

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi memiliki peran yang sangat vital dalam pembangunan infrastruktur, seperti jalan raya, jembatan, gedung-gedung, dan berbagai fasilitas umum lainnya. Salah satu elemen yang sering digunakan dalam industri konstruksi adalah *paving block* yang banyak diaplikasikan pada jalan, trotoar, halaman, dan area parkir (Mudiyono & Tsani, 2019). *Paving block* material bangunan yang umumnya berbentuk segi empat atau persegi panjang dan terbuat dari beton atau bahan lainnya. Material ini dirancang untuk permukaan yang dapat dilewati oleh kendaraan maupun pejalan kaki. Keunggulan *paving block* terletak pada daya tahannya yang tinggi terhadap tekanan dan perubahan cuaca, serta kemudahan dalam pemasangannya. Selain itu, *paving block* juga memiliki nilai estetika yang dapat mempercantik area tempat pemasangannya (Indah et al., 2019). Dalam penggunaannya, *Paving block* hadir dalam berbagai bentuk, warna, dan ukuran, sehingga bisa disesuaikan dengan kebutuhan desain dan fungsi dari area yang akan dibangun. Keunggulan lain dari *paving block* adalah kemampuannya untuk dibongkar dan dipasang kembali tanpa merusak struktur aslinya. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam perawatan dan perbaikan, membuatnya menjadi pilihan yang praktis dan ekonomis dalam jangka panjang (Indah et al., 2019).

Paving block dengan komponen penyusun yaitu agregat halus, semen, dan air juga berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan berupa eksploitasi agregat dari alam (Mohsa & Putra, 2021) dan emisi karbon akibat penggunaan semen (Wibowo et al., 2022). Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan berbagai upaya dalam mengembangkan *paving block* yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan substitusi agregat seperti pada penelitian Yusril pada tahun 2023 dengan judul penelitian “Pengaruh Penambahan Batu Kapur Sebagai Pengganti Sebagian Semen pada *Paving Block*” mendapatkan hasil bahwa substitusi batu kapur pada sebagian semen mendapatkan peningkatan kekuatan 33,95 MPa pada variasi 5%. Lalu pada penelitian lainnya

yang dilakukan oleh Laksono (2023) dengan judul penelitian “Analisis Substitusi Agregat Halus dengan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur.

Beton dengan Penambahan Zat Epoxy” mendapatkan hasil bahwa penggantian sebagian pasir dengan serbuk kaca dan epoxy mendapatkan kuat tekan optimum pada variasi 40% sebesar 27,34 MPa dan kuat lentur beton sebesar 4,93 MPa. Lalu pada penelitian yang dilakukan oleh Setiahutama (2022) dengan judul penelitian “ Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Beton Normal” mendapatkan hasil bahwa pengaruh substitusi parsial terhadap semen pada kuat tekan semakin menurun pada semua variasi. Hasil menunjukkan penurunan dari tertinggi sebesar 28,61 MPa dan yang terkecil 2,31 MPa. Namun demikian hasil tersebut sudah mencapai target penelitian yang direncanakan yaitu 25 MPa.

