

PENGARUH *PUMICE BRECCIA* SEBAGAI REPLACEMENT AGREGAT HALUS PADA MORTAR INSTANT TERHADAP KUAT TARIK BELAH MORTAR

Khorunnisa¹, Agus Santoso²

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, FT-UNY
agussantoso@uny.ac.id

ABSTRACT

This research aims to know the capacity of split tensile strength of the mortar and lightweight mortar composition effective for wall with using pumice breccia. Pumice breccia is an aggregate that has a good thermal insulation and easy to obtain. In addition, pumice breccia is lightweight aggregate that resistant to earthquakes. However, pumice stone has not been used optimally for structural elements. This research was conducted with the experimental method. In this study, there were 27 specimens that used for testing the split tensile strength of mortar. Each type of mortar mixture comprised of 3 compositions used were normal mortar 1PC: 4PS, 1PC: 6PS, 1PC: 8PS ; normal mortar pumice 1PC: 2PS: 2PM, 1PC: 3PS: 3PM, 1PC: 4PS: 4PM ; pumice mortar 1PC: 4PM, 1PC: 6PM, 1PC: 8PM. The proportion of the mixture obtained from the calculation of the volume of the test object is used. Each composition of the mixture was made 3 specimens with cylinders 150 mm x 300 mm. The results showed that the split tensile strength average of normal mortar, normal mortar pumice, and pumice mortar were 0,16 MPa, 0,10 MPa and 0,12 MPa. The analysis results show that the optimum split tensile strength occurs in normal mortar pumice. Therefore, the effective proportion mix of mortar with using pumice breccia is 1PC: 3PS: 3PM.

Keywords: Mortar, Pumice, Split Tensile Strength

PENDAHULUAN

Seiring kemajuan teknologi, memberikan dampak yang positif bagi perindustrian di bidang konstruksi. Apabila dilihat dari segi ekonomi, peluang di bidang jasa konstruksi masih sangat besar. Akan tetapi, semakin meningkatnya jumlah bangunan atau gedung-gedung juga dapat memberikan dampak negatif. Salah satunya yaitu semakin padatnya bangunan semakin berkurangnya penghijauan, khususnya di daerah perkotaan. Di daerah pedesaan pun sudah terjadi pengurangan lahan sawah untuk dijadikan sebagai perumahan-perumahan elit. Berdasarkan hal tersebut, banyak terjadi pemborosan energi yang ditimbulkan. Dari pemasangan AC yang semakin meningkat karena suhu yang semakin panas. Dari beberapa faktor tersebut, perlu diimbangi dengan adanya inovasi baru yang dapat menghemat energi dan ramah lingkungan. Salah satunya konsep bangunan ramah lingkungan dan hemat energi yang sudah dikembangkan di beberapa negara. Kemudian, untuk mengurangi udara yang semakin panas di dalam ruangan sehingga perlu dikembangkan material dinding yang dapat menghambat udara panas dari luar ruangan.

Breksi batu apung merupakan jenis batuan sedimen yang memiliki kepadatan relatif rendah dan kekuatan mekanik yang rendah. Berdasarkan hasil tes abrasi *Los Angeles* menunjukkan bahwa batu apung kurang memenuhi kriteria sebagai agregat beton sehingga agregat batu apung dalam campuran beton ringan struktural perlu ditentukan. Saat ini, aplikasi beton ringan untuk pekerjaan konstruksi telah banyak digunakan baik untuk tujuan struktural maupun non struktural. Hal ini dikarenakan oleh banyak keuntungan yang diperoleh dari pada menggunakan beton normal biasa. Beberapa metode telah digunakan untuk produksi beton ringan dengan pemanfaatan alam agregat ringan seperti batu apung, *diatomite*, abu vulkanik. Beton ringan yang dikembangkan menggunakan agregat alami atau buatan diklasifikasikan

oleh standar ACI 213R-03. Beton ringan untuk tujuan struktural dengan kepadatan 1120-1920 kg/m³ dan kekuatan tidak kurang dari 17 MPa.

Hasil uji awal yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan UNY menunjukkan bahwa breksi batu apung yang berada pada formasi batuan semilir di wilayah DIY memiliki bobot isi kering gembur 800,05 kg/m³ dan berat jenis 1.818,18 kg/m³. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa breksi batu apung memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi mortar *pumice-breccia*. Keuntungan yang diperoleh dari agregat *pumice* adalah 1) *pumice* lebih ramah lingkungan (tidak banyak menimbulkan polusi udara berupa gas CO₂ sehingga tidak memicu *global warming*) karena dapat dimanfaatkan tanpa melalui proses pembakaran, tidak seperti agregat ringan buatan yang membutuhkan proses pembakaran 2) lebih murah karena tersebar luas di wilayah DIY bahkan daerah lainnya di Indonesia 3) dapat menyerap tenaga kerja di sekitar lokasi penambangan (Maulana, 2014). Dalam penelitian ini, komponen utama yang akan diuji adalah agregat ringan alami batu apung (*pumice-breccia*). Dengan adanya batu apung (*pumice-breccia*) diharapkan dapat dijadikan sebagai material bangunan yang memiliki daya serap panas secara optimal. Kemudian, dapat dihasilkan mortar dengan karakteristik yang baik terutama sifat mekanis mortar yaitu kuat tarik belah.

