

## Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

*The Effect of Waterlogging on the Performance of Asphalt Pavement Mixtures in Tegal City (Case Study of Kaligangsa Village Road)*

Ahmad Fauzi<sup>1</sup>, Abdul Khamid<sup>2</sup>, Wahidin<sup>3</sup>, Dwi Denny Apriliano<sup>4</sup>, Wahudin Diantoro<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

e-mail: \*<sup>1</sup>ahmadfauzi@gmail.com, <sup>2</sup>abdulkhamid.mt@gmail.com, <sup>3</sup>wahidinnaures@gmail.com,

<sup>4</sup>dwidennyapriliano@gmail.com, <sup>5</sup>ir.wahudindiantoro@gmail.com

### Abstract

*In Indonesia there are many roads that often occur puddles caused by being submerged in rainwater, as many things happen around us, puddles often cause damage to road pavements, especially the wear layer on road pavements (AC-WC). With these problems, it is necessary to conduct research related to the level of strength of the asphalt layer and the level of durability of the laston mixture (AC-WC) if submerged by rainwater. If the preparation and testing get results that are in accordance with the requirements in terms of materials, aggregates and asphalt to determine the gradation of the AC-WC mixture. Then conduct testing with the Marshall method which aims to determine the optimum asphalt content (KAO). After that, soaking rainwater is carried out by doing a varied soaking time to obtain a ratio of stability values. In the 1st stage of testing, the optimum asphalt content result was 5.73%. In the test results, the stability value increased from 4.0% to 5.0% asphalt content and stability decreased after the asphalt content was added to 6.0%, the flow value, VMA, VFB, MQ also increased along with the increase in asphalt content, while the VIM value decreased with the addition of asphalt content. In the second stage of testing the modified soaking time, the value of stability, strength and durability of the laston mixture decreased along with the addition of variations in the length of soaking time in the sample research sample.*

**Keywords:** asphalt AC-WC, optimum content, stability

### Abstrak

Di Indonesia ada banyak jalan yang sering terjadi genangan air yang disebabkan karena terendam air hujan, seperti banyak yang terjadi pada sekitar kita, genangan air sering menyebabkan rusaknya perkerasan jalan, utamanya lapisan aus pada perkerasan jalan (AC-WC). Dengan adanya masalah tersebut, maka perlu diadakan penelitian yang berkaitan dengan tingkat kekuatan lapisan aspal serta tingkat keawetan campuran laston (AC-WC) jika terendam oleh air hujan. Jika persiapan serta pengujian mendapatkan hasil yang sesuai dengan syarat dari segi bahan, agregat maupun aspal sampai dengan menentukan gradasi campuran AC-WC. Kemudian melakukan pengujian dengan metode *Marshall* yang bertujuan untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO). Setelah itu dilakukan perendaman terhadap air hujan dengan melakukan waktu perendaman yang bervariasi guna memperoleh perbandingan dari nilai stabilitasnya. Pada tahap ke-I pengujian didapatkan hasil kadar aspal optimum 5,73%. Pada hasil pengujian nilai stabilitas mengalami peningkatan dari kadar aspal 4.0% hingga 5.0% serta stabilitas mengalami penurunan setelah kadar aspal ditambahkan hingga 6.0%, nilai flow, VMA, VFB, MQ juga mengalami peningkatan bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sementara itu nilai VIM semakin mengalami penurunan dengan ditambahkan kadar aspal. Pada pengujian tahap yang ke-II mengenai waktu perendaman yang dimodifikasi dihasilkan nilai stabilitas kekuatan serta keawetan campuran laston mengalami penurunan seiring dengan ditambahkan variasi lamanya waktu perendaman pada sampel contoh penelitian.

**Kata Kunci:** AC-WC aspal, kadar optimum, stabilitas

## PENDAHULUAN

Di Kota Tegal masalah genangan air memiliki dampak yang cukup berpengaruh terhadap kondisi sosial serta ekonomi masyarakat utamanya terhadap sarana transportasi darat. Terdapat beberapa struktur jalan di Kota Tegal yang terimbas dari dampak genangan air yang terdapat di badan jalan. Dampak yang di timbulkan ialah bentuk lapisan permukaan jalan yang berubah seperti lubang (*potholes*), bergelombang (*rutting*), retak-retak, pelepasan butiran (*ravelling*) juga gerusan tepi yang mengakibatkan penurunan tingkat pelayanan kinerja jalan itu sendiri.

Agar ketahanan fungsionalnya tetap terjaga, maka tahapan perencanaan prasarana jalan pada wilayah perkotaan harus integral dan tidak terpisah agar sesuai dengan tingkat kebutuhan [1]. Baik itu dari segi perancangan teknik sampai umur rencana, maupun proses pembangunan dan pemeliharannya. Kota Tegal secara topografi memiliki karakter keadaan serta kondisi seperti berikut: tanah cenderung datar, bergelombang, dan berbukit serta berada memiliki ketinggian sekitar 0-25 meter diatas permukaan laut (DPL) dan mempunyai tingkat kemiringan lereng sekitar (elevasi) 0-15%. Jika dilihat dari tipe kelerengannya, sebagian besar wilayah kota Tegal berada pada tingkat kemiringan 0-8%. Melihat kondisi wilayah semacam ini, maka wilayah ini masuk dalam wilayah rawan banjir dan genangan maupun luapan. Karena tingkat intensitas curah hujan maksimumnya rata-ratanya mencapai 200 mm/jam.

Dengan penelitian ini, akan dilakukan percobaan bagaimanakah pengaruh sistem drainase pada karakteristik jalan beraspal di Kota Tegal. Yang menjadi hulu dalam masalah ini ialah terletak pada aspek makro, seperti kebijakan dalam hal pengelolaan dan tata ruang wilayah yang masih kurang maksimal. Oleh karena itu dalam perencanaan dalam membangun drainase di sepanjang tepi jalan dibutuhkan bangunan pelengkap drainase yaitu gorong-gorong, jembatan, talang air dan lain-lainnya, terutama di area perpotongan antara jalan dengan sungai, saluran banjir maupun saluran irigasi dan saluran air baku.

