

ANALISIS PETROGRAFI AGREGAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON PERKERASAN KAKU

Bima Wirawan¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Agus Sumarsono³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : bm.wirawan@gmail.com

Abstract

The aggregate composition on concrete is range between 75% - 90% of the total volume. Because its number is dominant, the quality properties of aggregate influence the strength of concrete. Characteristic of petrography is one of aggregate properties that describes content and texture of minerals that make up the aggregate. This research intends to determine characteristic of petrography and its correlation with compressive and flexural strength of rigid pavement concrete.

This research carried out by the experimental method and processed using by the correlational analysis. After testing density, water absorption, abrasion, aggregate impact value, soundness test aggregate, and petrography of aggregate made test objects such as cubes and blocks to find compressive and flexural strenght of concrete with a variety of water-cement factor such as 0.4; 0.45 and 0.5.

Petrographic analysis of aggregate shows that the aggregate ex. Ampel classified as a type of basalt containing mineral plagioclase (40%), pyroxene (8%), hornblende (2%), calcium feldspar (5%), mineral opaque (10%) and the basic mass of volcanic glass (35%). While the former aggregate Kramat classified as a type of andesite containing mineral plagioclase (40%), pyroxene (15%), mineral opaque (3%) and the basic mass of volcanic glass (42%). Based on mineral content and its influence on the physical properties of aggregate, it can be concluded that the concrete on the best water-cement factor (0.4) which uses aggregate type of basalt has a compressive strength value 3.49% and flexural strength value 22.44% better then the strength of concrete using aggregate type of andesite.

Keywords: petrography, aggregate, rigid pavement concrete

Abstrak

Komposisi agregat dalam beton berkisar antara 75%-90% dari volume total. Karena jumlahnya yang dominan, kualitas sifat agregat memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton. Karakteristik petrografi merupakan salah satu sifat agregat yang menjelaskan tentang kandungan dan tekstur mineral yang menyusun agregat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik petrografi dan korelasinya dengan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton perkerasan kaku.

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dan dianalisis menggunakan analisis korelasional. Setelah pengujian berat jenis, penyerapan air, abrasi, aggregate impact value, soundness test agregat, dan petrografi agregat dibuat benda uji berupa kubus dan balok untuk mencari nilai kuat tekan dan lentur beton dengan variasi faktor air semen 0,4; 0,45 dan 0,5.

Analisis petrografi agregat menunjukkan bahwa agregat eks. Ampel tergolong sebagai jenis basalt yang mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (8%), hornblende (2%), Kalsium feldspar (5%), mineral opak (10%) dan massa dasar gelas vulkanik (35%). Sedangkan agregat eks. Kramat tergolong sebagai jenis andesit yang mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (15%), mineral opak (3%) dan massa dasar gelas vulkanik (42%). Berdasarkan kandungan mineral agregat serta pengaruhnya terhadap sifat fisik agregat, dapat disimpulkan bahwa beton pada nilai faktor air semen terbaik (0,4) yang menggunakan agregat jenis basalt memiliki nilai kuat tekan 3,49% lebih baik dan nilai kuat lentur 22,44% lebih besar bila dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan agregat jenis andesit.

Kata kunci: petrografi, agregat, beton perkerasan kaku

PENDAHULUAN

Dahulu peran agregat dianggap sebagai material pasif, yaitu berperan sebagai bahan pengisi saja. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi, agregat dinilai memiliki kontribusi yang positif terhadap sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi dan ketahanan umum (*durability*). Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis dan modulus elastisitas.

Agregat yang sangat rentan terhadap reaksi silika alkali dapat dianalisis menggunakan metode petrografi. Berube dan Fourier pada tahun 1993 menerangkan bahwa penyelidikan petrografi pada skala mikroskopis agregat memungkinkan menemukan keberadaan substansi dan jumlah konstituen reaktif yang dapat menyebabkan kerusakan yang merugikan. Oleh karena itu, analisis petrografi agregat sangat penting untuk meramalkan perilaku reaksi silika alkali sebelum menggunakan agregat dalam beton kinerja tinggi, sebab batuan beku asam, batuan metamorf yang kaya kuarsa dan batuan sedimen banyak mengandung kriptokristalin, mikrokristalin, patahan, anedral dan kuarsa yang sangat keras.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahun 1945, Mielenz menjelaskan bahwa Pemeriksaan petrografi agregat beton yang diusulkan untuk proyek-proyek dari Biro Reklamasi Amerika dianggap sangat penting sebagai suplemen standar, empiris, dan pengujian penerimaan yang hampir secara universal diterapkan oleh organisasi rekayasa besar dan progresif. Pemeriksaan

