

REVIEW MUTU LAPISAN BETON FS 45 PADA RUAS JALAN KOKAP KULONPROGO

Hery Kristiyanto¹, Nurokhman¹, Daffa Naufali²

Email: hery_jogja31@yahoo.com, nurokhman.jogja@gmail.com, daffanaufaliyogyakarta@gmail.com

Abstrak : Lapisan beton FS 45 sebagai rigid pavement telah menjadi standar mutu lapisan kaku untuk mendukung beban lalu lintas yang besar dan arus lalu lintas padat. Mutu beton rigid pavement pada ruas Jalan Kokap – Pripih Kulonprogo sebagai peningkatan konstruksi jalan sebagai bagian pengembangan Kawasan Strategi setelah adanya Bandara Yogyakarta International Airport. Studi bertujuan mengetahui dan menganalisis properti bahan susun beton FS 45, proporsi campuran, dan hasil kuat tekan dan kuat lentunya. Metode penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung di Laboratorium Balai Pengujian DPUESDM DIY dan di lokasi pekerjaan.

Hasil pemeriksaan propperti agregat terhadap abrasi berdasarkan SNI 03-2417-2008 sebanyak 500 putaran hasilnya sebesar 37,516% (maks 40%), kesetaraan pasir berdasarkan SNI 03-4428-1997 hasilnya 75,85% (min 50%), kekekalan atau soundness pada agregat halus (FA) berdasarkan SNI 3407-2008 sebesar 5,15 % dan agrgeat kasar (CA 2/3) sebesar 9,51% (maks 18%), sesuai SNI 1970-2016 berat jenis agregat halus SSD 2,711, penyerapan (absorption) 1,771% dan untuk berat jenis SSD agregat kasar 2,509, absorption 2,927%. Proporsi beton FS 45 untuk volume 1 m³ adalah air 170 liter, PC 531,25 kg, Agegat halus 515,76 kg, agregat kasar 1147,99 kg sehingga berat total beton 2365 kg. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata nilai slump 50 mm memnuhi 30-60 mm. Hasil pengujian kuat tekan beton rigid fs 45 kuat tekan rata-rata sebesar 42,81 Mpa memenuhi batas yang disyaratkan 39,7 MPa, hasil pengujian kuat lentur beton Fs 45 dalam bentuk balok menunjukkan kuat lentur rata-rata adalah 5,5 Mpa memenuhi yang disyaratkan 4,4 Mpa.

Kata Kunci: Rigid Pavement, beton, FS 45.

¹) Dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

²) Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pekerjaan peningkatan struktur jalan di Ruas Jalan Kokap - Pripih, Kabupaten Kulonprogo sebagai akses transportasi perkotaan dalam aktivitas sehari-hari yang sangat padat merupakan jalan kota menjadi kewenangan Pemerintah Kabupaten Kulonprogo melalui Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) Kabupaten Kulonprogo dengan sumber pembiayaan Dana Alokasi Khusus (DAK) bidang Bina Marga. Permasalahan di atas telah menjadi program rutin dengan cara melaksanakan pekerjaan rehabilitasi pemeliharaan jalan dengan memperbaiki kondisi jalan aspal lama yang sudah rusak dan pelebaran jalan serta perbaikan gorong- gorong, diharapkan dengan pekerjaan ini dapat memperlancar arus lalu lintas dan bagi masyarakat sekitar lokasi pekerjaan dapat menggunakan akses jalan aspal yang lebih bagus. Salah satu standar yang sering digunakan untuk melihat kualitas konstruksi jalan sesuai dengan perencanaan kelas adalah tebal perkerasan aspal beton.

Peningkatan struktur Ruas Jalan Kokap - Pripih sepanjang 1.300 m yang dilaksanakan pada Tahun Anggaran 2021 selama 180 hari kalender dengan Kontraktor CV. Yogatama dengan Batching Plan Beton PT. ADP dan Pengawas CV. Citra Matra Ardhitama. Kegiatan ini telah dilaksanakan Maret-Agustus 2021 dengan sumber biaya DAK Kabupaten Kulonprogo. Masa pelaksanaan kegiatan merupakan masalah yang tidak mudah karena pada masa pandemic Covid 19 yang terdapat batasan-batasan baik dalam mobilisasi tenaga, keketatan terhadap prosedur kesehatan pencegahan pandemic covid dan juga peraturan lain yang berkaitan. Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan aspal beton pengendalian mutu yang sesuai spesifikasi teknis menjadi tolok ukur utama. Namun dalam pelaksanaan sering terkendala produksi aspal beton, suhu hamparan, passing pemadatan, dan faktor tenaga yang dapat memberikan deviasi mutu yang diharapkan.

1.2 Perumusan Masalah

Lapisan rigid beton merupakan pemilihan berdasarkan beban lalu lintas yang besar dan arus lalu lintas padat sehingga akan mengurangi kemungkinan terjadi kerusakan saat masa pemeliharaan. Dalam pengembangan struktur dilakukan pula pelebaran bahu jalan yang umumnya digunakan struktur beton. Pekerjaan beton merupakan siklus yang rumit mulai dari perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu. Oleh karenanya sangat diharapkan adanya konsistensi dari tahap pembuatan *Trial Mix Concrete* sampai dengan pelaksanaan dan perawatan, dengan demikian penurunan kinerja jalan sesuai dengan umur rencana dan terhindar dari kerusakan dini. Penelitian ini membahas mulai dari perancangan beton, job mix, hingga pengendalian mutu pelaksanaan dilapangan dan pengujian laboratorium dilakukan pada saat pelaksanaan konstruksi jalan.