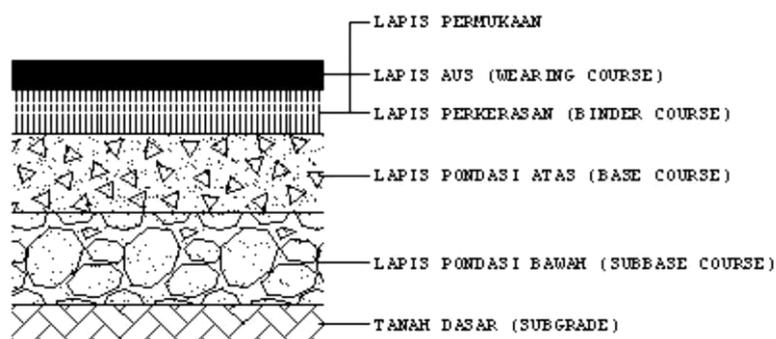
### Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti [1]–[3]. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan [4]. Berdasarkan bahan penyusun dan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton tersebut.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur [5].

### Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat perkerasan sehingga sifat perkerasannya lebih lentur, memiliki deformasi yang lebih besar dan dapat bertahan sampai 20 tahun dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas tiap tahun jika konstruksi perkerasan dikerjakan dengan baik dan penggunaan material yang sesuai standar spesifikasi dan spesifikasi desain digunakan secara benar [6], [7]. Demikian pula dengan perbaikan/pemeliharaan secara periodik harus selalu dilakukan sebelum diperlukan rekonstruksi yang lebih besar.



Gambar 1. Struktur Perkerasan Lentur Jalan

Fungsi masing-masing lapisan tersebut adalah:

a. Lapis Permukaan

Lapis permukaan yaitu bagian perkerasan yang berada paling atas. Fungsi lapis nya meliputi:

- 1) Struktural, yaitu mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
- 2) Non Struktural, dalam hal ini meliputi :
  - a) Lapis kedap air, mencegah lapisan perkerasan yang berada di bawahnya agar terhindar dari masuknya air.
  - b) Menyediakan permukaan yang tetap rata, supaya kendaraan dapat berjalan dan mendapatkan kenyamanan yang cukup.
  - c) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga ketersediaan keamanan lalu lintas terjamin karena koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup.
  - d) Sebagai lapisan aus, adalah lapisan yang dapat aus yang selanjutnya bisa diganti lagi dengan lapisan yang baru [8].

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa klasifikasikan lagi menjadi dua lapisan, yaitu: a) lapis aus (*wearing coarse*). Lapis aus (*wearing coarse*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder coarse*). Fungsi dari lapis aus yaitu (Nono,2007) mengamankan perkerasan dari pengaruh air, menyediakan permukaan yang halus, menyediakan permukaan yang kesat; b) lapis antara (*binder coarse*). Lapis antara (*binder coarse*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base coarse*) dengan lapis aus (*wearing coarse*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono, 2007): mengurangi tegangan, menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Coarse*)

Lapis pondasi atas yaitu bagian dari perkerasan yang berada diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah: lapis pendukung bagi lapis permukaan, pemikul beban horizontal dan vertikal, lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Coarse*)

Lapis Pondasi Bawah yaitu bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini antara lain: penyebar beban roda, lapis peresapan, lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi, lapis pertama pada pembuatan perkerasan [9].

d. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) ialah permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar guna perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya [10].

## Bahan Penyusun Perkerasan Lentur Agregat

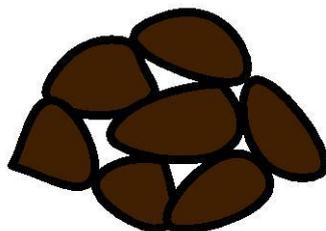
Agregat berperan penting dalam perkerasan jalan karena campuran perkerasan membutuhkan umumnya berkisar antara 90%-95% dari berat total campuran atau 75%-85% dari volume campuran [11]. Disamping itu dari sisi jumlahnya, agregat juga berkontribusi penting terhadap daya dukung perkerasan jalan, yang kemungkinan besar di pengaruhi oleh karakteristik agregat yang dipakai. Agregat juga memiliki peranan yaitu menjadi salah satu faktor yang menentukan kemampuan perkerasan jalan untuk memikul beban lalu lintas serta daya tahan terhadap cuaca. Sehingga juga memperhatikan spesifikasi pemakaian agregat tersebut, seperti gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porositas, absorpsi berat jenis serta daya kelekatan aspal [12]. Berdasarkan ukuran besar partikel-partikel agregat dibagi menjadi tiga, yaitu a) agregat kasar : agregat  $> 4,75$  mm menurut ASTM atau  $> 2$  mm menurut AASHTO, b) agregat halus : agregat  $< 4,75$  mm menurut ASTM atau  $< 2$  mm dan  $> 0,075$  mm menurut AASHTO, dan c) abu batu/mineral filler : agregat halus yang pada umumnya lolos saringan no. 200 [13].