petrografi memerlukan inspeksi visual dan pemisahan litologi (karakteristik batuan) berbagai ukuran agregat dan fraksi agregat (Mielenz, 1945).

Sedangkan pada tahun 2014, El-Desoky mengemukakan bahwa batu basal dari Gabal Wassif, Atalla vulkanik, dan Gabal Esh Mellaha diuji untuk digunakan sebagai agregat dalam campuran beton. Perwakilan 12 sampel dikumpulkan dari daerah-daerah tersebut. Sampel ini diperiksa dengan menggunakan mikroskop petrografi untuk mengevaluasi tekstur sampel, tingkat perubahan, dan adanya kaca vulkanik dalam matriks. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa basal dapat digunakan untuk mempersiapkan beton yang berkualitas, tetapi untuk pilihan jenis basal yang cocok harus lebih diperhatikan. Sebuah perbaikan umum dalam sifat campuran beton telah ditemukan dengan menggunakan basalt agregat dalam campuran (El-Desoky, dkk., 2014)

Kondelchuk dan peneliti lainnya pada tahun 2005 mengemukakan bahwa perbedaan parameter petrografi dari batuan-batuan granit sangat mempengaruhi sifat mekanis dari batuan yang bersangkutan, sehingga sifat-sifat fisik dan mekanis dari batuan merupakan fungsi dari parameter petrografi dari batuan tersebut. ketahanan batuan terhadap abrasi akan bertambah seiring dengan bertambahnya kandungan *quartz* dan *feldspar*. Sementara kandungan mika dalam batuan justru akan memberi efek yang sebaliknya, yaitu ketahanan terhadap abrasi makin melemah. Ketahanan batuan terhadap *impact* atau beban kejut akan bertambah jika kandungan mika bertambah dan kandungan *feldspar* berkurang (Kondelchuk, dkk., 2005).

LANDASAN TEORI

Karakteristik Petrografi Batuan Beku

Batuan beku dibentuk dari material yang keluar dari permukaan bumi disaat gunung berapi meletus dan akibat pengaruh cuaca sehingga mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya batuan beku berbutir halus, seperti misalnya batu apung, andesit, basalt, obsidian, dan sebagainya. Batuan beku dalam dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan. Batuan yang memiliki tekstur kasar ini dapat ditemui di permukaan bumi karena erosi dan gerakan bumi. Seperti misalnya batu granit, granodiorit, gabbro dan diorit. Karakteristik petrografi batuan meliputi kandungan mineral batuan, struktur dan tekstur mineral batuan. Kandungan mineral dan tekstur mineral batuan beku akan dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Kandungan Mineral Batuan Beku

| Jenis Mineral | Mineral |
|-------------------|--|
| Mineral Utama | <i>Mineral Mafik</i> : Kelompok olivin (Forsterite, fayalite, monticellite); Kelompok piroksen (Ortopiroksen enstatite, Ortopiroksen hyperstene, Klinopiroksen augit, Klinopiroksen diopsid, Klinopiroksen pigeonite, Klinopiroksen aegirine); Kelompok amfipol (Hornblende, Riebeckite); Kelompok mika (biotit) <i>Mineral Fasik</i> : Kelompok Feldspar (K. Feldspar (sanidin, ortoklas, mikroklin), Feldspatoid (leusit, nefelin, sodalit, cancrinit), dan Plagioklas); Kelompok mika (Muskovit, kuarsa, tridimit, kristobalit). |
| Mineral Sekunder | Serpentin, idingsit, limonit, antofilit, tremolit-aktinolit, hornblende, klorit, kalsit, kaolin, epidot, serisit, anelcite dan natrolite. |
| Mineral Aksesoris | Apatit, beryl, fluorit, perovskite, spinel, turmalin, zircon, magnetit, dan ilmenit. |

