BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roster

2.1.1. Pengertian Roster

Roster adalah material pada bangunan yang umum digunakan untuk material pemasangan dinding. Menurut Vidiyanti dkk.,roster adalah elemen bangunan yang memungkinkan cahaya matahari dan udara masuk secara bersamaan. Fungsi utamanya adalah sebagai ventilasi dan pencahayaan alami dengan tingkat transparansi yang lebih rendah dibandingkan kaca bening. Dari sudut pandang ventilasi, roster lebih efektif daripada kaca karena selain membiarkan cahaya masuk, roster juga membantu mengurangi intensitas sinar matahari yang berlebihan dan memungkinkan sirkulasi udara yang lebih baik ke dalam bangunan (Vidiyanti dkk., 2018).

Berdasarkan SNI 6897:2008 komposisi bahan campuran roster pada umumnya meliputi semen, pasir, air, dan bahan tambahan lainnya. Campuran roster perlu disusun dengan perbandingan yang tepat dan dalam kondisi lembab untuk memastikan kualitas yang optimal. Setelah proses pencampuran, campuran roster tersebut ditempatkan dalam cetakan dan dikeringkan secara menyeluruh hingga mengeras. Proses pengeringan yang baik sangat penting untuk mencapai kekuatan dan daya tahan yang diinginkan pada produk akhir. (Umar, 2019)

Penggunaan roster pada fasad bangunan dapat memengaruhi pencahayaan alami di dalam ruangan. Beberapa jenis roster mungkin membatasi jumlah cahaya alami yang dapat masuk, sedangkan jenis fasad lainnya, seperti kaca, dapat menyediakan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi. Roster berfungsi sebagai elemen bangunan yang dapat menyeimbangkan pencahayaan alami dan aliran udara, sehingga menciptakan lingkungan yang nyaman dan sesuai bagi penghuni, terutama di daerah tropis (Maulidin & Nurhasan, 2019).

2.1.2. Jenis-jenis Roster

1. Roster Keramik

   Roster keramik adalah elemen bangunan yang dibuat dari campuran tanah liat yang diolah dan dibakar untuk memberikan kekuatan dan ketahanan. Roster ini digunakan dalam desain arsitektur untuk memfasilitasi ventilasi, pencahayaan, dan aspek estetika bangunan. Adapun kelebihan dari roster keramik adalah sebagai berikut:

   A. Meningkatkan ventilasi udara alami

      Menurut Wibisono, roster keramik memiliki rongga atau lubang yang memungkinkan pertukaran udara secara alami sehingga dapat meningkatkan kualitas sirkulasi udara bangunan (Wibisono, 2020).

   B. Menurunkan suhu ruangan (kenyamanan termal)

      Material keramik memiliki massa termal yang baik dan dikombinasikan dengan lubang ventilasi dapat membantu menurunkan suhu ruang (Wibisono, 2020).

   C. Mengurangi konsumsi energi bangunan

      Dengan adanya ventilasi alami dan pencahayaan alami, penggunaan pendingin ruangan seperti AC dapat berkurang (Rezvanpour dkk., 2023)

   D. Memberikan pencahayaan alami

      Menurut Shinohara, *breeze block* atau *ventilation block* merupakan elemen bangunan berlubang yang disusun membentuk bidang vertikal berpori pada fasad. Struktur berpori tersebut memberikan manfaat lingkungan bangunan karena mampu meningkatkan aliran udara (ventilasi alami) sekaligus pengendalian radiasi matahari dan pencahayaan alami ke dalam ruang (Shinohara, 2023).

   E. Nilai estetika tinggi

      Ventilation block atau roster merupakan elemen arsitektur modular yang mampu memberikan nilai estetika melalui pembentukan pola geometris pada fasad bangunan, sekaligus berfungsi sebagai media ventilasi alami dan pencahayaan. Penggunaan elemen ini banyak ditemukan pada

bangunan di daerah tropis karena mampu mengintegrasikan fungsi lingkungan dengan ekspresi desain arsitektural (Nordin dkk., 2019)

F. Tahan api dan cuaca

Material keramik yang dihasilkan dari proses pembakaran tanah liat pada suhu tinggi (±800-1200°C) mengalami proses sintering yang meningkatkan kepadatan dan kestabilan struktur material. Kondisi tersebut menyebabkan material memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, stabilitas dimensi yang baik, serta ketahanan terhadap pengaruh cuaca lingkungan. Oleh karena itu, material berbasis tanah liat yang dibakar mempunyai stabilitas termal dan mekanik tinggi sehingga banyak digunakan sebagai material bangunan (Wibisono, 2020)

Sedangkan kekurangan dari roster keramik adalah sebagai berikut:

a. Privasi ruangan terbatas

Menurut Nordin dkk., roster keramik memiliki bukaan permanen berupa lubang-lubang yang memungkinkan udara dan cahaya masuk secara kontinu. Secara umum, kondisi ini juga menyebabkan visibilitas dari luar masih dapat terjadi, terutama pada bukaan yang besar atau tanpa elemen pengarah pandangan. Oleh karena itu, penggunaannya perlu mempertimbangkan aspek privasi serta lokasi pemasangan. Oleh karena itu, penggunaannya perlu mempertimbangkan lokasi pemasangan, arah pandangan, serta kebutuhan privasi ruang.

b. Tidak kedap air

Penggunaan perforated block pada fasad memerlukan pertimbangan orientasi terhadap kondisi cuaca karena elemen tersebut tidak sepenuhnya mampu melindungi bangunan dari penetrasi air hujan (Shinohara, 2023). Lubang pada roster berpotensi memungkinkan air hujan masuk ke dalam ruang, terutama apabila fasad terpapar langsung oleh arah angin dan hujan serta tidak dilengkapi elemen pelindung seperti overhang, kemiringan bukaan, atau perlindungan tambahan. Oleh karena itu, dalam desain bangunan tropis, orientasi terhadap arah hujan dan angin menjadi faktor penting dalam penerapan elemen berlubang.