Sifat-sifat agregat itu sendiri diantaranya, yaitu :

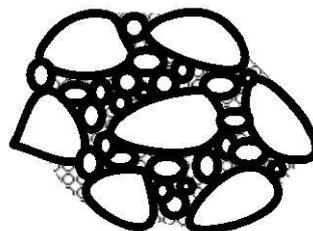
### a. Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasar pada ukuran agregat merupakan sesuatu yang penting dalam penentuan stabilitas perkerasan jalan [14]. Stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan di pengaruhi oleh gradasi agregat karena mempengaruhi besarnya rongga antar butiran. Gradasi agregat dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

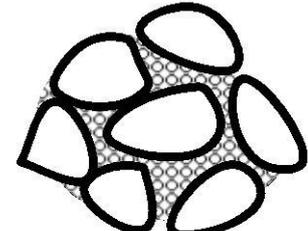
- 1) Gradasi seragam (*uniform graded*) yaitu agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis. Gradasi seragam juga sering dijuluki dengan gradasi terbuka (open graded) karena mengandung agregat halus dengan jumlah sedikit sehingga banyak didapat ruang/rongga kosong antara agregat..
- 2) Gradasi rapat (*dense graded*) yaitu campuran antara agregat kasar dengan agregat halus dalam jumlah yang seimbang sehingga disebut juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
- 3) Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) Gradasi ini disebut juga gradasi senjang dimana ukuran agregat yang tidak lengkap atau tidak ada dan jumlahnya sedikit [15].



a. Gradasi Seragam



b. Gradasi Rapat



c. Gradasi buruk/jelek

### b. Daya tahan agregat

Daya tahan agregat yaitu kemampuan bertahan agregat agar tidak hancur/pecah dari pengaruh mekanis maupun kimia [16]. Degradasi dapat diartikan sebagai kerusakan bahkan hancurnya agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat dari gaya yang disebabkan pada waktu proses penimbunan, pemadatan maupun oleh beban lalu lintas. Tingkat degradasi di pengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- 1) Jenis agregat, yaitu jenis agregat yang lunak yang memiliki degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras,
- 2) Gradasi, yaitu gradasi terbuka yang memiliki tingkat degradasi yang lebih besar dari pada gradasi rapat,

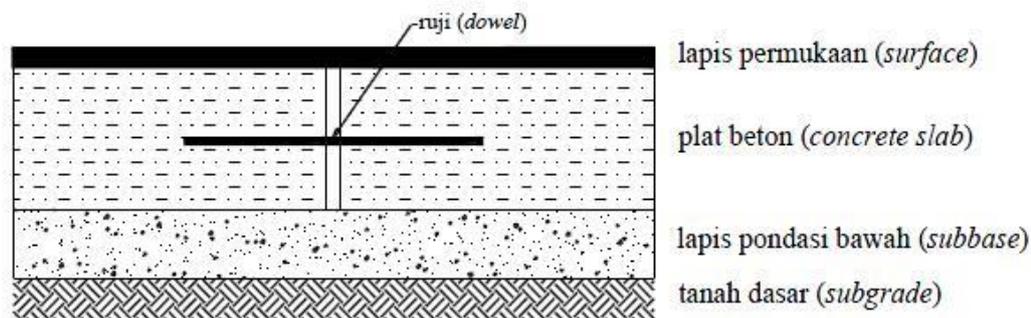
- 3) Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar di dibandingkan dengan yang memiliki bentuk kubus/bersudut,
- 4) Ukuran partikel, yaitu untuk partikel yang lebih kecil memiliki tingkat degradasi yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel berukuran besar,
- 5) Energi pemadatan, yaitu degradasi yang akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar [17].

#### c. Bentuk dan Tekstur Agregat

- 1) Bulat, merupakan agregat yang umumnya terdapat di area sungai, dan sudah mengalami pengikisan oleh air sehingga bentuknya bulat.
- 2) Lonjong, disebut lonjong jika ukuran yang paling panjangnya yaitu  $>1,8$  kali diameter rata-rata.
- 3) Kubus, yaitu bentuk agregat dari hasil alat pemecah batu (*crusher stone*) yang memiliki bidang rata sehingga memberikan efek saling mengunci satu sama lain yang besar.
- 4) Pipih, yaitu hasil dari alat pemecah batu atau sudah menjadi sifat dari agregat tersebut dan bila dipecahkan akan berbentuk pipih.
- 5) Tak beraturan, yaitu agregat yang memiliki bentuk yang tidak beraturan [18].

#### d. Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit adalah perkerasan kaku dengan lapis beraspal pada permukaan sebagai lapisan aus. Lapisan aus ini di perhitungkan sebagai bagian yang memikul beban [19].



Gambar 1. Struktur Perkerasan Komposit

### Kerusakan pada Perkerasan Lentur

#### Kerusakan Retak Permukaan

Retak permukaan perkerasan lentur memiliki banyak macam bentuk. Jenis retak permukaan yang banyak dijumpai, antara lain :

- a. Retak Rambut (*Hair Crack*), yaitu retakan yang berukuran kecil yakni sekitar 1mm. penyebabnya antara lain: pelapukan yang terjadi lapis perkerasan permukaan akibat fakto usia, kurangnya stabilitas tanah dibawah lapis permukaan, lebar retakan  $\leq 3$ mm, untuk mengatasinya perlu dilakukan pelaburan aspal.
- b. Retak Kulit Buaya (*Alligator Crack*), yaitu retak halus memiliki lebar celah  $> 3$ mm, retakannya berbentuk kotak-kotak baik besar atau kecil dan seperti kulit buaya. Penyebabnya karena : kurang satabilnya kondisi lapis pondasi agregat dan lapis pondasi bawah agregat dan lapisan tanah bawah, masuknya air ke dalam celah retakan dan lapis pondasi. Kerusakan ini bisa diatasi dengan cara pembongkaran serta menambal bagian yg retak.
- c. Retak Pinggir (*Edge Crack*), yaitu retakan yang terjadi pada sisi perkerasan dan berbentuk memanjang,dengan atau tanpa cabang. Penybabnya ialah karena kurangnya daya dukung samping bahu jalan dan terjadinya penurunan lapisan tanah bawah. Dan dapat di perbaiki dengan cara pelaburan aspal dan pemadapatan pada bahun jalan.
- d. Retak Sambungan Perkerasan dan Bahu Jalan, yaitu retakan yang terjadi di area arah memanjang smbungan dari suatu perkerasan dan bahu jalan. Retakan ini terjadi karena

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)

Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

material dibawah bahu jalan yang mengalangi penurunan. Cara mengatasinya yaitu dengan proses pelaburan aspal dan pemadatan terhadap bahu jalan..