Mortar merupakan hasil adukan *mixer* yang terdiri dari beberapa komponen seperti agregat, air dan semen. Mortar yang memenuhi ketentuan spesifikasi proporsi campuran harus terdiri dari bahan bersifat semen, agregat, dan air yang seluruhnya harus sesuai dengan persyaratan bahan-bahan tersebut. Selain itu, juga harus memenuhi ketentuan/persyaratan proporsi mortar sesuai dengan SNI 03-6882-2002. Kecuali terdapat persyaratan lainnya terhadap mortar semen-kapur maupun mortar semen pasangan yang dapat digunakan. Apabila terdapat persyaratan terhadap jenis mortar yang kekuatannya lebih rendah maka mortar dengan kekuatan lebih tinggi tidak boleh digunakan sebagai pengganti tanpa diketahui sifatnya (Tjokrodimulyo, 2007).

Pada peraturan SNI 03-3449-2002, disyaratkan bahwa untuk proporsi campuran adukan mortar harus menghasilkan beton ringan yang memenuhi persyaratan kelecakan, berat isi, kekuatan, keawetan dan memiliki harga ekonomis. Jenis mortar yang direkomendasikan menurut spesifikasi bobot isi bahan. Sedangkan tipe-tipe mortar menurut Tjokrodimulyo (2007) meliputi: 1) Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan yang kelecakannya baik dan mendapatkan mortar (setelah keras) yang baik pula. Terlalu sedikit agregat halus (berarti terlalu banyak tanah liat) menghasilkan mortar yang cenderung retak-retak setelah mengeras karena susutan pengeringannya besar. Terlalu banyak agregat halus (berarti sedikit tanah liat) menyebabkan adukan kurang plastis. Mortar lumpur ini dipakai untuk bahan dinding tembok atau bahan tungku api di pedesaan, 2) Mortar kapur dibuat dari campuran air, kapur dan agregat halus (dulu ditambahkan serbuk bata merah sebagai pozolan). Kapur dan agregat halus mula-mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya agar diperoleh adukan yang kelecakannya baik. Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan sehingga jumlah agregat halus umumnya dipakai 2 atau 3 kali volume kapur. Mortar ini biasa dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata atau perekat antar batu pada pasangan batu.

Mortar semen dibuat dari campuran air, semen portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1:2 dan 1:8. Mortar ini kekuatannya lebih besar daripada mortar lumpur atau mortar kapur. Oleh karena itu, biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom atau bagian bangunan lain yang menahan beban. Karena mortar semen ini lebih rapat air (dibandingkan dengan 2 mortar lain sebelumnya) maka juga dipakai untuk bagian luar bangunan dan atau bagian bangunan yang berada di bawah tanah (terkena air tanah).

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada tipe mortar 2 dan 3 di atas dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan *asbestos fibers*, *jute fibers* (serat rami), butir-butir kayu, serbuk gergaji kayu, *pumice* dan sebagainya. Mortar ini

Pengaruh *Pumice Breccia* ... (Khoirunnisa/ hal. 1 - 11)

baik untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Mortar tahan api, Mortar ini diperoleh dengan menambahkan bubuk bata-api dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan volume satu *aluminous cement* dan dua bubuk bata api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran mortar maupun beton. Agregat pada campuran mortar memenuhi volume antara 50%-80% sehingga sifat-sifat dan mutu yang dimiliki agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu mortar. Agregat dalam mortar berfungsi untuk: menghemat penggunaan semen *portland*, menghasilkan kekuatan yang besar pada beton, mengurangi susut pengerasan beton, mencapai susunan yang padat pada beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat, mengontrol *workability* atau sifat dapat dikerjakan aduk beton. Dengan gradasi agregat yang baik maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan atau memiliki "*workability*" yang baik.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton tidak begitu besar karena pada umumnya kekuatan agregat lebih besar dari pada kekuatan pastanya. Permukaan agregat akan berpengaruh terhadap kekuatan beton, sebab agregat yang memiliki permukaan kasar akan berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu, kekasaran permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan betonnya. Agregat yang digunakan dalam pembuatan beton yaitu agregat kasar dan halus. Sedangkan, agregat yang digunakan untuk mortar dinding hanya dibutuhkan agregat halus.