Salah satu limbah yang akan digunakan pada penelitian ini adalah limbah plastik. Plastik adalah salah satu jenis limbah yang paling sulit terurai dan menyebabkan pencemaran lingkungan yang luas. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dalam “Pengelolaan Sampah Nasional dengan Pola Ekonomi Sirkuler Menuju *Net Zero Waste*” Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia menyatakan bahwa timbunan sampah Indonesia menghasilkan sekitar 68,5 juta ton sampah plastik setiap tahun, di mana sekitar 3,2 juta ton sampah plastik berada di lautan, menjadikan Indonesia sebagai salah satu penyumbang sampah plastik laut terbesar di dunia. Menurut National Geographic (2024), terjadi peningkatan signifikan dalam populasi plastik di dunia. Plastik *polypropylene* (PP) merupakan salah satu jenis plastik yang umum digunakan selain *Polyethylene terephthalate* (PET) memiliki karakteristik yang baik dengan kekuatan tarik sekitar 30-40 N/mm² (Putri Khavilla et al., 2019), serta titik leleh yang cukup tinggi pada suhu 190-200°C (Imam Mujiarto, 2023). Selain itu di Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang plastik yang lebih mudah ditemukan adalah plastik *polypropylene* (PP) karena banyak pendaaur ulang yang lebih mengutamakan pengolahan plastik PP dibandingkan plastik jenis lain selain dari mudah didaur ulang, plastik PP juga memiliki nilai jual yang lebih besar dibandingkan limbah plastik lain.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhulfi (2021) menunjukkan hasil bahwa substitusi plastik PP dalam pembuatan *paving block* sebesar 30% dari volume pasir mendapat kuat tekan maksimum sebesar 16,11 MPa dalam hal ini sudah memenuhi SNI 03-0691-1996 mutu C. Lalu pada penelitian yang dilakukan oleh Sultan, dkk (2020) menunjukkan hasil penggunaan limbah plastik PP menghasilkan kuat tekan maksimum pada substitusi dengan kadar 30% PP terhadap berat pasir sebesar 13,30 MPa. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Indrawijaya (2019) menunjukkan hasil penguatan produk *paving block* dengan menggunakan plastik *Low density polyethylene* (LDPE) sebagai pengganti agregat halus pada varian 10% mendapat nilai kuat tekan sebesar 23,9 MPa, dalam hal ini sudah memenuhi SNI 03-0691-1996. Lalu dalam penelitian Patriotika (2022) menunjukkan hasil pengujian *paving block* berbahan dasar campuran plastik PET dan LDPE mendapatkan kekuatan optimum sebesar 26,22 MPa dengan variasi campuran PET dengan LDPE 50:50. Selanjutnya dalam penelitian Yazid (2023) menunjukkan hasil bahwa penggunaan limbah plastik PP sebagai substitusi semen dengan perbandingan PP: Pasir 20:80 pada *paving block* mendapatkan hasil kuat tekan sebesar 12,16 MPa (mutu C). Lalu dalam penelitian yang dilakukan oleh Mufti (2020) menunjukkan bahwa plastik jenis PP dapat dimanfaatkan sebagai campuran pada *paving block* pada kadar 30% dengan kuat tekan sebesar 13,30 MPa. Pada penelitian Mahagadha (2023), ditemukan bahwa plastik dapat meningkatkan kekuatan beton hingga grade B yaitu pada kuat tekan 19,9 kg/cm² dengan komposisi tambahan 0,45% cacahan sampah plastik PET dari volume pasir. Demikian pula, dalam penelitian yang dilakukan oleh Rommel (2013) dalam pembuatan beton ringan dari agregat buatan berbahan plastik menunjukkan bahwa plastik *high density polyethylene* (HDPE) memiliki tingkat abrasi yang cukup baik sebesar 29,64 % dengan kecepatan putaran 30 rpm pada mesin penguji keausan.

Limbah cangkang kerang adalah hasil sampingan dari industri perikanan yang sering kali dibuang begitu saja dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Kampung Kerang Hijau Cilincing merupakan salah satu lokasi yang menghadapi masalah limbah cangkang kerang hijau di mana tinggi tumpukan sampah/limbah cangkang kerang tersebut menggapai lima meter (Kusumaningrum et al., 2021).

Limbah ini sering kali dibiarkan menumpuk di sekitar permukiman dan pinggir pantai sehingga menyebabkan polusi udara dan air. Limbah cangkang kerang yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran air dan tanah. Tumpukan cangkang kerang membawa dampak negatif pada ekologi lingkungan fisik (Zahroh et al., 2019) dan jika dibiarkan lebih lama akan mengganggu sistem pernapasan akibat dari bau menyengat limbah kulit kerang dan bahkan mampu menimbulkan penyakit infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) (Gumilang, 2022)