Mutu atau kualitas dari pekerjaan beton dipengaruhi oleh beberapa hal yakni perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian dari pekerjaan tersebut. Salah satu bagian dari struktur perkerasan jalan yang sangat penting adalah lapisan beton bahu jalan. Untuk mendapatkan kualitas yang maksimal, maka lapisan tersebut harus direncanakan secara baik dan dilaksanakan sesuai ketentuan-ketentuan yang berlaku serta dikendalikan sesuai dengan yang dipersyaratkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui dan menganalisis properti bahan susun beton *rigid pavement* (FS 45) pada ruas Jalan Kokap - Pripih.
2. Menganalisis hasil pengujian mutu beton trial laboratorium dan lapangan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Fauzi, (2010) perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku adalah struktur yang terdiri dari plat beton semen yang bersambung (tidak menerus), tampa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, dengan atau tampa lapis permukaan beraspal. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton semen sering juga dianggap sebagai lapis pondasi, kalau di atasnya masih ada lapisan aspal. Karena memakai beton sebagai bahan bakunya, perkerasan jenis ini juga biasa disebut sebagai jalan beton. Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (*fly over*), jalan tol, maupun jalan pada pelabuhan.



2.2 Klasifikasi Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada saat sekarang ini umumnya terdiri atas tiga jenis, yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. Perkerasan komposit adalah kombinasi dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Secara umum perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis, antara lain sebagai berikut ini.

1. Lapis permukaan (*surfacecourse*)
2. Lapis pondasi atas (*basecourse*)
3. Lapis pondasi bawah (*subbasecourse*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

2.3 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan kaku dengan bahan perkerasan yang terdiri atas bahan ikat (semen portland, tanah liat) dengan batuan. Bahan ikat semen portland digunakan untuk lapis permukaan yang terdiri atas campuran batu dan semen (beton) yang disebut slab beton. Pada konstruksi perkerasan kaku, struktur utama perkerasan adalah lembaran pelat beton. Lembaran pelat beton ini setara dengan kombinasi dari lapis permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah yang terdapat pada perkerasan lentur. Konstruksi perkerasan ini disebut “kaku” karena pelat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas. Perkerasan beton yang kaku akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari pelat beton itu sendiri. Untuk konstruksi baru perkerasan kaku umumnya didesain bertahan selama 20 tahun. Dikarenakan sifat beton yang akan segera mengeras saat dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasan ini terdapat sambungan-sambungan beton atau joint. Pada perkerasan ini slab beton akan ikut memikul beban roda sehingga kualitas beton akan ikut memikul beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada *rigid pavement*.

Keunggulan dari perkerasan kaku sendiri dibanding lentur (*asphalt*) adalah bagaimana distribusi beban disalurkan ke *subgrade*. Perkerasan kaku karena mempunyai kekakuan dan *stiffnes*, akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban struktural, sedangkan pada perkerasan lentur karena dibuat dari material yang kurang kaku, maka persebaran beban yang dilakukan tidak sebaik pada beton. Sehingga memerlukan ketebalan yang lebih besar.

2.4 Fungsi Lapis Perkerasan Kaku

Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis perkerasan dibuat berlapis-lapis yang bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan ke lapisan bawah. Lapisan paling atas disebut lapis permukaan. Lapis permukaan merupakan lapisan yang baik mutunya dan semakin ke bawah mutu kualitasnya semakin berkurang. Karena lapisan yang semakin ke bawah lebih sedikit menahan beban, atau menahan beban lebih ringan.

Lapis Perkerasan beton yang kaku dan memiliki elastisitas yang tinggi, maka akan mendistribusikan beban kebidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur diperoleh dari pelat beton itu sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan beton diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan. Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban lalu lintas, maka faktor yang paling diperhatikan dalam

perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. (KIMPRASWIL.2002). Kekuatan beton ditunjukkan dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 28 hari berdasarkan spesifikasi teknis yang telah ditentukan dalam kontrak pekerjaan.

2.5 Lingkup lapisan penanganan

1. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan bagian dari pekerjaan yang dipersiapkan untuk dasar lapis pondasi bawah (*subbase*) atau jika tidak terdapat *subbase*, untuk dasar lapis pondasi atas (*base*) dari perkerasan. Tanah dasar harus tetap dalam kondisi stabil dengan kadar air konstan, oleh karena itu tanah dasar harus dipadatkan sesuai dengan spesifikasi yang diminta, agar kemungkinan terjadinya penurunan tak seragam akibat beban kendaran dapat diperkecil. Tanah yang dipadatkan sekurang-kurangnya 100% dari kepadatan kering maksimum pada kadar air -3% sampai dengan +1% dari kadar air optimum di laboratorium.

Tanah dasar harus mencakup sepenuh lebar badan jalan termasuk bahu jalan dan pelebaran setempat. Pekerjaan dasar penyiapan tanah dilaksanakan bila pekerjaan lapis pondasi agregat sudah akan segera dilaksanakan.

2. Lapisan Pondasi Agregat (LPA)

Pekerjaan lapis pondasi agregat ini harus meliputi pengadaan, pemrosesan, pengangkutan, penghamparan, pembasahan, pemadatan agregat batu pecah yang bergradasi di antara lapisan subgrade dan perkerasan beton semen.

1) *Lean Concrete* (LC)

Pekerjaan *lean concrete* ini meliputi persiapan lapisan alas, pengangkutan dan penyediaan agregat, pencampuran, pengadukan, penangkutan, penunangan, pemadatan, finishing, pengawetan, dan pemeliharaan. Semua pekerjaan harus dilaksanakan sesuai dengan gambar rencana, spesifikasi, dan instruksi dari Konsultan.