- e. Retak Sambungan Pelebaran, yaitu retakan yang terjadi di antara sambungan arah memanjang perkerasan lama dan perkerasan yang baru.
- f. Retak Refleksi. Retakan yang terjadi pada lapisan ulang dari perkerasan aspal yang berada diatas perkerasan semen atau perkerasan kaku (*rigid pavement*). Penyebab retakan ini yaitu pergerakan vertical maupun horizontal yang berada di bawah lapis ulang yang terjadi akibat temperature yang over dan pergerakan tanah yang berlebih. Maka perlu diadakan proses pelaburan aspal dan pasir untuk mengisi retakan > 3mm untuk memperbaikinya.
- g. Retak Susut (*Shrinkage Crack*). Retakan yang terjadi akibat berubahnya volume perkerasan aspal pada campuran dengan kadar aspal yang tinggi. Retakan tersebut dapat diatasi dengan memperbaiki pengisian aspal emulsi pada keretakan dan pelapisan ulang.
- h. Retak Selip (*Slippage Crack*). Retakan yang terjadi akibat gaya horisontal dari kendaraan (gaya rem), lapis pengikat (*take coat*) antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya tidak berfungsi. Cara memperbaikinya ialah dengan cara membongkar bagian yang lepas dan mengisi kembali dengan bagian yang sama [20], [21].

#### **Kerusakan Perubahan Bentuk Permukaan**

- a. Alur (*Channeling*). Kerusakan ini memiliki bentuk seperti alur yang sejajar dengan sumbu jalan, disebabkan dari roda kendaraan dan pemadatan lapisan campuran aspal yang tidak sempurna.
- b. Keriting (*Corrugation*). Kerusakan ini bisa terjadi di persimpangan jalan dengan arah melintang dan memanjang jalan. Dan sering terjadi di daerah perbukitan dengan jalan yang menurun akibat gaya rem. Masalah ini bisa diatasi dengan cara mengupas dengan alat *cold milling* dan dilapis ulang.
- c. Ambblas (*Depression*), yaitu turunya tanah setempat dengan atau tanpa diikuti retakan, yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang melebihi batas.
- d. Lubang (*Pothole*), masalah ini terjadi akibat dari drainase yang kurang baik dan proses penanganan yang terlambat. Kerusakan tersebut dapat diatasi dengan patching [22], [23].

#### **Kerusakan Pada Perkerasan Kaku**

Mengetahui penyebab dari kerusakan didalam proses pemeliharaan dan perbaikan perkerasan kaku itu sangat penting sangatlah penting. kerusakan yang terjadi pada slab, lapis pondasi dan tanah dasarnya bisa terjadi pada jalan lapis beton.

#### **Kerusakan Disebabkan Oleh Karakteristik Permukaan**

- a. Retak setempat, adalah retakan yang terjadi di area setempat dan tidak mencapai bagian bawah dari slab.
- b. Patahan (*faulting*), yaitu kerusakan yang terjadi akibat tidak beraturannya susunan di sekitar maupun di sepanjang lapisan bawah tanah.
- c. Deformasi, adalah tidak meratanya pada arah memanjang jalan.
- d. Abrasi, yaitu pengikisan tanah yang terjadi pada permukaan perkerasan lapis beton yang dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu: a) Pelepasan Butir, ialah terlepasnya agregat lapis permukaan jalan yang lepas dari campuran beton dan mengakibatkan permukaan jalan menjadi kasar; b) Pelicinan (*polishing*), ialah menjadi licinnya antara campuran beton dengan agregat pada permukaan akibat dari banyaknya gesekan; c) Aus, ialah terkikisnya permukaan jalan disebabkan oleh gesekan roda kendaraan [24], [25].

#### **Kerusakan Struktur**

- a. Retak-retak, adalah retakan yang mencapai dasar slab.
- b. Jembul (blow up), ialah situasi dimana slab menjadi tertekuk dan melengkung diakibatkan tekanan dari dalam beton.

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)  
Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

- c. Hancur, ialah situasi dimana slab beton mengalami kerusakan karena tegangan tekan dalam beton [26], [27].

### Pengertian Banjir

Banjir adalah masalah yang paling sering terjadi pada sebagian wilayah di Indonesia . Banjir merupakan peristiwa dimana terendamnya daratan yang disebabkan volume debit air yang berlebih [28], [29]. Banjir juga bisa terjadi akibat meluapnya air suatu tempat akibat besarnya curah hujan, intensitas hujan yang tinggi, rusaknya hutan di daerah hulu dan lain sebagainya.. Selain itu juga akibat dari banjir itu dapat mendatangkan berbagai kerusakan dan kerugian, baik dari segi ekonomi, lingkungan, dan kerugian fisik, harta dan benda bahkan nyawa. Banjir seiring berjalannya waktu terus mengalami peningkatan baik secara jumlah maupun kualitas [30], [31]. Banjir disebabkan oleh banyak faktor, baik faktor alam maupun faktor manusia itu sendiri. Yang termasuk dalam faktor alam, yaitu antara lain:

- a. Curah hujan  
Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis sehingga dalam setahun terdapat dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan.. Pada saat musim hujan, intensitas curah hujan akan mengalami peningkatan bahkan cenderung . Hal ini dapat mengakibatkan banjir di sungai, dan apabila sudah melebihi dinding sungai maka akan terjadi genangan maupun banjir.
- b. Pengaruh fisiografi  
Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi serta kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis lokasi sungai dan lain-lain, merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir.
- c. Kapasitas sungai  
Kapasitas debit aliran air pada sungai bisa dipengaruhi oleh pengendapan berasal dari DPS, erosi pada tanggul sungai yang tinggi serta sedimentasi di sungai disebabkan karena tidak adanya kerusakan alam dan adanya penggunaan lahan yang berlebih dan salah.
- d. Kapasitas drainase yang tidak memadai  
Di kota-kota besar di Indonesia banyak sekali ditemukan sistem drainase yang buruk dan tidak maksimal dalam mengatasi genangan air yang terjadi akibat meluapnya air pada musim penghujan.
- e. Pengaruh air pasang  
Air pasang laut mengakibatkan melambatnya aliran air sungai ke laut. Pada waktu banjir. Semakin tinggi air pasang maka tinggi pula genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi arus balik air [32], [33].

