum terkalibras dan acuan kadar aspal teroris yang pakai.

Selain itu, berikut ini juga disajikan tabel penyimpangan gradasi dari spesifikasi dengan kadar aspal sesuai dengan hasil penelitian penulis.

Tabel 7. Penyimpangan Gradasi dari Spesifikasi dengan Kadar Aspal

Sampel	Pelarute	Penyimpangan	Kadar Aspal
1	TCE	25,9	6,4
2	TCE	26	6,35
3	TCE	8,7	6,31
4	Pertalite	26,5	6,11
5	Pertalite	25,1	5,96
6	Pertalite	28,1	5,97

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata penyimpangan pengujian gradasi agregat sebesar 20,2% untuk pengujian dengan pelarut TCE dan rata-rata penyimpangan pengujian gradasi agregat sebesar 26,6% untuk pengujian dengan pelarut Pertalite. Penelitian ini menunjukkan bahwa TCE efektif digunakan sebagai bahan pelarut untuk pengujian ekstraksi kadar aspal karena terjadi sedikit penyimpangan daripada pelarut pertalite. Temuan ini tidak sejalan dengan hasil penelitian (F Sastri, 2021) yang menunjukkan bahwa rata-rata penyimpangan gradasi agregat sebesar 24,52% untuk pengujian dengan pelarut kedua dan rata-rata penyimpangan pengujian gradasi agregat sebesar 18,91% untuk pengujian dengan pelarut pertalite. Ini menunjukkan bahwa penyimpangan yang terjadi pada pelarut pertalite lebih sedikit. Hal ini bisa disebabkan karena perbedaan jenis pelarut pembanding, prosedur pengambilan sampel, lokasi pengambilan sampel, berat contoh sampel, saringan yang digunakan tidak dalam kondisi baik, suhu atau kelembaban agregat dan cara pencampuran sampel.

4.5 Perbandingan Jenis Pelarut yang Efektif

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat analisa sebagai berikut:

Tabel 8. Pemilihan Pelarut yang Efektif

Aspek	Syarat	Trichloroethylene	Pertalite	Sumber
Kemurnian	<ul style="list-style-type: none"> Kemurnian $\geq 99\%$ Tidak mengandung campuran lain Lolos pengujian standar (ASTM, ISO atau analisis laboratorium) 	Tinggi dengan tingkat kemurnian lebih dari 99%	Tidak murni dinyatakan dalam sifat RON	<ul style="list-style-type: none"> International Agency for Research on Cancer (IARC) Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)
Efektifitas Ekstraksi	Pelarut harus mampu melarutkan senyawa target secara selektif tanpa terlalu banyak melarutkan senyawa pengotor	Sangat baik	Cukup baik	Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., & Crouch, S.R. (2014). <i>Fundamentals of Analytical Chemistry</i> (9th ed.). Brooks/Cole.

Aspek	Syarat	<i>Trichloroethylene</i>	Pertalite	Sumber
Waktu Ekstraksi	Pelarut harus mampu melarutkan zat secara efektif, baik senyawa polar maupun non-polar, tergantung pada jenis pelarutnya	Cepat, efisien	Sedikit lebih lama, tergantung kondisi	Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2014). <i>Chemistry</i> (9th ed.). Cengage Learning.
Keamanan	Pelarut harus aman bagi pengguna dan tidak meninggalkan residu toksik dalam produk akhir, terutama untuk ekstraksi bahan pangan, obat atau kosmetik	Beracun, perlu ventilasi dan APD	Mudah terbakar	Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). <i>Green Chemistry: Theory and Practice</i> . Oxford University Press.
Penggunaan di Lapangan	Pelarut harus aman digunakan oleh operator tanpa memerlukan alat pelindung diri (APD) yang rumit	Bisa digunakan tetapi membutuhkan penanganan ketat	Lebih praktis dan tersedia	Chemat, F. et al. (2012). "Green extraction of natural products: concept and principles." <i>International Journal of Molecular Sciences</i> , 13(7), 8615–8627.
Harga dan ketersediaan	Pelarut efisien harus ekonomis dan tersedia luas, terutama untuk skala industri	Mahal dan terbatas	Murah dan mudah didapat	Manahan, S. E. (2005). <i>Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability</i> . ChemChar Research, Inc.
Dampak lingkungan	Pelarut sebaiknya mudah terurai secara alami dan tidak mencemari lingkungan	Mencemari tanah, air dan susah terurai	Mencemari, mudah menguap dan terbakar	Clark, J. H., & Macquarrie, D. J. (2002). <i>Handbook of Green Chemistry and Technology</i> . Blackwell Publishing.

