

KOMPARASI AGREGAT PROGO DAN MERAPI DAN PENGARUNYA TERHADAP MUTU BETON FS 45

Nurokhman¹, Hery Kristiyanto¹, Singgih Subagyo¹, Hary Hermanto²
E-mail: nurokhman.jogja@gmail.com, hery.kristiyanto@gmail.com,
singgihsubagyo@ucy.ac.id

ABSTRAK: Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa factor dan salah satunya adalah properti mutu agregat diantaranya gradasi, berat jenis, kandungan lumpur, dan keausan. Parameter tersebut akan mempengaruhi banyaknya proporsi material dalam target mutu beton. Dalam SNI 7656:2012 untuk campuran beton normal dipengaruhi butiran maksimum split, berat jenis, dan gradasi yang pada akhirnya akan memberikan porsi volume agregat dalam 1 m³. Tujuan penelitian mengetahui dan menganalisis properti agregat halus dan agregat kasar sumber Kali Progo dan sumber Merapi, dan pengaruhnya pada campuran beton FS 45.

Hasil pemeriksaan agregat Kali Progo berat jenis (Bulk) agregat halus 2,64, berat jenis kering permukaan 2,69, berat jenis semu (apparent) 2,77, dan penyerapan (absorption) 1,77%. Sedangkan agregat Merapi Sleman berat jenis (Bulk) agregat halus 2,505, berat jenis kering permukaan 2,586, berat jenis semu (apparent) 2,726, dan penyerapan (absorption) 3,244%. Untuk menghasilkan kuat lentur beton FS 45 kuat lentur rencana 45 kg/cm² dan slump 3-6 cm dengan agregat Progo diperlukan fas 0,3 dengan perbandingan 1 PC : 0,9 AH : 1,88 AK sedangkan beton agregat Merapi 1 PC : 0,9 AH : 2,25 AK yang berarti diperlukan berat agrgat kasar yang lebih banyak.

Hasil pengujian kuat lentur FS 45 balok campuran beton dengan agregat Merapi telah memiliki kuat lentur relatif lebih tinggi 102% dimana kuat lentur dengan agregat Progo 52,792 kg/cm² dan kuat lentur agregat Merapi 53,569 kg/cm².

Kata Kunci: Agregat Progo, Merapi, beton FS

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bahan susun beton umumnya terdiri dari semen portland, pasir, kerikil, air, dan bahan tambah. Agregat di Indonesia umumnya digunakan dari *quarry* sungai atau hasil letusan aktivitas gunungapi serta hasil pemecahan batuan secara pabrikasi. Parameter agregat yang sering dilakukan pemeriksaan ukuran butiran, gradasi butiran, berat jenis, serapan air, dan keausan. Di Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah yang banyak memiliki sumber daya alam. Salah satunya material yang merupakan bahan penyusun beton yang *quarry* agregat umumnya diambil dari Sungai Krasak, Sungai Boyong, Sungai Opak, Sungai Progo, perbukitan hulu puncak Merapi, dan perbukitan Clereng. Namun dari segi material kita perlu mengetahui sifat fisik material itu sendiri. Sehingga kita dapat memilih tempat pengambilan material sesuai dengan kebutuhan kita. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa factor dan salah satunya adalah property mutu agregat diantaranya gradasi, berat jenis, kandungan lumpur, dan keausan. Parameter tersebut akan mempengaruhi banyaknya proporsi material dalam target mutu beton. Dalam campuran beton yang menggunakan metode SNI 7656:2012 tentang Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal misalnya, akan memberikan input parameter properti pasir dan split yaitu butiran maksimum split, berat jenis, dan gradasi yang pada akhirnya akan memberikan porsi volume agregat dalam 1 m³.

¹) Dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

²) Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta



Dari permasalahan di atas menginspirasi untuk melakukan penelitian terkait dengan mutu beton yang dipengaruhi sumber asal *quarry* agregat halus dan atau agregat kasar (batu pecah) dalam campuran beton dengan target mutu yang sama. Studi kasus asal *quarry* agregat adalah yang umum digunakan di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu agregat dari Progo dan Merapi yang digunakan pada perkerasan jalan lapisan kaku (*rigid pavement*) pada ruas jalan dan kontraktor yang berbeda di Kulon Progo dan di Sleman.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian mengetahui dan menganalisis properti agregat halus dan agregat kasar sumber Kali Progo dan sumber Merapi dan pengaruhnya terhadap proporsi campuran beton FS 45.