Yang termasuk sebab-sebab banjir karena tindakan manusia adalah:

- a. Perubahan kondisi DPS  
Perubahan DPS meliputi penggundulan hutan, usaha pertanian yang tidak tepat, dan perubahan tata guna ruang dan wilayah yang buruk.
- b. Kawasan kumuh  
Banyaknya pemukiman kumuh yang berdiri di sepanjang daerah aliran sungai .
- c. Sampah  
Kurangnya kesadaran masyarakat dan pengelolaan dan pembuangan sampah pada tempatnya, biasanya mereka membuang sampah langsung ke sungai. Sehingga sampah tersebut menjadi penghambat aliran air..
- d. Bendung dan bangunan air  
Bendung dan bangunan lain seperti pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (*backwater*).
- e. Kerusakan bangunan pengendali banjir

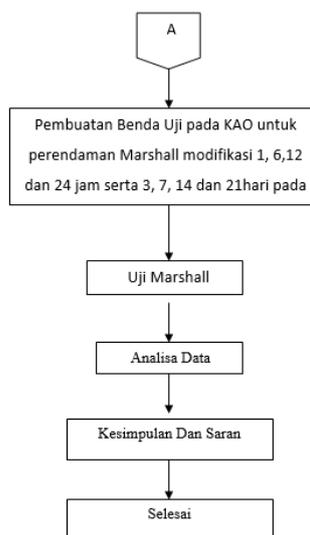
Pemeliharaan yang kurang maksimal terhadap bangunan pengendali banjir akan menimbulkan kerusakan dan nilai fungsi sudah tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya [34], [35].

Berdasarkan uraian di atas, kemudian menjadikan hal tersebut sebagai latar belakang untuk dilakukan penelitian di laboratorium dan menuliskannya dalam bentuk tugas akhir yang berjudul: “Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal di Kota Tegal Studi Kasus Ruas Kelurahan Kaligangsa”

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode dengan cara diadakan kegiatan percobaan di laboratorium dengan dasar digunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* dengan berpedoman pada *The Asphalt Institute (1997)* yang merupakan dasar untuk pembangunan jalan raya dan banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Sedangkan pengujian terhadap standar yang dipergunakan sebagian menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP-1)* akan tetapi sebagian besar diadopsi dari beberapa metode yang disahkan atau distandarkan oleh Bina Marga dalam bentuk SK-SK SNI [36].

Pengujian secara bertahap dilakukan dalam penelitian ini, yaitu terdiri dari pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angele* termasuk dalam pengujian terhadap agregat, kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan dan penyerapan air. Sedangkan untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, kehilangan berat, daktilitas dan berat jenis. Sedangkan metode *Marshall* di gunakan untuk menguji campuran. dimana dari pengujian *Marshall* tersebut untuk mendapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *void in total mix (VITM)*, *void filled with asphalt* dan kemudian bisa dihitung *Marshall Quotient*-nya.. Untuk pengujian terakhir yakni berupa uji rendaman *Marshall* atau uji *Immersion* untuk di tentukan nilai stabilitas dan indeks kekuatan sisa (IKS).



**Gambar 1.** Flowchart penelitian

Sebelum penelitian dimulai bahan campuran yang akan digunakan di laboratorium yang meliputi pengujian sifat bahan agregat serta aspal, terlebih dahulu mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)  
Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

Pengujian sifat bahan bermaksud guna mengetahui karakteristik dari setiap bahan uji, apakah bahan tersebut sudah memiliki karakteristik yang sesuai dengan spesifikasi untuk digunakan. Macam-macam bahan yang akan digunakan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

- a. Material agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang diambil dari dari Sungai Gung di Kabupaten Tegal hasil *stone crusher* PT. Cisco Sinar Jaya Propinsi Jawa Tengah.
- b. Aspal minyak mengambil dari Laboratorium Bidang Pengujian dan Pengembangan Teknologi Dinas Bina Marga [37].

Kegiatan penyiapan alat dilakukan guna sebagai penunjang dalam dilakukannya penelitian supaya didapatkan hasil-hasil dari pengujian sifat bahan dan pemeriksaan karakteristik *Marshall* campuran dengan menggunakan alat *Marshall*. Adapun alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini semuanya terdapat dalam Laboratorium Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhandi Setiabudi.

### **Pengujian Perendaman Marshall Standar pada KAO**

#### **Rancangan campuran**

Untuk campuran aspal panas (*AC*) untuk lapisan *wearing course* dengan spesifikasi gradasi menurut Departemen Permukiman Pekerjaan Umum 2007. Setelah memperoleh berat masing-masing agregat untuk tiap saringan selanjutnya dilakukan proses pencampuran sebagai berikut:

- a. Melakukan penimbangan agregat sesuai dengan persentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inci, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- b. Melakukan pemanasan aspal guna pencampuran pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes. Supaya temperatur campuran agregat dan aspal tetap, maka mencampurkannya dilakukan pengadukan secara merata di atas pemanas.
- c. Setelah temperatur pemadatan tercapai yaitu pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes, untuk selanjutnya memasukan campuran tersebut ke dalam cetakan yang sudah dipanasi pada suhu 100 hingga  $170^\circ$  dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kertas lilin (*waxed paper*) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
- d. Dilakukan pemadatan standar dengan alat pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali di bagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sejumlah 75 kali.
- e. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- f. Pembersihan benda uji dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
- g. Perendaman benda uji dalam air sekitar 10-24 jam supaya jenuh.
- h. Setelah jenuh dilakukan penimbangan benda uji dalam air.
- i. Mengeluarkan benda uji dari bak dan pengeringan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian dilakukan penimbangan.
- j. Perendaman benda uji dalam bak perendaman pada temperatur  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman mendapatkan stabilitas sisa pada suhu  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 24 jam

