CRANE : Civil Engineering Research Journal
Volume 7 Nomor 2 Edisi Oktober 2026
E-ISSN: 2775-4588

ANALISIS PENGUJIAN MEKANIS PENAMBAHAN *STYRENE BUTADIENE RUBBER* (SBR) TERHADAP BETON NORMAL

Muhammad Evan Zachary Mustari[1], Faris Rizal Andardi[2*], Rizki Amalia Tri Cahyani[3]

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Tlogomas No. 246, Malang, 65144, Indonesia
E-mail: evanzacharyy@webmail.umm.ac.id[1], farisrzl@umm.ac.id[2*], rizkiatcahyani@umm.ac.id[3]
*Corresponding author

ABSTRACT
Normal concrete has relatively good compressive strength, but it remains limited in resisting tensile forces, deformation, and crack propagation. The addition of Styrene Butadiene Rubber (SBR) latex has the potential to improve concrete performance; however, improvements in strength parameters are not always followed by improvements in stiffness. This study aims to analyze the effect of SBR content variations of 0%, 4%, 8%, and 12% on the compressive strength, splitting tensile strength, and modulus of elasticity of normal concrete with a target compressive strength of $f'c$ = 25 MPa. The research was conducted experimentally using cylindrical specimens measuring 15 cm × 30 cm, which were cured by water immersion for 28 days before testing. The results show that the compressive strength increased from 23.30 MPa in normal concrete to 26.34 MPa at the 12% SBR variation, while the splitting tensile strength increased from 2.69 MPa to 3.17 MPa at the same variation. In contrast, the modulus of elasticity did not increase linearly, and the best value among the SBR-modified mixtures was obtained at the 8% variation. Therefore, 12% SBR is more effective in improving compressive strength and splitting tensile strength, while 8% SBR is more optimal for concrete stiffness based on the modulus of elasticity. These findings indicate that the optimum SBR content should be adjusted according to the mechanical parameter being prioritized.

Keywords: *normal concrete, SBR latex, compressive strength, splitting tensile strength, modulus of elasticity, workability.*

ABSTRAK

Beton normal memiliki kuat tekan yang relatif baik, tetapi masih terbatas dalam menahan gaya tarik, deformasi, dan perkembangan retak. Penambahan lateks *Styrene Butadiene Rubber* (SBR) berpotensi memperbaiki kinerja beton, namun peningkatan parameter kekuatan tidak selalu diikuti oleh peningkatan kekakuan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kadar SBR 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton normal dengan mutu rencana $f'c$ = 25 MPa. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan benda uji silinder berukuran 15 cm × 30 cm yang dirawat melalui perendaman air selama 28 hari sebelum pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan meningkat dari 23,30 MPa pada beton normal menjadi 26,34 MPa pada variasi SBR 12%, sedangkan kuat tarik belah meningkat dari 2,69 MPa menjadi 3,17 MPa pada variasi yang sama. Berbeda dengan kedua parameter tersebut, modulus elastisitas tidak meningkat secara linier dan nilai terbaik pada campuran SBR diperoleh pada variasi kadar 8%. Dengan demikian, SBR 12% lebih efektif untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah, sedangkan SBR 8% lebih optimal terhadap kekakuan beton berdasarkan nilai modulus elastisitas. Temuan ini menunjukkan bahwa kadar SBR optimum perlu disesuaikan dengan parameter mekanis yang menjadi prioritas.

Kata Kunci: beton normal, lateks SBR, kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas, *workability*.

1. Pendahuluan

Beton banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena memiliki kuat tekan yang baik, mudah dibentuk, dan biaya pembuatannya relatif ekonomis [14]. Akan tetapi, beton normal masih memiliki keterbatasan pada kuat tarik, daktilitas, ketahanan terhadap retak, serta durabilitas akibat masuknya air dan ion agresif ke dalam pori beton [1], [3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki keterbatasan tersebut adalah penggunaan lateks SBR sebagai bahan modifikasi polimer pada campuran beton.

