

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton Porous

2.1.1 Defenisi Beton Porous

Beton porous yang sering disebut sebagai beton berpori atau *pervious concrete*, adalah jenis beton yang dirancang khusus untuk memiliki tingkat porositas tinggi yang memungkinkannya menyerap air dengan lebih efektif dibandingkan beton konvensional. Beton ini terdiri dari campuran agregat kasar, sedikit atau tanpa agregat halus, semen, dan air, dengan rongga udara yang terdistribusi merata di antara agregat. Struktur ini memungkinkan air untuk mengalir melewati beton, menjadikannya solusi penting untuk mengatasi masalah limpasan air hujan dan mempromosikan resapan air ke dalam tanah (Kevern, Schaefer, & Wang, 2008).

Penggunaan beton porous biasanya terkait dengan lingkungan perkotaan dan infrastruktur yang memerlukan manajemen air yang efisien, seperti parkir, trotoar, dan jalan kecil. Keberadaan rongga pori-pori yang terbuka memungkinkan beton porous memiliki kemampuan permeabilitas yang tinggi, sehingga air permukaan dapat terserap ke dalam tanah dengan cepat dan mengurangi potensi banjir atau genangan air (Montes, Valavala, & Haselbach, 2005).

Beton porous dapat dianggap sebagai bahan yang berkelanjutan, karena selain mengurangi genangan air, juga membantu dalam mengisi kembali air tanah, mengurangi kebutuhan drainase buatan, serta meningkatkan kualitas air melalui penyaringan alami. Oleh karena itu, beton porous banyak digunakan di daerah perkotaan yang memerlukan sistem drainase yang ramah lingkungan dan efisien (Tennis, Leming, & Akers, 2004).

2.1.2 Karakteristik Beton Porous

Karakteristik utama beton porous berkaitan dengan struktur dan komposisinya yang unik, yang membedakannya dari beton konvensional. Berikut adalah beberapa karakteristik kunci dari beton porous:

a. Rasio Void Tinggi

Beton porous memiliki rasio void atau rongga yang sangat tinggi, umumnya antara 15% hingga 25%. Ini berarti bahwa beton porous memiliki banyak ruang kosong dalam strukturnya, memungkinkan air hujan dan air limpasan untuk meresap melalui material. Void ini tercipta karena campuran beton porous terdiri dari sedikit atau bahkan tanpa agregat kasar, sehingga lebih banyak ruang yang tidak terisi di antara agregat kasar.

b. Kekuatan Tekan yang Relatif Rendah

Karena memiliki banyak pori-pori, beton porous biasanya memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional. Beton porous biasanya memiliki kekuatan tekan berkisar antara 3 MPa hingga 28 MPa, tergantung pada campuran yang digunakan. Meskipun kekuatan tekan ini lebih rendah, beton porous tetap mampu mendukung lalu lintas pejalan kaki dan kendaraan ringan, menjadikannya cocok untuk aplikasi tertentu seperti trotoar, tempat parkir, dan jalur pejalan kaki.

c. Permeabilitas Tinggi

Salah satu sifat paling penting dari beton porous adalah permeabilitasnya yang tinggi. Permeabilitas ini memungkinkan air hujan untuk diserap dan meresap melalui material, yang sangat berguna dalam sistem pengelolaan air. Tingkat permeabilitas beton porous bisa mencapai 0,01 hingga 0,10 cm/detik, tergantung pada desain campuran dan ukuran agregat.

d. Daya Tahan terhadap Banjir dan Erosi

Karena kemampuannya menyerap air, beton porous membantu mencegah terjadinya banjir lokal, terutama di daerah perkotaan yang sering menghadapi masalah dengan limpasan air. Dengan memungkinkan air masuk ke dalam tanah melalui rongga-rongga yang ada, beton porous mengurangi risiko erosi dan kerusakan tanah akibat aliran air permukaan.

e. Sifat Termal yang Berbeda

Beton porous juga memiliki sifat termal yang berbeda dibandingkan dengan beton biasa karena adanya rongga, beton porous cenderung lebih sedikit menyerap panas dibandingkan dengan beton padat. Hal ini berkontribusi pada pengurangan fenomena urban heat island, di mana permukaan perkotaan menjadi lebih panas daripada daerah sekitarnya akibat beton yang menyerap panas matahari.

2.1.3 Fungsi Utama Beton Porous

Selain karakteristik uniknya, beton porous memiliki berbagai fungsi penting dalam konstruksi modern, terutama dalam hal manajemen air dan lingkungan.

1. Pengendalian Air Hujan dan Pengelolaan Limpasan

Fungsi utama beton porous adalah kemampuannya untuk mengelola air hujan secara efisien. Di lingkungan perkotaan yang sering tertutup oleh permukaan kedap air seperti aspal dan beton biasa, limpasan air hujan seringkali menyebabkan banjir. Beton porous mengatasi masalah ini dengan menyerap air hujan dan mengembalikannya ke dalam tanah, mengurangi beban pada sistem drainase kota dan membantu menjaga keseimbangan air tanah.

2. Pengurangan Risiko Banjir Lokal

Dalam konteks sanitasi dan pengelolaan lingkungan, beton porous memainkan peran penting dalam pengurangan risiko banjir. Karena kemampuannya menyerap air, beton porous membantu menurunkan volume air yang harus diangkut oleh sistem drainase perkotaan. Dengan mengurangi beban pada saluran pembuangan, risiko meluapnya air pada saat hujan deras dapat diminimalkan, mengurangi potensi kerusakan infrastruktur.

3. Konservasi Air Tanah

Salah satu manfaat ekologis beton porous adalah kemampuannya untuk meningkatkan pengisian ulang air tanah. Ketika air hujan meresap melalui beton porous, air tersebut tidak terbuang sia-

sia ke selokan atau saluran pembuangan, tetapi tersimpan di dalam tanah. Ini sangat penting dalam daerah yang rawan kekeringan atau di mana tingkat air tanah mulai menurun. Beton porous dapat menjadi solusi dalam menjaga keseimbangan air tanah di daerah-daerah ini.

4. Peningkatan Kualitas Air

Selain membantu mengelola kuantitas air, beton porous juga berperan dalam meningkatkan kualitas air. Ketika air hujan meresap melalui lapisan beton porous, sebagian partikel dan polutan dalam air disaring oleh agregat dalam beton. Hal ini dapat membantu mengurangi pencemaran yang masuk ke saluran pembuangan dan sungai, mendukung sanitasi dan kualitas air yang lebih baik di lingkungan perkotaan.

5. Pengurangan Fenomena Urban Heat Island (UHI)

Seperti disebutkan sebelumnya, beton porous memiliki sifat termal yang berbeda dari beton konvensional. Dengan menyerap lebih sedikit panas, beton porous membantu mengurangi fenomena urban heat island, di mana area perkotaan menjadi lebih panas daripada sekitarnya. Hal ini penting dalam menjaga suhu lingkungan yang lebih nyaman, terutama di daerah padat penduduk.