2) *Rigid Pavement*

Pekerjaan *rigid pavement* ini meliputi hamper sama untuk *lean concrete*, bedanya pada rigid pavement dengan mutu beton yang lebih tinggi biasanya di atas 20 MPa dan terdapat penulangannya. Sehingga penangannya terdiri dari persiapan lapisan alas, persiapan penulangan (jika ada), pengangkutan dan penyediaan agregat, pencampuran, pengadukan, penangkutan, penunangan, pemadatan, finishing, pengawetan, dan pemeliharaan. Semua pekerjaan harus dilaksanakan sesuai dengan gambar rencana, spesifikasi, dan instruksi dari Konsultan.

3. Bahan Susun Beton

1) Portland Cement

Semen yang digunakan dalam konstruksi terdapat 5 jenis natar lain Jenis I untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada jenis-jenis lainnya, Jenis II untuk ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi yang sehubungan air kotor atau air tanah. Jenis III untuk meningkatkan kekuatan awal tinggi setelah pengikat terjadi. Digunakan untuk pembuatan jalan raya lalu lintas. Jenis IV untuk panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pembuatan beton dengan dimensi besar. Jenis V untuk ketahanan terhadap sulfat. Digunakan pada daerah-daerah yang terkena pengaruh pasang surut pada bangunan beton dilaut (Tjokrodimulyo, 1992). Semen yang digunakan dalam pekerjaan beton rigid adalah semen *ordinary portland cement* (OPC)



- 2) Air
Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Didalam campuran beton, air mempunyai 2 buah fungsi yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan peningkatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelumas campuran pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1986). Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen, yang berpengaruh pada pengerjaan mengaduk campuran beton, kekuatan, susut, keawetan betonnya. Air untuk beton adalah air sebagai bahan yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Perbandingan harus memakai cara tes semen standar untuk kekerasan, waktu pengikatan (*setting time*), dan kekuatan adukan. Petunjuk dari kekerasan, perubahan waktu pengikat ± 30 menit atau lebih, penyusutan kekuatan adukan lebih dari 10% dibandingkan dengan air suling, cukup menjadi alasan ditolaknya air yang tengah diuji itu.
 - 3) Agregat Halus
Agregat halus atau pasir dari sumber alam untuk beton harus bersih dari kotoran organik yang dilakukan berdasarkan pengujian laboratorium. Butiran maksimum 5 mm.
 - 4) Agregat Kasar
Agregat kasar terdiri dari batu pecah, kerikil, atau material lainnya dengan sifat yang sama, dan mempunyai butir-butir yang bersih, keras, dan awet. Agregat kasar harus bersih dan bebas dari butiran-butiran yang panjang, bahan organik, dan bahan pengganggu lainnya serta kandungan ukuran lonjong/pipihnya. Untuk kekerasan agregat kasar diuji dengan abrasi los angeles dengan putaran tertentu, Agregat kasar harus bergradasi merata dan harus memenuhi ketentuan gradasi.
 - 5) *Admixture*
Yang dimaksud bahan tambahan untuk beton (*concrete admixture*) adalah bahan atau zat kimia yang ditambahkan didalam adukan beton untuk memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya. *Super plasticizer* adalah bahan tambah yang dimasukkan kedalam beton segar yang berfungsi dapat meningkatkan nilai *slump* untuk memudahkan *workability*. *Super Plasticizer* juga dapat meningkatkan mutu beton akibat pengurangan pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah dengan *slump* yang meningkat.
4. Membran Kedap Air
Lapisan bawah yang kedap air terdiri dari lembaran plastik yang kedap (*Polyethene*) setebal 125 mikron. Bila diperlukan sambungan, maka harus dibuat overlapping sekurang-kurangnya harus 300 mm. Air tidak boleh tergenang di atas membran, dan membran harus kedap air sepenuhnya waktu beton dicor.
 5. Baja Tulangan
Baja tulangan untuk jalur kendaraan harus berupa anyaman baja atau tulangan profil. Tulangan anyaman baja harus sesuai dengan persyaratan dari AASHTO M 55, tulangan ini berupa lembar an-lembaran datar dan merupakan suatu jenis yang disetujui. Batang baja untuk ruji (*dowel*) harus berupa batang bulat biasa sesuai dengan AASHTO M 31. Batang *dowel* berlapis plastic yang memenuhi AASHTO M 254 dapat digunakan. Dan untuk batang pengikat (*tie bar*) harus berupa batang baja berulir sesuai dengan AASHTO M31. *Dowel* (*Ruji*) merupakan baja tulangan polos maupun profil, yang digunakan sebagai sarana penyambung/pengikat pada beberapa
- 14 Review Mutu Lapisan Beton FS 45 Pada Ruas Jalan Kokap Kulonprogo (Hery Kristiyanto, Nurokhman, Daffa Naufali)

jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan. Ukuran jarak antar batang dowel dapat dilihat padatablel. Ukuran dan jarak batang dowel yang disarankan disajikan pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Ukuran Dan Jarak Batang Dowel Yang Disarankan

Tebal Pelat		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	Mm	Inci	mm	Inci	mm	inci	Mm
8	200	1	25	18	450	12	300
10	250	1 ^{1/4}	32	18	450	12	300
12	300	1 ^{1/2}	38	18	450	12	300
14	350	1 ^{1/2}	38	18	450	12	300

Sumber: *Principles of pavement design by Yoder & Witczak, 1975*

6. Curing Beton

Curing beton adalah perawatan setelah dilakukan pengecoran hingga masa umur yang dinyatakan 100% yang harus sesuai dengan ketentuan berikut, atau material lain yang disetujui seperti *Liquid Membrane-Forming Compounds Curing Concrete -type 2 White Pigmented* (AASTHO M148). Selain penggunaan *membrane/ plastic* juga dilakukan penyiraman dengan tujuan memebrikan kelembababan bagia permukaan atas/ luar agar proses hidrasi air semen dapat berjalan dengan seragam. Dalam pengujian laboratorium sample dilakukan curing dengan cara direndam dalam air selama umur uji beton.