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat**

Dalam penelitian ini penggunaan bahan agregatnya terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Hasil dari pemeriksaan terhadap spesifikasi agregat sudah sesuai dengan metode pengujian yang dipakai serta spesifikasi yang sesuai dengan persyaratan dan disajikan pada Tabel 1 dan hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar dan halus disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Saringan

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan		
Inchi	mm	Gradasi Chipping	Gradasi Pasir	Gradasi Abu Batu
3/4"	19.1	100	100	100
1/2"	12.7	87,24	100	100
3/8"	9.52	52,64	100	100
4	4.76	10,72	100	100
8	2.38	0	84,23	70,65
16	1.18	0	71,43	52,70
30	0.59	0	56,62	37,63
50	0.28	0	11,70	27,51
200	0.08	0	7,25	10,50
PAN		0	0	0

Tabel di atas menggambarkan gradasi ukuran bahan saringan dengan persentase lolos saringan yang sesuai. Saringan-saringan memiliki ukuran dalam inci (Inchi) dan milimeter (mm), dengan tiga jenis bahan yang diuji, yaitu Chipping, Pasir, dan Batu, serta Gradasi Abu. Dalam tabel tersebut, persentase lolos saringan adalah persentase dari material yang berhasil melewati saringan pada ukuran tertentu. Misalnya, pada ukuran 3/4" (Inchi), semua tiga jenis bahan (Chipping, Pasir, dan Batu) memiliki persentase lolos saringan sebesar 100%, artinya semua bahan pada ukuran tersebut berhasil melewati saringan dengan ukuran tersebut. Namun, ketika kita melihat ukuran yang lebih kecil, seperti 1/2", 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, dan 200 mm, kita dapat melihat perbedaan dalam persentase lolos saringan tergantung pada jenis bahan yang diuji.

Sebagai contoh, pada ukuran 8 mm, persentase lolos saringan untuk Chipping adalah 0%, sementara untuk Pasir adalah 84,23%, dan untuk Batu adalah 70,65%. Ini menunjukkan bahwa pada ukuran 8 mm, Chipping tidak dapat lolos saringan, sedangkan Pasir dan Batu memiliki tingkat kelolosan yang cukup tinggi. Data dalam tabel ini memberikan informasi penting tentang distribusi ukuran bahan dan kemampuannya untuk melewati saringan pada berbagai ukuran yang berbeda.

### Pembahasan Hasil Penelitian

#### Data Uji Marshall Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Agar memperoleh kadar aspal optimum (K.A.O) campuran Lapisan Aspal Beton (Laston), dalam penelitian ini menggunakan kadar aspal mulai dari 4% hingga 7% dengan tingkat kenaikan kadar aspal 0,5%. Data hasil pengujian dan analisa parameter Marshall tertulis pada tabel 4.7, kemudian kadar aspal optimum (K.A.O) ditentukan dengan cara mengguakan standar dari Bina Marga, dan terdapat ada 6 parameter yang harus dipeenuhi, antara lain : Stabilitas, Kelelahan, (*Flow*), *Marshall Quotien* (MQ), rongga terisi aspal (VFB), rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA).

Uji Marshall adalah sebuah metode standar yang digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik dan kualitas campuran beraspal. Uji ini umumnya digunakan dalam industri konstruksi jalan untuk memastikan kekuatan dan daya tahan campuran beraspal sebelum digunakan dalam proyek jalan. Prosedur uji ini melibatkan pemadatan sampel campuran beraspal dalam bentuk silinder kecil, lalu mengukur sejumlah parameter kunci seperti Stabilitas Marshall, Aliran (*Flow*), Modulus Elastisitas (MQ), serta persentase ruang hampa seperti Voids in Mix (VIM), Voids in Mineral Aggregate (VMA), dan Voids Filled with Asphalt (VFA).

Stabilitas Marshall mengindikasikan kemampuan campuran beraspal untuk menahan beban dan tekanan, sementara Aliran mengukur deformasi campuran ketika dikenai tekanan.

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)  
Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

Modulus Elastisitas (MQ) mencerminkan kekuatan elastis campuran. Persentase ruang hampa, seperti VIM, VMA, dan VFA, mengukur berapa banyak ruang kosong dalam campuran dan sejauh mana ruang tersebut diisi dengan aspal, yang berpengaruh pada kualitas campuran.

Hasil uji Marshall digunakan untuk memeriksa apakah campuran beraspal memenuhi spesifikasi dan standar yang telah ditetapkan. Hal ini penting dalam memastikan bahwa campuran beraspal memiliki kinerja yang sesuai dan dapat menghadapi beban lalu lintas serta perubahan cuaca. Kesimpulannya, uji Marshall membantu insinyur dan pembuat jalan dalam merancang campuran beraspal yang kuat, tahan lama, dan sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek konstruksi jalan.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.