c. Tidak kedap suara

Menurut Rezvanpour dkk., dinding roster memiliki rongga terbuka yang memungkinkan gelombang suara melewati celah dengan relatif mudah. Berbeda dengan dinding padat yang meredam suara melalui massa material, roster memiliki massa efektif yang lebih kecil serta jalur transmisi langsung bagi gelombang suara. Secara umum, kondisi ini dapat menyebabkan rendahnya kemampuan peredaman suara sehingga kebisingan dari lingkungan luar lebih mudah masuk ke dalam ruang (Rezvanpour dkk., 2023).

d. Bukan elemen struktural utama

Ventilation blocks umumnya digunakan sebagai elemen non-struktural dalam bangunan dan berfungsi sebagai panel ventilasi atau pembatas ruang (Nordin dkk., 2019)

e. Relatif lebih rapuh dari beton

Material keramik memiliki kekuatan tekan yang tinggi namun bersifat getas sehingga rentan terhadap beban kejut atau benturan dibandingkan material seperti beton (Malid, 2018.). Contoh roster keramik dilampirkan pada **Gambar 2.1**

Gambar 2.1 Roster Keramik
Sumber : https://mukuraceramics.com/id

2. Roster Tanah Liat

Roster tanah liat adalah elemen bangunan dari tanah liat yang dibakar lalu dibentuk. Umumnya berwarna coklat kemerahan. Roster tanah liat biasanya dikombinasikan bersama dengan material alami seperti kayu ataupun bambu. (Rizky & Karuniawan, 2024). Adapun kelebihan dari roster tanah liat adalah sebagai berikut:

a. Memiliki kinerja termal yang baik

   Menurut (Rezvanpour dkk., 2023) penggunaan roster sebagai elemen dinding dapat memengaruhi kinerja termal bangunan melalui peningkatan ventilasi alami. Secara umum, material tanah liat memiliki massa termal yang baik sehingga mampu menyerap dan menyimpan panas, yang berpotensi meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi beban pendinginan ruang.

b. Ketahanan api yang baik

   Material tanah liat yang telah dibakar pada suhu tinggi memiliki ketahanan terhadap api dan stabilitas termal yang baik. Hal ini menjadikan elemen berbasis fired clay memiliki performa yang baik terhadap paparan suhu tinggi (Shubbar dkk., 2019)

c. Estetika natural dan karakteristik arsitektur tropis

   Roster tanah liat memiliki nilai estetika yang tinggi karena warna alami dan teksturnya yang memberikan karakter tradisional serta sesuai dengan konsep arsitektur tropis. Material terracotta banyak digunakan sebagai elemen bangunan karena kualitas visual alaminya serta mampu memperkuat identitas arsitektural (El Aabbas dkk., 2024)

Sedangkan kekurangan pada roster tanah liat, yaitu:

a. Daya serap air yang relatif tinggi

   Tanah liat memiliki porositas alami yang menyebabkan kemampuan menyerap air lebih tinggi dibanding material yang dilapisi glaze. Sehingga dapat memicu lumut, retak, atau degradasi jika terpapar cuaca ekstrem dalam waktu lama. (Shinohara, 2023)

b. Kekuatan mekanik lebih rendah dari beton

   Material tanah liat termasuk material keramik yang memiliki kekuatan tekan cukup baik, namun memiliki kekuatan tarik yang rendah dan sifat getas (brittle). Sifat getas ini menyebabkan material lebih mudah mengalami retak atau pecah ketika menerima beban kejut, benturan, atau deformasi dibandingkan material berbasis semen seperti beton. Selain itu, struktur mikro tanah liat yang berpori juga berkontribusi terhadap

penurunan ketahanan terhadap tegangan tarik dan lentur. Secara struktural, beton memiliki agregat kasar dan pasta semen yang menghasilkan ikatan lebih kuat serta daktilitas yang lebih baik dibanding tanah liat yang mengalami proses pembakaran. Oleh karena itu, roster tanah liat lebih rentan terhadap kerusakan mekanis terutama pada proses transportasi, pemasangan, maupun penggunaan jangka panjang. (Malid, 2018.)

c. Presisi dimensi kurang stabil

Proses produksi material tanah liat melibatkan tahapan pembentukan, pengeringan, dan pembakaran (firing) pada temperatur tinggi. Selama proses pembakaran, terjadi penyusutan (shrinkage) akibat penguapan air dan perubahan struktur mineral tanah liat, yang dapat menyebabkan variasi dimensi produk (Shubbar dkk., 2019). Secara umum, variasi dimensi ini dapat menimbulkan ketidakteraturan ukuran sehingga mempengaruhi proses pemasangan, kerapian visual, serta kualitas konstruksi dibandingkan material yang diproduksi dengan presisi tinggi seperti beton pracetak atau keramik glazed.

d. Isolasi suara dan perlindungan air rendah

Dinding roster memiliki banyak rongga terbuka sehingga gelombang suara dapat melewati celah tersebut dengan mudah. Berbeda dengan dinding padat yang mampu meredam suara melalui massa material, roster memiliki massa efektif lebih kecil dan jalur transmisi langsung untuk gelombang suara. Akibatnya: suara kendaraan mudah masuk, kebisingan lingkungan terdengar jelas, tingkat kenyamanan menurun (Rezvanpour dkk., 2023) serta lubang pada roster menyebabkan air hujan berpotensi masuk ke dalam ruang, terutama jika: arah angin dan hujan langsung menuju fasad, tidak ada *overhang* atau kanopi, desain lubang tidak memiliki kemiringan pelindung, tidak ada *secondary protection* (kaca, kisi tambahan, dll). Dalam desain bangunan tropis, faktor orientasi terhadap arah hujan dan angin menjadi sangat penting ketika menggunakan elemen berlubang seperti roster (Shinohara, 2023). Contoh roster tanah liat dilampirkan pada **Gambar 2.2**