1.3 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terkait sumber agregat terhadap mutu beton pada pekerjaan sipil antara lain:

1. Nurokhman, N., Suharyanto, I., & Rochmawati, U. (2021). Evaluasi Mutu Beton Dari Berbagai *Ready Mix* Pada Gedung Parkir Yogyakarta International Airport. Jurnal CivETech. Dalam artikel tersebut diuraikan pengaruh sumber *ready mix* yang berbeda namun sumber *quarry* agregat masih sama dari Kaliprogo yang hasil mutu betonnya terdapat perbedaan namun secara keseluruhan di atas spesifikasi yang ditentukan.
2. Subagyo, S., & Nurokhman, N. (2021), Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Interchange Bandara Adi Soemarmo Solo. CivETech, Erlina, E. (2020). Dalam penelitian tersebut disebutkan sumber *quarry* dari Boyolali dan Klaten yang hasilnya sudah memenuhi spesifikasi perkerasan jalan tol.
3. Tengku Habibi, As'at Pujianto, Restu Faizah (2016), Kajian Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap Jenis Pasir Di Yogyakarta. repository.umy.ac.id .Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa pasir Merapi, pasir Pantai Depok, dan pasir Besi memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi dan melebihi kuat tekan yang direncanakan yakni sebesar 19 MPa sedangkan pasir Progo memiliki nilai kuat tekan yang rendah dan tidak sesuai dengan kuat tekan rencana. Adapun nilai kuat tekan beton rata-rata yang tertinggi terdapat pada beton menggunakan campuran pasir Pantai Depok dengan nilai kuat tekan sebesar 26,99 MPa, diikuti dengan pasir Besi sebesar 23,89 MPa, kemudian pasir Merapi sebesar 20,54 MPa, dan yang terakhir pasir Progo sebesar 18,07 MPa.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.1 Lapis 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 tanpa 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. Menurut SNI 03-2460-1991 diterangkan tentang Batu (5-7 cm). Batu 5-7cm kemudian dipadatkan dengan ketebalan 15cm. Penghamparan batu 5-7cm dilaksanakan *step by step* untuk seluruh badan jalan dan lebar untuk bagian *rigid*.

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*.

2.1.2 Bahan Susun Beton

Bahan susun beton secara umum terdiri dari semen Portland, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambah. Bahan susun yang memiliki variable parameter adalah agregat. Agregat halus dan agregat kasar harus diperiksa sesuai dengan SNI yang berlaku mulai dari berat jenis, penyerapan air, gradasi, kadar bentuk pipih dan lonjong, dan keausan. Butir-butir pipih dan panjang tidak melampaui 20% dari agregat seluruhnya, bersifat kekal artinya tidak pecah dan hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti panas matahari diuji dengan larutan garam sulfat adalah jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%, dan jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%. Selain itu agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci. Agregat kasar juga harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan 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.

Semen yang digunakan dalam konstruksi terdapat 5 jenis dan dalam penggunaan umum yang merupakan Jenis I, tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada jenis-jenis lainnya. Air yang digunakan dalam pencampuran, perawatan atau penggunaan-penggunaan tertentu lainnya harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti minyak, garam, asam, alkali, gula dan bahan-bahan organik. Perbandingan harus memakai cara tes semen standar untuk kekerasan, waktu pengikatan (*setting time*), dan kekuatan adukan. Agregat halus atau pasir untuk beton harus terdiri dari pasir alam. Agregat halus harus bergradasi merata dan harus memenuhi ketentuan gradasi. Hasil pengayakan gradasi pasir akan menentukan proporsi campuran adukan beton. Selain semua agregat halus harus bersih dari kotoran organik yang dilakukan berdasarkan pengujian laboratorium. 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. Bahan tambahan untuk beton (*concrete admixture*) secara umum untuk memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya. Misalnya pada Tipe F *Water Reducing, High Range Admixture*.

2.1.3 Campuran Adukan Beton

Perancangan campuran adukan beton menurut metoda SNI 03 – 2834 – 2000. Faktor-faktor yang menentukan proporsi campuran untuk mencapai suatu kekuatan beton tertentu, rancangan yang dibuat menghasilkan proporsi bahan campuran yang nilainya ditentukan oleh faktor faktor berikut:

- Faktor Air-Semen (fas), merupakan nilai banding berat air terhadap berat semen yang akan mempengaruhi proporsinya dan kekuatan beton.
- Tipe Semen, akan terkait dengan faktor air-semen, keawetan, dan *work ability*. Ketentuan nilai-nilai faktor air-semen maksimum dan kadar semen minimum dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 1 Kadar Air Minimum Dan Faktor Air Semen

KONDISI LINGKUNGAN	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air-semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah		Lihat Tabel ^{a)}
Beton yang kontinu berhubungan dengan air		
a. Air tawar		Lihat Tabel ^{b)}
b. Air laut		Lihat Tabel ^{b)}

Keterangan :

- Tabel - Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat
- Tabel - Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

- Workabilitas dan Jumlah Air. Sifat kekentalan/ konsistensi adukan beton dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan beton, yang dinyatakan nilai slump. Nilai slump dapat memberi kemudahan pengerjaan sesuai dengan jenis konstruksi yang dikerjakan seperti pada table berikut:

Table 2 Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Slump (mm)	
	Maksimum *	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	75	25
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	75	25
Balok, dinding bertulang	100	25
Kolom gedung	100	25
Perkerasan dan pelat	75	25
Pembetonan masal	75	25

* Dapat ditingkatkan sesuai dengan metode pemadatan yang digunakan

Pengujian konsistensi beton harus ditentukan dengan mengukur slump sesuai SNI 1972 : 2008.