Karakteristik Marshall Campuran Beraspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	
							Spesifikasi
Spesifikasi	Min	800	3	250	3,5	15	65
	Maks	-	-	-	5,5	-	-
4	1023.14	3.00	373.41	7.5	14.67	49.70	
	1032.34	3.20	321.73	7.31	14.59	48.74	
	1109.25	3.03	356.18	7.09	14.24	51.48	
Rata-Rata	<b>1092.97</b>	<b>3.05</b>	<b>351.47</b>	<b>7.19</b>	<b>14.76</b>	<b>50.54</b>	
4,5	1891.46	3.37	322.95	4.79	13.73	62.88	
	1153.17	2.83	398.34	6.34	13.81	55.79	
	1333.80	3.54	365.71	6.78	15.18	54.28	
Rata-Rata	<b>1182.51</b>	<b>3.27</b>	<b>362.88</b>	<b>5.97</b>	<b>14.38</b>	<b>57.71</b>	
5	1167.75	3.15	353.56	4.92	14.53	65.11	
	1234.15	3.86	310.86	4.87	14.20	65.76	
	1268.28	3.17	401.55	5.69	15.77	61.36	
Rata-Rata	<b>1218.72</b>	<b>3.45</b>	<b>356.32</b>	<b>5.15</b>	<b>13.84</b>	<b>64.30</b>	
5.5	1369.18	3.38	397.72	1.49	12.96	87.03	
	1362.17	3.67	364.58	7.15	16.53	59.15	
	1336.91	3.78	352.14	3.98	14.86	72.67	
Rata-Rata	<b>1337.51</b>	<b>3.58</b>	<b>370.75</b>	<b>4.09</b>	<b>15.12</b>	<b>73.82</b>	
6	1408.84	3.49	401.23	3.77	15.78	74.91	
	1243.08	3.29	372.92	4.79	15.37	71.21	
	1335.15	4.19	321.28	3.38	15.31	76.98	
Rata-Rata	<b>1335.67</b>	<b>3.76</b>	<b>363.73</b>	<b>3.86</b>	<b>15.78</b>	<b>74.39</b>	
6,5	1192.28	3.56	342.92	2.37	14.69	85.30	
	1193.61	3.79	312.67	2.88	16.11	83.60	
	1169.62	3.65	315.95	3.92	17.59	77.54	
Rata-Rata	<b>1182.70</b>	<b>3.59</b>	<b>322.73</b>	<b>3.11</b>	<b>16.19</b>	<b>80.01</b>	
7	1120.65	4.68	238.62	2.54	16.69	87.67	
	1192.67	3.43	345.55	2.25	16.67	85.23	
	1129.67	3.57	313.25	3.41	16.88	80.38	
Rata-Rata	<b>1139.56</b>	<b>3.89</b>	<b>298.57</b>	<b>2.73</b>	<b>16.54</b>	<b>82.90</b>	

Sumber: Data yang diolah

Tabel di atas mencantumkan karakteristik Marshall untuk campuran beraspal dengan beberapa parameter kunci seperti Stabilitas Marshall (dalam kg), Aliran (Flow, dalam mm), Modulus Elastisitas (MQ, dalam kg/mm), Voids in Mix (VIM, dalam persen), Voids in Mineral

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)

Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

Aggregate (VMA, dalam persen), dan Voids Filled with Asphalt (VFA, dalam persen). Spesifikasi yang harus dipenuhi tercantum dalam tabel dengan nilai minimum dan maksimum yang diharapkan. Hasil pengujian Marshall dari berbagai sampel campuran beraspal diukur dan dicantumkan dalam tabel, dengan setiap sampel memiliki hasil yang berbeda pada parameter-parameter tersebut. Rata-rata dari beberapa sampel juga dicantumkan untuk setiap parameter. Hasil pengujian Marshall ini penting dalam mengevaluasi kualitas campuran beraspal dan memastikan bahwa campuran tersebut memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian Marshall ini memberikan informasi tentang stabilitas campuran, deformasi, kekuatan elastis, serta persentase ruang hampa dan pengisian ruang hampa dengan aspal dalam campuran beraspal. Data ini digunakan untuk memastikan bahwa campuran beraspal memiliki kinerja yang sesuai dan aman untuk digunakan dalam konstruksi jalan atau proyek lainnya.

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan uji Marshall, nilai kekuatan/stabilitas (AC-WC) mengalami penurunan pada saat dilakukannya perendaman dengan air hujan sesuai dengan durasi waktu yang sudah ditentukan :

1 Jam : 990,989,950

6 Jam : 978,975,970

12 Jam : 965,960,960

24 Jam : 944,940,934

Air yang meresap masuk ke dalam suatu perkerasan jalan (aspal) dapat mengakibatkan retakan pada struktur perkerasan jalan (aspal) Dengan penentuan kadar aspal optimum (KAO) : 5,74

### SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan , adalah sebagai berikut. Untuk meminimalkan kerusakan jalan akibat genangan air, maka rancangan drainase serta pemeliharaan jalan itu sendiri harus benar-benar diperhatikan, baik dari segi perancangan, pembangunan, sampai tahap pemeliharannya. Sehingga jalan dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat terbebas dari genangan air. Diperlukannya dukungan dari berbagai pihak dalam proses pemeliharaan jalan, agar infrastruktur jalan tidak menimbulkan masalah bagi banyak pihak khususnya bagi masyarakat secara luas . Dan diharapkan juga kesadaran para pengguna jalan agar dapat memahami kemampuan dan daya dukung infrastruktur jalan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. Pangestu and Wahidin, "Studi Tentang Kenyamanan Pejalan Kaki terhadap Pemanfaatan Trotoar di Kota Tegal (Studi Kasus Jalan RA Kartini Kota Tegal) Study on Pedestrian Comfort on Sidewalk Utilization in Tegal City ( Case Study of RA Kartini Street , Tegal City )," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–27, 2021.
- [2] Wahidin, Imron, and Y. Feriska, "Perencanaan Jembatan Prestressed Sungai Cijalu Kabupaten Cilacap," *Infratech Build. J.*, 2020.
- [3] Sultoni and Wahidin, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [4] S. Fuaddi and Wahidin, "Studi Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Kedungbanteng dengan Metode Analisa Bow, SNI, dan Lapangan Comparative Study of Unit Price of Work Project Construction of Kedungbanteng Puskesmas Building with Bow, SNI, and Fi," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–21, 2021.
- [5] M. G. Alfarizi and Wahidin, "Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akibat Volume Kendaraan pada Perkerasan Rigid di Ruas Jalan Pantura Tegal - Pemalang Kabupaten Tegal Analysis of the Level of Road Damage Due to Vehicle Volume on Rigid Pavement on Jalan Pantura Tegal - Pemalang Kabupaten," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–13, 2021.
- [6] A. Khamid and M. Taufiq, "Analisis Kondisi Permukaan Pekerjaan Jalan Desa Cikakak dengan Metode PCI dan RCI," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, pp. 90–95, 2021.