Wuryati dan Rahmadiyanto (2001), agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,8 mm. Agregat halus dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: Pasir galian dapat diperoleh secara langsung dari permukaan tanah, atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pasir jenis ini pada umumnya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan. Namun karena pasir jenis ini diperolehdengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah.

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbutir bulat karena akibat proses gesekan yang terjadi. Karena butirannya halus, maka baik untuk plesteran tembok. Namun karena bentuknya yang bulat itu, daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik. Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dari udara sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

Bila jumlah agregat halus terlalu sedikit maka campuran beton akan disebut *undersanded*. *Undersanded* merupakan pasta yang tidak mampu mengisi ruang-ruang kosong sehingga campuran akan mudah terpisah sehingga akan sulit dikerjakan. Akan tetapi, apabila jumlah agregat halus terlalu banyak maka campuran disebut *oversanded*. *Oversanded* yaitu campuran pasir yang sangat kasar (Nugraha dan Antoni, 2007).

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu. Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat atau kompak. Selain itu, pasta semen juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butir agregat. (Garnasih, 2013). Semen *portland* yang digunakan harus memenuhi syarat mutu karena dapat berpengaruh pada kualitas mortar seperti yang tercantum pada peraturan Departemen Pekerjaan Umum SNI 15-2049-2004. Untuk komponen-komponen pada semen *portland* yaitu Trikalsium Silikat (C3S), Dikalsium Silikat (C2S), Trikalsium Aluminat (C3A) dan Tetra Kalsium Alurnino Ferit (C4AF). Oksida utama yang terkandung pada semen *portland*.

Menurut Tjokrodinuljo (2007), semen *portland* yang dipakai untuk beton harus memiliki kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta semennya yang sudah keras, juga betonnya yang dibuat dari semen tersebut. Sifat-sifat fisik semen yang penting adalah sebagai berikut: reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen sehingga semakin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama semakin cepat proses hidrasi). Hal ini berarti bahwa butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar.

Secara umum, semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar (*fresh concrete*) dan dapat pula mengurangi bleeding, akan tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Paling sedikit 78% berat semen harus dapat lewat ayakan nomor 200 (lubang 0,074 mm). Namun, perlu dicatat bahwa jika butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya karena mudah terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

Semen jika dicampur dengan air membentuk gel yang secara bertahap menjadi kurang plastis dan akhirnya menjadi keras. Pada proses ini, tahap pertama dicapai ketika pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu untuk mencapai tahap ini disebut sebagai waktu ikatan. Waktu tersebut dihitung sejak air dicampur dengan semen. Waktu ikatan dibagi menjadi dua bagian yaitu waktu ikatan awal (*initial time*) dan waktu ikatan akhir (*final setting time*). Waktu dari saat pencampuran semen dan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikatan awal dan waktu sampai mencapai pastanya menjadi massa yang keras disebut waktu ikatan akhir. Pada semen *portland* biasa, waktu ikatan awal tidak boleh kurang dari 60 menit dan waktu ikatan akhir tidak boleh lebih dari 480 menit (8 jam). Pengertian ikatan awal merupakan hal penting pada pekerjaan beton. Waktu ikatan awal yang cukup lama diperlukan untuk memberi peluang pembuat beton mengerjakan proses pembuatan beton yaitu waktu untuk pengadukan, transportasi, penuangan, pemadatan dan perataan permukaan. Proses ikatan ini disertai perubahan temperatur. Temperatur naik dengan cepat dari ikatan awal dan mencapai puncaknya pada waktu berakhirnya ikatan akhir. Waktu ikatan yang pendek kenaikan temperatur dapat sampai 30°C. Dalam praktek lama waktu ikatan ini dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang digunakan dan suhu udara di sekitarnya.

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi bahan perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk bahan perekat ini disebut hidrasi. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 120 kalori/gram. Pada bagian dalam pada beton massa yang besar, proses hidrasi ini dapat mengakibatkan kenaikan temperatur yang besar. Pada saat proses hidrasi, bagian luar beton kehilangan panas karena berhubungan dengan udara sekitar sehingga terjadi perbedaan temperatur yang tajam antara bagian luar dan bagian dalam beton. Pada tahap berikutnya, yaitu tahap pendinginan, temperatur bagian dalam beton menurun sehingga sama dengan bagian luar maka dapat terjadi perubahan volume yang tidak sama antara bagian luar dan bagian dalam beton sehingga dapat terjadi retakan.

Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas (banyaknya) panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu berlangsungnya proses hidrasi dihitung sampai proses hidrasi sempurna pada temperatur tertentu. Panas hidrasi untuk semen jenis panas hidrasi rendah harus tidak lebih besar dari 66 kalori/gram sampai pada tujuh hari pertama dan 75 kalori/gram sampai pada umur 28 hari. Panas hidrasi naik sesuai dengan ketinggian temperatur pada saat hidrasi terjadi. Untuk jenis semen biasa panas hidrasi tersebut bervariasi antara 37 kalori/gram pada 5°C sampai dengan 80 kalori/gram pada 40°C. Untuk semua jenis semen pada umumnya kira-kira 50 persen dari panas total dibebaskan pada waktu antara 1 dan 3 hari pertama, kira-kira 75 persen sampai hari ke tujuh dan diantara 83 sampai 91 persen sampai bulan ke-6. Laju perubahan panas tergantung pada komposisi semen (jenis semen). Laju hidrasi dan perubahan panas bertambah besar sejalan dengan semakin halusya semen, walaupun kuantitas total panas yang dibebaskan tidak dipengaruhi oleh kehalusan tersebut.

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataannya, di lapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton sendiri akan menurun (Tjokrodimuljo, 2007).

Mulyono (2003), berpendapat air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Pemilihan air yang digunakan sebagai campuran beton didasarkan pada campuran beton. Air tersebut harus berasal dari sumber yang sama dan terbukti dapat menghasilkan beton yang memenuhi syarat. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 30% dari berat semen. Dengan menambah banyak lebih air harus dibatasi sebab penggunaan air yang terlalu banyak dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton (Laintarawan dkk, 2009).

Keadaan kandungan air secara nyata dari pasta dipengaruhi oleh kandungan kelembaban dalam agregat. Bila kondisi udara kering, pasta akan menyerap air. Dengan cara demikian secara efektif menurunkan faktor air semen dan mengurangi *workability*. Pada sisi yang lain jika agregat terlalu basah, pasta akan berkontribusi air ke permukaan pasta, keduanya meningkatkan kadar air semen dan *workability* tetapi menurunkan kekuatan. Oleh karena itu, agregat yang digunakan dalam pencampuran beton diusahakan dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) yaitu butir-butir agregat yang jenuh air artinya semua pori-pori yang tembus air terisi penuh oleh air sedang permukaannya kering. Proses agregat dari keadaan kering lab menjadi keadaan SSD.

Selama proses pengerasan, beton akan mengalami reaksi kimia yaitu proses hidrasi. Proses hidrasi membutuhkan air dalam jumlah yang cukup sehingga dihindari terjadinya penguapan, sebab akan menghentikan proses hidrasi juga menyebabkan penyusutan kering secara tepat, yang mengakibatkan beton retak-retak, untuk itu dilakukan pekerjaan perawatan beton agar permukaannya selalu basah. Perawatan terhadap mortar silinder yang perlu dilakukan adalah menjaga kelembaban mortar agar terus menerus dalam keadaan basah selama beberapa hari dan mencegah penguapan dan penyusutan awal. Perawatan yang teratur dan terjaga akan memperbaiki kualitas mortar maupun beton.

Air untuk perawatan dan pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangannya. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau dan dapat diminum. (Laintarawan dkk, 2009). Air merupakan media pencampur pada pembuatan pasta, mortar dan beton. Kandungan air yang tinggi dapat menghalangi proses pengikatan dan kandungan air yang rendah menyebabkan reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan mudah dalam mengerjakannya, kekuatan mortar dan beton rendah, mortar dan beton menjadi porous. Terjadinya pemisahan antara pasir/agregat pada adukan mortar atau beton yang disebut "segresi". Kekuatan dari *hardened cement* pasta ditentukan oleh perbandingan berat antara faktor air semen (Laintarawan dkk, 2009).

Tjokrodimuljo (2007), berpendapat untuk air perawatan dapat dipakai juga air yang digunakan untuk pengadukan (*mixing*). Akan tetapi, air yang dipakai tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan. Jika pemeriksaan kualitas kimia air sulit dilakukan, air boleh dipakai untuk bahan pencampur beton bila air tersebut dapat menghasilkan

beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling (dengan bahan dan perbandingan campuran sama). Kualitas beton akan berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, kekuatannya serta kekedapan airnya setelah betonnya mengeras. Adanya butiran yang melayang (lumpur) dalam air di atas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Air yang berlumpur terlalu banyak dapat diendapkan dulu sebelum dipakai dalam kolam pengendap. Adanya garam –garam, timah, seng, tembaga dengan jumlah yang cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan beton.