Tabel 2 Tekstur Mineral Batuan Beku

| Jenis Tekstur | Tekstur |
|----------------|---|
| Tekstur Umum | <i>Derajat Kristalisasi</i> : Holokristalin berupa granular, mukrolit, kristali; Hipokristalin terdiri dari kristal dan massa gelas; Holohialin tersusun atas massa gelas saja. <i>Kemas</i> : Ewui-granular (panidiomorfik, granular, hipidiomorfik, granular, allotriomorfik); Inequigranular (porfiritik, vitroverik, perfiroafanitik, dan felsofelik). |
| Tekstur Khusus | <i>Tekstur Intergrowth</i> : grafik, granofirik, mirmekitik, intergranular, diabasik, ofitik, subofitik, intersertal, poiklitik, porfiritik, corona, pertit, dan antipertit. <i>Tekstur Aliran</i> : Pilotaksitik, trakitik dan hialopolitik |

Kekerasan Mineral

Penilaian kekerasan mineral berdasarkan skala yang direka oleh Friedrich Mohs (1812) yang dikenal dengan Mohs Scale. Secara berurutan Mohs menyusun 10 mineral dari yang paling lunak ke material yang paling keras, seperti yang telah disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Kekerasan Mineral

| Jenis Mineral | Skala Kekerasan |
|---------------|-----------------|
| Talc | 1 |
| Gypsum | 2 |

| | |
|-----------------|----|
| <i>Calcite</i> | 3 |
| <i>Fluorite</i> | 4 |
| <i>Apatite</i> | 5 |
| <i>Feldspar</i> | 6 |
| <i>Quartz</i> | 7 |
| <i>Topaz</i> | 8 |
| <i>Corundum</i> | 9 |
| <i>Diamond</i> | 10 |

Berat Jenis Mineral

Kerapatan batuan dapat dinyatakan sebagai “berat jenis”, dimana kerapatan batuan relatif terhadap kerapan air. Meski demikian, batuan dengan jenis sama bisa memiliki berat jenis yang berlainan, tergantung dari perbedaan kandungan mineral dan pori/ruang. Pada Tabel 4 berikut ini tersaji berat jenis beberapa mineral utama penyusun batuan.

Tabel 4 Berat Jenis Mineral

| Jenis Mineral | Berat Jenis |
|-------------------|-------------|
| <i>Albite</i> | 2,6 – 2,63 |
| <i>Andesine</i> | 2,6 – 2,63 |
| <i>Bytownite</i> | 2,72 – 2,74 |
| <i>Hornblende</i> | 2,9 – 3,4 |
| <i>Pyroxene</i> | 3,18 |

Sifat Fisik Agregat

Sifat agregat menentukan kemampuan beton dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Berdasarkan spesifikasi teknis Bina Marga tahun 2010 British Standard 812 part 3:1975 dan ASTM C 88-76 didapatkan ketentuan sifat fisik agregat seperti yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ketentuan Sifat Fisik Agregat

| Sifat | Ketentuan |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Kehilangan akibat abrasi | Maksimum 40 % |
| Berat jenis | Minimum 2.1 gr/cm ³ |
| Penyerapan oleh air | Maksimum 2,5 % |
| <i>Aggregate Impact Value</i> | Maksimum 30 % |
| <i>Soundness Test</i> | Maksimum 11 % |

Propertis Semen

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen berfungsi merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu, semen juga bermanfaat mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi $\pm 10\%$ saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif, maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah. Bahan penyusun semen terdiri atas berbagai macam senyawa kimia, seperti yang telah disajikan pada Tabel

Tabel 6 Kandungan Senyawa pada Semen

| Chemical Properties | Percentage (%) |
|---|----------------|
| Magnesium Oxida (MgO) | 0,77 |
| Sulfur Trioxide (SO ₃) | 1.51 |
| Loss Ignition | 5.36 |
| Insoluble Residue | 2.13 |
| Silikon Dioxide (SiO ₂) | 18.87 |
| Aluminium Oxide (Al ₂ O ₃) | 5.18 |
| Ferric Oxide (Fe ₂ O ₃) | 3.48 |
| Calcium Oxide (CaO) | 61.63 |
| Total | 98.93 |
| Free Lime | 1.74 |

Pengujian Petrografi

Hasil analisis petrografi tidak lepas dari peran mikroskop polaroid yang ditunjukkan pada Gambar 1. Melalui mikroskop ini sayatan tipis agregat dapat dilihat dengan jelas hingga terlihat mineral apa saja yang menyusun agregat.