Gambar 2.2 Roster Tanah Liat
Sumber : https://bataroster.com

3. Roster Kayu

   Roster kayu adalah elemen konstruksi yang terbuat dari kayu, biasanya berbentuk lubang-lubang atau berlubang-lubang, digunakan untuk ventilasi atau pencahayaan alami pada bangunan. Roster kayu umumnya dipasang pada dinding atau pembatas ruangan untuk sirkulasi udara dan pencahayaan tanpa harus membuang privasi (Hidayat & Chairofiq, 2024; Wiriantari, 2023). Adapun kelebihan yang dimiliki roster kayu adalah:

   a. Estetika alami dan nilai arsitektural tinggi

      Kayu memiliki tekstur serat, warna alami, dan pola unik yang tidak dapat sepenuhnya ditiru oleh material buatan. Roster kayu sering digunakan untuk memberikan kesan hangat dan natural serta meningkatkan kualitas visual bangunan, terutama pada arsitektur tropis dan modern natural. Selain itu, variasi jenis kayu memberikan fleksibilitas desain karena setiap jenis memiliki karakter warna dan serat yang berbeda (Veronica dkk., 2024)

   b. Material ringan dan mudah dibentuk

      Menurut (Yupa dkk., 2024.) kayu memiliki sifat mekanis yang bergantung pada jenisnya serta mudah dikerjakan dalam konstruksi bangunan. Secara umum, kayu memiliki berat jenis yang lebih ringan dibandingkan beton atau keramik, sehingga memudahkan proses transportasi dan pemasangan. Selain itu, kayu mudah dipotong, dibentuk, dan disambung sehingga sesuai untuk penerapan desain roster dengan pola yang lebih kompleks.

   c. Material ramah lingkungan dan berkelanjutan

Kayu yang berasal dari hutan terkelola memiliki potensi untuk mengurangi dampak lingkungan dibandingkan material non-terbarukan. Kayu merupakan sumber daya terbarukan yang relatif memiliki jejak karbon lebih rendah dibandingkan material seperti beton atau baja. Oleh karena itu, kayu berpotensi menjadi material konstruksi yang berkelanjutan apabila diperoleh dari hutan yang dikelola secara baik (Saputra Yupa dkk., 2024.)

d. Isolasi termal lebih baik

Material kayu memiliki kemampuan adaptasi terhadap tekanan lingkungan serta sifat isolasi yang baik sebagai material bangunan. Kayu memiliki konduktivitas termal rendah sehingga dapat membantu mengurangi perpindahan panas ke dalam bangunan. Hal ini membuat ruang lebih nyaman secara termal dibanding material padat seperti beton. (Yupa dkk., 2024.)

e. Mendukung ventilasi alami

Menurut dos Santos Pizzatto dkk., sistem fasad berventilasi dapat meningkatkan kenyamanan termal, efisiensi energi, dan performa bangunan. Sebagai elemen *screen* atau roster, kayu dapat berfungsi sebagai ventilasi pasif yang membantu aliran udara dan shading bangunan, sehingga meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi (Pizzatto dkk., 2025).

Sedangkan kekurangan roster kayu dijelaskan sebagai berikut:

a. Rentan terhadap kelembapan dan pelapukan

Kayu memiliki kerentanan terhadap perubahan lingkungan, seperti kelembaban dan suhu, yang dapat menyebabkan degradasi material. Kayu merupakan material higroskopis yang dapat menyerap air dari lingkungan. Kondisi lembap dapat menyebabkan pembengkakan, penyusutan, jamur, dan pembusukan sehingga umur pakai material berkurang jika tidak diberi perlindungan. (Yupa dkk., 2024)

b. Rentan terhadap serangan hama (rayap)

Kayu memerlukan perlakuan khusus untuk meningkatkan ketahanannya terhadap serangan hama dan jamur, karena material ini rentan terhadap organisme biologis seperti rayap, jamur, dan serangga. Oleh karena itu diperlukan perlakuan kimia atau finishing khusus untuk meningkatkan ketahanannya (Yupa dkk., 2024.)

c. Mudah terbakar (resiko kebakaran tinggi)

Material fasad berbasis kayu dapat meningkatkan risiko penyebaran api jika tidak dilindungi dengan sistem keselamatan yang tepat. Kayu termasuk material mudah terbakar dibanding material mineral seperti beton atau keramik. Pada elemen fasad atau ventilasi, risiko penyebaran api menjadi lebih besar jika tidak dilengkapi perlindungan. (Anisimov dkk., 2025)

d. Perawatan lebih tinggi

Roster kayu membutuhkan perawatan rutin seperti pelapisan coating, varnish, atau cat pelindung untuk menjaga ketahanan terhadap cuaca, sinar UV, dan kelembapan. Tanpa perawatan, kayu dapat mengalami perubahan warna, retak, dan degradasi struktur. (Yupa dkk., 2024.)

e. Stabilitasi dimensi kurang baik

Kayu dapat mengalami perubahan dimensi akibat perubahan kadar air (moisture content). Proses menyusut dan mengembang ini dapat menyebabkan deformasi, retak, atau sambungan longgar pada roster (Yupa dkk., 2024.). Contoh roster kayu dapat dilihat pada **Gambar 2.3**

Gambar 2.3 Roster Kayu
Sumber: https://m.dekoruma.com

4. Roster Beton

Roster beton merupakan roster dengan campuran semen, air dan pasir. Roster ini berfungsi untuk menambah nilai estetika dan memudahkan pencahayaan masuk pada suatu bangunan, serta dapat menghadang angin kencang tanpa menutup sirkulasi udara untuk ventilasi (Juddah dkk., 2022)

Roster beton tidak dibuat melalui pengecoran, melainkan dengan menggunakan cetakan setengah kering. Roster ini juga dibuat dengan teknik cetak tekan dengan cara manual atau mesin press. Metode ini sama seperti proses pembuatan batako dan paving block. Roster beton pracetak memunyai kekuatan yang bervariasi, tergantung pada kualitas bahan yang dicampur hingga nilai kuat tekan yang diperoleh (Umar, 2019)