- d. Pemilihan Agregat. Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan ketersediaan material yang ada, biaya, atau jarak tulangan terkecil yang ada.
- e. Kadar Semen. 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.
- f. Variabilitas. Pengertian variabilitas dalam kekuatan beton pada dasarnya tercermin melalui nilai standar deviasi. Secara umum rumusan mengenai kekuatan tekan dengan mempertimbangkan variabilitas ditulis sebagai berikut :

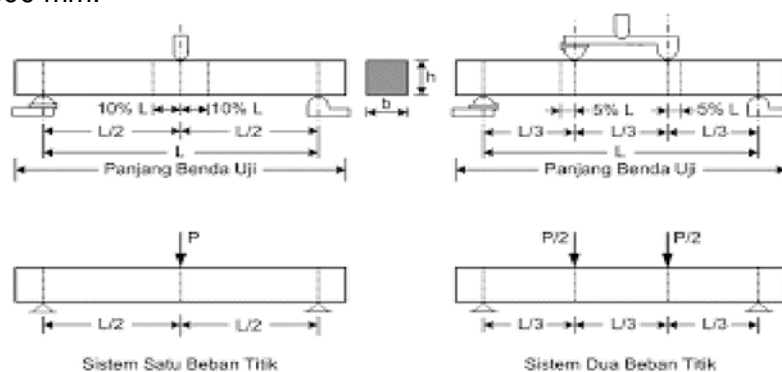
$$f'_{cr} = f'_c + k.S$$
- g. dengan f'_{cr} adalah kekuatan tekan rencana rata-rata, f'_c adalah kekuatan tekan rencana, S adalah nilai standar deviasi, k adalah konstanta yang diturunkan dari distribusi normal. Nilai k biasanya diambil 1,64 untuk bagian yang ditolak/cacat yang diijinkan 5%. Nilai $k.S$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

2.1.4 Uji Kelecekan Beton (*Slump*)

Pengujian *slump* sesuai dengan SNI 03-1972-1990 beton dilakukan terhadap beton segar yang mewakili campuran beton. Pengujian ini digunakan untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan. Pengukuran slump harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas dan cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Dalam kaitan dengan beton untuk rigid pavement dengan mutu kuat lentur f_s 45 kg/cm² dan kesetaraan kuat tekannya 37,17 MPa, maka sesuai dengan perencanaan campuran maka untuk nilai slump adalah 3-6 cm.

2.1.5 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. 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.



Gambar 1 Pengujian Lentur Balok

2.2 Landasan Teori

Dalam pekerjaan beton beberapa hal yang menjadi dasar teori dalam pengerjaan pengujian beton mulai dari bahan susun, proporsi campuran adukan, proses pencampuran, penuangan, pemadatan hingga perawatan.

2.2.1. Properti Agregat Kasar

1. Berat Jenis, berdasarkan berat jenis sesuai SNI 1969:2016 dengan rumus sebagai berikut:

a. Berat jenis curah (Sd) dirumuskan, $Sd = \frac{A}{B-C}$ (3.1)

b. Berat jenis jenuh kering permukaan, $Ss = \frac{B}{B-C}$ (3.2)

c. Berat jenis semu, $Sa = \frac{A}{A-C}$ (3.3)

d. Berat jenis rata-rata, $G = \frac{A}{\frac{P1}{100.G1} + \frac{P2}{100.G2} + \frac{Pn}{100.Gn}}$ (3.4)

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). P1,P2,Pn adalah persentase berat setiap fraksi contoh benda uji asli dan G1, G2, Gn adalah nilai berat jenis yang tepat untuk setiap fraksi tipe benda uji yang berat benda yang dirata-ratakan

2. Penyerapan air, (SNI 1970:2016), $Aw = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100\%$ (3.5)

3. Penyerapan rata-rata, (SNI 1969:2016), $= \frac{P1.A1}{100} + \frac{P2.A2}{100} + \dots + \frac{Pn.An}{100}$.. (3.6)

Dengan A adalah berat benda uji kering oven (gram), B adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram) dan A1, A2, An adalah persentase penyerapan air dari setiap ukuran faksi.