Penelitian oleh Suryani (2023) menemukan bahwa serbuk cangkang kerang dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada *paving block* mendapat nilai kuat tekan efektif pada variasi 10% sebesar 19,79 MPa dan penyerapan air efektif pada variasi 5% sebesar 8,9%. Lalu pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2020) menunjukkan hasil penggantian sebagian agregat halus menggunakan limbah kulit kerang dara mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi 30% sebesar 336,36 kg/cm² dan penyerapan air yang optimal pada variasi 0% sebesar 4,89%, lalu terjadi penurunan penyerapan hingga 3,5% pada variasi 30%. Lalu pada penelitian Ichsan (2019) pada penelitiannya menggunakan limbah kulit kerang dara sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block* menunjukkan hasil penyerapan air optimum pada penambahan kulit kerang sebanyak 30% dari berat isi sebesar 10%. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Munandar dan Purwasih (2024) pada penelitiannya yang menggunakan pecahan kulit kerang hijau pada *paving block* menunjukkan hasil pengujian daya serap air optimum pada variasi penambahan abu cangkang kerang 15% dari berat isi sebesar 7,17% dan kuat tekan optimum pada variasi penambahan abu cangkang kerang 5% dari berat isi sebesar 13,16 MPa. Lalu pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Rofikatul (2020) didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan serbuk kulit kerang hijau sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton dapat menaikkan kuat tekan beton pada variasi persentase serbuk kulit kerang 5–10%.

Menurut SNI 03-2461-2002 agregat ringan buatan atau artificial lightweight aggregate (ALWA) adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan atau memanaskan bahan-bahan, seperti peleburan besi, tanah liat diatome, fly ash,

tanah serpih, batu tulis dan lempung. Agregat ringan adalah bahan dengan massa jenis yang tidak kurang dari 1,20 g/cm³ dan tidak melebihi 2,00 g/cm³ dan struktur ALWA memungkinkan untuk beberapa aplikasi dalam teknik sipil seperti komponen pembuatan beton, serta ALWA dapat diproduksi secara artificial melalui sintering pada suhu tinggi ataupun berupa bahan alami (Moreno-Maroto et al., 2017). Bahan-bahan yang sudah pernah digunakan adalah limbah lumpur, abu terbang, abu dasar, bubuk batu hias, limbah tanah liat, sampah padat kota dan banyak lainnya (Dondi et al., 2016). Penelitian terhadap ALWA yang dilakukan oleh Saleh, dkk (2023) di mana penelitian ini berfokus pada limbah plastik sebagai agregat ringan alternatif yang dicampur dengan serbuk diatomit (89,43% SiO₂ dan 0,09% CaO) melalui proses peleburan. Dua jenis agregat plastik ini dikenal dengan nama PETOM dan DIAHPET di mana pada penelitian ini PETOM terdiri dari PET dan bubuk diatomit dengan perbandingan 3:1 sedangkan DIAHPET terdiri dari PET, HPDE, dan bubuk diatomit dengan perbandingan 3:3:1. Pada penelitian ini dengan menggantikan agregat kasar batu apung 100% menunjukkan hasil nilai kuat tekan maksimum menggunakan DIAHPET sebesar 9,95 MPa dan PETOM sebesar 5,22 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh Putri (2023) didapatkan kesimpulan bahwa substitusi agregat halus dari campuran fly ash dan LDPE dapat meningkatkan mutu pada paving block pada variasi 7,5% yang menghasilkan mutu B pada 20 MPa. Lalu pada penelitian Bekkeri G.P. (2022) dalam melakukan penelitiannya terkait sintesis agregat buatan menggunakan ash, sludge, dan slag menyatakan bahwa agregat ringan buatan dapat menjadi alternatif terbaik pengganti agregat konvensional yang ditinjau dari beberapa aspek seperti kepadatan massa agregat buatan yang sudah sesuai standar yakni 0,60 hingga 1,11 g/cm³, lalu densitas segar 20% yang lebih rendah dibandingkan dengan beton berdensitas normal, dan kualitas agregat yang dapat ditingkatkan dengan bahan tambahan khusus dan aktivator alkali selama pencampuran, perlakuan permukaan, dan proses peletisasi berlapis pada beton. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Castillo (2020) menyatakan bahwa dalam keadaan optimal 15% agregat alami dapat digantikan oleh agregat plastik buatan. Lalu Sulistyowati dan Suroptob (2013) juga menyatakan bahwa agregat ringan buatan yang dibuat pada beton dapat memenuhi

SNI 03-2461- 2002, agregat ringan dari shale dan abu sekam padi mempunyai kekerasan butir yang terbaik pada 46,96% dan juga kuat tekan untuk shale dan serbuk gergaji mendapat nilai 265,04 kg/cm².