Gambar 1 Mikroskop Polarisasi (kiri) dan Contoh Benda Uji Sayatan Batuan (kanan)

Beton Perkerasan Kaku

Secara umum, beton perkerasan kaku sama dengan pelat lantai, akan tetapi berdasarkan fungsinya yang menerima beban lentur maka kekuatan dari slab beton ditentukan oleh kekuatan beton itu sendiri. Berdasarkan SNI Pd T-14-2003 tentang mutu beton untuk perkerasan kaku, ketentuan kekuatan beton telah disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Ketentuan Kekuatan Beton untuk Perkerasan Kaku

| Karakteristik | Ketentuan |
|-------------------|-------------|
| Kuat Tekan Beton | 3 – 5 MPa |
| Kuat Lentur Beton | 16 – 45 MPa |

METODE

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data primer yaitu percobaan di laboratorium. Agregat yang menjadi objek penelitian adalah agregat yang diambil dari Ampel, kabupaten Boyolali dan Kramat, kota Magelang. Pengumpulan data meliputi pengujian sifat petrografi, berat jenis dan penyerapan air agregat, pengujian abrasi, pengujian *aggregate impact value*, dan pengujian *soundness*. Langkah selanjutnya membuat rancang campur beton menggunakan bahan agregat eks. Ampel dan agregat eks. Kramat dengan tiga jenis nilai faktor air semen yaitu 0,4; 0,45 dan 0,5 untuk berikutnya beton menjalani masa perendaman selama 28 hari. Pengujian beton antara lain kuat tekan dan kuat lentur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Agregat yang digunakan sebagai bahan pengujian sifat fisik agregat merupakan agregat eks. Surakarta dan agregat eks. Magelang. Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat yang telah dilakukan mengacu pada syarat spesifikasi umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2010, British Standart 812 part 3:1975 dan ASTM C 88-76. Hasil pengujian sifat fisik agregat disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Pengujian Sifat Fisik Agregat

| Jenis Pemeriksaan | Acuan | Syarat | eks. Ampel | eks. Kramat | Keterangan |
|-------------------------------|-----------------|------------|------------|-------------|------------|
| Berat jenis | SNI 1969 : 2008 | Min. 2,1% | 2,52% | 2,45% | Memenuhi |
| Penyerapan Air | SNI 1969 : 2008 | Maks. 2,5% | 0,4% | 2,28% | Memenuhi |
| Abrasi | SNI 2417 : 2008 | Maks. 40% | 16,38% | 38,55% | Memenuhi |
| <i>Aggregate Impact Value</i> | Modul PPT ITB | Maks. 30% | 20% | 30% | Memenuhi |
| <i>Soundness Test</i> | Modul PPT ITB | Maks. 11% | 2,7% | 2,83% | Memenuhi |

Berdasarkan hasil pengujian sifat agregat pada Tabel 8 dapat dilihat hasil pengujian berat jenis agregat yang berasal dari Ampel kabupaten Boyolali memiliki nilai yang lebih baik daripada agregat yang diambil dari Kramat kota Magelang. Disamping itu, nilai penyerapan air agregat eks. Ampel juga lebih baik daripada eks. Kramat. Pada pengujian abrasi menggunakan mesin Los Angeles, agregat eks. Kramat tidak memiliki nilai yang lebih baik daripada agregat eks. Ampel. Begitu pula dengan hasil pengujian ketahanan agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*), yang menunjukkan bahwa agregat eks. Ampel lebih kuat ketimbang eks. Kramat. Hal serupa juga terjadi pada *soundness test* yang menunjukkan agregat eks. Ampel lebih baik dari agregat eks. Kramat.