(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)  
Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

- [7] D. Irawan, A. L. Nurdin, A. Khamid, and Y. Feriska, "Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) dan Metode Crashing (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi , Kecamatan Kramat , Kabupaten Tegal) Project Implementation Analysis Mo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 96–102, 2020.
- [8] I. B. J. (IJB), "1039-Article Text-2484-1-10-20230221 (2)====".
- [9] Wahidin, "Analisis Faktor Penyebab Kerusak Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Desa Cikakak)," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [10] I. Wahidin and W. Wahidin, "Perencanaan Jembatan Prestessed Sungai Cijalu Kabupaten Cilacap: Perencanaan Jembatan Prestessed Sungai Cijalu Kabupaten Cilacap," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, 2021.
- [11] A. Hamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulihan Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 21–28, 2020.
- [12] H. Kurniawan, Abdul Khamid, and D. D. Apriliano, "Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kota Tegal (Studi Kasus di Kecamatan Tegal Barat)," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [13] S. Fuaddi and A. Khamid, "Perencanaan Pembangunan Jalan Usaha Tani di Desa Cikakak Kecamatan Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [14] G. R. FG and W. Wahidin, "Perencanaan Pembangunan Drainase di Desa Ciawi Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [15] G. A. N. Wahidin, "Analisis Laju Sedimentasi dan Konservasi di Hulu Waduk Malahayu," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–35, 2020.
- [16] A. Hamid and H. Wildan, "Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Untuk Peningkatan Ruas Jalan Brebes –Jatibarang Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [17] W. Sulistiyo, Wahidin, and Imron, "Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya," *Infratech Build. J.*, pp. 68–73, 2020.
- [18] A. Khamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulihan Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [19] W. Sulistiyo and W. Wahidin, "Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya: Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [20] Wahidin, "Perencanaan Biaya Pengadaan Sumur Bor dalam untuk Distribusi Air Bersih di Desa Cigadung," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [21] W. S. N. Wahidin, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [22] G. R. F.G, Wahidin, and M. Taufiq, "Perencanaan Pembangunan Drainase di Desa Ciawi Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, pp. 52–60, 2020.
- [23] S. D. Wahyuni, W. Wahidin, and W. Diantoro, "Perencanaan Penampungan Air Bersih di Desa Cigadung Kecamatan Brebes Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, 2021.
- [24] M. GilangAlfarizi, Wahidin, and M. Yunus, "Analisis Perbandingan RAB Metode SNI dan BOW Jalan Rigid Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, pp. 61–66, 2020.
- [25] Y. Feriska and A. Unaesih, "Pengaruh Beban Kendaraan terhadap Kerusakan Jalan Pada Ruas Jalan Pebatan - Rengaspendawa di Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 36–42, 2020.
- [26] R. B. Saputra, Abdul Khamid, and Imron, "Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eco-Drainage) di Desa Tiwulandu," *Infratech Build. J.*, pp. 62–67, 2020.
- [27] W. Wahidin, "Perencanaan Biaya Pengadaan Sumur Bor Dalam untuk Distribusi Air Bersih di Desa Cigadung: Perencanaan Biaya Pengadaan Sumur Bor dalam untuk Distribusi Air Bersih di Desa Cigadung," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, 2021.
- [28] S. Azhari, W. Wahidin, and W. Diantoro, "Perencanaan Peningkatan Jalan Rigid Pavement pada Ruas Jalan Dusun Longkrang Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, 2020.
- [29] Wahidin and Windy, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 43–51, 2020.
- [30] W. Wahidin, "Analisis Faktor Penyebab Kerusak Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Desa Cikakak): Analisis Faktor Penyebab Kerusak Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Desa Cikakak)," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 01, 2021.
- [31] A. Nurfajar, Y. Feriska, and M. Yunus, "Perencanaan Perbaikan Jalan Desa Tegaloreja," *Infratech*  
(Ahmad Fauzi, Abdul Khamid, Wahidin, Dwi Denny Apriliano, Wahudin Diantoro)  
Pengaruh Genangan Air terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Aspal  
di Kota Tegal (Studi Kasus Ruas Jalan Kelurahan Kaligangsa)

- 
- Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [32] M. G. Alfarizi, W. Wahidin, and M. Yunus, "Analisis Perbandingan RAB Metode SNI dan Bow Jalan Rigid Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [33] L. Nurdin and D. A. A. G, "Evaluasi dan Perbaikan Sistem Drainase Serta Pengendalian Banjir Perkotaan (Studi Kasus Limbangan Wetan, Limbangan Kulon, Kelurahan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 11–20, 2020.
- [34] Wahidin, "Analisis Laju Sedimentasi dan Konservasi di Hulu Waduk Malahayu," *Infratech Build. J.*, pp. 29–35, 2020.
- [35] A. Khamid and H. Wildan, "Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) untuk Peningkatan Ruas Jalan Brebes–Jatibarang Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [36] S. Azhari, "Perencanaan Peningkatan Jalan Rigid Pavement pada Ruas Jalan Dusun Longkrang Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 103–111, 2021.
- [37] S. D. Wahyuni, "Perencanaan Penampungan Air Bersih di Desa Cigadung Kecamatan Brebes Kabupaten Brebes: Perencanaan Penampungan Air Bersih di Desa Cigadung Kecamatan Brebes Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 112–117, 2020.