Batu apung adalah bahan alami asal vulkanik yang dihasilkan oleh pelepasan gas selama lava mengalami pemadatan. Batu apung dapat menunjukkan sifat asam atau basa tergantung pada SiO_2 dan CaO / MgO isi. Basaltik apung disebut juga sebagai *scoria* atau *cinder* vulkanik. Warna basaltik batu apung yaitu gelap dan memiliki berat spesifik agak lebih ($1,2\text{-}2 \text{ g / cm}^3$) dari batu apung asam. Batu apung asam adalah batu apung yang paling umum di bumi. Warna batu apung asam putih ke abu-abu putih karena memiliki fitur silisium, kalium, dan natrium. Selain itu, batu apung memiliki struktur yang berpori. *Density* yang dimiliki batu apung adalah $0,5\text{-}1,0 \text{ g / cm}^3$. (Nurhayat dan Arin, 2010).

Batu apung (*pumice*) adalah suatu bahan gelas vulkanis yang merupakan hasil dari aktifitas gunung yang kaya akan silika atau buih kaca alam (*rock forth*), berwarna abu-abu terang hingga putih mempunyai struktur pori-pori dan ringan. Syaram (2010) berpendapat batu apung adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung ber dinding gelas dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung berapi yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan *piroklastik*.

Batu apung mempunyai sifat veskuler yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah *feldspar*, kuarsa, obsidian, *kristobalit* dan *tridimit*. Batu apung memiliki sifat kimia dan fisika seperti oksida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , TiO_2 , SO_3 dan Cl .

Beton agregat ringan merupakan material penting dan banyak diminati sehingga beton tersebut telah diaplikasikan pada struktur bangunan dan jembatan. Beton agregat ringan juga memiliki keuntungan secara ekonomi jika dibandingkan dengan beton agregat normal. Meskipun biaya per volume beton lebih tinggi tetapi karena beratnya yang ringan menyebabkan pengurangan dimensi struktur sehingga secara keseluruhan akan memberikan biaya yang lebih rendah. Kemajuan teknologi beton yang dicapai telah memungkinkan beton agregat ringan struktural diproduksi secara massal dengan kuat tekan mutu normal antara $17,24\text{-}41,36 \text{ MPa}$, bahkan telah dilakukan studi terhadap beton agregat ringan mutu tinggi antara $30\text{-}108 \text{ MPa}$. Secara tradisional batu apung sering dipakai sebagai agregat kasar pada campuran beton untuk pembuatan elemen struktur ringan seperti panel dinding dan *paving block*. Pemakaiannya yang terbatas dan dengan memperhatikan potensi ketersediaan menunjukkan bahwa batu apung belum dimanfaatkan secara optimal (Dionisius dkk, 2010).

Penggunaan material beton agregat ringan struktural belum selaras dengan pengetahuan mengenai perilaku struktur dengan terbatasnya informasi mengenai beton agregat ringan struktural pada peraturan bangunan saat ini. Di Indonesia pengetahuan mengenai beton agregat ringan struktural belum berkembang meskipun telah dilakukan studi yang terkait dengan pemanfaatan batu apung dan dilaporkan mempunyai kuat tekan yang memenuhi syarat untuk komponen struktur beton ringan. (Dionisius dkk, 2010). ACI 213R-87, menjelaskan terdapat beberapa agregat ringan yang dapat dipakai untuk menghasilkan beton agregat ringan antara lain *vermiculite*, *perlite*, batu apung (*pumice stone*), *scoria*, *expanded slag*, *expanded clay*, dan *expanded slate*. Batu apung sebagai salah satu bahan agregat ringan terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi. Batu apung sebagai salah satu bahan agregat ringan

terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi. Batu apung mempunyai *density* yang kecil yaitu antara 300-800 kg/m³ dan termasuk agregat ringan. Beton dengan substitusi batu apung dapat digolongkan sebagai beton agregat ringan. Substitusi parsial atau mengganti sebagian agregat kasar normal dengan agregat ringan batu apung pada beton dapat dijadikan penyelesaian permasalahan *density* agregat kasar yang besar sekitar 1200-1700 kg/m³.

Density agregat kasar merupakan penyebab beratnya elemen struktur beton utama seperti balok dan kolom. Absorpsi besar dan bentuk permukaan berpori menyebabkan beton agregat ringan batu apung akan mempunyai perilaku mekanik seperti kuat tekan dan kuat tarik yang berbeda dengan beton agregat normal. Sifat porous batu apung menyebabkan lemahnya ikatan antara agregat dengan motar pada *interface zone*. (Dionisius dkk, 2010). Menurut Slamet (2008), kekuatan tarik beton merupakan salah satu sifat mekanik yang dapat diukur secara langsung dengan cara *direct tensile method*. Dalam pelaksanaannya, pengujian dengan metode ini akan mengalami kesulitan dalam pemasangan benda uji untuk mendapatkan beban aksial tarik murni. Selain itu, juga akan menimbulkan adanya tegangan tambahan yang tidak tentu besarnya. mengingat kedua alasan di atas, maka penggunaan metode ini sangat jarang digunakan. Pengujian kekuatan tarik lebih banyak dilakukan dengan metode kuat tarik belah dan kuat tarik lentur. Pada umumnya, rasio kuat tarik belah beton normal dibandingkan dengan kuat tekannya hanya berkisar 10%. Metode pengujian yang sering digunakan mengacu pada ASTM C496-90, dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm.