1) Pengendalian Mutu

Pengendalian mutu dilakukan dengan cara mengontrol kualitas hasil produk beton mulai dari mutu property bahan susun, proporsi campuran, proses pencampuran, pengangkutan, penuangan, pemadatan, hingga perawatan sebagaimana yang ditentukan dalam Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS). Oleh karena itu dalam pekerjaan konstruksi beton *rigid pavement*, semua unsur pelaksana pekerjaan harus komitmen dalam penjaminan mutu.

2) Bahan Susun Beton

Bahan susun harus dikendalikan mutunya mulai dari asal quarry, property hingga spesifik teknisnya. Semen portland sesuai ketentuan teknis digunakan *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang merupakan jenis semen untuk tujuan umum. Air untuk beton harus bersih yang dapat diambil dari sumber air batching plant, dengan kandungan lumpur, minyak dan benda-benda tersuspensi < 2 gram/ liter, garam-garaman < 15 gram/ liter. Bahan tambahan untuk beton (*concrete admixture*) untuk tujuan memperbaiki kelecakan beton segar, mengatur faktor air semen pada beton segar, mencegah terjadinya segregasi dan bleeding, dan meningkatkan kuat desak beton keras rigid pavement harus diperhitungkan proporsinya berdasarkan uji coba sebelumnya. Agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan SNI yang berlaku mulai dari berat jenis, penyerapan air, gradasi, kadar bentuk pipih dan lonjong, dan keausan. Kandungan butiran pipih dan panjang < 20%, bersifat kekal < 12% jika dengan Natrium Sulfat atau < 10% jika dengan Magnium Sulfat. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali, tidak boleh mengandung lumpur maksimum

1% (terhadap berat kering). Agregat kasar apabila diayak dengan susunan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat seperti sisa ayakan 38 mm, harus 0%, sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat, dan selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

1) Berat Jenis

Pengukuran berat jenis sesuai SNI 1970:2016 dengan rumus sebagai berikut:

a. Berat Jenis Curah

Berat jenis curah (S_d) dirumuskan sebagai berikut:

$$S_d = \frac{A}{B + S - C}$$

b. Berat jenis jenuh kering permukaan

Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) dirumuskan sebagai berikut:

$$S_s = \frac{S}{B + S - C}$$

Berat jenis semu (S_a) dirumuskan sebagai berikut:

$$S_a = \frac{A}{B + A - C}$$

Penyerapan air (A_w) sesuai SNI 1970: 2016 dengan rumus sebagai berikut:

$$A_w = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100\%$$

Dengan A adalah berat benda uji kering oven (gram), B adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan udara (gram), C adalah berat benda uji dalam air (gram), S adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan udara (gram),

7. Campuran Adukan Beton

Pencampuran adukan beton berdasarkan metode SNI 7656:2012. Metode ini memberikan pengurangan air sebesar 18 kg/m³ pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami/kerikil. Faktor-faktor yang menentukan proporsi campuran untuk mencapai suatu kekuatan beton tertentu, rancangan yang dibuat harus melahirkan suatu proporsi bahan campuran yang nilainya ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

- 1) Faktor Air-Semen (fas) yaitu nilai perbandingan berat air terhadap semen yang mempunyai pengaruh dalam pencampuran beton. Harus dipahami secara umum bahwa semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu kekuatan beton.
- 2) Tipe Semen. Penggunaan tipe semen yang berbeda, yaitu semen Portland tipe I, II, IV dengan semen Portland yang memiliki kekuatan awal yang tinggi (tipe III) akan memerlukan nilai faktor air-semen yang berbeda. c. Keawetan (*durability*) Pertimbangan keawetan akan memerlukan nilai-nilai kekuatan minimum, faktor air-semen maksimum, dan kadar semen minimum.
- 3) Workabilitas dan jumlah air terkait dengan sifat kekentalan/konsistensi adukan dalam kemudahan pengerjaan beton, yang dinyatakan nilai slump. Suatu nilai slump tertentu yang diharapkan dapat memberi kemudahan pengerjaan sesuai dengan jenis konstruksi yang dikerjakan, untuk suatu ukuran agregat tertentu akan berpengaruh terhadap jumlah air yang dibutuhkan. Pengujian konsistensi beton harus ditentukan dengan mengukur slump sesuai SNI 1972:2008. Adapun menurut Spesifikasi Umum Binamarga tahun 2018 rentang nilai slump yang harus dipenuhi adalah *rigid pavement* 60 ± 20 mm.
- 4) Pemilihan Agregat dalam ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan ketersediaan material yang ada, biaya, atau jarak tulangan terkecil yang ada. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga

ukuran agregat terbesar tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya dimana beton harus dicor.