6. Penerapan pada Sistem Sanitasi Berkelanjutan

Dalam konteks sanitasi berkelanjutan, beton porous dapat membantu mengurangi beban pada sistem pengolahan air limbah dengan menangani sebagian besar air limpasan hujan. Selain itu, pengurangan genangan air di area publik dapat membantu mengurangi risiko penyebaran penyakit yang berkaitan dengan air stagnan, seperti demam berdarah dan malaria.

2.1.4 Keunggulan dan Tantangan dalam Penggunaan Beton Porous

Beton porous telah berkembang sebagai alternatif inovatif dan ramah lingkungan di dunia konstruksi. Penerapan teknologi ini meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya manajemen air hujan, sanitasi, dan perbaikan kualitas lingkungan. Namun, meskipun beton porous

memiliki banyak keunggulan, teknologi ini juga menghadapi beberapa tantangan yang perlu diatasi agar penggunaannya lebih optimal. Pada bagian ini, akan dibahas mengenai keunggulan dan tantangan yang dihadapi dalam penggunaan beton porous, termasuk relevansinya dalam konteks sanitasi dan pembangunan berkelanjutan.

2.1.4.1 Keunggulan Penggunaan Beton Porous

1. Pengelolaan Air Hujan dan Limpasan yang Efisien

Keunggulan utama beton porous terletak pada kemampuannya dalam mengelola air hujan. Pada area perkotaan yang biasanya didominasi oleh permukaan kedap air seperti beton dan aspal konvensional, limpasan air hujan sering kali menyebabkan banjir lokal dan peningkatan beban pada sistem drainase. Beton porous memungkinkan air untuk meresap ke dalam tanah melalui pori-pori dalam strukturnya, sehingga mengurangi genangan dan memperbaiki siklus hidrologi. Ini sangat berguna untuk mengurangi risiko banjir dan beban pada saluran pembuangan.

2. Meningkatkan Pengisian Ulang Air Tanah

Beton porous memainkan peran penting dalam meningkatkan pengisian ulang air tanah, terutama di daerah dengan penurunan muka air tanah atau wilayah yang mengalami kekeringan. Dengan kemampuannya menyerap air hujan dan mengarahkannya ke dalam tanah, beton porous membantu menjaga keseimbangan air tanah dan mengurangi ketergantungan pada sumber air buatan. Ini sangat menguntungkan dalam sistem sanitasi berkelanjutan yang membutuhkan siklus air yang efisien.

3. Meminimalkan Pencemaran Air dan Mendukung Sanitasi

Selain membantu pengelolaan limpasan air, beton porous juga berfungsi dalam menyaring air hujan dari partikel-partikel polutan sebelum air tersebut mencapai akuifer atau badan air alami. Rongga dalam struktur beton porous dapat menjebak kotoran, minyak, dan bahan kimia lain yang ada di permukaan jalan, sehingga mengurangi

jumlah polutan yang masuk ke sistem perairan. Fungsi ini mendukung upaya peningkatan kualitas air dan sanitasi lingkungan.

4. Pengurangan Dampak Fenomena Urban Heat Island (UHI)

Fenomena urban heat island (UHI) adalah kondisi di mana wilayah perkotaan menjadi jauh lebih panas daripada daerah pedesaan sekitarnya, terutama akibat penggunaan beton konvensional yang menyerap dan memantulkan panas. Beton porous, karena memiliki rongga-rongga udara, menyerap lebih sedikit panas, yang berarti suhu permukaan lebih rendah dibandingkan dengan beton padat. Ini membantu menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih nyaman dan sehat, terutama di musim panas.

5. Penerapan dalam Sistem Sanitasi Berkelanjutan

Dalam konteks sanitasi berkelanjutan, beton porous memiliki potensi besar. Dengan memungkinkan air hujan meresap dan mengurangi aliran air limbah ke sistem drainase, beton ini membantu mengurangi beban pada sistem sanitasi dan pengolahan air. Dengan demikian, beton porous mendukung pengelolaan air yang lebih efisien dan mengurangi risiko polusi air akibat limpasan yang tidak tertangani.

6. Pengurangan Biaya Infrastruktur Drainase

Beton porous dapat mengurangi kebutuhan akan infrastruktur drainase yang kompleks dan mahal. Karena kemampuannya dalam mengelola air limpasan secara alami, beton porous membantu mengurangi jumlah air yang harus dialirkan melalui sistem drainase buatan, yang pada gilirannya mengurangi biaya pembangunan dan pemeliharaan saluran drainase.

2.1.4.2 Tantangan dalam Penggunaan Beton Porous

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penggunaan beton porous tidak lepas dari beberapa tantangan yang mempengaruhi penerapannya di lapangan.

1. Keterbatasan Daya Tahan dan Kekuatan Tekan

Salah satu tantangan utama dalam penggunaan beton porous adalah kekuatan tekannya yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional. Karena struktur beton porous mengandung banyak rongga, hal ini mengurangi daya tahan dan kekuatan tekan material. Kekuatan tekan beton porous biasanya berkisar antara 3 MPa hingga 28 MPa, tergantung pada campuran yang digunakan, yang membuatnya kurang cocok untuk digunakan pada struktur yang membutuhkan kekuatan tinggi, seperti jalan raya utama atau bangunan bertingkat.

2. Perawatan dan Pemeliharaan yang Intensif

Beton porous membutuhkan perawatan yang lebih intensif dibandingkan dengan beton biasa. Pori-pori dalam struktur beton porous dapat tersumbat oleh debu, pasir, atau bahan organik lainnya, yang pada akhirnya dapat mengurangi kemampuannya untuk menyerap air. Oleh karena itu pemeliharaan rutin, seperti pembersihan permukaan secara berkala, sangat penting untuk memastikan fungsi permeabilitas beton porous tetap optimal. Jika tidak, kemampuan beton untuk menyerap air akan berkurang secara signifikan, menghilangkan salah satu keuntungan utamanya.

3. Ketergantungan pada Kondisi Lingkungan

Kinerja beton porous sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama di daerah yang mengalami musim dingin atau beku. Di daerah dengan siklus pembekuan dan pencairan air, air yang terperangkap di dalam rongga beton porous dapat membeku dan mengembang, yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur beton.

4. Biaya Awal yang Lebih Tinggi

Salah satu tantangan lain dalam penerapan beton porous adalah biaya awalnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional. Proses produksi dan instalasi beton porous membutuhkan keterampilan khusus dan bahan tambahan untuk memastikan

campuran yang tepat. Meskipun penggunaan jangka panjang beton porous dapat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan infrastruktur drainase, biaya awal yang tinggi sering menjadi hambatan.