Hasil Pengujian Karakteristik Petrografi

Hasil pengamatan sayatan petrografis dan analisa lebih lanjut untuk mengetahui komposisi mineral dan tekstur mineral disajikan pada Gambar 2 dan Tabel 9 di bawah ini.



Gambar 2 (a) Nikol Sejajar dan (b) Nikol Silang Sayatan Agregat Eks. Ampel; (c) Nikol Sejajar dan (d) Nikol Silang Sayatan Agregat Eks. Kramat.

Tabel 9 Kandungan Mineral Agregat

| Mineral | eks. Ampel | eks. Kramat |
|------------------|--|--|
| | 40% | 40% |
| Plagioklas | Menunjukkan kembaran albit pada fenokris yang berukuran 1 mm dengan An-55 jenis Labradorit. dan pada mikrolit yang berukuran 0,25 mm dengan An-52 jenis Labradorit; Berwarna Putih; Memiliki relief rendah; Berbentuk kristal subhedral; Mempunyai indeks bias $N_m > N_{kb}$; Hadir menyebar dalam sayatan | Menunjukkan kembaran albit pada fenokris yang berukuran 1,5 mm dengan An-38 jenis Andesin; Menunjukkan kembaran albit pada mikrolit yang berukuran 0,4 mm dengan An-46 jenis Andesin; Berwarna Putih; Memiliki relief rendah; Berbentuk kristal subhedral; Mempunyai indeks bias $N_m > N_{kb}$; Hadir menyebar dalam sayatan |
| Piroksen | 8% | 15% |
| | Terdapat belahan satu arah; Berwarna kuning; Memiliki relief tinggi; Berbentuk kristal subhedral; Hadir setempat dalam sayatan | Memiliki <i>schiller structure</i> ; Terdapat belahan satu arah; Berwarna kuning; Memiliki relief tinggi; Berbentuk kristal subhedral; Hadir setempat dalam sayatan |
| Kalsium Feldspar | 5% | 0% |
| | Tidak dijumpai adanya belahan; Berwarna putih; Memiliki relief rendah; Berbentuk kristal subhedral; Hadir setempat dalam sayatan | - |
| Hornblende | 2% | 0% |
| | Terdapat belahan satu arah; Berwarna coklat; Memiliki relief sedang; Berbentuk kristal subhedral; Teroksidasi kuat; Hadir setempat dalam sayatan | - |
| Mineral Opak | 10% | 3% |
| | Berwarna hitam; Hadir setempat dalam sayatan | Berwarna hitam; Hadir setempat dalam sayatan |
| Gelas Vulkanik | 35% | 42% |
| | Berwarna hitam abu-abu; Hadir merata dalam sayatan | Berwarna hitam abu-abu; Hadir merata dalam sayatan |

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis dan berpedoman pada klasifikasi Clan Williams (1954), sayatan batuan eks. Ampel mengandung mineral plagioklas yang di dalamnya terdapat kandungan An-52 dan An-55 jenis labradorit. Oleh karena itu, batuan ini digolongkan ke dalam jenis batuan basalt. Sedangkan sayatan batuan eks. Kramat mengandung mineral plagioklas yang di dalamnya terdapat kandungan An-38 dan An-46 jenis andesin. Oleh sebab itu, batuan ini digolongkan ke dalam jenis batuan andesit.

Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Agregat eks. Ampel yang diketahui termasuk agregat jenis basalt dan agregat eks. Kramat yang diketahui tergolong ke dalam agregat jenis andesit, dijadikan sebagai bahan untuk membuat benda uji pengujian karakteristik beton untuk perkerasan kaku. Dalam penelitian ini pengujian karakteristik beton meliputi pengujian kuat tekan beton yang menggunakan benda uji berupa kubus yang berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dan pengujian kuat lentur beton yang menggunakan benda uji berupa balok yang berdimensi 15 cm x 16 cm x 60 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan pada Tabel 10, sedangkan hasil pengujian kuat lentur beton ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

| FAS | Agregat jenis Basalt, (MPa) | Rata-rata | Agregat jenis Andesit, (MPa) | Rata-rata | Ketentuan | Keterangan |
|------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|-------------|------------|
| 0,4 | 30.88 | 31.92 | 27.75 | 30.24 | Min. 16 MPa | Memenuhi |
| | 34.16 | | 32.53 | | | |
| | 30.73 | | 30.43 | | | |
| 0,45 | 29.70 | 31.14 | 30.56 | 29.96 | Min. 16 MPa | |