2.2.2. Properti Agregat Halus

1. Berat Jenis (SNI 1970:2016):

a. Berat Jenis Curah, $Sd = \frac{A}{B+S-C}$ (3.7)

b. Berat jenis jenuh kering permukaan, $Ss = \frac{S}{B+S-C}$ (3.8)

c. Berat jenis semu, $Sa = \frac{A}{B+A-C}$ (3.9)

2. Penyerapan air (SNI 1970:2016): $Aw = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100\%$ (3.10)

Dengan 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), 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).

2.2.3. Kuat Lentur Beton

Dalam metode pengujian yang dilakukan pada rekanan dan laboratorium uji menggunakan 1 titik P, sehingga rumusnya:

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

Dengan Flt adalah *Modulus of Rupture* / kuat lentur (MPa), P adalah beban runtuh (N), L adalah panjang benda uji (mm), b adalah lebar benda uji (mm), dan h adalah tinggi benda uji (mm).

3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian lokasi dikaitkan pada agegrat yang digunakan paket pekerjaan rigid pavement dengan beton FS 45 atau kuat lentur 45 kg/cm² yaiatu:

- Paket Proyek Peningkatan Ruas Jalan Watuadeg Sleman dengan kontraktor CV. Dian Kurnia, menggunakan agregat Merapi Sleman
- Paket Proyek Peningkatan Ruas Jalan Karangwuni Kulon progo dengan kontraktor CV. Laju Baru, menggunakan agregat Kali Progo Kulon Progo

Metode penelitian dalam kegiatan ini dilakukan dua macam metode penelitian yang dilakukan yaitu studi Pustaka dan pengamatan lapangan. Metode studi kepustakaan. Dalam studi ini dikumpulkan referensi tentang hal-hal yang berhubungan dengan bagaimana proses dan pelaksanaan dari manajemen waktu proyek konstruksi yang baik dari berbagai sumber, antara lain: literature, baik buku ataupun jurnal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dasar teori yang menunjang penelitian. Selain itu, studi kepustakaan dibuat sebagai dasar dalam pembuatan daftar pertanyaan wawancara. Pada metode pengamatan lapangan baik dalam laboratorium maupun lokasi kegiatan (proyek). Pengamatan lapangan informal ini berupa studi kasus pada perusahaan kontraktor Klasifikasi besar, yaitu melakukan wawancara langsung dengan staf di perusahaan kontraktor tersebut yang mengerti dan terlibat langsung mulai dari penjadwalan, pelaksanaan, pengontrolan, hingga meng-update kembali jadwal suatu proyek konstruksi.

4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Beton FS 45

Beton FS 45 adalah istilah yang sering digunakan dalam struktur perkerasan jalan sebagai lapisan kaku (*rigid pavement*) dengan target kuat lenturnya 45 kg/cm². Besaran hubungan kuat lentur dan kuat tekan adalah 0,7 kali akar kuat tekan beton. Peraturan SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton normal (tanpa tulangan) yaitu: $= 0,7 \cdot \sqrt{f'c}$,

Dimana f_{lt} adalah kuat lentur beton (kg/ cm²), $f'c$ adalah kuat tekan beton (kg/ cm²). Sehingga jika target kuat lentur $f_{lt} = 45$ kg/cm maka besarnya kuat tekan adalah: $f_c = (45 / 0,7)^2 = 4132$ kg/ cm² = 35,12 MPa

4.2 Quarry Agregat

4.2.1 Agregat Kali Progo

Agregat Kali Progo, adalah pasir atau dan batu pecah (split) yang diperoleh dari sungai yang merupakan hasil kikisan batu-batuan yang keras dan tajam, pasir jenis ini butirannya cukup baik (antara 0,063 mm – 5 mm) sehingga merupakan adukan yang baik untuk pekerjaan pasangan. Dalam dunia konstruksi pemilihan pasir Progo merupakan jenis pasir yang menjadi pilihan karena secara kualitasnya memenuhi standar pasir untuk bahan penyusun beton. Quarry pasir Progo cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan konstruksi baik bidang gedung, jalan maupun konstruksi lainnya. Lokasinya yang mudah dijangkau sepanjang spot-spot tertentu di Sungai Progo menjadi sumber galian C yang banyak dilakukan menjadi sumber industri bahan bangunan.