5. Penerapan Terbatas pada Infrastruktur Berat

Karena kekuatannya yang relatif rendah, beton porous umumnya tidak cocok untuk digunakan pada infrastruktur berat seperti jalan raya yang menanggung beban kendaraan bermotor berat. Beton porous lebih cocok untuk area dengan lalu lintas ringan seperti trotoar, tempat parkir, dan jalur pejalan kaki. Oleh karena itu, penerapan beton porous pada proyek konstruksi skala besar dan berat masih terbatas.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia, karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan relatif mudah diproduksi. Secara umum, beton terdiri dari beberapa bahan utama, yaitu semen, agregat, air, serta bahan tambahan lainnya. Setiap komponen memiliki peranan yang penting dalam menentukan sifat akhir dari beton, termasuk kekuatan, durabilitas, dan porositas.

2.2.1 Bahan Penyusun Beton

1. Semen

Semen adalah bahan pengikat yang digunakan dalam campuran beton. Umumnya, jenis semen yang paling sering digunakan dalam pembuatan beton adalah semen Portland. Semen ini terdiri dari bahan seperti kapur (CaCO_3), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3), yang ketika dicampur dengan air, akan menghasilkan reaksi hidrasi yang menyebabkan pengerasan beton. Kualitas semen sangat menentukan kekuatan dan daya tahan beton. Jika semen yang digunakan memiliki kualitas rendah, maka beton yang dihasilkan juga akan cenderung lebih rapuh dan tidak tahan lama.

2. Agregat

Agregat merupakan bahan yang memiliki peranan besar dalam struktur beton. Agregat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar (seperti kerikil atau batu pecah) dan agregat halus (seperti pasir). Agregat berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton, membantu mengurangi penggunaan semen yang relatif lebih mahal, serta memberikan struktur internal yang lebih stabil dan kuat.

3. Air

Air memiliki peranan penting dalam proses hidrasi semen dan pembentukan pasta beton. Kualitas air yang digunakan dalam pencampuran beton haruslah air yang bersih, bebas dari kotoran, minyak, garam, atau zat-zat lain yang bisa merusak proses hidrasi dan mempengaruhi kekuatan beton. Jumlah air yang digunakan dalam campuran beton juga harus sesuai, karena jika terlalu banyak air beton akan menjadi kurang kuat dan jika terlalu sedikit beton tidak akan cukup mengikat.

4. Bahan Tambahan (*Admixture*)

Bahan tambahan digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat tertentu dari beton, seperti mempercepat atau memperlambat waktu pengerasan, meningkatkan ketahanan terhadap suhu ekstrem, atau mengurangi tingkat porositas. Beberapa jenis bahan tambahan yang sering digunakan antara lain plasticizer (untuk meningkatkan kemudahan dalam pengecoran), retarder (untuk memperlambat pengerasan beton), dan bahan pengisi mikro (untuk mengurangi porositas).

2.2.2 Peran Agregat Kasar dalam Campuran Beton

Agregat kasar merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton yang memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanis dan durabilitas beton. Beberapa karakteristik agregat kasar yang penting dalam campuran beton meliputi ukuran gradasi agregat, bentuk, dan distribusi butirannya:

1. Ukuran dan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran agregat kasar biasanya berkisar antara 4.75 mm hingga 40 mm, tergantung pada aplikasi spesifik dari beton yang akan dihasilkan. Agregat yang memiliki ukuran lebih besar akan mengurangi jumlah pasta semen yang diperlukan, karena agregat akan mengisi volume yang lebih besar dalam campuran beton. Namun, agregat yang terlalu besar dapat mengurangi kemudahan pengerjaan (*workability*) dan meningkatkan risiko segregasi, yaitu pemisahan antara partikel-partikel beton.

Gradasi agregat juga sangat penting, karena gradasi yang baik akan menghasilkan beton dengan kepadatan yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah. Agregat yang memiliki gradasi baik akan mengurangi celah-celah kosong di antara partikel agregat, sehingga campuran beton akan menjadi lebih padat dan homogen.

2. Bentuk Agregat Kasar

Bentuk agregat kasar dapat berupa bulat, bersudut, atau pipih. Bentuk agregat yang bersudut lebih disukai dalam campuran beton karena memiliki permukaan yang lebih kasar, sehingga dapat memberikan ikatan yang lebih kuat antara agregat dengan pasta semen. Sebaliknya, agregat yang berbentuk bulat lebih sulit diikat oleh pasta semen, meskipun jenis ini dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan beton.

3. Sifat Mekanis dari Agregat Kasar

Sifat mekanis dari agregat kasar, seperti kekerasan dan ketahanan terhadap tekanan, sangat mempengaruhi kekuatan akhir dari beton. Agregat yang memiliki kekerasan tinggi akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang lebih tinggi, karena agregat ini mampu menahan beban tekan yang lebih besar. Selain itu, kekerasan agregat juga mempengaruhi durabilitas beton, terutama dalam kondisi lingkungan yang keras, seperti pada bangunan yang terkena siklus beku-cair atau paparan bahan kimia agresif.

2.3 Batu Basal sebagai Agregat Kasar dalam Beton

2.3.1 Pengertian dan Karakteristik Batu Basal

Batu basal adalah batuan beku yang terbentuk dari pendinginan magma yang keluar melalui letusan gunung berapi. Batu ini termasuk ke dalam jenis batuan beku luar (ekstrusif) yang kaya akan mineral silikat dan umumnya berwarna gelap, mulai dari abu-abu tua hingga hitam. Komposisi utamanya adalah kalsium plagioklas dan piroksen, meskipun beberapa jenis batu basal juga mengandung olivin dan magnetit. Karena proses pembentukannya yang cepat, batu basal memiliki struktur yang sangat padat menjadikannya salah satu material konstruksi yang kuat dan tahan lama.

Di bidang konstruksi, batu basal sering digunakan sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton. Agregat kasar seperti batu basal memberikan kekuatan dan stabilitas pada beton, memungkinkan struktur untuk menahan beban berat dan tekanan eksternal. Selain itu, batu basal memiliki ketahanan tinggi terhadap abrasi dan korosi yang membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan durabilitas tinggi.

2.3.2 Ketersediaan Batu Basal di Indonesia

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang terletak di wilayah Cincin Api Pasifik, memiliki banyak gunung berapi aktif dan tidak aktif. Keberadaan gunung berapi ini membuat Indonesia kaya akan batuan vulkanik, termasuk batu basal. Batu basal ditemukan di berbagai wilayah di Indonesia, seperti Sumatera, Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Sumber daya batu basal ini cukup melimpah, sehingga dapat mendukung kebutuhan industri konstruksi

Namun, meskipun ketersediaannya melimpah, tantangan utama dalam penggunaan batu basal sebagai agregat konstruksi adalah faktor logistik. Daerah-daerah yang kaya akan batu basal sering kali berada di wilayah yang jauh dari pusat pembangunan, sehingga biaya transportasi menjadi pertimbangan penting. Selain itu, proses penambangan dan pengolahan batu basal juga memerlukan teknologi dan keterampilan yang memadai untuk memastikan kualitas agregat yang dihasilkan sesuai dengan standar yang berlaku.