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Secara teknis dan akurat pelarut untuk ekstraksi *Trichloroethylene* lebih unggul daripada pertalite, sedangkan secara biaya dan ketersediaan pertalite lebih unggul daripada *Trichloroethylene*. Dengan demikian, rekomendasi berdasarkan kebutuhan untuk uji laboratorium presisi tinggi serta membutuhkan analisis yang memerlukan validasi ilmiah dan ketepatan hasil sebaiknya menggunakan TCE, sedangkan jika membutuhkan pengambilan sampel cepat di lapangan dengan ketersediaan biaya atau pekerjaan industri skala besar dengan efisiensi biaya sebaiknya menggunakan pertalite.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan mengenai efektivitas pelarut pertalite dan *trichloroethylene* dalam proses pengujian kadar aspal pada lapis perkerasan ac-wc, maka dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kadar aspal dari hasil pengujian ekstraksi menggunakan pelarut *trichloroethylene* didapatkan rata-rata dari tiga sampel yaitu 6,35% dan nilai kadar aspal dari hasil pengujian ekstraksi menggunakan pelarut pertalite didapatkan rata-rata dari tiga sampel yaitu 6,01%.
2. Perbandingan nilai kadar aspal rata-rata yang dihasilkan dari pengujian ekstraksi menggunakan pelarut *trichloroethylene* dan pertalite berturut-turut adalah 6,35% dan 6,01%. Pengujian menggunakan *trichloroethylene* menghasilkan kadar aspal lebih

tinggi dan mendekati spesifikasi bina marga 2018 daripada pengujian menggunakan pertalite.

3. Pengujian menggunakan total rata-rata 1,5 liter dengan 3 kali pencucian pada saat ekstraksi namun menghasilkan kadar aspal yang berbeda dikarenakan kemampuan melarutkan aspal (*Solvabilitas*), reaksi penguapan larutan, tingkat kepolaran pelarut, perbedaan cara pelarut memisahkan aspal dengan agregat, tingkat keaslian pelarut, berat contoh sampel yang digunakan dan terkontaminasi zat lain.
4. Pengujian ekstraksi menggunakan pelarut TCE lebih efektif dan menghasilkan kadar aspal yang akurat daripada menggunakan pelarut pertalite meskipun hasil pengujian gradasi agregat pertalite menunjukkan nilai penyimpangan yang berdekatan.
5. Pengujian ekstraksi menggunakan pelarut yang tepat sangat dibutuhkan demi hasil dengan akurasi tinggi, pengakuan sesuai dengan standar yang berlaku dan hasil yang bisa digunakan sebagai acuan sah dilapangan.

5.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan dari penelitian yang telah dilakukan antara untuk pengembangan meneliti jenis perkerasan jalan selain AC-WC dan pengujian kadar aspal hasil ekstraksi dengan alat ekstraksi lain seperti *reflux* dengan berat aspal yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- A Kafabihi, B. W. (2020). Penggunaan aspal buton pada campuran AC-WC (asphalt concrete-wearing course). *Student Journal Gelagar*, 36-44.
- Ahmad, F. (2022). Job Mix Aspal Modif Lapisan AC/WC Pada Proyek Pembangunan Perbaikan Jalan Ir. Sutami–Sribawono. *Jurnal Ilmu Teknik*.
- Center, N. M. (2025, April 28). *Trichloroethylene: Kovats' RI, Non-Polar Column, Isothermal*. Retrieved from NIST Chemistry WebBook: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C79016&Mask=2000&Type=KOVATS-RI-NON-POLAR-ISOTHERMAL>
- F Darwis, E. M. (2020). Karakteristik tanah timbunan dari desa daeo sebagai subgrade pada struktur perkerasan jalan. *DINTEK*, 20-27.
- F Sastri, O. O. (2021). Pengaruh Ekstraksi Kadar Aspal Dengan Larutan Pertamina dan Pertalite. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 259-266.
- Ir. Yuliyanti Kadir, S. M. (2024). *Perancangan Proyek Perkerasan Jalan*. Sumatera Barat: CV. Gita Lentera.
- M Mashuri, R. R. (2020). Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC–WC. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 47-56.
- M Muchlis, M. M. (2015). Analisis Pergerakan Polutan Trikloroetilen Dalam Media Berpori Menggunakan Sentrifug Geoteknik (Analysis of Trichloroethylene Pollutant Migration in Porous Media Using Geotechnical Centrifuge). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 12-19.
- MI Musa, S. W. (2019). ANALISIS JENIS PELARUT UNTUK EKSTRAKSI ASPAL PADA PERKERASAN AC-WC (ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE). *JeLAST: Jurnal PWK*.