4.2.2 Agregat Merapi

Agregat Merapi sumber penambangannya berasal dari pegunungan yang berasal dari material sisa erupsi gunung Merapi, salah satu gunung api paling aktif di Indonesia. Secara umum struktur butir (kristal) pasir merapi memiliki ukuran butir yang beragam dengan ujung-ujung kristal runcing serta tingkat kekerasan yang baik. Kandungan lumpur dan senyawa organik pada pasir merapi membuat adonan mortar (pasir dan semen) dapat bercampur sempurna. Sehingga bangunan yang menggunakan pasir merapi sebagai bahan plesteran ataupun cor-coran akan dapat saling melekat lebih kuat dan tahan lama. Ditinjau dari aspek tingkat kebulatan, pasir Merapi memiliki tingkat kebulatan yang lebih rendah (*angular*). Ini dibandingkan dengan pasir lainnya yang tingkat kebulatannya lebih tinggi (*rounded*). Hal ini juga mempengaruhi tingkat ikatan antara butir pasir dengan semen. Butiran pasir yang teratur akan memiliki tingkat porositas yang tinggi dan juga tingkat daya ikat terhadap lapisan air pada campuran mortar tinggi.

4.2.3 Berat Jenis dan Penyerapan Kali Progo

Dalam persyaratan bahan susun beton salah satunya perlu mengetahui berat jenis agregat dan penyerapan agregat. Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir) asal Kali Progo berdasarkan SNI 1970-2016 yang diambil 2 benda uji masing-masing 500 gram. Dengan perhitungan yang sama untuk benda uji 2 maka hasil rata-rata pengujian berat jenis (*Bulk*) agregat halus 2,64, berat jenis kering permukaan 2,69, berat jenis semu (*apparent*) 2,77, dan penyerapan (*absorption*) 1,77%. Secara rinci hasil kedua benda uji dan nilai rata-rata pada table berikut.

Table 3 Berat Jenis dan Absorpsi Pasir Kali Progo

No	CONTOH PIGNOMETER	A	B	
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (gram)	500	500	
2	Berat benda uji kering oven (gram)	492,2	492,5	
3	Berat piknometer diisi air (gram)	655,3	640,3	
4	Berat piknometer + benda uji (ESD) + air (gram)	974,2	959,6	
No.	Hasil	A	B	Rata ²
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,718	2,726	2,722
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,761	2,767	2,764
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,840	2,844	2,842
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	1,585	1,523	1,554

4.2.4 Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Merapi Sleman

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir asal Merapi Sleman secara rinci hasil kedua benda uji dan nilai rata-rata pada table berikut.

Table 4 Berat Jenis dan Absorpsi Pasir Merapi

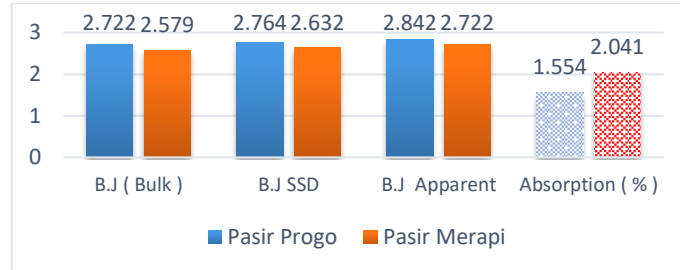
No	CONTOH PIGNOMETER	A	B	
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	
2	Berat benda uji kering oven	490	490	
3	Berat piknometer diisi air	1225	1255	
4	Berat piknometer + benda uji (ESD) + air	1535	1565	
No.	Hasil	A	B	Rata ²
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,579	2,579	2,579
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,632	2,632	2,632
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,722	2,722	2,722
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	2,041	2,041	2,041

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir) asal Gunung Merapi Sleman berdasarkan SNI 1970-2016 yang diambil 2 benda uji masing-masing 500 gram. Dengan perhitungan yang sama untuk benda uji 2 maka hasil rata-rata pengujian berat jenis (*Bulk*) agregat halus 2,505, berat jenis kering permukaan 2,586, berat jenis semu (*apparent*) 2,726, dan penyerapan (*absorption*) 3,244%.

Table 5 Komparasi Berat Jenis dan Absorpsi Pasir Progo dan Merapi

No.	Hasil	Pasir Progo	Pasir Merapi
-----	-------	-------------	--------------

1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,722	2,579
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,764	2,632
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,842	2,722
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	1,554	2,041



Gambar 2 Komparasi Properti Pasir Kali Progo dan Merapi

Dari hasil perbandingan property pasir asal Progo dan Merapi menunjukkan berat jenis Pasir Progo relatif lebih berat dibanding berat jenis Pasir Merapi dan sebaliknya mempunyai penyerapan air lebih kecil.

4.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah Kokap

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan batu pecah asal Kokap Kulonprogo secara rinci hasil kedua benda uji dan nilai rata-rata pada table berikut.