2.3.3 Sifat fisik dan Mekanis Batu Basal Sebagai Material Konstruksi

Sifat fisik dan mekanis batu basal memainkan peran penting dalam menentukan penggunaannya dalam berbagai aplikasi konstruksi, terutama sebagai agregat dalam beton. Beberapa sifat fisik batu basal yang signifikan adalah:

1. **Kepadatan:** Batu basal memiliki kepadatan yang tinggi, sekitar 2.8 hingga 3.0 g/cm³. Hal ini membuatnya cukup berat, namun memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan beton yang dihasilkan.
2. **Kekerasan:** Batu basal dikenal sangat keras dengan nilai kekerasan Mohs sekitar 6 hingga 7, yang berarti tahan terhadap abrasi dan aus, menjadikannya ideal untuk aplikasi konstruksi yang terpapar elemen eksternal atau beban berat.

Sifat mekanis batu basal, terutama kekuatan tekan dan modulus elastisitasnya, juga membuatnya ideal untuk digunakan dalam beton. Kekuatan tekan batu basal biasanya berkisar antara 100 hingga 300 MPa, yang cukup tinggi untuk menambah kekuatan beton secara keseluruhan.

2.3.4 Studi Terdahulu Mengenai Penggunaan Batu Basal dalam Beton

Berbagai studi telah dilakukan untuk menilai dampak penggunaan batu basal sebagai agregat kasar dalam beton. Penelitian ini berfokus pada beberapa aspek, termasuk kekuatan tekan, daya tahan, dan porositas.. Berikut beberapa temuan utama dari studi tersebut:

1. **Pengaruh Batu Basal terhadap Kekuatan Tekan Beton**

Penggunaan batu basal sebagai agregat kasar terbukti meningkatkan kekuatan tekan beton. Penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan batu basal sebagai agregat kasar memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton yang menggunakan agregat lain, seperti batu kapur atau granit. Hal ini dikarenakan kepadatan dan kekerasan batu basal yang tinggi, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap ketahanan beton terhadap beban tekan.

Studi oleh Adewole et al. (2015) menunjukkan bahwa penggunaan batu basal dapat meningkatkan kekuatan tekan beton hingga 20% dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat lain. Selain itu, pengaruh pengurangan ukuran agregat juga menunjukkan hasil yang signifikan. Beton dengan agregat batu basal yang lebih kecil menghasilkan kekuatan tekan yang lebih tinggi karena distribusi beban yang lebih merata dalam matriks beton.

2. Pengaruh Batu Basal terhadap Daya Tahan Beton

Selain memberikan peningkatan kekuatan, batu basal juga berkontribusi pada daya tahan beton. Sifat batu basal yang tahan terhadap korosi dan abrasi, serta porositasnya yang rendah, membuat beton lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras. Beton dengan agregat batu basal menunjukkan ketahanan yang baik terhadap siklus pembekuan dan pencairan, serta serangan kimia, seperti sulfat dan klorida, yang sering menyebabkan degradasi pada struktur beton.

Studi lain oleh Tang et al. (2018) mengamati ketahanan beton terhadap lingkungan agresif, seperti air laut dan lingkungan industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan agregat batu basal memiliki tingkat penyerapan air yang lebih rendah dan mengalami degradasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan beton dengan agregat lain. Ini menunjukkan bahwa penggunaan batu basal sebagai agregat kasar dalam beton dapat meningkatkan umur panjang struktur, terutama yang terpapar lingkungan yang korosif.

2.4 Beton Porous dengan Substitusi Batu Basal

2.4.1 Studi Sebelumnya tentang Beton Porous dengan Material Substitusi Agregat Kasar

Beton porous, juga dikenal sebagai *pervious concrete* atau *permeable concrete*, adalah jenis beton yang memiliki porositas tinggi, memungkinkan air atau cairan lainnya meresap melalui material tersebut. Beton ini banyak

digunakan untuk aplikasi yang berkaitan dengan manajemen air, seperti pada trotoar, jalan, area parkir, dan infrastruktur drainase. Karena kemampuannya untuk mengurangi limpasan air dan meningkatkan resapan air tanah, beton porous menjadi solusi penting dalam pembangunan berkelanjutan dan mitigasi banjir di area perkotaan.

Dalam pembuatan beton porous, agregat kasar memainkan peran penting dalam menentukan porositas dan permeabilitas beton. Beberapa studi sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan berbagai jenis agregat kasar sebagai pengganti agregat konvensional untuk meningkatkan sifat mekanis dan hidraulis beton porous. Agregat seperti batu kapur, kerikil, dan agregat daur ulang telah diuji, dengan fokus pada pengaruh material tersebut terhadap kekuatan tekan, permeabilitas, dan ketahanan terhadap lingkungan.

Penelitian oleh Neithalath et al. (2010) menunjukkan bahwa jenis dan ukuran agregat kasar secara signifikan mempengaruhi performa beton porous. Agregat yang lebih kecil cenderung meningkatkan kekuatan tekan tetapi mengurangi permeabilitas, sementara agregat yang lebih besar dapat meningkatkan permeabilitas tetapi menurunkan kekuatan tekan. Oleh karena itu, penting untuk menemukan keseimbangan antara kekuatan mekanis dan permeabilitas saat menggunakan material agregat kasar, seperti batu basal.

2.4.2 Potensi Penggunaan Batu Basal sebagai Agregat Kasar pada Beton Porous

Batu basal, yang dikenal dengan kekerasan dan ketahanannya, memiliki potensi besar sebagai substitusi agregat kasar pada beton porous. Karakteristik fisik batu basal, seperti kepadatan yang tinggi, kekuatan tekan yang kuat, dan ketahanan terhadap abrasi dan korosi, menjadikannya material yang cocok untuk aplikasi konstruksi dengan kebutuhan durabilitas tinggi. Potensi ini juga berlaku dalam konteks beton porous, di mana kekuatan mekanis dan permeabilitas merupakan faktor penting.

Penggunaan batu basal sebagai substitusi agregat kasar pada beton porous diperkirakan dapat memberikan keuntungan dalam hal kekuatan struktural, terutama dalam proyek yang memerlukan beton dengan ketahanan

tinggi terhadap beban tekan. Sebagai agregat yang memiliki tingkat porositas rendah, batu basal juga dapat membantu mengendalikan permeabilitas beton porous, dengan tetap menjaga stabilitas struktur. Namun, pemilihan ukuran dan rasio campuran batu basal harus diperhatikan dengan baik untuk menjaga keseimbangan antara kekuatan dan kemampuan drainase.