Adapun alat yang dipakai untuk memproduksi roster beton yaitu cetakan roster, ayakan pasir dengan saringan no. 200 untuk memperoleh pasir halus, sekop, sendok semen, pengetuk cetakan dari kayu ataupun besi, bak air, ember (Juddah dkk., 2022) Sedangkan untuk bahan campuran roster pada penelitian ini adalah pasir, semen, air, limbah serat nilon, dan abu bonggol jagung. Adapun kelebihan dari roster beton dijelaskan sebagai berikut:

a. Kekuatan mekanik tinggi

Roster beton memiliki kuat tekan yang tinggi karena tersusun dari campuran semen, agregat, dan air yang membentuk matriks padat setelah proses hidrasi. Kekuatan ini membuat roster beton lebih tahan terhadap benturan, beban, dan kerusakan mekanis dibanding material seperti kayu atau tanah liat. Selain itu, beton memiliki stabilitas struktural yang baik sehingga lebih awet dalam penggunaan jangka panjang (Rezvanpour dkk., 2023)

b. Durabilitas dan ketahanan cuaca baik

Roster beton memiliki ketahanan yang baik terhadap perubahan suhu, paparan sinar matahari, kelembapan, serta hujan. Material beton tidak mudah mengalami pembusukan biologis seperti kayu dan tidak mudah mengalami degradasi akibat cuaca dibanding material organik. Hal ini

menjadikan roster beton cocok digunakan pada area eksterior bangunan. (Rezvanpour dkk., 2023)

c. Ketahanan api baik

Beton termasuk material non-combustible sehingga memiliki ketahanan terhadap api yang sangat baik. Pada kondisi kebakaran, beton tidak mudah terbakar dan mampu mempertahankan kekuatan struktural lebih lama dibanding material lain seperti kayu (Yumkham dkk., 2022)

d. Perawatan rendah

Roster beton tidak memerlukan perawatan khusus seperti pelapisan rutin atau perlindungan kimia, kecuali jika ingin meningkatkan estetika melalui finishing cat. Ketahanan material terhadap cuaca membuat biaya pemeliharaan relatif rendah. (Juddah dkk., 2022)

e. Mendukung ventilasi dan efisiensi energi bangunan

Sebagai elemen berlubang, roster beton dapat meningkatkan ventilasi alami dan pencahayaan alami sehingga membantu mengurangi penggunaan pendingin buatan seperti AC atau kipas (Juddah dkk., 2022)

Sedangkan kekurangan pada roster beton adalah sebagai berikut:

a. Berat material tinggi

Beton memiliki densitas tinggi sehingga roster beton relatif berat dibanding material lain. Hal ini dapat meningkatkan beban mati bangunan serta menyulitkan proses transportasi dan pemasangan. (Juddah dkk., 2022)

b. Rentan retak akibat penyusutan

Beton dapat mengalami retak akibat proses penyusutan (shrinkage) selama pengerasan atau perubahan suhu lingkungan. Retakan ini dapat mempengaruhi estetika dan durabilitas material (Rezvanpour dkk., 2023)

c. Tingginya daya serap air pada roster beton

Permasalahan daya serap air pada roster beton sering ditemukan dan dapat menyebabkan penurunan durabilitas material, karena air yang masuk ke dalam pori-pori beton mempercepat proses degradasi, memicu pertumbuhan lumut dan jamur, serta meningkatkan risiko retak akibat

siklus basah–kering, sehingga berpotensi memperpendek umur layan roster beton. (Ramadhana, 2025)

d. Estetika kurang menarik tanpa finishing

   Permukaan roster beton cenderung kasar dan memiliki tampilan industri sehingga sering memerlukan finishing tambahan seperti cat atau coating agar terlihat lebih menarik secara visual. (Juddah dkk., 2022)

e. Dampak lingkungan produksi semen tinggi

   Produksi semen sebagai bahan utama beton menghasilkan emisi karbon yang tinggi, sehingga berdampak signifikan terhadap lingkungan dibandingkan dengan material alami seperti kayu atau tanah liat (Habert dkk., 2020)

Gambar 2.4 Roster Beton
Sumber: https://www.detik.com/

2.1.3. Persyaratan Mutu Roster Beton

Dalam perencanaan dan pembuatan roster beton, persyaratan mutu material harus mengacu pada standar teknis yang berlaku guna menjamin kualitas, keamanan, dan kinerja produk. Selanjutnya, Saputra dkk., menjelaskan bahwa parameter utama dalam evaluasi mutu roster beton yaitu kuat tekan, daya serap air, serta dimensi dan toleransi ukuran, karena parameter tersebut berpengaruh langsung terhadap kekuatan mekanik, durabilitas, dan fungsi ventilasi bangunan (Saputra dkk., 2021).

Secara klasifikasi, roster beton termasuk ke dalam kategori bata beton berlubang, karena memiliki rongga yang berfungsi sebagai elemen ventilasi dan pencahayaan alami (Nguyen dkk., 2020) Dengan demikian, mutu roster beton mengacu pada standar bata beton berlubang yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989) yang mengatur batas minimum kuat tekan

dan batas maksimum daya serap air sebagai parameter kualitas. Penelitian oleh Prasetyo & Nugroho menyatakan bahwa pemenuhan standar mutu bata beton berlubang sangat penting untuk menjaga performa struktural, ketahanan terhadap air, serta kestabilan dimensi produk, sehingga standar tersebut dapat dijadikan acuan dalam pengujian mutu roster beton (Prasetyo & Nugroho, 2022).

Tabel 2.1 menunjukkan persyaratan fisis bata beton berlubang berdasarkan SNI 03-0349-1989, yang meliputi parameter kuat tekan dan penyerapan air sebagai indikator utama mutu material. Kedua standar tersebut mengklasifikasikan bata beton berlubang ke dalam beberapa tingkat mutu dengan batas minimum kuat tekan dan batas maksimum penyerapan air guna menjamin kekuatan mekanik, durabilitas, dan kinerja produk.

Tabel 2.1 Persyaratan Fisis Bata Beton Berlubang menurut SNI 03-0349-1989

Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat Tekan bruto rata-rata minimum	Kg/cm²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	Kg/cm²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan Air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-1989

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, mutu beton diklasifikasikan menjadi mutu I, II, III, dan IV berdasarkan kuat tekan dan persyaratan fisik, di mana mutu I merupakan kualitas tertinggi dengan kuat tekan terbesar yang diperuntukkan bagi elemen struktural yang memikul beban tinggi, sedangkan mutu II digunakan untuk elemen struktural ringan hingga menengah yang tetap memerlukan kekuatan dan ketahanan cukup baik. Selanjutnya, mutu III memiliki kuat tekan sedang dan diperuntukkan bagi elemen non-struktural, seperti dinding pengisi, bata beton berlubang, dan roster, yang tidak menahan beban utama, sementara mutu IV merupakan kualitas terendah dengan

kuat tekan paling kecil dan digunakan untuk konstruksi ringan yang hanya berfungsi sebagai pembatas atau elemen arsitektural.

Roster sebagai salah satu bentuk beton berlubang umumnya dikategorikan dalam mutu rendah karena difungsikan sebagai elemen non-struktural serta diproduksi dengan metode sederhana dan campuran ekonomis. Namun, secara teknis, menurut penelitian yang sudah dilakukan oleh Hidayat & Chairofiq, roster yang dirancang menggunakan campuran organik berbasis pozzolan sudah memenuhi kriteria beton berlubang mutu III, apabila menggunakan komposisi campuran yang optimal, agregat berkualitas, rasio air-semen terkontrol, metode pemadatan mekanis, serta perawatan yang memadai (Hidayat & Chairofiq, 2024). Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa penerapan desain campuran dan proses produksi yang terkontrol mampu menghasilkan kuat tekan roster dengan rata rata 35 kg/cm², sehingga memenuhi persyaratan beton berlubang mutu IV esuai SNI 03-0349-1989. Selanjutnya, penelitian ini diharapkan dapat memenuhi bahkan melampaui persyaratan beton berlubang mutu IV sesuai standar tersebut.

Selanjutnya, **Tabel 2.2** menyajikan ukuran standar serta toleransi dimensi bata beton berlubang, yang bertujuan untuk memastikan keseragaman ukuran, kemudahan pemasangan, dan kestabilan susunan dalam aplikasi konstruksi.

Tabel 2.2 Ukuran Bata Beton Berlubang Standar dan Toleransi

Jenis	Ukuran (mm)			Tebal dinding sekatan lobang	
	Panjang	Lebar	Tinggi	Luar	Dalam
Pejal	390 +3 -5	90 ± 2	100 ± 2	-	-
Berlobang					
a. Kecil	390 +3 -5	190 +3 -5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 +3 -5	190 +3 -5	200 ± 3	25	20

Sumber : SNI 03-0349-1989

Berdasarkan ketentuan tersebut, maka parameter kuat tekan, penyerapan air, serta dimensi produk dijadikan indikator utama dalam menilai mutu roster beton pada penelitian ini.

2.1.4. *Design* Roster

Pada penelitian ini, akan digunakan jenis roster beton. Roster beton nantinya akan dapat diukur nilai kuat tekan dan daya serap air. Menurut Pratama dkk., desain roster beton dipengaruhi oleh bentuk lubang, pola geometri, ukuran modul, dan ketebalan elemen, yang secara langsung memengaruhi sirkulasi udara, intensitas cahaya yang masuk, serta kekuatan mekanik roster. Bentuk lubang dapat berupa persegi, lingkaran, segitiga, trapesium, hingga kombinasi geometris kompleks, yang dirancang untuk menyeimbangkan kebutuhan ventilasi dan kekuatan struktur (Pratama dkk., 2021).

Selain itu, pola susunan lubang pada roster juga berperan dalam menentukan karakter visual bangunan, sehingga roster banyak diaplikasikan sebagai elemen dekoratif pada fasad, dinding penyekat, dan secondary skin bangunan. Pola yang simetris cenderung memberikan kesan formal dan rapi, sedangkan pola asimetris memberikan kesan dinamis dan modern (Pratama dkk., 2021)

Dalam aspek teknis, desain roster harus memenuhi standar kuat tekan minimum, batas maksimum daya serap air, serta ketelitian dimensi, agar tetap memenuhi persyaratan sebagai bata beton berlubang sesuai PUBI 1982 dan SNI 03-0349-1989. Oleh karena itu, perancangan desain roster beton tidak hanya berorientasi pada estetika, tetapi juga harus mempertimbangkan kinerja mekanik, durabilitas, dan kemudahan produksi (Pratama dkk., 2021).

Gambar 2.5 menampilkan desain roster beton yang dipakai dalam penelitian ini. Pemilihan desain tersebut mengacu pada penelitian Pratama dkk.,menyatakan bahwa desain lubang roster berpengaruh terhadap kekuatan mekanik, sirkulasi udara, serta performa termal bangunan (Pratama dkk., 2021). Desain dengan bentuk lubang sederhana dan simetris dinilai lebih mudah dalam proses pencetakan, memiliki distribusi beban yang lebih merata, serta menghasilkan aliran udara yang optimal. Selain itu, desain ini dipilih karena ketersediaan cetakan yang mudah diperoleh di pasaran dan memiliki dimensi standar 20 × 20 × 10 cm, sehingga sesuai digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini.

Gambar 2.5 *Design* Roster Beton

2.2 Bahan Penyusun Roster

2.2.1. Pasir atau Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah material granular dengan ukuran butir maksimum 5 mm yang harus melalui saringan No. 50 (0,3 mm). Dalam campuran beton, agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan memiliki peran penting dalam pembentukan struktur serta peningkatan kekuatan beton (Hachemi & Rahmouni, 2022). Selanjutnya menurut Hachemi & Rahmouni, pasir atau agregat halus juga memengaruhi workability, kepadatan, kuat tekan, serta durabilitas beton, sehingga kualitas dan karakteristiknya harus memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan (Hachemi & Rahmouni, 2022).

Dalam pembuatan beton, pasir berfungsi mengisi rongga antar agregat kasar dan meningkatkan kepadatan campuran, sehingga menghasilkan beton yang lebih kuat dan homogen. Gradasi, kebersihan, serta bentuk butiran pasir sangat menentukan kualitas beton, karena pasir dengan gradasi baik mampu mengurangi porositas dan meningkatkan ikatan antara agregat dan pasta (Rahman dkk., 2020)

Pada produk beton pracetak seperti roster beton, penggunaan pasir berbutir halus dan seragam dapat meningkatkan kualitas permukaan, presisi dimensi, serta kekuatan mekanik produk. Pasir halus juga mempermudah proses pencetakan dan menghasilkan tekstur yang lebih rapi (Kumar dkk., 2021). Maka dari itu, pasir yang digunakan harus memenuhi standar mutu sesuai SNI 03-2847-2013 agar diperoleh roster beton dengan kinerja mekanik dan durabilitas yang optimal.

Menurut Hachemi & Rahmouni, kualitas pasir sebagai bahan pengisi atau substitusi dalam suatu penelitian sering kali kurang diperhatikan. Padahal, sifat pasir, seperti kekerasan butiran dan ukuran maksimum agregat, sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton (Hachemi & Rahmouni, 2022). **Tabel 2.3** dibawah ini menunjukan syarat batas gradasi agregat halus menurut SNI 03-2847-2013 kandungan organic, kemurnian, klasifikasi kehalusan, bentuk agregat beserta aspek lainnya harus sesuai dengan persyaratan ASTM C-33.

Tabel 2.3 Syarat Batas Gradasi Agregat Halus menurut ASTM C-33

Lubang Saringan		% Lolos Kumulatif
Mm	Inch	
9,5	3/8”	100
4,75	3/16”	95-100
2,36	No. 8	80-100

Sumber : ASTM C-33

Berikut adalah dokumentasi pasir atau agregat halus pada **Gambar 2.4**

Gambar 2.4 Pasir atau Agregat Halus

2.2.2. Semen Portland

Semen adalah bahan pengikat hidraulis yang berperan dalam mengikat agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton, sehingga menghasilkan massa yang padat dan keras melalui reaksi dengan air. Proses hidrasi semen menghasilkan senyawa pengikat yang menentukan kekuatan mekanik, kekedapan, serta

durabilitas beton (Neville & Brooks, 2020). Menurut Hidayat & Chairofiq, semen Portland adalah semen hidraulis yang dapat mengeras di dalam air, dihasilkan dari campuran bahan-bahan tertentu yang dihaluskan hingga mencapai tingkat kehalusan tertentu, sehingga cocok digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, termasuk pembuatan roster beton (Hidayat & Chairofiq, 2024).

Dalam pembuatan beton, semen berperan sebagai matriks utama yang menyelimuti agregat dan membentuk struktur internal beton. Jenis semen, tingkat kehalusan butiran, serta komposisi kimia semen memengaruhi kecepatan ikat, perkembangan kuat tekan, serta ketahanan beton terhadap pengaruh lingkungan (Hewlett & Liska, 2019). Oleh karena itu, mutu semen sangat berpengaruh terhadap performa beton secara keseluruhan dan harus memenuhi standar yang berlaku.

Penggunaan semen dalam campuran beton wajib mengacu pada SNI 7064:2014 dengan memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Semen Portland termasuk jenis semen hidraulis yang dapat bereaksi dengan air dan mengalami pengerasan baik di udara maupun di dalam air, sehingga menghasilkan ikatan yang kuat dan tahan terhadap kondisi basah.
2. Penciptaan dilakukan dengan menghaluskan klinker, yaitu produk hasil pembakaran bahan baku semen pada suhu tinggi yang digiling hingga halus agar mudah bereaksi dengan air.
3. Bahan utama dalam pembuatan klinker adalah silikat kalsium yang memiliki sifat hidraulis, yaitu senyawa yang mampu bereaksi dengan air membentuk produk hidrasi yang berkontribusi terhadap kekuatan dan durabilitas beton.

Secara umum, semen tersusun atas klinker sebesar ±75–90% yang dihasilkan dari proses pembakaran pasir besi, pasir silika, batu kapur, dan tanah liat. Selain itu, ditambahkan gipsum sekitar 5% yang berfungsi untuk mengendalikan waktu ikat semen agar tidak mengeras terlalu cepat, serta material tambahan lain seperti *fly ash* dan batu kapur dengan kadar tidak lebih dari 3% karena dapat memengaruhi kualitas *Ordinary Portland Cement (OPC)* apabila digunakan secara berlebihan (Priambodo, 2016).

Pada pembuatan roster beton, semen harus memiliki daya ikat yang baik agar mampu menghasilkan produk dengan kuat tekan memadai, daya serap air rendah,

serta ketahanan terhadap perubahan cuaca. Dengan demikian, semen yang digunakan harus memenuhi persyaratan SNI 7064:2014 tentang semen portland untuk menjamin mutu dan konsistensi hasil produksi roster beton (Priambodo, 2016). Berikut adalah dokumentasi semen portland pada **Gambar 2.5**

Gambar 2.5 Semen Portland

2.2.3. Air

Air berperan sebagai komponen utama dalam campuran beton yang mengaktifkan reaksi hidrasi semen dan meningkatkan kemudahan dalam proses pengerjaan (*workability).* Reaksi antara air dan semen menghasilkan pasta semen yang berperan sebagai perekat agregat, sehingga menentukan kekuatan dan durabilitas beton (Neville & Brooks, 2020)

Kualitas air yang digunakan sangat memengaruhi karakteristik beton. Air yang mengandung zat organik, minyak, asam, atau garam berlebih dapat mengganggu proses hidrasi dan menurunkan kekuatan beton. Dengan demikian, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air minum atau sesuai standar teknis dalam pembuatan beton (Hewlett & Liska, 2019).

Dalam pembuatan roster beton, penggunaan air bersih dan bebas kontaminan sangat diperlukan untuk menghasilkan produk dengan kuat tekan optimal serta daya serap air yang rendah. Standar SNI 2847:2019 menyatakan bahwa air pencampur beton harus bersih, tidak berbau, serta tidak mengandung bahan berbahaya yang dapat merusak mutu beton (Hidayat & Chairofiq, 2024). Adapun syarat air pada campuran beton menurut SNI 2847:2019 adalah :

a. Tidak mengandung lumpur > 2gram/liter.

b. Tidak mengandung asam dan garam yang bisa mempengaruhi beton > 15 liter.
c. Penggunaan kebutuhan air harus dilakukan dengan ukuran yang tepat dan sesuai kebutuhan

Berikut adalah dokumentasi air pada **Gambar 2.6**

Gambar 2.6 Air

2.2.4. Abu Bonggol Jagung

Pada tahun 2022, Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa luas lahan panen jagung di Indonesia mencapai sekitar 2,76 juta hektar dengan produksi jagung pipilan sebesar 16,53 juta ton, atau rata-rata produktivitas sekitar 5–6 ton per hektar. Meningkatnya produksi jagung dari tahun ke tahun berdampak pada bertambahnya limbah pertanian, terutama bonggol jagung, yang belum dimanfaatkan secara optimal dan seringkali hanya dibuang atau dibakar tanpa proses pengolahan lanjutan (Amalia, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan potensi pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai bahan alternatif dalam bidang konstruksi, khususnya sebagai bahan tambah pada material beton. Menurut Hardiputro dkk., bonggol jagung mengandung senyawa kimia utama berupa silika (SiO_2) yang cukup tinggi. Proses pembakaran bonggol jagung pada suhu tertentu menghasilkan abu dengan kandungan silika sekitar 66,83% yang termasuk dalam kategori material pozzolan. Material ini mengandung silika atau alumina reaktif yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) hasil hidrasi semen untuk membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan beton (Hardiputro dkk. 2018). Kemiripan kandungan silika antara semen dan abu bonggol jagung menjadikan abu bonggol jagung berpotensi sebagai bahan

substitusi semen yang berperan sebagai pengikat tambahan dalam campuran beton (Adebisi dkk., 2019), sehingga dapat meningkatkan kualitas mekanik apabila digunakan dengan proporsi yang tepat.

Kuat tekan merupakan parameter utama dalam menilai kualitas material konstruksi, khususnya beton. Parameter ini mencerminkan kemampuan material dalam menahan beban tekan hingga mengalami keruntuhan, sehingga menjadi indikator penting dalam menentukan kelayakan penggunaannya, baik sebagai elemen struktural maupun non-struktural. Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti komposisi bahan penyusun, rasio air-semen, proses pencampuran, metode pemadatan, serta kondisi curing. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), nilai kuat tekan minimum ditetapkan sesuai fungsi material, di mana untuk material non-struktural umumnya berada pada kisaran ≥ 3 MPa. Kepadatan material yang tinggi umumnya berkorelasi positif dengan peningkatan nilai kuat tekan karena jumlah rongga atau pori dalam material lebih sedikit, sehingga struktur internal menjadi lebih kompak dan kuat (Widodo dkk., 2024.).

Lalu, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Aziz Ibrahim & Tua Munthe, peningkatan persentase penggunaan abu bonggol jagung dalam campuran beton dapat menyebabkan peningkatan daya serap air pada material yang dihasilkan (Ibrahim & Munthe, 2025). Hal ini disebabkan karena selain mengandung silika, bonggol jagung juga memiliki kandungan senyawa organik seperti selulosa sebesar 40–45%, hemiselulosa sebesar 30–35%, dan lignin sebesar 10–20% yang dapat mempengaruhi struktur pori material setelah proses pembakaran. Kandungan tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya porositas beton sehingga mempengaruhi kemampuan penyerapan air (Nata & Dharmawansyah, 2024). Tingginya porositas dapat berdampak pada penurunan ketahanan material terhadap lingkungan apabila tidak dikontrol dengan komposisi campuran yang tepat. Berikut adalah dokumentasi abu bonggol jagung pada **Gambar 2.7**

Gambar 2.7 Abu Bonggol Jagung

Beberapa penelitian terdahulu terkait pemanfaatan abu bonggol jagung pada beton dirangkum pada **tabel 2.5** yang menjelaskan metode penelitian, persentase material yang dipakai, durasi penelitian dan hasil penelitian. Tabel tersebut digunakan sebagai dasar perbandingan dan untuk menunjukkan posisi serta kebaruan penelitian ini dalam pengembangan roster beton berbasis limbah abu bonggol jagung.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu mengenai limbah Abu Bonggol Jagung

No	Nama Author	Metode Pengujian	Presentase Material	Durasi	Hasil
1	(Amalia, 2024)	Uji kuat tekan	Abu bonggol jagung 0%, 4%, 5%, 7%, 9%	7, 21 dan 28 Hari	Pada variasi 7% abu bonggol jagung terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 37,04% dari nilai awal 25,70 MPa menjadi 35,22 Mpa
2	(Hasan dkk., 2025)	Uji kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur	Abu bonggol jagung 10%, serat kulit jagung 0%, 0,5%, 1%, 1,5%	7, 14, 28 Hari	Nilai kuat tekan optimum dengan variasi 10% abu bonggol jagung dan 0,5% serat kulit jagung 7,29% dari 47,72 Mpa menjadi 51,20 Mpa.
3	(Hardiputro, 2021.)	Uji kuat tekan	Abu bonggol jagung 2,5%, 5%, 7,5%, 10%	14, 28 Hari	Kuat tekan naik 9,91% dari 20,75 Mpa menjadi 22,807 Mpa dengan variasi 5% penambahan abu bonggol jagung
4	(Widodo dkk., 2024.)	Uji kuat tekan dan berat jenis dengan ukuran silinder 10x20 cm	Abu bonggol jagung 0%, 4%, dan 8%	28 Hari	Nilai kuat tekan naik 28,57% pada variasi 4% dari 0,21 Mpa menjadi 0,27 Mpa, sedangkan nilai berat jenis mengalami penurunan setiap variasi
5	(Bheel dkk., 2024)	Uji kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur	Abu bonggol jagung 0%, 5%, 10% Serat Goni (*Jute Fiber)* 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%	7, 14, 28 Hari	Kuat tekan optimum 39,42 Mpa dengan variasi 0,5% Serat goni 10% abu bonggol jagung.

2.2.5. Limbah Serat nilon

Limbah serat nilon merupakan salah satu jenis limbah sintetis yang sulit terurai secara alami dan banyak ditemukan pada produk pakaian, jaring nelayan, senar, serta berbagai produk berbahan nilon lainnya (Kabit dkk., 2024). Salah satu permasalahan utama terkait limbah ini terjadi di wilayah pesisir pantai, khususnya di sekitar kawasan aktivitas nelayan. Serat nilon umumnya digunakan sebagai bahan utama pembuatan jaring dan alat pancing. Pada kondisi jaring yang rusak atau tidak layak pakai, limbah serat nilon seringkali dibuang dan dibiarkan berserakan di lingkungan sekitar pantai, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan, mengganggu ekosistem pesisir, serta berpotensi membahayakan biota laut. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pemanfaatan limbah serat nilon agar dapat memberikan nilai tambah sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Aprianto, 2018)

Dalam penelitian ini, limbah serat nilon akan diambil dari nilon jenis polyamide, salah satunya adalah limbah nilon sisa jaring nelayan yang sudah tidak terpakai di sekitar kawasan pesisir Pantai Semarang. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada ketersediaan limbah jaring nilon yang melimpah akibat tingginya aktivitas perikanan, sehingga pemanfaatannya diharapkan mampu menjadi solusi nyata dalam pengelolaan limbah pesisir serta mendukung konsep pembangunan berkelanjutan.

Serat nilon menunjukkan sifat fisik dan mekanik yang unggul, meliputi kuat tarik yang tinggi, bobot ringan, fleksibilitas yang baik, serta ketahanan terhadap abrasi, bahan kimia, dan radiasi ultraviolet (UV) (Pangestu, 2023) Sifat-sifat tersebut menjadikan serat nilon berpotensi digunakan sebagai bahan tambah *(fiber reinforcement)* pada campuran beton. Ini dibuktikan pada **Tabel 2.6** yang menunjukkan bahwa Penggunaan serat nilon dalam campuran beton terbukti mampu meningkatkan kinerja mekanik dan durabilitas, meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, serta ketahanan terhadap retak dan penyerapan air. Farooq dkk. menyatakan bahwa penyebaran serat nilon secara homogen berfungsi sebagai tulangan mikro yang efektif dalam menghambat perkembangan retak, meningkatkan ketahanan terhadap gesekan, serta memperbaiki durabilitas beton

(Farooq dkk., 2022). Selain itu, keberadaan serat nilon mampu membantu menurunkan daya serap air dan meningkatkan ketahanan beton terhadap pengaruh bahan kimia agresif (Ningrum dkk., 2024)

Lebih lanjut, Tran dkk., menyatakan serat nilon berperan dalam mendistribusikan tegangan secara lebih merata di dalam matriks beton, sehingga memperbaiki struktur mikro dan menurunkan permeabilitas beton. Penurunan permeabilitas tersebut berkontribusi terhadap berkurangnya daya serap air, sehingga meningkatkan ketahanan beton terhadap lingkungan lembap dan agresif (Tran dkk., 2023).

Namun demikian, penggunaan serat nilon perlu dibatasi pada kadar tertentu. Nurazuwa dkk., menyatakan bahwa penambahan serat nilon dalam jumlah berlebih dapat menurunkan kuat tekan beton akibat menurunnya workability, terjadinya penggumpalan serat, serta meningkatnya rongga udara dalam campuran. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemadatan menjadi kurang optimal dan meningkatkan porositas beton (Nurazuwa dkk., 2022). Oleh karena itu, Nurazuwa dkk., menyarankan penggunaan limbah serat nilon direncanakan dalam persentase rendah dan terkontrol agar tetap memberikan peningkatan sifat mekanik dan durabilitas tanpa menurunkan mutu beton (Nurazuwa dkk., 2022).

Gambar 2.8 Serat Nilon

Beberapa penelitian terdahulu terkait pemanfaatan serat sebagai bahan tambah serat nilon pada beton dirangkum pada **Tabel 2.6** yang menjelaskan metode penelitian, persentase material yang dipakai, durasi penelitian dan hasil penelitian. Tabel tersebut digunakan sebagai dasar perbandingan dan untuk menunjukkan posisi serta kebaruan penelitian ini dalam pengembangan roster beton berbasis limbah serat nilon.

Tabel 2.5 Penelitian terdahulu mengenai limbah serat nilon

No	Nama Author	Metode Pengujian	Presentase Material	Durasi	Hasil
1	(Tran dkk., 2023)	Uji workability, kuat tekan, kuat lentur, susut, dan struktur mikro (SEM, nanoindentation) pada semen	Nylon 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%; panjang serat 6, 12, 24 mm	14 Hari – 28 Hari	Kuat tekan meningkat ±8% pada 0,3% nylon; kuat lentur naik ±11,5%; optimal:0,3%
2	(Farooq dkk., 2022)	Uji densitas, UPV, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, serta daya serap air pada beton.	Nylon 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 0.85% dan 1%	28 Hari	Kuat tekan beton optimum pada kadar 0,15%, tidak disarankan penambahan di <0,5%. Daya serap air menunjukkan nilai terbaik pada kadar 0,25%, menahan penyerapan angka positif di 11,5%.
3	(Ismail dkk., 2020)	Uji Kuat Tekan, Uji Daya Serap Air, kuat tarik belah, kuat lentur pada beton.	Nylon 0,5% dan 1%	7 Hari dan 28 Hari	Kuat tekan optimum pada nylon ada pada kadar 0,5% naik sebesar 10,54%. Sedangkan untuk daya serap air optimum ada pada kadar 0,5%, persentase 5,99%.
4	(Agus, 2019)	Uji kuat tekan & kuat tarik belah pada kubus beton 15×15×15 cm	Nylon 0%, 1%, 1,5%, 2%	28 Hari	Kuat tekan optimum naik 15% pada 1% nylon; kuat tarik belah naik ±45% pada optimum 1%; Daya serap air optimum di 1%
5	(Kabit dkk., 2024)	Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik, Volume dan Uji Porositas pada Mortar	Nylon 0%, 0,3%, 0,6%, 0,9%	7, 14, dan 28 Hari	Kuat tekan optimum di 0,9% sebesar 15,07 Mpa, dan untuk kuat tarik optimum di 0,3% sebesar 2,33 Mpa.