Table 6 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Progo

No	CONTOH PICNOMETER	A	B	
1	Berat benda uji kering oven	5009	5104	
2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	5156	5256	
3	Berat piknometer diisi air	3110	3165	
No.	Hasil	A	B	Rata ²
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,448	2,441	2,445
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,520	2,514	2,517
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,638	2,632	2,635
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	2,935	2,978	2,956

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar (kerikil) butiran maks 1/2 asal Kokap Kulonprogo berdasarkan SNI 1969-2016 yang diambil 2 benda uji. Dengan perhitungan yang sama untuk benda uji 2 maka hasil rata-rata pengujian berat jenis (*Bulk*) agregat kasar 2,445, berat jenis kering permukaan 2,517, berat jenis semu (*apparent*) 2,635, dan penyerapan (*absorption*) 2,956%.

4.2.6 Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah Merapi

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar (kerikil) butiran maks 1/2 asal Kokap Kulonprogo berdasarkan SNI 1969-2016 yang diambil 2 benda uji. Dengan perhitungan yang sama untuk benda uji 2 maka hasil rata-rata pengujian berat jenis (*Bulk*) agregat kasar 2,491, berat jenis kering permukaan 2,543, berat jenis semu (*apparent*) 2,627 dan penyerapan (*absorption*) 2,089%. Secara rinci hasil kedua benda uji dan nilai rata-rata pada table berikut.

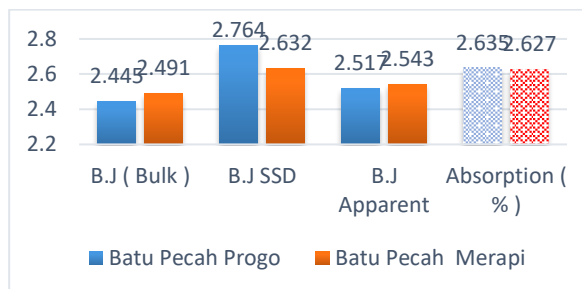
Table 7 Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah Merapi

No	CONTOH PICNOMETER	A	B
1	Berat benda uji kering oven	4210	3920

2	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	4300	4000	
3	Berat piknometer diisi air	2600	2435	
No.	Hasil	A	B	Rata ²
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,476	2,505	2,491
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,529	2,556	2,543
3	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,615	2,640	2,627
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	2,138	2,041	2,089

Table 8 Komparasi Batu Pecah Progo dan Merapi

No.	Hasil	Batu Pecah Progo	Batu Pecah Merapi
1	Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,445	2,491
2	Berat jenis kering - permukaan jenuh	2,764	2,632
3	Berat jenis semu (<i>Aparent</i>)	2,517	2,543
4	Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	2,635	2,627



Gambar 3 Komparasi Properti Batu Pecah Progo dan Merapi

Dari hasil perbandingan properti batu pecah asal Progo dan Merapi menunjukkan berat jenis SSD batu pecah Progo relatif lebih berat dibanding berat jenis batu pecah Merapi dan juga penyerapan airnya lebih besar dari pada batu pecah Merapi.

4.2.7 Analisis Gradasi Agregat Progo

Analisa saringan agregat adalah pembagian butiran (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi dilakukan pada agregat halus dan kasar dengan metode SNI 1968: 2008. Alat yang digunakan adalah seperangkat saringan dengan ukuran jaring-jaring tertentu. Bagi agregat kasar (kerikil) berdasarkan besarnya diameter maksimum yang digunakan terdapat empat kelompok kurva pembatas. Dari hasil pengujian analisis saringan agregat kasar Progo untuk analisis saringan 19 mm menunjukkan jumlah lolos 50,29% dengan modulus halus butir 2,46% dan pada agregat gabungan saringan 19 mm lolos 100%, saringan No. 4 (4,75 mm) lolos 81,99% dengan modulus halus gabungan 5,41% yang sudah berada pada batas gradasi spesifikasi.

4.2.8 Analisis Gardasi Agregat Merapi

Dari hasil pengujian analisis saringan agregat kasar Merapi untuk analisis saringan 19 mm menunjukkan jumlah lolos 45,25% dengan modulus halus butir 9,32% dan pada agregat gabungan saringan 19 mm lolos 100%, saringan No. 4 (4,75 mm) lolos 81,99% dengan modulus halus gabungan 5,41% yang sudah berada pada batas gradasi spesifikasi.