| FAS | Agregat jenis Basalt, (MPa) | Rata-rata | Agregat jenis Andesit, (MPa) | Rata-rata | Ketentuan | Keterangan |
|-----|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|-------------|------------|
| | 34.16 | | 29.76 | | | Memenuhi |
| | 29.55 | | 29.55 | | | |
| | 30.62 | | 29.64 | | | |
| 0,5 | 32.28 | 30.31 | 28.88 | 30.06 | Min. 16 MPa | Memenuhi |
| | 28.04 | | 31.65 | | | |

Tabel 11 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

| FAS | Agregat jenis Basalt, (MPa) | Rata-rata | Agregat jenis Andesit, (MPa) | Rata-rata | Ketentuan | Keterangan |
|------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------|------------|
| | 5.80 | | 4.48 | | | |
| 0,4 | 4.39 | 5.24 | 4.92 | 4.83 | Min. 3 MPa | Memenuhi |
| | 5.54 | | 5.10 | | | |
| | 5.10 | | 5.54 | | | |
| 0,45 | 4.75 | 5.16 | 4.48 | 4.69 | Min. 3 MPa | Memenuhi |
| | 5.63 | | 4.04 | | | |
| | 4.92 | | 5.19 | | | |
| 0,5 | 4.66 | 4.95 | 5.19 | 4.79 | Min. 3 MPa | Memenuhi |
| | 5.27 | | 4.00 | | | |

Hubungan antara Karakteristik Petrografi dengan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Berdasarkan pengujian karakteristik petrografi yang telah dilakukan sebelumnya, agregat yang berasal dari Ampel kabupaten Boyolali diketahui tergolong sebagai batuan basalt sedangkan agregat yang berasal dari Kramat kota Magelang termasuk ke dalam golongan batuan andesit. Dari kedua jenis batuan tersebut diketahui pula karakteristik petrografinya yang telah disajikan pada Tabel 9. Pada tabel tersebut juga telah dijabarkan kandungan mineral serta tekstur mineral yang ada pada kedua sayatan agregat.

Pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur beton, yang menggunakan bahan agregat jenis basalt dan agregat jenis andesit, menunjukkan bahwa dari tiga variasi faktor air semen yang digunakan terdapat satu nilai faktor air semen yang terbaik, menghasilkan kekuatan yang terbesar. Nilai faktor air semen 0,4 pada pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur beton dipilih karena merupakan nilai faktor air semen terbaik untuk campuran beton.

Pada tahap ini, akan dicari hubungan antara karakteristik petrografi agregat dengan kuat tekan beton dan hubungan antara karakteristik petrografi dengan kuat lentur beton untuk nilai faktor air semen 0,4.

Tabel 12 Hubungan Karakteristik Petrografi Agregat dengan Kuat Tekan Beton

| Mineral | Basalt | | Andesit | |
|----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | Kandungan Mineral | Kuat Tekan Beton (MPa) | Kandungan Mineral | Kuat Tekan Beton (MPa) |
| Plagioklas | 40% | | 40% | |
| Piroksen | 8% | | 15% | |
| Massa Dasar Gelas Vulkanik | 35% | 31.92 | 42% | 30.24 |
| Hornblende | 2% | | 0 | |
| Kalsium Feldspar | 5% | | 0 | |

Tabel 13 Hubungan Karakteristik Petrografi Agregat dengan Kuat Lentur Beton

| Mineral | Basalt | | Andesit | |
|----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | Kandungan Mineral | Kuat Tekan Beton (MPa) | Kandungan Mineral | Kuat Tekan Beton (MPa) |
| Plagioklas | 40% | | 40% | |
| Piroksen | 8% | | 15% | |
| Massa Dasar Gelas Vulkanik | 35% | 5.24 | 42% | 4.83 |
| Hornblende | 2% | | 0 | |
| Kalsium Feldspar | 5% | | 0 | |

Berdasarkan Tabel 8 tentang hasil pengujian sifat fisik agregat yang telah disajikan sebelumnya, apabila dihubungkan dengan hasil analisis petrografi agregat, memperlihatkan adanya kecenderungan bahwa kehadiran mineral piroksen, hornblende, andesin dan albit yang terkandung dalam plagioklas memiliki hubungan dengan nilai berat jenis dan nilai daya serap air agregat.