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Performa Beton Porous dengan Batu Basal

Salah satu faktor terpenting dalam pembuatan beton porous dengan agregat kasar batu basal adalah rasio campuran antara bahan-bahan yang digunakan. Rasio agregat kasar, semen, dan air harus diperhitungkan dengan cermat untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara kekuatan mekanis dan permeabilitas. Rasio campuran yang ideal untuk beton porous umumnya mengandung agregat kasar dalam jumlah yang signifikan, dengan rasio air-semen yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional.

Dalam hal substitusi dengan batu basal, penggunaan ukuran agregat yang tepat sangat penting. Jika ukuran batu basal yang digunakan terlalu besar, hal ini dapat meningkatkan permeabilitas tetapi menurunkan kekuatan mekanis. Sebaliknya, jika ukuran agregat terlalu kecil, kekuatan mekanis dapat meningkat, namun permeabilitas dapat berkurang, yang justru mengurangi kemampuan beton untuk menyerap air. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan rasio campuran yang optimal dalam penggunaan batu basal pada beton porous.

2.4.4 Dampak Batu Basal terhadap Kekuatan Mekanis dan Permeabilitas Beton Porous

1. Kekuatan Mekanis

Batu basal dikenal memiliki kekuatan tekan yang tinggi, yang berarti beton porous dengan batu basal sebagai substitusi agregat kasar berpotensi memiliki kekuatan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan beton porous yang menggunakan agregat lain seperti kerikil atau batu kapur. Penelitian menunjukkan bahwa penggu

naan agregat yang keras dan padat, seperti batu basal, dapat meningkatkan kekuatan tekan beton porous, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi dengan beban berat, seperti jalan raya dan area parkir.

2. Permeabilitas

Permeabilitas beton porous adalah salah satu faktor utama yang membedakannya dari beton konvensional. Tingkat permeabilitas harus cukup tinggi untuk memungkinkan air mengalir melalui beton dan masuk ke dalam tanah, mengurangi limpasan permukaan. Penggunaan batu basal, yang memiliki tingkat porositas rendah, dapat sedikit mengurangi permeabilitas beton porous, terutama jika ukuran agregat yang digunakan relatif kecil. Namun, dengan pengaturan campuran yang tepat dan penggunaan agregat dengan ukuran yang bervariasi, permeabilitas yang dibutuhkan masih bisa dipertahankan.

Studi oleh Wong et al. (2016) menemukan bahwa penggunaan batu basal dalam beton porous dapat meningkatkan kekuatan tekan hingga 15%, namun permeabilitasnya menurun sekitar 10% dibandingkan dengan beton porous menggunakan kerikil. Oleh karena itu, penting untuk melakukan uji laboratorium dalam skala lebih besar untuk menentukan konfigurasi yang optimal, di mana kekuatan dan permeabilitas dapat dioptimalkan bersamaan.

2.5 Kuat Tekan Beton

2.5.1 Definisi Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah ukuran kemampuan beton untuk menahan beban tekan tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan. Kuat tekan diukur dalam satuan megapascal (MPa) dan sering kali dianggap sebagai salah satu parameter utama dalam penentuan kualitas beton dalam konstruksi. Beton biasanya memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban tekan dibandingkan dengan beban tarik.

2.5.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton meliputi:

1. Komposisi Campuran:
 - a. Semen: Jenis dan kualitas semen yang digunakan dapat mempengaruhi kuat tekan. Semen Portland merupakan jenis yang paling umum digunakan.
 - b. Agregat: Jenis, ukuran, dan kualitas agregat (kasar dan halus) sangat berpengaruh. Agregat berkualitas tinggi akan meningkatkan kuat tekan.
 - c. Air: Rasio air terhadap semen (*water-cement ratio*) sangat krusial. Semakin rendah rasio ini, semakin tinggi kuat tekan beton, tetapi terlalu sedikit air dapat mengganggu pencampuran.
2. Bahan Tambah (Admixtures): Penggunaan bahan tambah (misalnya, retarders, accelerators, dan superplasticizers) dapat mempengaruhi waktu pengerasan dan sifat beton, sehingga berpengaruh pada kuat tekannya.
3. Perawatan (Curing): Perawatan yang baik setelah pengecoran meningkatkan kekuatan beton. Kelembaban dan suhu yang memadai selama periode curing membantu perkembangan kekuatan beton.
4. Usia Beton: Kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya usia. Pengujian biasanya dilakukan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari. Pada usia 28 hari, kekuatan beton umumnya mencapai nilai yang direncanakan.
5. Kepadatan dan Paduan Beton: Kepadatan beton mempengaruhi distribusi gaya dan kekuatan struktural. Beton ringan (*lightweight concrete*) dan beton berat (*heavyweight concrete*) memiliki karakteristik kekuatan yang berbeda.
6. Metode Pencampuran dan Pengecoran: Cara pencampuran dan pemadatan beton (vibrasi, shaking) dapat mempengaruhi homogenitas campuran dan meminimalkan pengembangan rongga udara yang dapat mengurangi kuat tekan.
7. Kondisi Lingkungan: Suhu dan kelembapan selama dan setelah pengecoran juga dapat mempengaruhi kekuatan beton.

2.5.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton umumnya dilakukan untuk menentukan seberapa baik beton dapat menahan beban tekan. Berikut adalah rincian mengenai standar pengujian, prosedur pengujian yang umum dan alat uji kuat tekan beton.

1. Standar Pengujian Kuat Tekan Beton
 - a. SNI 03-1971-1990: Standar ini menetapkan prosedur pengujian kuat tekan untuk beton. Dalam standar ini, diatur mengenai cara pembuatan sampel, perawatan, dan prosedur pengujian sampel itu sendiri.
 - b. ASTM C39/C39M: Standar internasional yang mengatur tentang pengujian kuat tekan pada silinder beton. ASTM C39 mencakup persiapan sampel, pengujian mekanis, dan metode pengukuran hasil.
 - c. ASTM C31/C31M: Standar ini mengatur tentang pembuatan dan perawatan spesimen beton untuk pengujian kuat tekan, termasuk pengambilan sampel dari lokasi pengecoran.
2. Prosedur pengujian
 - a. Persiapan Sampel

Sampel beton dibuat dalam bentuk silinder (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm). Sampel biasanya diambil dari campuran beton yang telah dicor.
 - b. Perawatan Sampel

Sampel harus dirawat dengan baik hingga pengujian, biasanya dengan menempatkannya dalam kondisi lembab untuk mencegah pengeringan prematur.
 - c. Waktu Uji

Pengujian dilakukan pada usia tertentu, biasanya pada 3, 7, 14, dan 28 hari setelah pengecoran.
 - d. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan (compressive testing machine). Berikut adalah langkah-langkah pengujian:

- 1) Sampel diletakkan pada pelat datar mesin uji.
- 2) Beban diaplikasikan secara merata hingga beton mengalami keruntuhan.
- 3) Kekuatan maksimal yang dapat ditahan sebelum terjadi keruntuhan dicatat.
- 4) Kuat tekan dihitung sebagai beban maksimum (Newton) dibagi luas penampang (cm^2) dari sampel, biasanya dirumuskan dalam MPa.