- 5) Kadar Semen yang diperoleh dari hasil perhitungan rancangan, selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan kadar semen minimum berdasarkan pertimbangan durabilitas, dan dibandingkan juga dengan batas kadar semen maksimum untuk mencegah terjadinya retak akibat panas hidrasi yang tinggi.
- 6) Variabilitas untuk dalam menentukan nilai standar deviasi. Asumsi yang digunakan dalam perencanaan bahwa kekuatan beton akan terdistribusi normal selama masa pelaksanaan. Secara umum rumusan mengenai kekuatan tekan dengan mempertimbangkan variabilitas ditulis sebagai berikut:

$$f'_{cr} = f'_c + k.S$$

dengan pengertian, f'_{cr} = kekuatan tekan rencana rata-rata f'_c = kekuatan tekan rencana S = nilai standar deviasi k = konstanta yang diturunkan dari distribusi normal. Nilai k biasanya diambil 1,64 untuk bagian yang ditolak/ cacat yang diijinkan 5%. Nilai $k.S$ dinamakan nilai tambah (*margin*) yang merupakan juga nilai keamanan dalam perancangan. Dalam menentukan nilai standar deviasi diperhatikan jumlah benda uji minimum.

8. Uji Kelecekan Beton (Slump)

Pengujian slump sesuai dengan SNI03-1972-1990 beton dilakukan terhadap beton segar yang mewakili campuran beton. Pengujian ini digunakan untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan. Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar sebelum dituangkan diambil dari *truck mixer* beton yang mewakili campuran beton di lapangan pada hari tersebut. Pengukuran slump dengan kerucut Abrams dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas dan cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji untuk rigid pavement 60 ± 20 mm.
9. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di lapangan

Pembuatan dan perawatan benda uji di lapangan sesuai dengan SNI 03-4810-1998. Pengambilan contoh bahan yang menjadi dasar penerimaan atau penolakan bahan tersebut harus dilakukan dengan cara teliti sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Dalam Spek Bina Marga 2018 Rev 2 Hal 7.25 – 7.28 disebutkan untuk setiap penghamparan beton volume ≤ 60 m³ diambil 1 set (3 benda uji) tiap 15 m³ campuran beton secara acak. Untuk volume > 60 m³, 1 set (3 benda uji) tiap 15 m³ campuran beton dan selanjutnya, setelah 60m³ tercapai, diambil minimum 1 set setiap 20 m³.
10. Uji Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton sesuai dengan SNI03-1974-1990 ini digunakan untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran beton. Pengujian kuat tekan beton ini menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Pemeriksaan kekuatan tekan beton biasanya dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Benda Uji berupa beton silinder ukuran diameter D 150 mm tinggi 300 mm. Tidak boleh lebih dari 5% diantara jumlah minimum benda uji (30 buah) yang kurang dari f'_c yang direncanakan.

Pengujian kuat tekan beton silinder menurut SNI 1974:2011 dengan rumus sebagai berikut:



$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dengan f_c' = kuat tekan beton (MPa), P = beban maksimum (N), dan A = luas penampang benda uji (mm^2).

11. Uji Kuat Lentur Beton

Uji kuat lentur sesuai dengan SNI 03-4154-1996 adalah pengujian nilai tegangan tarik yang dihasilkan oleh momen lentur yang dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Tujuan dari pengujian kuat lentur beton, yaitu untuk keperluan perencanaan struktur. Peralatan untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton diperlukan peralatan mesin uji tekan, timbangan, dan jangka sorong. Balok uji dengan ukuran lebar 150 mm, tinggi 150 mm Panjang 600 mm. Cara Pengujian untuk melaksanakan pengujian kuat lentur beton harus diikuti beberapa tahapan antara lain: Menyiapkan mesin uji dan balok-balok tumpuan. Meletakkan balok uji secara simetris atas kedua blok tumpuan. Meletakkan blok beban tepat di tengah-tengah antara kedua blok tumpuan. Menurunkan blok beban secara perlahan-lahan sampai menepel pada bidang atas balok, dan memberikan beban sebesar 3% sampai 6% beban maksimum yang diperkirakan dapat dicapai.

Pengujian kuat lentur beton balok menurut SNI T-15-1991-1991 adalah sebesar 0,7 kali akar kuat tekan beton, maka ditentukan $F_s = 0,70 \times \sqrt{f_c'}$.

Pengujian kuat lentur berikut ini.

$$F_s' = \frac{P.L}{b.h^2}$$

Dengan f_s' = kuat lentur beton (MPa), P = beban maksimum (N), L = jarak antar 2 titik tumpuan (mm), b = lebar tampang balok (mm), dan h = tinggi tampang balok (mm)

3 METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi studi pada Paket Peningkatan Ruas Jalan Kokap-Pripih Pakanewon Kokap Kabupaten Kulonprogo dengan sumber biaya DAK Kabupaten Kulonprogo Tahun Anggaran 2021. Proyek ini dilaksanakan oleh CV. Yogatama, sebagai konsultan perencana sekaligus pengawas adalah CV. Citra Matra Arditama. Sebagai pemilik kegiatan adalah Dinas Pekerjaan Umum Pengembangan Kawasan Permukiman (PUPKP) Kabupaten Kulonprogo.

Metode penelitian untuk mengetahui dasar teori yang menunjang penelitian maka dilakukan pengamatan langsung ke lokasi pekerjaan dan laboratorium pengujian Balai Pengujian DPUESDM DIY. Data dikumpulkan dari studi kasus pengamatan lapangan secara informal, wawancara dengan unsur-unsur pelaksana proyek seperti pemilik kegiatan, kontraktor, dan pengawas.

4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemantauan mutu Pekerjaan *Rigid Pavement*

Pekerjaan Peningkatan Ruas Jalan Kokap - Pripih, Kabupaten Kulonprogo merupakan bagian jaringan Jalan Kabupaten dari Pertigaan dengan Jalan Nasional Yogyakarta-Kokap hingga Pasar Pripih diharapkan dapat meningkatkan kelancaran aksesibilitas transportasi angkutan produk-produk daerah, transportasi umum dan destinasi wisata. Panjang Ruas Jalan yang menjadi penanganan adalah sepanjang 1,3 km yang dilaksanakan pada Tahun Anggaran 2020 pada masa pemberlakuan prokes Covid 19 yang terkait Divisi 7 (Struktur) pada pekerjaan beton. Pada tahap persiapan dilakukan pembuatan *Design Mix Formula* (DMF) di laboratorium kemudian pembuatan *Job Mix Formula* (JMF) di laboratorium dan pengujian property bahan susun beton. Pengujian awal beton segar berupa slump test dan kuat tekan beton umur 7 hari diharapkan dapat terpantau mengetahui prediksi umur konversi 28 hari.

Dari hasil pemantauan untuk pengendalian rigid pavement yang dilakukan pada tahapan persiapan sebagai berikut pada tahapan persiapan adalah pengambilan sampel agregat di *quary batching plant* PT. ADP kemudian dilakukan pemeriksaan property agregat sekaligus pembuatan DMF (*Design Mix Formula*) dan pembuatan JMF (*Job Mix Formula*) di Laboratorium Balai Pengujian Dinas PUESD DIY. Trial sampel uji kuat tekan dan kuat lentur dilakukan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada lokasi pekerjaan dilakukan pengendalian seperti pengukuran dimensi volume rigid pavement yang sudah dirancang jadwal pengecorannya. Lapisan lantai kerja berupa beton kurus (*Lean Concrete*) harus dipastikan sudah umur minimal 14 hari untuk menjamin beban truck mixer beton aman melaluinya. Bekisting dari plat yang sudah disiapkan untuk memudahkan pemasangan sesuai ketebalan rencana. Kemudian lahan dilapisi plastic. Peralatan yang disiapkan antara lain *Truss Screeder*. Sebelum pengecoran dipasang tulangan rangkaian dowel pada jarak per 5 meter yang berfungsi sebagai batang baja penghubung antara 2 (dua) komponen struktur pada perkerasan jalan tipe rigid pavement pada batas garis celah tali air. Pengecoran dilakukan dengan pertimbangan waktu yang mendukung, loading *truck mixer* tidak menumpuk untukantisipasi setting time yang terlalu lama. Penuangan beton dari *truck mixer* pada jarak yang dekat dengan posisi titik penghamparan. Setelah 1 hari beton dirawat dengan penutupan atau menyirami permukaan dengan air sampai pada kekuatan minimal 70%

4.2 Analisis Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Beton

1. Analisis Saringan Agregat
Analisis saringan agregat kasar berdasarkan SNI ASTM C 136: 2012 (ASTM C 136-06, IDT) dihasilkan FM = 5,61% sedangkan untuk agregat halus FM = 3,78. %. Dari hasil pengujian laboratorium komposisi agregat halus yang lolos saringan No. 4 (4,76 mm) sebanyak 89,11%, sedangkan agregat kasar yang tertahan saringan No. 4 (4,76 mm) 99,73% atau lolos 0,27%. Hasil kombinasi campuran agregat untuk saringan 2" (50,8 mm terdapat 31%.
2. Pengujian Abrasi, Kesetara pasir, dan Soundness Agregat
Pengujian agregat (abrasi) dilakukan berdasarkan SNI 03-2417-2008 dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula. Peralatan untuk pelaksanaan pengujian adalah Mesin Abrasi Los Angeles dengan kecepatan putar 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi B sebanyak 500 putaran hasilnya sebesar 37,516% dan memenuhi < 40%. Kesetaraan pasir berdasarkan SNI 03-4428-1997 hasilnya 75,85% memenuhi > 50%. Hasil uji kekekalan atau soundness pada agregat halus (FA) berdasarkan SNI 3407-2008 sebesar 5,15 % dan agregat kasar (CA 2/3) sebesar 9,51% memenuhi < 18%.
3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus berdasarkan SNI 1970-2016 yang diambil 2 benda uji masing-masing 500 gram dihasilkan berat jenis (*bulk*) 2,664, berat jenis kering permukaan 2,711, berat jenis semu (*apparent*) 2,796 dan penyerapan (*absorption*) 1,771%. Untuk bobot isi dan rongga udara berdasarkan SNI 03-4804-1998 dihasilkan berat isi 1.514 gram/cm³.
4. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar berdasarkan SNI 1969-2016 yang diambil 2 benda uji dan hasil rata-rata pengujian berat jenis (*bulk*) agregat kasar 2,438, berat jenis kering permukaan 2,509, berat jenis semu (*apparent*) 2,625, dan penyerapan (*absorption*) 2,927%. Untuk bobot isi dan rongga udara berdasarkan SNI 03-4804-1998 dihasilkan berat isi 1.386 gram/cm³.



4.3 Analisis Hasil Design Mix Formula

Pembuatan perencanaan campuran beton sangat penting pada saat persiapan yang dilakukan berdasarkan spesifikasi. Dari hasil perencanaan campuran beton rigid FS 45 dengan slump 5 ± 2 cm yang dilakukan pada *Batching Plant* PT. ADP diperoleh:

1. Kuat Lentur yang disyaratkan : $45 \text{ Kg / cm}^2 = 4,4 \text{ Mpa}$
2. Kuat tekan konversi yang disyaratkan :
3. Deviasi standart diambil (PBI Tabel 4.5.1) : 7
4. Nilai Tambah (Margin) $K = 1,64 \times 7 = 11,5 \text{ Kg / Cm}$
5. Kekuatan rata-rata yang ditargetkan : $45 + 11,5 = 56,5 \text{ Kg / cm}^2$
6. Jenis agregat kasar : Batu Pecah (Split)
7. Faktor air semen (Fas) : 0,320
8. Fas max : 0,600
9. Nilai Slump : 3-6 cm
10. Ukuran Agregat. Max : $1.5'' = 40,0 \text{ mm}$
11. Kadar Air bebas (split) : 170 Kg / m^3
12. Jumlah PC : $170,0 / 0,320 = 531,3 \text{ Kg / m}^3$
13. Susunan bebas agregat : Masuk Daerah Gradasi nomor : 2
14. Persen Agregat Halus : 31 %
15. Berat Jenis relative : Agregat Halus= 2,711 (kering Permukaan) -Agregat Kasar = 2,509
16. Berat Jenis beton (diambil grafik 13) : 2365 Kg / m^3
17. Kadar Agregat Gabungan (15 - (11 + 10)) : $2365 - (531,3 + 170,0) = 1663,8 \text{ Kg / m}^3$
18. Kadar Agregat Halus : $0,310 \times 1663,8 = 515,8 \text{ Kg / m}^3$
19. Kadar Agregat Kasar : $0,690 \times 1663,8 = 1148,0 \text{ Kg / m}^3$

Maka dari hasil perhitungan proporsi beton FS 45 untuk volume 1 m³ adalah air 170 liter, PC 531,25 kg, Agegat halus 515,76 kg, agregat kasar 1147,99 kg sehingga berat total beton 2365 kg.

Table 4.1 *Mix Design Concrete FS 45*

Material	Asal Sumber	Berat (SSD)	Jenis	Berat kg/ m ³
Air	Ex. Batching Plant	1,000		170
Portland Cement	Ex. PT. Semen Gresik	3,150		531,25
Pasir	Ex. Progo	2,440		515,76
Kerikil	Ex. Progo	2,690		1147,99
Total				2365,00

4.4 Analisis Slump Test

Uji slump test ini digunakan untuk mengetahui tingkat kekentalan beton dengan kerucut Abrams ukuran diameter bagian bawah 20 cm dan diameter bagian atas 10 cm dengan tinggi 30cm yang harus dibasahi terlebih dahulu kemudian diletakkan pada pelat baja yang permukaannya datar. Beton segar dimasukkan ke dalam kerucut Abrams bertahap tiga lapis dengan 25 tusukan setiap lapisan. Penurunan adukan beton yang terjadi setelah corong Abrams ditarik ke atas adalah nilai slump beton. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata nilai slump 50 mm memnuhi 30-60 mm.

4.5 Analisis Pembuatan Benda Uji Tekan dan Lentur Beton.

Pembuatan benda uji untuk mutu beton dibuat dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji silinder nantinya akan diuji kuat tekan. Jumlah

benda uji yang dibuat untuk pekerjaan lean concrete (LC) pada tinjauan ini adalah 6 buah silinder. 3 silinder untuk pengujian pada umur 7 hari, dan sisanya untuk pengujian pada umur 28 hari. Demikian pula untuk tipe *rigid concrete* (FS 45) untuk pengujian tekan beton dibuat 6 buah silinder 3 silinder untuk pengujian pada umur 7 hari, dan sisanya untuk pengujian pada umur 28 hari dan untuk pengujian lentur digunakan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm sebanyak 3 buah umur 28 pengujian hari.

4.6 Analisis Pengujian Kuat Tekan Beton

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton rigid pavement yang dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian DPUESDM DIY sesuai rencana mutu kuat tekan pada FS 45 ditarget f_c' 39,7 Mpa (405,3 kg/cm²). Berdasarkan spesifikasi mutu beton rigid fs 45 kg/cm² dengan benda uji silinder diameter 150 mm tinggi 300 mm. Hasil pengujian kuat tekan beton rigid fs 45 dengan slump 5 cm kuat tekan rata-rata sebesar 42,81 Mpa dengan deviasi 2,92 yang sudah melebihi nilai standar 39,7 MPa. Data benda uji sebagai berikut ini.

Table 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rigid Fs 45

No.	Umur (hari)	Luas Bidang Tekan (cm ²)	Beban Maks. Bacaan alat (KN)	Beban Maksimum terkalibrasi (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Perkiraan Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Perkiraan Kuat Tekan Umur 28 Hari (kg/cm ²)
1	4	176,63	550	548,63	31,06	487,42	47,79	573,43
2	4	176,63	530	528,68	29,93	469,69	46,05	552,58
3	7	176,63	485	483,79	27,39	399,11	39,13	469,54
4	7	176,63	495	493,77	27,95	407,34	39,94	479,23
5	7	176,63	520	518,70	29,37	427,91	41,95	503,43
6	28	176,63	770	768,08	43,49	521,82	43,49	613,91
7	28	176,63	750	748,13	42,36	508,27	42,36	597,96
8	28	176,63	740	738,15	41,79	501,49	41,79	589,99
Kuat Tekan (Rata-rata)							42,81	547,51

2. Pengujian Kuat Lentur

Hasil kuat lentur beton Fs 45 yang dilakukan dengan benda uji balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Pembebanan dengan 2 titik sehingga kuat lentur adalah $PL/(bh^2)$ dimana P adalah beban maksimum, L adalah jarak 2 titik pembebanan, b adalah lebar tampang balok, dan h adalah tinggi tampang balok. Dari hasil pengujian kuat lentur beton Fs 45 dalam bentuk balok menunjukkan kuat lentur rata-rata adalah 5,5 MPa atau 64 kg/cm² > mutu yang disyaratkan 45 kg/cm².