- Nasional, B. S. (1990). *Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990)*. Jakarta: Pusjatan Balitbang Pekerjaan Umum.
- Nasional, B. S. (2002). *Metode Pengujian Kadar Aspal dari Campuran Beraspal dengan Cara Sentrifus (SNI 03-6894-2002)*. Jakarta: Pusjatan Balitbang Pekerjaan Umum.
- NM Sari, O. O. (2022). Sari, N. M., OkPerbandingan Pemanfaatan Larutan Pertamina Dex dengan Pertamak Turbo terhadap Hasil Ekstraksi Kadar Aspal pada Peningkatan Jalan Fleksibel Pavement. *CIVED*, 284-290.
- Nur Khaerat Nur, M. E. (2021). *Perancangan Perkerasan Jalan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Nurfasiha, N. W. (2023). Pengujian Kadar Bitumen Dan Kadar Air Aspal Buton Menggunakan Metode Sokhlet Pada PT. Wijaya Karya Bitumen Kecamatan Pawarwajo Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. *Mining Science and Technology Journal*, 2(1), 22-28. <https://doi.org/10.54297/minetech-journal.v2i1.436>.
- Nurokhman, N. S. (2022). Evaluasi Keterlibatan Mahasiswa Dan Alumni Dalam Pekerjaan Pengendalian Mutu Lapisan Aspal Beton Di Kulon Progo. *JURNAL GEMI*, 19-28.
- PP Keumala, M. I. (2023). Analisis Uji Ekstraksi Pelarut Spiritus dan Peralite. *Journal of The Civil Engineering Student*, 386-392.
- Qurratul Ayun, C. A. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Gradasi Aspal Porus Terhadap Parameter Marshall dan Permeabilitas. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 55-64.
- Sastri, F. a. (2022). Pengaruh ekstraksi kadar aspal dengan larutan pertamax dan peralite. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 17(3), 259. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.3.259-266.2021>.
- Soehardi, F. (2017). The Variation Test and Extraction Equipment to Optimum Asphalt by Using Gasoline Solvent. *IOP Publishing: Earth and Environmental Science*.
- ST Salean, T. B. (2021). Kajian Arus Lalu Lintas Dalam Rangka penanggulangan Kemacetan Di Jalan Raya (Kasus Jalan Raya Siliwangi Kecamatan Cicurug Kabupaten Sukabumi). *Teknokris*, 53-61.
- Suryanto, S. &. (2022). Evaluasi Properti Marshall Terhadap Mutu Aspal Beton Lapangan Pada Runway Bandara Yogyakarta International Airport. *CivETech*, 4(1), 59-72.
- Wahyudi, A. L. (2023). Analisis Perbandingan Hasil Ekstraksi Kadar Aspal Pada Campuran Aspal Ac-Bc Terhadap Design Mix Formula. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.30743/jtsip.v2i1.7651>.
- Weihshueh A. Chiu, J. J. (2013). Human health effects of trichloroethylene: key findings and scientific issues. *Environmental health perspectives*, 303-311.
- YR Saragi, A. S. (2021). Analisis Lapisan Aspal Beton (Ac-Bc) Dengan Penambahan Limbah Kaleng Minuman Ditinjau Dari Karakteristik Marshall Dan Uji Penetrasi. *Jurnal Construct*, 49-58.
- Zhineng Wu, Q. M. (2022). Recent advances and trends of trichloroethylene biodegradation: A critical review. *Frontiers in Microbiology*.