3. Alat Uji Kuat Tekan Beton

a. Mesin Uji Tekan (*Compressive Testing Machine*).

Mesin ini adalah alat utama yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton. Mesin ini dilengkapi dengan kendali otomatis atau manual untuk meningkatkan beban secara perlahan hingga mencapai titik hancur beton. Mesin ini juga biasanya dilengkapi dengan alat ukur untuk memberikan hasil yang akurat mengenai kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh sampel.

b. Pengukur Kekuatan (*Load Cell*).

Alat ini terintegrasi dalam mesin uji dan berfungsi untuk mengukur beban yang diterapkan pada spesimen. Hasil pengukuran ini akan dihitung untuk menentukan kuat tekan beton.

c. Pengukur Dimensi (*Caliper* atau *Measuring Tape*).

Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen beton, sangat penting untuk menghitung luas penampang sebelum melakukan pengujian.

d. Sistem Quantitative Data Logger.

Dalam beberapa pengujian modern, sistem data logger dipasang pada mesin untuk merekam data tekanan dan menghasilkan grafik atau laporan otomatis.

2.6 Porositas dan Permeabilitas

2.6.1 Defenisi Porositas

Porositas adalah ukuran kapasitas suatu material untuk menampung cairan atau gas dalam rongga-rongganya. Secara teknis, porositas menggambarkan persentase volume ruang kosong (void) dalam suatu material terhadap total volumenya.

Porositas dilambangkan dengan simbol ϕ (phi) dan dinyatakan dalam persentase (%). Formula umum untuk menghitung porositas adalah:

$$\phi = \frac{\text{Volume total}}{\text{Volume rongga}} \times 100\%$$

Porositas memiliki dua jenis utama:

- a. **Porositas Total:** Mengacu pada total volume rongga yang ada, baik yang saling terhubung maupun tidak.
- b. **Porositas Efektif:** Hanya mencakup volume rongga yang saling terhubung sehingga memungkinkan aliran fluida.

Dalam beton porous, porositas yang tinggi menjadi sifat khas yang memberikan kemampuan untuk meresapkan air, menjadikannya cocok untuk aplikasi seperti perkerasan berpori dan sistem drainase. Namun, peningkatan porositas sering kali menurunkan kekuatan mekanis, seperti kekuatan tekan, karena adanya penurunan material padat yang menopang beban.

2.6.1.1 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Porositas Beton

Porositas adalah persentase ruang kosong (*void*) dalam suatu material. Faktor-faktor yang memengaruhinya meliputi:

- a. Ukuran dan Distribusi Agregat
 - 1) Ukuran Agregat: Agregat yang lebih besar cenderung menghasilkan pori-pori yang lebih besar, meningkatkan porositas.
 - 2) Gradasi Agregat: Gradasi yang seragam (agregat dengan ukuran seragam) menghasilkan porositas yang lebih tinggi dibandingkan gradasi campuran (yang memiliki ukuran bervariasi).

- b. Rasio Air-Semen (*Water-Cement Ratio, W/C*)

Rasio W/C yang lebih tinggi menciptakan lebih banyak ruang kosong

setelah air menguap atau bereaksi dengan semen, sehingga meningkatkan porositas.

c. Metode Pencampuran dan Pemadatan

1) Pencampuran: Pencampuran yang tidak merata dapat menyebabkan distribusi pori-pori yang tidak seragam.

2) Pemadatan: Pemadatan yang kurang optimal meninggalkan lebih banyak rongga, meningkatkan porositas.

d. Bahan Tambahan (*Admixtures*)

Penggunaan bahan tambahan seperti *superplasticizer* atau bahan penambah udara (*air-entraining agents*) dapat meningkatkan porositas dengan menciptakan gelembung udara.

e. Waktu dan Metode Curing

Curing yang tidak memadai dapat menyebabkan penguapan air sebelum reaksi hidrasi selesai, sehingga meningkatkan jumlah rongga.

f. Desain Campuran

Campuran beton dengan proporsi semen yang lebih rendah relatif terhadap agregat biasanya memiliki porositas yang lebih tinggi.

2.6.1.2 Pengujian Porositas Beton Porous

Pengujian porositas bertujuan untuk menentukan persentase ruang kosong (*void*) dalam beton porous. Berikut langkah-langkah umum untuk pengujian porositas:

a. Metode Pengujian Porositas

1. Metode Gravimetri:

1) Sampel beton porous dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan tercapai (W_{kering}).

2) Sampel direndam dalam air selama 24 jam, kemudian ditimbang dalam keadaan jenuh (W_{jenuh}).

3) Berat sampel dalam air ($W_{dalam\ air}$) juga diukur.

4) Volume total sampel (V_{total}) dihitung berdasarkan dimensi geometris.

2. Rumus Perhitungan Porositas:

$$\text{Porositas}(\%) = \frac{W_{\text{jenuh}} - W_{\text{kering}}}{\rho_{\text{air}} \times V_{\text{total}}} \times 100\%$$

Dimana:

- 1) $W_{\text{jenuh}} - W_{\text{kering}}$: Berat air yang diserap oleh pori-pori.
- 2) ρ_{air} : Massa jenis air (1 g/cm³ pada 25°C).
- 3) V_{total} : Volume total sampel beton.

b. Faktor yang Diperhatikan

- 1) Waktu perendaman harus cukup untuk mencapai saturasi penuh.
- 2) Pengukuran berat harus dilakukan dengan presisi tinggi untuk hasil yang akurat.

2.6.2 Defenisi Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan suatu material untuk memungkinkan cairan atau gas mengalir melalui pori-porinya di bawah pengaruh gradien tekanan. Konsep ini sangat bergantung pada konektivitas pori-pori, karena rongga yang tidak saling terhubung tidak akan memungkinkan aliran fluida.

Permeabilitas biasanya diukur menggunakan koefisien permeabilitas (kk), yang dinyatakan dalam satuan panjang per waktu (misalnya, cm/s atau m/s). Koefisien ini dihitung menggunakan **hukum Darcy**, yaitu:

$$q = k \times A \frac{\Delta h}{L}$$

Dimana:

- q: Debit aliran fluida (m³/s)
- k: Koefisien permeabilitas (m/s)
- A: Luas penampang aliran (m²)
- Δh : Perbedaan tekanan fluida atau tinggi hidrolik (m)
- L: Panjang media porous yang dilalui fluida (m)

2.6.2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Permeabilitas

- a. Ukuran dan distribusi pori-pori: Pori-pori besar cenderung meningkatkan permeabilitas.

- b. Konektivitas pori-pori: Pori-pori yang saling terhubung memungkinkan aliran fluida.
- c. Kekasaran permukaan rongga: Permukaan kasar dapat memperlambat aliran fluida.
- d. Jenis fluida: Viskositas fluida memengaruhi kecepatan alirannya.

Dalam beton porous, permeabilitas tinggi penting untuk aplikasi seperti:

- a. Stormwater Management: Meminimalkan genangan dengan mempercepat resapan air hujan.
- b. Pengendalian Erosi: Mengurangi aliran permukaan (runoff) yang dapat menyebabkan erosi tanah.
- c. Sistem Drainase: Mengalirkan air lebih cepat ke tanah di bawahnya.

2.6.1.2 Pengujian Permeabilitas Beton Porous

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengukur kemampuan beton porous dalam mengalirkan air melalui pori-porinya.

- a. Metode Pengujian Permeabilitas

1. Metode Falling Head Permeability Test:

- 1) Sampel beton porous dipasang secara vertikal dalam tabung uji yang terhubung dengan reservoir air.
- 2) Air diisikan ke dalam tabung hingga ketinggian awal (h_1), kemudian dibiarkan mengalir melalui sampel.
- 3) Tinggi air yang tersisa diukur setelah waktu tertentu (h_2).
- 4) Koefisien permeabilitas (k) dihitung menggunakan rumus:

$$k = a \times \frac{A \times L}{A \times t} \left[\log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right]$$

Dimana:

a: Luas penampang tabung air (m^2).

L: Ketebalan sampel beton porous (m).

A: Luas penampang sampel (m^2).

t: Waktu aliran air (s).

h_1, h_2 : Tinggi air pada awal dan akhir pengujian (m).

2. Metode Constant Head Permeability Test:

- 1) Digunakan untuk material dengan permeabilitas tinggi.
- 2) Air dialirkan dengan ketinggian tekanan konstan (Δh) melalui sampel.
- 3) Debit air (q) yang keluar diukur, dan k dihitung:

$$K = \frac{q \times L}{A \times \Delta h}$$

b. Faktor yang Diperhatikan

1. Suhu air harus stabil karena memengaruhi viskositas dan hasil pengukuran.
2. Konektivitas pori-pori memengaruhi hasil permeabilitas secara signifikan.

Hubungan Pengujian Porositas dan Permeabilitas yaitu pengujian porositas dan permeabilitas memberikan gambaran menyeluruh tentang karakteristik beton porous:

- a. **Porositas** menentukan volume ruang kosong.
- b. **Permeabilitas** menunjukkan sejauh mana pori-pori tersebut terhubung secara efektif untuk aliran air.

Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kinerja beton porous dalam aplikasi seperti perkerasan berpori, pengendalian limpasan air, dan sistem drainase lingkungan.

2.7 Perbandingan Penggunaan Batu Basal dengan Agregat Lain

2.7.1 Agregat Alternatif yang Biasa Digunakan pada Beton Porous

Dalam pembuatan beton porous, agregat kasar memainkan peran penting dalam menentukan karakteristik mekanis dan hidraulis beton, seperti kekuatan tekan, daya tahan, dan permeabilitas. Agregat alternatif yang sering digunakan dalam beton porous mencakup:

1. Batu Kapur (Limestone): Batu kapur adalah salah satu agregat yang umum digunakan dalam beton porous. Batu kapur relatif ringan, mudah didapat, dan memiliki tingkat porositas yang baik, yang menjadikannya pilihan populer dalam konstruksi beton porous. Namun, batu kapur

memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan agregat lain seperti batu basal atau granit,

2. Kerikil (Gravel): Kerikil adalah agregat alami yang terdiri dari batuan kecil yang dihaluskan oleh proses alamiah. Kerikil sering digunakan dalam beton porous karena ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang relatif murah. Namun, kekuatan kerikil bisa bervariasi tergantung pada komposisi mineralnya. Agregat kerikil biasanya memberikan permeabilitas yang baik, namun tidak sekuat batu basal dalam hal kekuatan tekan.
3. Agregat Daur Ulang (Recycled Aggregate): Agregat daur ulang, yang dihasilkan dari sisa material konstruksi, juga banyak digunakan dalam beton porous untuk mengurangi dampak lingkungan. Meskipun agregat daur ulang menawarkan keunggulan dari segi keberlanjutan, kekuatannya umumnya lebih rendah dibandingkan agregat alami.
4. Batu Granit (Granite): Batu granit adalah agregat yang keras dan kuat, sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan tinggi. Kekuatan tekan batu granit mendekati batu basal, tetapi batu granit biasanya lebih mahal dan kurang efisien dari segi biaya.

2.7.2 Kelebihan dan Kekurangan Batu Basal Dibandingkan Agregat Lain

Batu basal memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan agregat alternatif yang biasa digunakan dalam beton porous. Berikut adalah perbandingan detailnya:

1. Kekuatan Tekan

Kelebihan: Batu basal memiliki kekuatan tekan yang tinggi, sekitar 100 hingga 300 MPa, menjadikannya salah satu agregat paling kuat untuk beton porous. Kekuatan tinggi ini sangat bermanfaat untuk aplikasi yang memerlukan daya dukung yang besar, seperti pada jalan raya, area parkir, atau infrastruktur yang harus menahan beban berat.

Kekurangan: Batu basal lebih berat dibandingkan agregat seperti batu kapur atau kerikil, yang dapat membuat proses konstruksi lebih menantang dalam hal transportasi dan pengerjaan manual. Meskipun

lebih kuat, penggunaan batu basal bisa tidak ekonomis untuk aplikasi ringan di mana kekuatan tekan tidak menjadi prioritas utama.

2. Ketahanan terhadap Abrasi dan Korosi:

Kelebihan: Batu basal dikenal tahan terhadap abrasi, sehingga sangat cocok untuk beton porous yang terpapar beban dinamis seperti lalu lintas kendaraan. Selain itu, batu basal juga tahan terhadap korosi dan degradasi akibat paparan air, yang membuatnya ideal untuk aplikasi di lingkungan yang basah atau korosif.

Kekurangan: Agregat seperti batu kapur mungkin lebih rentan terhadap abrasi, tetapi karena lebih mudah diproses, penggunaannya tetap menguntungkan untuk proyek-proyek skala kecil atau aplikasi non-struktural.

3. Permeabilitas

Kelebihan: Penggunaan batu basal dalam beton porous dapat memberikan kontrol yang baik terhadap permeabilitas. Meskipun batu basal cenderung memiliki porositas yang lebih rendah dibandingkan agregat seperti kerikil atau batu kapur, dengan pengaturan campuran dan ukuran agregat yang tepat, beton porous berbasis batu basal masih dapat mempertahankan tingkat permeabilitas yang memadai.