Faktor air semen pada beton memiliki pengaruh pada kekuatan beton, khususnya pada ikatan antara pasta semen dengan agregat. Baik buruknya ikatan antara pasta semen dengan agregat tidak terlepas dari peran senyawa yang dimiliki oleh keduanya. Semen mengandung senyawa kalsium oksida sebesar 61,63%. Kandungan mineral utama penyusun agregat kalsium feldspar juga terdapat pada agregat jenis basalt eks. Ampel, karena persamaan inilah diduga memicu kuatnya ikatan antara semen dengan agregat jenis basalt yang menyebabkan kuat tekan dan kuat lentur betonnya lebih besar bila dibandingkan dengan beton yang tersusun dari agregat jenis andesit eks. Kramat yang tidak mengandung mineral kalsium feldspar di dalamnya.

Selain dipengaruhi oleh nilai faktor air semen, kekuatan beton juga dipengaruhi oleh sifat fisik agregat, antara lain berat jenis, abrasi, ketahanan terhadap tumbukan (aggregate impact value) dan ketahanan terhadap keadaan asam (soundness test). Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, kandungan mineral agregat yang diketahui melalui pengujian petrografi memiliki hubungan positif dengan sifat fisik agregat.

Sementara itu, beton yang digunakan dalam penelitian ini merupakan beton yang difungsikan sebagai beton perkerasan kaku. Sehingga diperlukan beton yang memiliki kekuatan yang memenuhi syarat beton perkerasan kaku, yaitu sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 dan SNI Pd-14-2003. Menurut hasil pengujian kuat tekan beton yang telah disajikan pada Tabel 4.4 dan hasil pengujian kuat lentur beton yang ditampilkan pada Tabel 4.5, kekuatan yang dimiliki beton tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada kedua acuan tersebut.

SIMPULAN

Sifat petrografi agregat jenis basalt yang berasal dari Ampel kabupaten Boyolali mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (8%), hornblende (2%), Kalsium feldspar (5%), mineral opak (10%) dan massa dasar berupa gelas vulkanik (35%). Sedangkan agregat jenis andesit yang berasal dari Kramat kota Magelang yang mengandung mineral plagioklas (40%), piroksen (15%), mineral opak (3%) dan massa dasar berupa gelas vulkanik (42%).

Berdasarkan kandungan mineral agregat serta pengaruhnya terhadap sifat fisik agregat, dapat disimpulkan bahwa beton pada nilai faktor air semen terbaik (0,4) yang menggunakan agregat jenis basalt memiliki nilai kuat tekan 3,49% lebih baik dan nilai kuat lentur 22,44% lebih besar bila dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan agregat jenis andesit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D dan Ir. Agus Sumarsono, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Alden, A., 2009: Mineralogy, www.geology.about.com
- Anonim, 2003. Perencanaan Jalan Beton Semen, Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Departemen Pekerjaan Umum
- Anonim, 2006. Modul Program Pelatihan Teknisi Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Bandung: ITB
- Anonim, 2014. Panduan Praktikum Petrografi, Laboratorium Bahan Galian Sie. Petrografi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Berube, M.A., dan Fournier, B., 1993. Canadian experience with testing for alkali aggregate reactivity in concrete and concrete composites, 15, 27-47.
- El-Desoky, H.M., dan Khalil, A.E., 2014. Petrography and geochemistry of Basic Dokhan Volcanics form Eastern Desert of Egypt and their as aggregates in concrete mixes, Arabian Journal of Geosciences, Mesir
- Kondelchuk, D., dan Novikov, E., 2005. Study of the Mechanical Properties of the Granitoid Rocks dan the Influence of Blasting Parameters on the Quality of Aggregates, Literature Research, Department of Civil Engineering, Lulea University of Technology
- Mielenz, R.C., 1945. Petrographic examination of concrete aggregates, Geological Society of America Bulletin. 57 (4), 309-318