Menurut SNI-03-2491-2002, metode pengujian ini mencakup cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder yang diperoleh dengan cara pengeboran termasuk ketentuan peralatan dan prosedur pengujiannya serta perhitungan kekuatan tarik belahnya. Pengujian kuat tarik belah telah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dan komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari karena kekuatan optimum beton ada di umur 28 hari. Oleh karena itu, pengujian kuat tarik mortar pada penelitian ini dilakukan pada umur 28 hari.

Mulyono (2003:5) berpendapat nilai kuat tarik beton dengan kuat tekan beton hasilnya tidak berbanding lurus. Nilai kuat tarik beton berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Namun nilai pastinya sulit untuk diukur. Kecilnya nilai kuat tarik beton ini merupakan salah satu kelemahan dari beton biasa. Untuk mengatasinya, beton dikombinasikan dengan tulangan baja. Alasan penggunaan baja karena koefisien baja hampir sama dengan koefisien beton. Menurut Nawy (2000), nilai kuat tarik beton juga relatif kecil berkisar $0,01f'c < f_{ct} < 0,20 f'c$. Kuat tarik lebih sulit diukur jika dibandingkan dengan kuat tekan karena adanya masalah penjepitan pada mesin-mesin tarik. Kemudian, muncul adanya metode uji *Brazilian* yang lebih dikenal dengan pembelahan silinder. Untuk beton ringan pada umumnya memiliki kuat tarik belah lebih rendah dibandingkan dengan beton normal.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Metode eksperimental yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah pengembangan baru metode pencampuran *trial mix*. Pada dasarnya, metode tersebut digunakan untuk mengkaji hubungan sebab-akibat. Manfaat yang diperoleh dari metode eksperimental ini adalah untuk memperoleh informasi yang sesuai dengan masalah yang akan dikaji pada suatu penelitian secara maksimal dan dengan cara meminimalisir materi, biaya dan waktu yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian akan lebih efektif dan efisien dari segi waktu, tenaga dan analisis data.

Pada suatu penelitian dengan metode eksperimental terdapat beberapa unsur didalamnya yaitu kelompok kontrol, kelompok uji atau kelompok perlakuan dan intervensi peneliti (perlakuan). Data-data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut berupa data primer

yang diperoleh dari hasil pengukuran terhadap eksperimen yang dilakukan, yaitu pengujian kuat tarik belah mortar.

Variabel penelitian yang digunakan mengacu pada Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Pada metode tersebut dijelaskan bahwa variabel penelitian merupakan segala sesuatu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi untuk diambil sebuah kesimpulan.

Pada tahap perencanaan campuran adukan mortar, menggunakan rumus perbandingan volume untuk menghitung kebutuhan material yang akan digunakan. Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung kebutuhan setiap bahan meliputi volume masing-masing benda uji yang dibutuhkan dan perbandingan bobot isi masing-masing material (semen, pasir, *pumice*). pembuatan benda uji yang dilakukan dengan menggunakan *concrete mixer* atau molen. Pertama kali yang dilakukan adalah memasukkan air, pasir dan *pumice* serta semen dengan memasukkan sepertiga dari kebutuhannya. Namun, khusus semen harus dimasukkan terakhir ke dalam molen karena bahan tersebut membuat adukan menjadi cepat mengeras. Langkah berikutnya, dilakukan dengan hal yang sama sampai mortar mencapai kelecakan yang baik.

Setelah dilakukan pengecoran, mortar yang dicetak dengan cetakan beton silinder akan didiamkan selama satu hari dengan suhu ruang kamar. Kemudian, mortar silinder yang telah mengering direndam selama 28 hari. Tujuannya adalah agar mortar silinder tersebut tidak mengalami retak-retak sebelum dilakukan pengujian kuat tarik belah. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji harus dalam kondisi bersih. Seperti setelah dilakukan perendaman selama 28 hari, terdapat lumut pada bagian-bagian sisi-sisi mortar silinder sehingga harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.

Sebelum dilakukan pengujian, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti catatan benda uji, nomer benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada sisinya di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji. Lapsi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan membebani silinder sepanjang tinggi silinder sehingga diperoleh kekuatan tarik maksimum yang menyebabkan mortar silinder tersebut hancur/terbelah (Dharma dkk, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan *trial mix* mortar, tahap pertama adalah dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan/material yang akan digunakan. Tahap selanjutnya adalah merencanakan komposisi campuran mortar yang akan digunakan. Pada umumnya, untuk perencanaan komposisi campuran mortar disebut dengan *mix design*. Kedua tahap tersebut sangat penting dan harus dilakukan karena agar mortar yang dihasilkan memenuhi ketentuan-ketentuan yang berlaku dan memiliki sifat karakteristik yang baik sesuai dengan tujuan penelitian ini. Langkah-langkah setiap pengujian yang dilakukan maupun untuk perencanaan komposisi campuran mortar, penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Apabila terdapat hal-hal yang tidak tercantum pada SNI maka digunakan peraturan internasional yaitu ASTM. Tahap akhir sebelum dilakukan analisa data adalah pengujian kuat tarik belah mortar. Dari pengujian yang telah dilakukan maka akan diperoleh hasil kapasitas tarik mortar. Hasil pengujian tersebut akan menunjukkan sifat karakteristik mortar yang telah diuji. Apabila dari awal dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan yang digunakan dengan teliti, hasil yang diperoleh sesuai mutunya dan proses pengadukan yang benar serta perawatan benda uji (*curing*) sesuai ketentuan maka akan didapatkan mortar yang baik. Proporsi campuran yang digunakan untuk adukan mortar ada sembilan variasi. Dari sembilan variasi tersebut akan disimpulkan komposisi campuran yang paling efektif untuk adukan mortar. Disamping itu, setiap

komposisi mortar harus dihitung kebutuhan bahan yang digunakan. Untuk hasil perhitungan kebutuhan bahan setiap variasi mortar tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan MN

Keterangan	MN1			MN 2			MN 3		
	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice
Proporsi Volume	1	4	0	1	6	0	1	8	0
Bobot Isi (kg/m ³)	1.25	1.4	0	1.25	1.4	0	1.25	1.4	0
Berat Mortar	42	42	0	42	42	0	42	42	0
Berat Bahan (Kg)	10.5	47.04	0	7.5	50.4	0	5.8	52.3	0
Kontrol	8.4	33.6	0	6	36	0	4.67	37.3	0
Kebutuhan air (liter)		9.48			9.48			10	

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan MNP

Keterangan	MNP 1			MNP 2			MNP 3		
	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice
Proporsi Volume	1	2	2	1	3	3	1	4	4
Bobot Isi (kg/m ³)	1.25	1.4	0.76	1.25	1.4	0.76	1.25	1.4	0.76
Berat Mortar	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Berat Bahan (Kg)	10.5	23.5	12.8	7.5	25.2	13.7	5.8	26.1	14.2
Kontrol	8.4	16.8	16.8	6	18	18	4.67	18.67	18.67
Kebutuhan air (liter)		10.29			8.865			8	

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan Bahan MP

Keterangan	MNP 1			MNP 2			MNP 3		
	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice	Semen	Pasir	Pumice
Proporsi Volume	1	0	4	1	0	6	1	0	8
Bobot Isi (kg/m ³)	1.25	0	0.76	1.25	0	0.76	1.25	0	0.76
Berat Mortar	42	0	42	42	0	42	42	0	42
Berat Bahan (Kg)	10.5	0	25.5	7.5	0	27.4	5.8	0	14.2
Kontrol	8.4	0	33.6	6	0	36	4.67	0	18.67
Kebutuhan air (liter)		10			8.25			11	

Pengujian kuat tarik belah pada mortar silinder dilakukan setelah benda uji direndam selama 28 hari. Tujuan dari pengujian kuat tarik belah adalah untuk mengetahui kapasitas tegangan tarik akibat adanya pembebanan terhadap benda uji yang digunakan. Menurut Tjokrodimuljo (2007), modulus kehalusan butir (*fineness modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir-butir agregatnya. Pada umumnya, agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8.

Berat jenis merupakan salah satu pemeriksaan terhadap agregat yang hasilnya diperoleh dari rasio antara massa padat agregat dan massa air yang volumenya sama. Sedangkan, berat jenis pasir SSD merupakan salah satu pemeriksaan terhadap agregat yang

diperoleh dari rasio antara massa padat agregat dan massa air saat kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering muka. Untuk prosedur pengujian terhadap berat jenis agregat halus mengacu pada SNI 03-1970-2008. Pada penelitian ini, perhitungan komposisi campuran untuk adukan mortar mengacu pada SNI 03-6882-2002. Sebelum menghitung kebutuhan bahan yang akan digunakan, berat campuran mortar harus dihitung terlebih dahulu. Berat campuran mortar tersebut dijadikan sebagai pengontrol berat bahan yang digunakan. Pada perencanaan untuk mix design penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan volume 5 cm x 5 cm x 5 cm dan silinder dengan dimensi 30 cm x 15 cm. Namun, khusus pada proyek akhir ini hanya dibutuhkan data pengujian terhadap mortar silinder (benda uji silinder) saja karena proyek akhir ini hanya membahas sifat mekanis kuat tarik mortar. Sedangkan, untuk benda uji kubus digunakan untuk pengujian yang lain. Berikut hasil perhitungan berat mortar dengan menggunakan volume benda uji yang digunakan.