Penelitian ini akan mengimplementasikan penggunaan ALWA pada paving block dari bahan limbah cangkang kerang dan plastik sebagai upaya mendukung pembangunan berkelanjutan di mana dalam hal ini sejalan dengan Sustainable Development Goals No. 11 yakni “Sustainable Cities and Communities” yang bertujuan untuk menciptakan kota dan permukiman yang berkelanjutan. Dalam hal ini meliputi perumahan yang aman dan terjangkau dan mengurangi dampak lingkungan kota. Berdasarkan uraian di atas, ALWA yang berasal dari kombinasi limbah plastik dan material dengan kandungan silika/kalsium (Si/Ca) memiliki potensi sebagai material berkelanjutan yang akan diterapkan sebagai pengganti agregat halus alami untuk paving block dalam penelitian **“PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG HIJAU DAN LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE SEBAGAI AGREGAT HALUS BUATAN TERHADAP SIFAT MEKANIK PAVING BLOCK”**. Pengujian terhadap paving block berbasis ALWA (plastik dan cangkang kerang) akan meliputi uji kuat tekan, uji keausan, penyerapan air, dan ketahanan terhadap natrium sulfat yang diharapkan dapat memenuhi syarat mutu SNI 03-0691-1996, serta mampu memaksimalkan proses daur ulang (recycling) material limbah dalam jumlah yang signifikan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Banyaknya limbah cangkang kerang hijau (*perna viridis*) dari Kampung Kerang Hijau Cilincing Jakarta Utara yang mencapai ketinggian 5 meter sepanjang bibir pantai dan limbah plastik PP di TPST Bantargebang Bekasi yang mencapai 19,18% dari total sampah per tahun.
2. Eksploitasi agregat alami berupa pasir dan emisi karbon dari material konstruksi.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memastikan agar penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Limbah Cangkang yang digunakan adalah limbah kerang hijau diambil dari Kampung Kerang Hijau Cilincing Jakarta Utara.
2. Limbah Plastik yang digunakan adalah limbah plastik PP diambil dari TPST Bantargebang Bekasi.
3. Standar uji *paving block* pada penelitian ini adalah SNI 03-0691-1996 dan *American Standard Testing and Material C902-09*.
4. Fokus pengujian hanya akan dilakukan pada pengujian fisik, kuat tekan, penyerapan air, ketahanan aus dan ketahanan terhadap natrium sulfat untuk target paving block mutu B.
5. Fokus penelitian ini juga membahas keterkaitan *paving block* dengan *Sustainable Development Goals (SDG) program*.
6. Penelitian ini hanya akan dalam berbentuk sampel berbentuk balok dengan panjang 20 cm × lebar 10 cm × tinggi 6 cm.
7. Proporsi berat semen : berat agregat halus = 1 : 4
8. Proporsi berat PP : berat serbuk cangkang kerang yang akan menjadi ALWA adalah 5 : 1
9. Ukuran butir ALWA yang digunakan sebagai pengganti agregat halus alami (pasir) lolos saringan No. 4 ($\leq 4,75$ mm)
10. Variasi substitusi ALWA terhadap agregat halus alami adalah 0 %, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah yang dirumuskan masalah sebagai berikut: “Bagaimana pemanfaatan limbah cangkang kerang hijau (*perna viridis*) dan limbah plastik *Polypropylene* sebagai agregat halus buatan terhadap sifat fisik dan mekanik *paving block*?”.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara garis besar adalah untuk menganalisa sifat fisik dan mekanik dari *paving* block dengan substitusi ALWA terhadap pasir. Selanjutnya, mengetahui potensi kombinasi limbah plastik PP dan limbah cangkang kerang hijau sebagai ALWA yang digunakan untuk menggantikan pasir dalam pembuatan *paving block*.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian:

- a. Mendukung *Sustainable Development Goals* (SDG) No. 11 dengan tujuan nomor 6 yaitu “*Sustainable Cities and Communities*” terkait pemanfaatan maksimal limbah sebagai material substitusi agregat halus dalam *paving block*.
- b. Memberikan informasi lebih lanjut mengenai potensi ALWA berbasis limbah plastik dan limbah cangkang kerang berdasarkan penelitian yang telah ada sebelumnya.
- c. Sebagai bentuk implementasi mata kuliah Praktek Uji Bahan (PUB) Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta.