

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, sampel *roster* dibuat dengan memvariasikan komposisi LDPE, pasir silika, dan batu *split*. Sampel terdiri dari empat buah yang diberi nama sampel 1,2,3, dan 4. Semua sampel dibuat dengan ukuran yang sama (15×15×15 cm). Namun, dengan massa kering dan basah yang bervariasi setiap sampel. Hasil dari setiap pengukuran akan digunakan untuk menghitung beberapa parameter yang merepresentasikan karakteristik sampel, yaitu nilai daya serap air, kuat tekan, dan densitas. Berikut adalah data hasil pengukuran sampel sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Pengukuran Sampel

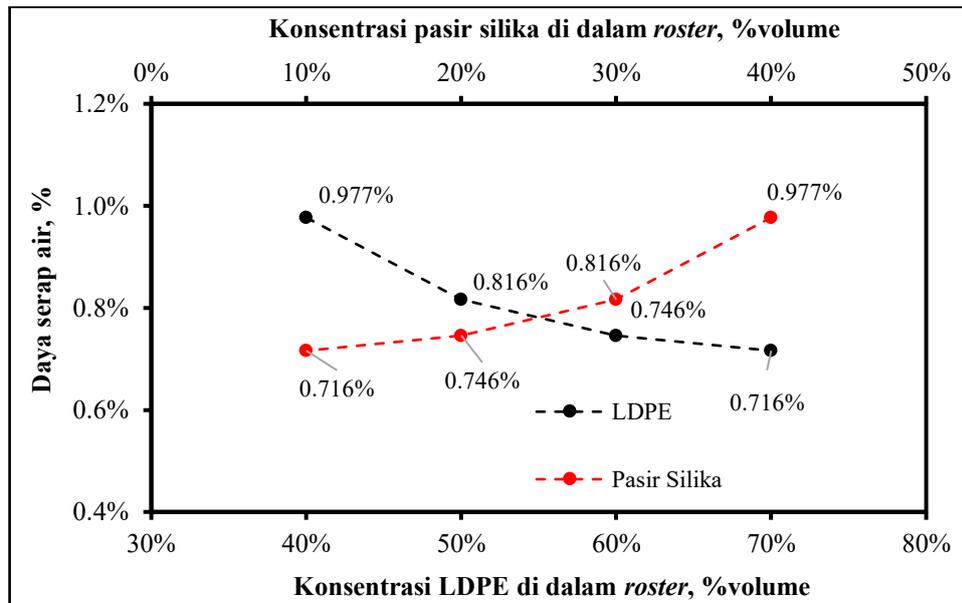
| Sampel | % Berat | | | Massa Kering (kg) | Massa Basah (kg) | Beban Tekan (kN) |
|--------|---------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | LDPE | Pasir Silika | Batu <i>Split</i> | | | |
| 1 | 70 | 10 | 20 | 3,91 | 3,938 | 308,6 |
| 2 | 60 | 20 | 20 | 4,02 | 4,05 | 243,5 |
| 3 | 50 | 30 | 20 | 5,024 | 5,065 | 234,5 |
| 4 | 40 | 40 | 20 | 5,63 | 5,685 | 184,7 |

4.2 Pembahasan

Bagian ini menyajikan analisis pengaruh variasi komposisi %volume LDPE dan pasir silika terhadap sifat fisik dan mekanik sampel roster, yaitu daya serap air, kuat tekan, dan densitas. Analisis dilakukan dengan menghubungkan hasil pengujian yang diperoleh dengan landasan teori yang telah dijelaskan pada Bab II. serta beberapa referensi pendukung dari penelitian-penelitian sebelumnya. Selain itu, dilakukan optimasi dengan *scoring* berbasis *excel* untuk menentukan komposisi *roster* yang paling optimal sekaligus telah memenuhi persyaratan fisik berdasarkan SNI 03-0349-1989.

4.2.1 Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan dengan menimbang sampel kering dan sampel basah. Persentase daya serap air dihitung dengan mengurangi massa sampel basah terhadap sampel kering, kemudian membaginya dengan massa sampel kering dan mengalikan 100%. Persentase daya serap air memberikan gambaran mengenai seberapa besar kemampuan suatu sampel dalam menyerap air. Nilai persentase yang lebih rendah menunjukkan bahwa kemampuan sampel untuk menyerap air juga semakin kecil., sebaliknya semakin besar nilai tersebut, semakin tinggi kemampuan sampel dalam menyerap air. Dalam penelitian ini, kemampuan daya serap air dipengaruhi oleh variasi komposisi dalam sampel. Diagram pengaruh komposisi LDPE dan pasir silika terhadap persentase daya serap air disajikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Daya Serap Air

Dari Gambar 4.1, persentase daya serap air terbesar terdapat pada sampel 4 sebesar 0,977%, dengan komposisi 40% LDPE, 40% pasir silika, dan 20% batu *split*, sedangkan daya serap air terkecil ditemukan pada sampel 1, yaitu sebesar 0,716% dengan komposisi 70% LDPE, 10% pasir silika, dan 20% batu *split*. Peningkatan komposisi LDPE (dari 40% menjadi 70%) menyebabkan penurunan daya serap air, sebagaimana ditunjukkan oleh sampel 1 yang memiliki daya serap air terkecil. Sebaliknya peningkatan komposisi pasir silika (dari 10% menjadi 40%) menyebabkan peningkatan daya serap air sampel, sebagaimana ditunjukkan oleh sampel 4 dengan daya serap air terbesar. Sampel 1 menunjukkan daya serap air paling rendah karena mengandung komposisi LDPE tertinggi (70%) dan pasir silika terendah (10%) dibandingkan ketiga sampel lainnya, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Sebaliknya, sampel 4

menunjukkan daya serap air tertinggi karena memiliki komposisi LDPE terendah (40%) dan pasir silika tertinggi (40%) dibandingkan ketiga sampel lainnya.

Tren pengaruh komposisi LDPE terhadap daya serap air juga diperlihatkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Silfiani, dkk. Pada penelitiannya, terdapat enam sampel berukuran $1 \times 1 \times 1$ dengan perbandingan antara pasir dan LDPE dengan rasio, yaitu sampel 1 (4:1), sampel 2 (1:1), sampel 3 (1:2), sampel 4 (1:3), sampel 5 (1:4), dan sampel 6 (1:5). Proses pembuatan sampel pada penelitian tersebut dilakukan dengan metode konvensional, yaitu melelehkan LDPE melalui proses insinerasi pada suhu sekitar ± 300 °C, kemudian menambahkan pasir ke dalam lelehan tersebut dan mengaduknya secara manual hingga homogen.

Pada penelitiannya, keenam sampel diuji daya serap airnya menggunakan metode yang sama dengan penelitian ini. Berdasarkan penelitiannya, peningkatan komposisi LDPE menyebabkan penurunan daya serap air. Daya serap air tertinggi ditemukan pada sampel 1 sebesar 24,454% dan daya serap air terendah sebesar 0,308% pada sampel 6 [52]. Meskipun terdapat perbedaan metode pelelehan LDPE dan ukuran sampel antara penelitian ini dan penelitian Silfiani, hasil yang diperoleh tetap menunjukkan tren yang sama, yaitu penurunan tren daya serap air seiring dengan peningkatan komposisi LDPE.

Penurunan nilai daya serap air seiring bertambahnya komposisi LDPE disebabkan oleh LDPE yang merupakan jenis termoplastik hampir

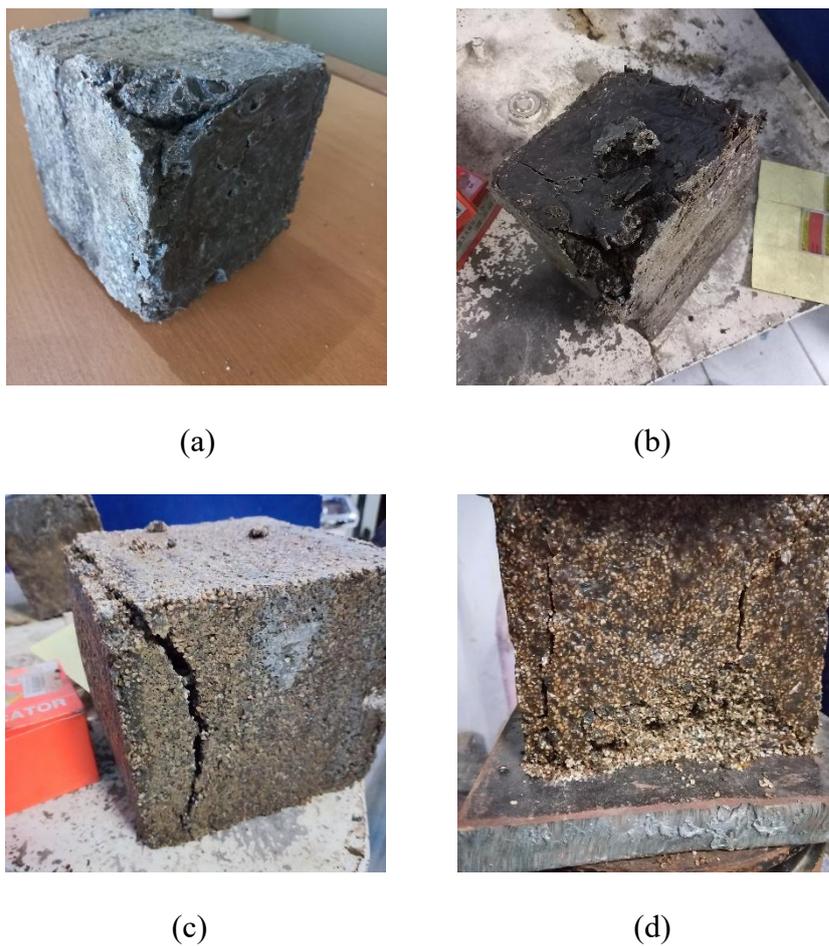
tidak tembus karena sifat non-polarnya, sehingga LDPE tidak dapat larut dan bereaksi terhadap senyawa polar seperti air [53]. Nilai daya serap air yang menurun juga diperkuat oleh sifat hidrofobik LDPE, sehingga dapat meningkatkan sudut kontak dengan air pada permukaan sampel dan menghambat jalannya penetrasi air ke pori-pori sampel [54]. Hal ini berkontribusi dalam meminimalisir terjadinya degradasi, seperti pertumbuhan mikroorganisme akibat kelembaban, serta dapat meningkatkan durabilitas. Sementara itu, pengaruh dari pasir silika terhadap daya serap air pada penelitian ini adalah sifatnya yang hidrofilik atau menyerap air sehingga peningkatan komposisi pasir silika menyebabkan peningkatan daya serap air pada sampel [55].

Roster dikategorikan sebagai bata beton berlubang dengan maksimal penyerapan air sebesar 25% dari berat keringnya berdasarkan SNI 03-0349-1989. Jika dilihat dari Gambar 4.1, keempat sampel *roster* pada penelitian ini telah memenuhi kriteria tersebut karena memiliki daya serap air yang lebih kecil dari 25%, dengan daya serap terkecil atau hasil terbaik yaitu pada sampel 1, sebesar 0,716% dengan komposisi 70% LDPE, 10% pasir silika, dan 20% batu *split*.

4.2.2 Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Kuat Tekan

Uji tekan dilakukan dengan meletakkan benda uji atau sampel pada bidang tekan mesin secara sentris dan memberikan pembebanan. Besar kuat

tekan menunjukkan kemampuan beton dalam menahan beban tekan maksimum. Dari nilai kuat tekan dapat dievaluasi kekuatan struktural beton tersebut. Semakin tinggi kuat tekan, semakin besar kemampuan struktur beton untuk menahan beban. Pembebanan yang diberikan kepada benda uji akan membuat benda uji hancur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. [37].



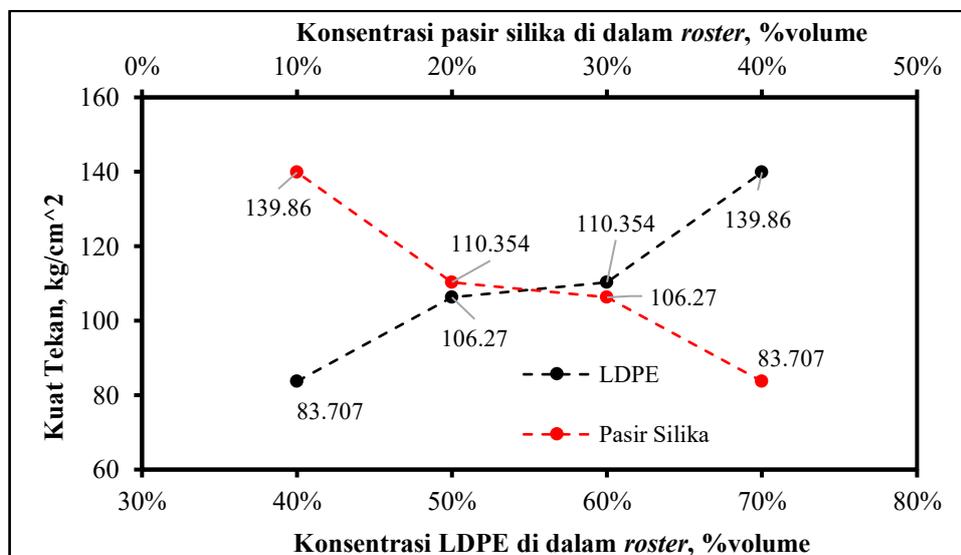
Gambar 4. 2 Sampel *Roster* Setelah Uji Kuat Tekan, a) Sampel 1, b) Sampel 2, c) Sampel 3, d) Sampel 4

Gambar 4.2 menunjukkan sampel *roster* yang telah dilakukan pengujian kuat tekan. Meskipun sampel telah mengalami retakan akibat

beban tekan, bentuk fisik dan dimensi utamanya masih dapat diamati secara visual. Sampel dibuat dalam bentuk kubus berukuran $15 \times 15 \times 15$ cm sesuai dengan standar pengujian untuk uji tekan. Visualisasi ini bertujuan memberikan gambaran umum mengenai bentuk dan kondisi sampel, sebelum dijelaskan lebih lanjut mengenai hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh.

Pola retakan atau *crack* yang terjadi pada keempat sampel dapat dipengaruhi oleh perbedaan komposisi di setiap sampel. Pada sampel 1 (Gambar 4.2 (a)) dan sampel 2 (Gambar 4.2 (b)) *crack* cenderung muncul pada ujung sampel. Keempat sampel berbentuk kubus $15 \times 15 \times 15$ cm, bentuk geometri dapat menentukan potensi terjadinya konsentrasi tegangan (*stress concentration*) secara makroskopik. Pada geometri berbentuk persegi, konsentrasi tegangan umum terjadi di bagian ujung atau sudut apabila benda dikenai beban tekan [56]. Walaupun, inisiasi retakan tidak selalu berada di ujung, dan dalam komposit yang mikrostruktur berpengaruh lebih signifikan dalam *crack*. Terdapat faktor mikroskopik yang menyebabkan *crack* diujung sampel, seperti adanya *void* lokal dan distribusi *filler* partikel yang tidak homogen. Sampel 1 dan sampel 2 memiliki komposisi matriks LDPE yang cukup tinggi, serta *filler* pasir silika yang lebih rendah. Rendahnya komposisi *filler* memungkinkan berkurangnya jalur *crack propagation* (perambatan retak) dalam matriks, sehingga hanya terdapat patahan lokal pada bagian ujung sampel seperti pada Gambar 4.2 (a) [57].

Sementara itu, pada sampel 3 (Gambar 4.2 (c)) *crack propagation* mulai terbentuk yang merambat secara vertikal di sisi samping sampel dari permukaan tekan. Pada sampel 3 komposisi *filler* semakin meningkat dan lebih tinggi, yang dapat menyebabkan peningkatan laju inisiasi dan perambatan retakan karena terbentuknya jalur retakan pada antarmuka filler-matriks [57]. Berbeda dengan sampel 4 dengan komposisi *filler* sangat tinggi, yang dapat menyebabkan sedimentasi *filler* akibat dispersi yang tidak homogen maupun selama proses pencetakan. Hal ini membuat terbentuknya gradien dalam konsentrasi *filler* partikel, sehingga dapat menciptakan lapisan dengan *filler* terkonsentrasi lebih padat dan keras dibandingkan lapisan atasnya, yang memicu terjadinya kelemahan struktural dan *crack initiation* [58]. Variasi komposisi LDPE dan pasir silika juga memengaruhi kuat tekan sampel *roster*. Gambar 4.3 mengajikan grafik hubungan antara variasi komposisi dalam %berat terhadap nilai kuat tekan.



Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 4.3, kuat tekan tertinggi sebesar 139,86 kg/cm², yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 70% LDPE, 10% pasir silika, dan 20% batu *split*, sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada sampel 4 dengan komposisi 40% LDPE, 40% pasir silika, dan 20% batu *split* sebesar 83,707 kg/cm². Penurunan nilai kuat tekan ini disebabkan oleh variasi komposisi LDPE dan pasir silika dalam sampel. Seiring meningkatnya komposisi LDPE (dari 40% menjadi 70%) kuat tekan pun meningkat. Sebaliknya, dengan meningkatnya komposisi pasir silika (dari 10% menjadi 40%) kuat tekan sampel justru menurun. Sampel 1 pada penelitian ini menunjukkan kuat tekan tinggi karena komposisi LDPE yang lebih banyak dan pasir silika yang lebih sedikit dibandingkan ketiga sampel lainnya, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1, sedangkan sampel 4 menunjukkan kuat tekan paling rendah akibat komposisi LDPE yang sedikit dan pasir silika yang lebih banyak.

LDPE pada penelitian ini berperan sebagai matriks yang berfungsi untuk mengikat dan menyatukan *filler*, serta mendistribusikan beban atau tegangan secara merata pada material komposit. Walaupun memiliki banyak keunggulan, salah satunya fleksibilitas yang baik, LDPE tetap memiliki kelemahan berupa kekuatan relatif rendah untuk menahan beban [10]. Sebaliknya, pasir silika yang lebih keras berperan sebagai *filler* berbentuk partikel (*particulate filler*) yang umumnya memiliki kemampuan *interlocking* antar partikel, sehingga memiliki kekuatan yang cenderung

lebih baik dari LDPE yang seharusnya dapat meningkatkan kekuatan material komposit jika semakin banyak fasenya yang terdistribusi dan merata pada matriks [7] [59].

Peran antara matriks polimer dan *particulate filler* khususnya pasir silika, diperlihatkan dalam penelitian yang dilakukan Babba dkk. Penelitian tersebut mengkaji mengenai efek penambahan pasir silika terhadap sifat mekanik komposit resin epoksi (PMC) untuk aplikasi beton. Pasir silika dalam penelitiannya berperan sebagai *filler* pada matriks resin epoksi yang divariasikan %volumenya 0% hingga 15%. Pada penelitiannya, terdapat empat sampel dengan variasi komposisi pasir silika dan pengaruhnya terhadap kekuatan ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Variasi Komposisi Pasir Silika terhadap Kekuatan Tekan Komposit untuk Aplikasi beton [59]

| Sampel | Komposisi | Kekuatan Tekan (MPa) | Keterangan |
|----------|--------------------------|----------------------|--|
| Sampel 1 | Resin + 0% Pasir Silika | 29.47 | Sampel kontrol (tanpa filler pasir silika) |
| Sampel 2 | Resin + 5% Pasir Silika | 32.82 | |
| Sampel 3 | Resin + 10% Pasir Silika | 35.52 | |
| Sampel 4 | Resin + 15% Pasir Silika | 31.28 | |

Berdasarkan Tabel 4.2. terdapat sampel 1 (resin + 0% pasir silika), sampel 2 (resin + 5% pasir silika), sampel 3 (resin + 10% pasir silika), dan

sampel 4 (resin + 15% pasir silika). Sampel 3 menunjukkan sampel dengan komposisi yang paling optimal dengan kekuatan terbesar, yaitu 35,52% dan terdapat peningkatan adhesi. Terjadi penurunan kekuatan pada sampel 4 yang memungkinkan dikarenakan peningkatan kerapuhan (*brittleness*) akibat komposisi pasir silika yang lebih banyak [59].

Namun demikian, hasil dari penelitian ini menunjukkan tren yang berlawanan dengan penelitian Babba, dkk. Dalam penelitian ini, peningkatan komposisi pasir silika justru menyebabkan penurunan kuat tekan secara konsisten. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh mekanisme interaksi yang lemah, seperti adhesi antarmuka (*interfacial adhesion*) yang buruk antara matriks (LDPE) dan *filler*, terutama pasir silika. Adhesi yang lemah disebabkan oleh perbedaan polaritas antara matriks dan filler. LDPE bersifat non-polar karena terdiri dari rantai molekul etilena panjang yang tidak memiliki atom elektronegatif atau gugus fungsional yang dapat membentuk ikatan polar, sehingga bersifat hidrofobik [60]. Akibatnya, LDPE sulit berikatan secara kimia dengan pasir silika dan batu *split* yang bersifat hidrofilik dan polar, meskipun hidrofilisitas pasir silika lebih rendah dibandingkan pasir bangunan pada umumnya. Sifat hidrofilik pada pasir silika disebabkan adanya keberadaan gugus silanol (Si-OH) pada permukaan silika [55]. Lemahnya adhesi antara LDPE dan *filler* menyebabkan terjadinya pelepasan ikatan (*debonding*) saat beban diterapkan [61]. Tanpa adanya modifikasi permukaan pada matriks

atau filler, ikatan yang terbentuk hanya bersifat fisik dan bukan ikatan kimia yang kuat [62].

Selain itu, kurangnya gradasi *filler* atau agregat pada penelitian ini juga dapat menyebabkan kepadatan sampel *roster* berkurang. Gradasi agregat yang optimal memungkinkan partikel-partikel kecil mengisi ruang kosong di antara partikel yang lebih besar, sehingga dapat menurunkan volume pori serta meningkatkan kerapatan beton. Dengan berkurangnya pori-pori, beton menjadi lebih padat dan memiliki kemampuan yang tinggi. Hal ini berarti beton dapat memiliki ketahanan mekanis yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatannya [63]. Namun, pada penelitian ini gradasi yang digunakan pada pasir silika hanya melibatkan partikel lolos ayakan 10# sampai 18#, sedangkan batu *split* yang digunakan hanya lolos ayakan 6# dan 8#. Kondisi ini menyebabkan butiran yang lebih kecil tidak dapat sepenuhnya mengisi celah di antara butiran yang lebih besar, sehingga volume *void* pada sampel meningkat, yang menyebabkan ketahanan mekanis material pun menurun, sebagaimana terlihat dari hasil uji kuat tekan yang semakin rendah seiring meningkatnya *filler*.

Campuran yang kurang merata juga dapat diakibatkan saat proses pengadukan. Pengadukan campuran dilakukan secara manual menggunakan pengaduk yang bersifat isolator dan tangan, serta keseragaman campuran hanya dipantau secara visual. Kondisi ini berpotensi menjadi faktor eksternal yang menyebabkan distribusi *filler* menjadi kurang merata. Pada sampel 4, ketika komposisi LDPE dan pasir silika setara, ada kemungkinan

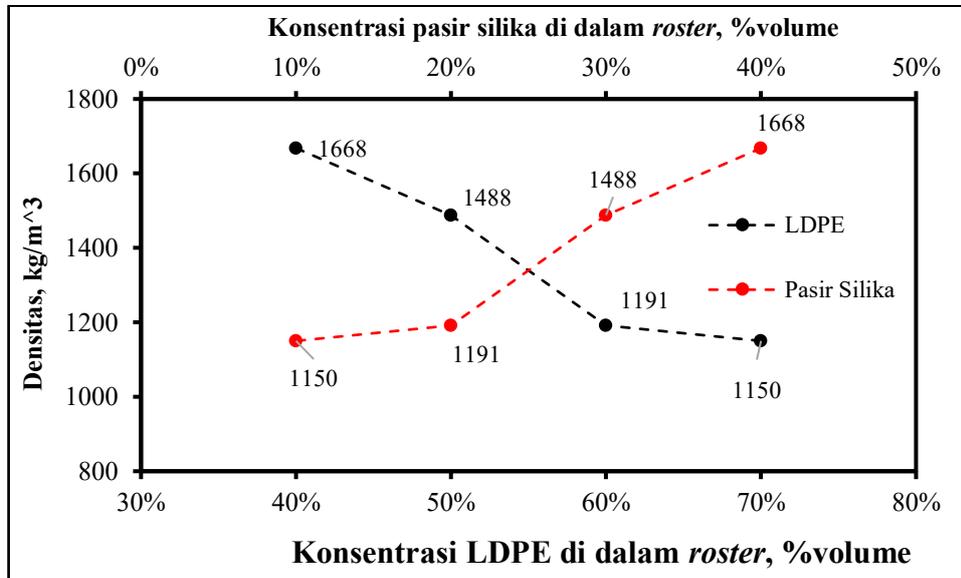
LDPE tidak dapat sepenuhnya menyelimuti *filler* secara setelah penambahan batu *split*, sehingga hanya terjadi ikatan fisik atau Van der Waals yang lemah. Akibatnya, saat dikenakan beban, *filler* cenderung mudah terlepas dari matriks [64]

Berdasarkan SNI S-04-1989-F, *roster* dikategorikan sebagai beton berlubang mutu IV dengan minimal kuat tekan sebesar 20 kg/cm² menurut SNI 03-0349-1989. Hasil pengujian menunjukkan semua sampel *roster* pada penelitian ini memenuhi standar kekuatan tekan beton berlubang mutu IV, dengan melebihi batas minimum 20 kg/cm².

4.2.3 Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Densitas

Densitas merupakan ukuran dari massa setiap satuan volume tertentu. Semakin besar massa suatu benda dalam volume yang sama, densitasnya pun akan semakin besar. Densitas sampel pada penelitian ini dihitung menggunakan metode Archimedes. Densitas dihitung untuk mengetahui kepadatan dari sampel *roster* serta untuk menganalisa pengaruh LDPE sebagai matriks dalam upaya membuat *roster* menjadi lebih ringan dibandingkan dengan densitas normal yang berada pada kisaran 2300-2500 kg/m³ [65]. Densitas menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kualitas *roster*. Densitas dapat memengaruhi berat total, kemudahan instalasi, serta efisiensi penggunaan material. Pada penelitian ini, densitas setiap sampel ditentukan oleh variasi komposisi LDPE dan pasir. Grafik yang menggambarkan hubungan antara variasi komposisi

terhadap nilai densitas yang diperoleh dari pengujian ditampilkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Komposisi LDPE dan Pasir Silika Terhadap Densitas

Dari Gambar 4.4, densitas terkecil ditemukan pada sampel 1 sebesar 1150 kg/m³ dengan komposisi 70% LDPE, 10% pasir silika, dan 20% batu *split*. Densitas terbesar ditemukan pada sampel 4 dengan komposisi 40% LDPE, 40% pasir silika, dan 20% batu *split*, yaitu sebesar 1668 kg/m³. Dengan meningkatnya komposisi LDPE (dari 40% menjadi 70%) densitas sampel menurun, sebagaimana terlihat pada sampel 1 yang memiliki densitas terkecil. Sebaliknya, peningkatan komposisi pasir silika (dari 10% menjadi 40%) menyebabkan peningkatan densitas sampel, sebagaimana ditunjukkan pada sampel 4 dengan densitas terbesar. Hal ini dapat dijelaskan oleh perbedaan densitas masing-masing material penyusun sampel *roster* penelitian ini. Jenis limbah LDPE yang digunakan pada

penelitian ini adalah kantong plastik yang umumnya memiliki densitas sebesar 930 kg/m^3 atau $0,93 \text{ g/cm}^3$, sedangkan pasir silika umumnya memiliki densitas lebih tinggi, sekitar 2650 kg/m^3 atau $2,65 \text{ g/cm}^3$ [66] [67].

Sampel 1 memiliki komposisi LDPE terbanyak, yaitu 70% dan komposisi pasir silika terkecil, yaitu 10%. Dengan komposisi LDPE yang paling banyak dan pasir silika paling sedikit dibandingkan ketiga sampel lainnya, massa total sampel menjadi lebih ringan akibat densitas LDPE yang rendah, sehingga densitas keseluruhan sampel juga cenderung lebih kecil, yaitu sebesar 930 kg/m^3 . Sampel 4 dengan komposisi 40% LDPE, 40% pasir silika, dan 20% batu *split*, menunjukkan densitas terbesar karena mengandung komposisi pasir silika, yaitu material dengan densitas lebih tinggi, dalam proporsi yang lebih besar dibandingkan sampel lainnya. Peningkatan persentase pasir silika ini meningkatkan massa total sampel karena memiliki densitas lebih tinggi dibandingkan LDPE, sehingga densitas keseluruhan sampel juga meningkat. Dengan demikian, variasi komposisi LDPE dan pasir silika memengaruhi massa total sampel secara langsung. Perubahan massa akibat variasi komposisi berdampak pada densitas akhir sampel. Semakin tinggi komposisi material dengan densitas lebih tinggi, semakin besar massa dan densitas total sampel [68].

Berdasarkan kategori *roster* pada SNI S-04-1989-F, *roster* tergolong kedalam konstruksi yang tidak menahan beban dan berfungsi sebagai penyekat atau ventilasi dan juga dapat sebagai fungsi estetika. Densitas yang rendah dapat meningkatkan laju ventilasi (jumlah udara yang masuk dan

keluar) sehingga memperlancar sirkulasi udara di dalam suatu ruangan. *Roster* dengan densitas rendah cenderung memiliki struktur yang lebih ringan, sehingga memungkinkan udara masuk tidak hanya melalui lubang utama, tetapi juga melalui pori-pori mikro. Selain itu, struktur yang ringan ini memudahkan dalam instalasi atau pemasangan dan dapat mengurangi beban struktural pada bangunan. Hal ini relevan dengan *roster* yang dikategorikan pada mutu IV yang tidak terlalu menahan beban struktural sehingga tidak diperlukan kekuatan yang sangat tinggi [69].

4.2.4 Optimasi Komposisi Sampel *Roster*

Secara umum optimasi bertujuan untuk menemukan solusi terbaik dari suatu sistem. Pada konteks penelitian, solusi ini biasanya berupa titik terbaik dari beberapa kombinasi variabel yang memberikan hasil yang optimal berdasarkan kriteria tertentu [70]. Pada penelitian ini, optimasi dilakukan untuk menentukan komposisi sampel *roster* yang paling optimal berdasarkan data eksperimental atau data aktual yang telah diperoleh. Optimasi dilakukan menggunakan pemodelan berbasis Excel yang bertujuan untuk mengevaluasi performa setiap sampel secara komparatif dengan parameter hasil pengujian berupa daya serap air, kuat tekan, dan densitas. Data aktual hasil pengujian keempat sampel *roster* ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Aktual Hasil Pengujian Sampel *Roster*

| Sampel | LDPE (%) | Pasir Silika (%) | Batu <i>Split</i> (%) | Daya Serap Air (%) | Uji Kuat Tekan (kg/cm ²) | Densitas (kg/m ³) |
|--------|----------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 70 | 10 | 20 | 0.716 | 139.86 | 1150 |
| 2 | 60 | 20 | 20 | 0.746 | 110.354 | 1191 |
| 3 | 50 | 30 | 20 | 0.816 | 106.27 | 1488 |
| 4 | 40 | 40 | 20 | 0.977 | 83.707 | 1668 |
| | | | Min | 0.716 | 83.707 | 1150 |
| | | | Max | 0.977 | 139.86 | 1668 |

Nilai setiap parameter untuk masing-masing sampel diperoleh melalui pengujian berada pada skala yang berbeda. Nilai daya serap air dalam skala persentase, nilai kuat tekan dalam satuan kg/cm², dan nilai densitas dalam satuan kg/m³. Oleh karena itu, untuk menyeragamkan data dilakukan normalisasi ke dalam skala 0-1 agar sistem bisa melakukan perbandingan data dalam skala yang sama. Hasil normalisasi setiap parameter untuk masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Normalisasi dan Skor Akhir Sampel *Roster*

| Normalisasi Daya Serap Air | Normalisasi Kuat Tekan | Normalisasi Densitas | Skor |
|----------------------------|------------------------|----------------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0.88505747 | 0.47454277 | 0.92084942 | 0.76014989 |
| 0.61685824 | 0.4018129 | 0.34749035 | 0.45538716 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

Skor pada Tabel 4.4 menunjukkan performa setiap sampel sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Pada penelitian ini kriteria parameter yang dibutuhkan adalah sampel dengan daya serap air yang rendah, kuat tekan tinggi, dan densitas yang rendah. Berdasarkan Tabel 4.4 nilai parameter telah dinormalisasi menjadi skala 0-1, dimana sampel dengan skor yang paling mendekati 1 atau sama dengan 1 dianggap memiliki performa terbaik sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Oleh karena itu, dari data yang disajikan pada Tabel 4.4 sampel *roster* yang menunjukkan performa terbaik atau paling optimal untuk diaplikasikan adalah sampel 1 dengan komposisi 70% LDPE, 10% pasir silika, dan 20% batu *split*.