Volume kubus (1 kubus)	= 0,05m x 0,05m x 0,05m	= 0,00013	m ³
Volume silinder (1 silinder)	= $\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$	= 0,0053	m ³
Volume kubus (10 kubus)	= 10 x 0,00013 m ³	= 0,0013	m ³
Volume silinder (3 silinder)	= 3 x 0,0053 m ³	= 0,0159	m ³
Volume 10 kubus+3 silinder	= 0,0013 m ³ + 0,0159 m ³	= 0,0171	m ³
Total volume	= 0,0171 m ³ x 1,2	= 0,0206	m ³ +
		= 0,02	m ³
Maka berat mortar menjadi	= 0,02 x 2100 kg	= 42	kg

Hasil pada penelitian ini juga relevan dengan hasil pengujian sifat-sifat mortar semen yang tercantum dalam buku Teknologi Beton (Kardiyono Tjokrodinuljo). Adapun hasil pengujian terhadap sifat-sifat mortar tersebut disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Sifat-sifat Mortar Semen dari Pasir Kasar

No	Perbandingan Volume	Nilai Sebesar (%)	FAS	Berat Jenis	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Serapan Air (%)
1	1:3	85	0.60	2.22	28	2.6	7.47
2	1:4	82	0.72	2.19	18	1.8	7.71
3	1:5	86	0.90	2.14	10	1.77	8.58
4	1:6	85	1.10	2.10	8	1.3	9.03
5	1:7	88	1.48	2.04	5	0.96	9.94

SIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Besarnya kuat tarik belah efektif pada mortar normal (MN), mortar normal *pumice* (MNP) dan mortar *pumice* (MP) secara berturut-turut adalah 0,16 MPa, 0,10 MPa dan 0,12 MPa; (2) Penggunaan mortar normal dapat direkomendasikan dengan proporsi campuran 1Pc:4Ps. Sedangkan, untuk mortar normal *pumice* efektif dapat digunakan perbandingan komposisi campuran 1Pc:3Ps:3Pm. Apabila mortar yang hanya menggunakan agregat *pumice* dapat digunakan komposisi campuran 1Pc:4Pm; (3) Perbandingan komposisi campuran mortar yang optimal diantara komposisi campuran mortar normal, mortar normal *pumice* dan mortar *pumice* adalah 1Pc:3Ps:3Pm.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] ASTM. (2003). *ASTM 618-03: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural for Use in Concrete*. ASTM Internasional.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus berdasarkan SNI 03-1970-2008*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- [3] Dionisius, dkk. (2010). *Jurnal Konferensi Teknik Sipil 4: Beton Agregat Ringan dengan Substitusi Parsial Batu Apung sebagai Agregat Kasar*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Laintarawan dkk. (2009). *Buku Ajar Konstruksi Beton I*. Denpasar: Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia.
- [5] Maulana. (2014). *Efek Variasi Ketebalan Mortar Pumice Breccia Terhadap Kuat Lentur Pasangan Bata Merah*. UNY: Fakultas Teknik.
- [6] Mulyono, Tri. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [7] Nawy, Edward.(2000). *Beton Prategang Jilid I*. Penerjemah: Bambang Suryoatmojo. Jakarta: Erlangga.
- [8] Nugraha dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [9] Nurul, Ahmat. (2013). *Jurnal Pengaruh Komposisi Agregat Kasar (Breksi Batu Apung dan Batu Pecah) Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- [10] Samekto, Wuryati & Rahmadiyanto, Candra. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- [11] Santoso, Agus dkk. (2013). *Pemanfaatan Pumice Breksia Sebagai Material Utama Mortar Instant Peredam Panas untuk Mendukung Teknologi Bahan Bangunan Gedung Ramah Lingkungan*. UNY: LPPM.
- [12] Syaram. (2010). *Pemanfaatan Batu Apung untuk Pembuatan Beton Ringan*. Sumatra: Universitas Sumatra Utara.
- [13] Tjokrodimuljo, Kardiyono. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [14] Widodo, Slamet. (2008). *Modul Kuliah Struktur Beton I*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Unversitas Negeri Yogyakarta.