Kekurangan: Batu kapur dan kerikil cenderung memberikan permeabilitas yang lebih tinggi secara alami dibandingkan batu basal. Oleh karena itu, untuk aplikasi di mana permeabilitas menjadi prioritas, agregat seperti kerikil mungkin lebih disukai.

4. Keberlanjutan dan Dampak Lingkungan:

Kelebihan: Batu basal adalah sumber daya yang melimpah di banyak wilayah vulkanik, termasuk di Indonesia. Oleh karena itu, penggunaannya dalam beton porous bisa lebih berkelanjutan secara ekonomi di area-area tertentu. Selain itu, karena ketahanannya yang tinggi, beton porous dengan agregat batu basal memiliki masa pakai yang lebih lama, yang pada akhirnya mengurangi kebutuhan perbaikan dan penggantian.

Kekurangan: Batu basal membutuhkan proses penambangan dan pengolahan yang lebih intensif dibandingkan dengan agregat seperti kerikil atau batu kapur, yang bisa menambah biaya energi dan dampak lingkungan dari produksi material.

5. Biaya

Kelebihan: Di wilayah dengan akses mudah ke sumber daya vulkanik, batu basal bisa menjadi pilihan agregat yang ekonomis. Kekuatan dan ketahanannya juga dapat mengurangi biaya pemeliharaan dan perbaikan jangka panjang.

Kekurangan: Di daerah yang jauh dari sumber batu basal, biaya transportasi dan penambangan bisa menjadi tantangan signifikan, membuatnya kurang ekonomis dibandingkan agregat seperti kerikil yang lebih mudah diakses.

2.8 Pembangunan Berkelanjutan dan Pemanfaatan Material Lokal

2.8.1 Pentingnya Pemanfaatan Material Lokal dalam Konstruksi

Pemanfaatan material lokal dalam konstruksi semakin menjadi perhatian utama dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Penggunaan material lokal tidak hanya mendukung ekonomi daerah, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari transportasi material dari lokasi yang jauh. Menurut Sinha (2018), pemanfaatan material lokal dapat mempercepat proses pembangunan, meningkatkan ketersediaan material, dan mengurangi biaya transportasi yang berkontribusi pada efisiensi keseluruhan proyek.

Lebih jauh lagi, penggunaan material lokal dapat membantu mengurangi jejak karbon yang dihasilkan dari proses produksi dan transportasi material. Material lokal biasanya lebih mudah diakses dan diolah, sehingga mengurangi kebutuhan akan energi dalam proses manufaktur. Dengan demikian, pembangunan yang memanfaatkan material lokal dapat menjadi bagian integral dari strategi pembangunan berkelanjutan, yang tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi tetapi juga lingkungan.

2.8.2 Kontribusi Penggunaan Batu Basal terhadap Keberlanjutan dalam Konstruksi

Batu basal adalah salah satu contoh material lokal yang memiliki potensi besar untuk berkontribusi terhadap keberlanjutan dalam konstruksi. Batu basal adalah batuan beku yang terbentuk dari lava yang mendingin dan memiliki karakteristik fisik yang sangat baik untuk berbagai aplikasi konstruksi. Menurut penelitian oleh Setiawan dan Hidayati (2020), batu basal memiliki daya tahan yang tinggi, kekuatan tekan yang baik, dan tahan terhadap cuaca ekstrem, menjadikannya pilihan ideal untuk struktur bangunan.

Penggunaan batu basal dalam konstruksi tidak hanya berkontribusi pada kekuatan struktural bangunan, tetapi juga memiliki manfaat lingkungan. Batu basal seringkali tersedia secara lokal, sehingga mengurangi kebutuhan untuk mengimpor material dari tempat yang jauh. Hal ini juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari transportasi material.

2.9 Penelitian Terkait Beton Porous dengan Agregat Kasar

Beton porous adalah solusi inovatif dalam dunia konstruksi yang memungkinkan pengelolaan air hujan dengan lebih baik dan mengurangi risiko banjir. Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja beton porous adalah dengan melakukan substitusi agregat kasar. Artikel ini akan membahas studi-studi tersebut serta pemanfaatan material lokal dalam beton porous.

2.9.1 Studi Nasional dan Internasional Terkait Substitusi Agregat Kasar pada Beton Porous

Studi tentang substitusi agregat kasar pada beton porous telah dilakukan di berbagai belahan dunia. Di tingkat internasional, penelitian oleh Zhang et al. (2019) mengeksplorasi penggunaan limbah agregat sebagai substitusi agregat kasar pada beton porous. Penelitian ini menunjukkan bahwa substitusi hingga 30% agregat kasar dengan limbah dapat meningkatkan permeabilitas tanpa mengurangi kekuatan tekan. Penelitian ini memberikan bukti bahwa limbah agregat dapat menjadi alternatif yang layak untuk mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan material baru.

Di Indonesia, penelitian oleh Ningsih dan Raharjo (2021) juga menyelidiki efek substitusi agregat kasar pada beton porous menggunakan agregat daur ulang dari beton yang sudah tidak terpakai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agregat daur ulang hingga 25% tidak hanya meningkatkan permeabilitas beton tetapi juga memberikan kekuatan tekan yang sebanding dengan beton konvensional. Penelitian ini menegaskan potensi agregat daur ulang sebagai solusi yang berkelanjutan dalam konstruksi.

2.9.2 Studi Terkait Pemanfaatan Material Lokal dalam Beton Porous

Pemanfaatan material lokal dalam beton porous juga mendapatkan perhatian signifikan dalam penelitian. Dalam studi oleh Rakhmawati et al. (2022), penggunaan batu basal lokal sebagai agregat kasar pada beton porous dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batu basal memberikan kekuatan dan permeabilitas yang baik, serta berkontribusi pada pengurangan biaya transportasi dan dampak lingkungan. Batu basal, sebagai material lokal, menunjukkan performa yang setara dengan agregat kasar konvensional, sekaligus memberikan manfaat tambahan dalam hal keberlanjutan.

2.10 Kesimpulan Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka mengenai beton porous menunjukkan bahwa material dan teknik konstruksi yang digunakan dalam pembuatannya memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja, kekuatan, dan permeabilitas beton. Beberapa penelitian menyoroti pentingnya ukuran agregat, distribusi pori, serta jenis dan kualitas bahan tambah. Misalnya, penelitian oleh Babu dan Babu (2014) menekankan bahwa ukuran agregat yang optimal dapat meningkatkan kekuatan sambil tetap mempertahankan permeabilitas yang diinginkan.

Selain itu, penggunaan material lokal seperti batu basal dan agregat daur ulang telah terbukti memberikan hasil positif dalam konteks keberlanjutan. Studi oleh Ningsih dan Raharjo (2021) menunjukkan bahwa

substitusi agregat kasar dengan material lokal dapat mengurangi biaya dan dampak lingkungan, serta meningkatkan kinerja beton porous.