4.2.9 Analisis Campuran Beton Dengan Agregat Progo

Pada campuran beton dengan agregat Progo untuk mutu beton FS 45 atau kuat lentur 45 kg/cm² slump 3-6 cm, faktor air semen (fas) 0,32 cm, butir agraat maksimum 40 mm yang dilakukan oleh CV. Laju Baru untuk paket ruas Jalan Karangwuni Kulon Progo diperoleh campuran diperoleh proporsi berat masing-masing untuk 1 m³ yaitu air sebanyak 170 kg, semen merk Gresik sebanyak 531,25 kg, pasir Progo sebanyak 625,21 kerikil Progo diameter maksimum 19,5 mm sebanyak 1064,54 kg sehingga berat total campuran beton adalah 2391 kg/m³. Pembuatan *Design Mix Formula* (DMF) untuk beton mutu FS 45 kg/cm² dengan agregat dari Kali Progo:

1. Kuat Tekan yang disyaratkan = fs 45 kg/cm²
2. Deviasi standar (tanpa data) = 7 kg/cm²
3. Nilai tambah (margin) = 1,64 x 7 kg/cm² = 13,1 kg/cm²
4. Target kuat tekan rata-rata = 45 + 13,1 = 58,1 kg/cm²
5. Faktor air semen = 0,32
6. Faktor air semen maksimum = 0,60
7. Nilai Slump = 3-6 cm
8. Ukuran agregat maksimum = 40 mm (4 cm)
9. Kadar air bebas = 170,00 kg/m³
10. Kadar semen = 170,00 / 0,32 = 531,3 kg
11. Susunan agregat = masuk gradasi Nomo1 1
12. Persen agregat halus = 37%
13. Berat jenis relative (SSD) = Agregat Halus = 2,764;
1. Agregat Kasar = 2,517
14. Berat jenis beton (grafik 13) = 2391 kg/m³
15. Kadar agregat gabungan = 2391 - (531,3 + 170) = 1689 kg/m³
16. Kadar agergat halus = 37% x 1689,8 = 625,2 kg/m³
17. Kadar agergat kasar = 63% x 1689,8 = 1064,5 kg/m³

No	Perbandingan	PC	AH	AK	Mutu Beton
1	1 m ³ Beton (Kg)	531,25	625,21	1064,54	Fs 45
2	1 m ³ Beton (lt)	425,00	382,81	799,91	
	Volume	1	0,90	1,88	

Table 9 *Mix Design* Beton FS 45 Agregat Progo

Material	Asal Sumber	Berat Jenis (SSD)	Berat kg/ m ³
Rasio W/ C			0,32
<i>Water</i>	Ex. Batching Plant	1,000	170
<i>Cement</i>	Ex. PT Semen Gresik	3,150	531,3
<i>Sand</i>	Ex. Progo	2,440	625,21
<i>Coarse Agregat</i>	Ex. Progo	2,764	1064,54
<i>Fly Ash</i>	Ex. Jepara	2,680	24
Total			2391

4.2.10 Analisis Campuran Beton Dengan Agregat Merapi

Pada campuran beton dengan agregat Progo untuk mutu beton FS 45 atau kuat lentur 45 kg/cm² slump 3-6 cm, faktor air semen (fas) 0,32 cm, butir agraat maksimum 40 mm yang dilakukan oleh CV. Dian Kurnia untuk Paket Ruas Jalan Watuadeg Sleman diperoleh

campuran diperoleh proporsi berat masing-masing untuk 1 m³ yaitu air sebanyak 170 kg, semen merk Gresik sebanyak 485,71 kg, pasir Merapi sebanyak 564,57 kg, kerikil Merapi sebanyak 1199,71 kg sehingga berat total campuran beton adalah 2490 kg/m³. Pembuatan *Design Mix Formula* (DMF) untuk beton mutu FS 45 kg/ cm² dengan agregat dari Merapi:

- 1) Kuat Tekan yang disyaratkan = f_s 45 kg/ cm²
- 2) Deviasi standar (tanpa data) = 7 kg/ cm²
- 3) Nilai tambah (margin) = $1,64 \times 7$ kg/ cm² = 13,1 kg/ cm²
- 4) Target kuat tekan rata-rata = $45 + 13,1$ = 58,1 kg/ cm²
- 5) Faktor air semen = 0,35
- 6) Faktor air semen maksimum = 0,60
- 7) Nilai Slump = 3-6 cm
- 8) Ukuran agregat maksimum = 40 mm (4 cm)
- 9) Kadar air bebas = 170,00 kg/m³
- 10) Kadar semen = $170,00 / 0,35$ = 485,7 kg
- 11) Susunan agregat = masuk gradasi Nomo1 2
- 12) Persen agregat halus = 32%
- 13) Berat jenis relative (SSD) = Agregat Halus = 2,632;
Agregat Kasar = 2,543
- 14) Berat jenis beton (grafik 13) = 2420 kg/m³
- 15) Kadar agregat gabungan = $2420 - (485,7 + 170)$ = 1764,3 g/ m³
- 16) Kadar agergat halus = $32\% \times 1764,3$ = 564,6 kg/ m³
- 17) Kadar agergat kasar = $68\% \times 1764,4$ = 1199,7 kg/ m³

No	Perbandingan	PC	AH	AK	Mutu Beton
1	1 m ³ Beton (Kg)	485,71	564,57	1199,71	Fs 45
2	1 m ³ Beton (lt)	388,57	349,19	872,88	
	Volume	1	0,90	2,25	

Table 10 *Mix Design* Beton FS 45 Agregat Merapi

Material	Asal Sumber	Berat Jenis (SSD)	Berat kg/ m ³
Rasio W/ C			0,35
Water	Ex. <i>Batching Plant</i>	1,000	170
Cement	Ex. PT Semen Gresik	3,150	485,7
Sand	Ex. Progo	2,632	564,6
Coarse Agregat	Ex. Progo	2,543	1199,7
Fly Ash	Ex. Jepara	2,680	24
Total			2420

Table 11 Komparasi *Mix Design* Beton Agregat Progo dan Merapi

Material	Agregat Progo		Agregat Merapi	
	Berat Jenis (SSD)	Berat kg/ m ³	Berat Jenis (SSD)	Berat kg/ m ³
Rasio W/ C		0,32		0,35
Water	1,000	170	1,000	170
Cement	3,150	531,3	3,150	485,7
Sand	2,440	625,21	2,632	564,6
Coarse Agregat	2,764	1064,54	2,543	1199,7
Fly Ash	2,680	24	2,680	24
Total		2391		2420

Untuk menghasilkan kuat lentur beton FS 45 dengan agregat Progo diperlukan fas 0,3 dengan perbandingan 1 PC : 0,9 AH : 1,88 AK sedangkan beton agregat Merapi 1 PC : 0,9 AH : 2,25 AK yang berarti diperlukan berat agrgat kasar yang lebih banyak.

4.2.11 Analisis Kuat Lentur Beton Agregat Merapi

Dari hasil penguian kuat lentur beton FS 45 dengan agregat Merapi seperti pada tabel berikut.

Table 12 Hasil Kuat Lentur Beton FS 45 Agregat Merapi

No	Umur	Berat (kg)	Ukuran Benda Uji (cm)			Jarak Perleta kan	Beban (P)		Kuat Lentur (σ t)
	(Hari)		Panja ng (L1)	Lebar(b)	Tinggi(d)	(L)	(kN)	(kg)	Kg/cm ²
1	28	32.470	60,00	15,0 0	15,00	45,00	34.271	3.951	52,684
2	28	32.950	60,00	15,0 0	15,00	45,00	35.140	4.051	54,019
3	28	33.340	60,00	15,0 0	15,00	45,00	35.130	4.050	54,003
Rata-rata									53,569

Mutu beton perkerasan kaku berdasarkan kuat lentur balok pada umur 28 hari sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan, yaitu 100% dari kuat lentur minimum ($F_s = 45 \text{ kg/cm}^2$), kuat lentur karakteristik beton umur diperoleh rata-rata adalah $53,569 \text{ kg/cm}^2 > 45 \text{ kg/cm}^2$. Kesmpulannya campuran beton dengan agrgeat Merapi telah memiliki kuat lentur relatif lebih tinggi 102% dimana kuat lentur dengan agregat Progo $52,792 \text{ kg/cm}^2$ dan kuat lentur agregat Merapi $53,569 \text{ kg/cm}^2$.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis pembahasan pengaruh asal quary agregat Kali Progo dan Merapi terhadap proporsi campuran beton dan kuat lenturnya dpat disimpulkan sebagai berikut:

Dari hasil pemeriksaan agregat Kali Progo berat jenis (*Bulk*) agregat halus 2,64, berat jenis kering permukaan 2,69, berat jenis semu (*apparent*) 2,77, dan penyerapan (*absorption*) 1,77%. Sedangkan agregat Merapi Sleman berat jenis (*Bulk*) agregat halus 2,505, berat jenis kering permukaan 2,586, berat jenis semu (*apparent*) 2,726, dan penyerapan (*absortion*) 3,244%.

Untuk menghasilkan kuat lentur beton FS 45 kuat lentur rencana 45 kg/cm^2 dan slump 3-6 cm dengan agregat Progo diperlukan fas 0,3 dengan perbandingan 1 PC : 0,9 AH : 1,88 AK sedangkan beton agregat Merapi 1 PC : 0,9 AH : 2,25 AK yang berarti diperlukan berat agrgat kasar yang lebih banyak.

Hasil pengujian kuat lentur FS 45 balok campuran beton dengan agregat Merapi telah memiliki kuat lentur relatif lebih tinggi 102% dimana kuat lentur dengan agregat Progo $52,792 \text{ kg/cm}^2$ dan kuat lentur agregat Merapi $53,569 \text{ kg/cm}^2$.

6 DAFTAR PUSTAKA

- 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/civetech.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/civetech.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/civetech.v4i1.1106>