Table 4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Fs 45

No.	Umur (hari)	Berat (gram)	Beban Maksimum P (N)	L (mm)	b(mm)	h (mm)	Kuat Lentur σ (MPa)	Kuat Lentur σ (kg/cm ²)
1	28	33.020	34.369	450	150	150	4,6	54,1
2	28	32.290	35.730	450	150	150	4,8	56,5
3	28	33.100	36.560	450	150	150	4,9	57,6
4	28	33.100	46.230	450	150	150	6,2	72,5
5	28	33.100	46.420	450	150	150	6,2	72,8
6	28	33.100	45.700	450	150	150	6,1	71,6
	Kuat Lentur (Rata-rata)		40.835				5,5	64,2

Sesuai SNI T-15-1991-03, besar kuat lentur adalah 70 persen dari nilai akar kuat tekan beton dan jika kuat tekan rencana 45 MPa (RKS), maka kuat lentur rencana rata-rata adalah 64,5 kg/cm² > 45 kg/cm².

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis pembahasan pengendalian mutu beton rigid pavement Peningkatan Ruas Jalan Kokap - Pripih, Kabupaten Kulonprogo dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan propperti agregat terhadap abrasi berdasarkan SNI 03-2417-2008 sebanyak 500 putaran hasilnya sebesar 37,516% memenuhi < 40%, kesetaraan pasir berdasarkan SNI 03-4428-1997 hasilnya 75,85% memenuhi > 50%, kekekalan atau soundness pada agregat halus (FA) berdasarkan SNI 3407-2008 sebesar 5,15 % dan agrgeat kasar (CA 2/3) sebesar 9,51% memenuhi < 18%, sesuai SNI 1970-2016 berat jenis agregat halus SSD 2,711, penyerapan (absorption) 1,771% dan untuk berat jenis SSD agregat kasar 2,509, absorption 2,927%.
2. Proporsi beton FS 45 untuk volume 1 m3 adalah air 170 liter, PC 531,25 kg, Agegat halus 515,76 kg, agregat kasar 1147,99 kg sehingga berat total beton 2365 kg.
3. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata nilai slump 50 mm memnuhi 30-60 mm. Hasil pengujian kuat tekan beton rigid fs 45 kuat tekan rata-rata sebesar 42,81 Mpa memenuhi batas yang disyaratkan 39,7 MPa, hasil pengujian kuat lentur beton Fs 45 dalam bentuk balok menunjukkan kuat lentur rata-rata adalah 5,5 Mpa memenuhi yang disyaratkan 4,4 Mpa.

5.2 Saran

Beberapa saran penelitian ke depan adalah sebagi berikut:

1. Dalam pembuatan sampel beton trial untuk mengantisipasi ada deviasi hasil yang melebihi margin maka perlu dilakukan lebih dari 3 buah untuk tiap jenis umur beton.
2. Pengujian di lapangan beton jika terdapat kesulitan lahan untuk perawatan (perendaman sample) maka benda uji dapat dilakukan dengan menutup dengan plastik. **DAFTAR PUSTAKA**

- 22 Review Mutu Lapisan Beton FS 45 Pada Ruas Jalan Kokap Kulonprogo (Hery Kristiyanto, Nurokhman, Daffa Naufali)

- Ari Suryawan, 2009, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Dokumen Teknis Paket Peningkatan Ruas Jalan Dudukan-simpang Ngentakrejo Kabupaten Kulonprogo*, 2021.
- Departemen KIMPRASWIL, 2002, *Pedoman Perencanaan Jalan Beton Semen*, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Erlina, E. (2020). *Validasi Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kayu Kelapa*. CivETech, 2(2), 1 -10.
- Mohamad Anas Aly, 2004, *Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen*, Yayasan Pengembang Teknologi dan Manajemen, Jakarta.
- Nurokhman, N., Suharyanto, I., & Rochmawati, U. (2021). *Evaluasi Mutu Beton Dari Berbagai Ready Mix Pada Gedung Parkir Yogyakarta International Airport*. CivETech, 3(2), 55-65, <https://doi.org/10.47200/civetechn.v3i2.1058>
- SNI 03-1972-1990, *Tata Cara Uji Keleccakan Beton (Slump Test)*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-1974-1990, *Tata Cara Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-2458-1991, *Metode Pengujian dan Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- SNI 03-4154-1996, *Tata Cara Pengujian Kuat Lentur Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-4810-1998, *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji*, Badan Standrisasi Nasional, Jakarta.
- SNIPd-T-14-2003, *Tata Cara Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Subagyo, S., & Nurokhman, N. (2021). *Pengendalian Pekerjaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo*. CivETech.
- Subagyo, S., & Nurokhman, N. (2021). *Pengendalian Pekerjaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo*. CivETech, 3(2), 66-81. <https://doi.org/10.47200/civetechn.v3i2.1059>
- Suryanto, S., & Nurokhman, N. (2022). *Evaluasi Properti Marshall Terhadap Mutu Aspal Beton Lapangan Pada Runway Bandara Yogyakarta International Airport*. CivETech, 4(1), 59 - 72. <https://doi.org/10.47200/civetechn.v4i1.1106>