Berdasarkan penelitian terdahulu, SBR dilaporkan berpotensi memperbaiki daya lekat, ikatan antara pasta semen dan agregat, serta ketahanan beton terhadap penetrasi air dan ion

agresif [1], [2], [4]. Beberapa literatur juga menjelaskan bahwa partikel SBR dapat membentuk film polimer selama proses hidrasi dan *curing*, sehingga berpotensi memengaruhi ikatan internal dan ketangguhan beton [2], [4], [5]. Penjelasan tersebut digunakan sebagai dasar teoritis dalam penelitian ini, sedangkan pembuktian langsung terhadap struktur mikro, porositas, atau pembentukan film polimer tidak menjadi bagian dari ruang lingkup pengujian.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa SBR dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, kekuatan ikatan, dan durabilitas beton pada kadar tertentu [3], [5], [6], [7], [8]. Akan tetapi, peningkatan tersebut tidak selalu sebanding dengan bertambahnya kadar SBR. Khan *et al*. melaporkan bahwa kadar optimum SBR sebesar 15%, sedangkan kadar yang lebih tinggi dapat menurunkan kinerja mekanis beton [1]. Qadri *et al*. juga melaporkan bahwa SBR dapat meningkatkan kuat tekan pada kadar rendah dan menekan penyerapan air melalui perubahan porositas beton [4]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh SBR terhadap beton sangat bergantung pada kadar yang digunakan dan parameter yang diuji.

Temuan berbeda dilaporkan oleh Aziz *et al*., yaitu penambahan SBR sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% dapat menurunkan kuat tekan, kuat tarik, densitas, kecepatan gelombang ultrasonik, serta modulus elastis dinamis [10]. Perbedaan hasil antarpenelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar SBR perlu ditentukan secara tepat agar tidak menurunkan *workability*, densitas, kekakuan, maupun kestabilan campuran [3], [5]. Oleh karena itu, pengujian pada variasi kadar SBR tertentu masih diperlukan untuk mengetahui kecenderungan perubahan sifat mekanis beton.

Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini menguji variasi kadar SBR sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen pada beton normal. Parameter yang dianalisis meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton pada umur 28 hari. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh penambahan SBR dengan variasi 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton normal pada umur 28 hari. Penelitian ini berfokus pada hasil pengujian mekanis, sedangkan pembahasan mengenai mekanisme internal seperti pembentukan film polimer, perubahan pori, dan ikatan internal digunakan sebagai interpretasi berbasis literatur, bukan sebagai hasil pengamatan mikrostruktur langsung.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi pengaruh penambahan lateks SBR terhadap sifat mekanis beton normal. Variasi kadar SBR yang digunakan adalah 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen, dengan 0% sebagai beton kontrol. Setiap variasi terdiri atas tiga benda uji silinder berukuran 15 cm × 30 cm yang dirawat melalui perendaman air selama 28 hari. Parameter yang diuji meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Data dianalisis secara kuantitatif-komparatif berdasarkan nilai rata-rata tiap variasi untuk menilai pengaruh SBR dan menentukan kinerja terbaik pada masing-masing parameter.

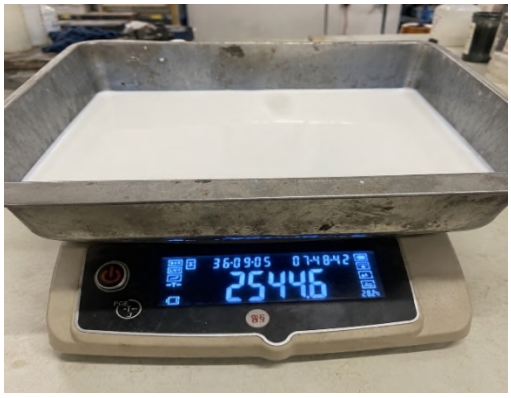
2.2 Bahan Penyusun

Bahan penyusun beton dalam penelitian ini meliputi semen PCC sebagai pengikat, pasir lokal sebagai agregat halus, kerikil sebagai agregat kasar, air bersih, dan lateks SBR. Lateks SBR yang digunakan adalah SikaCim® Lateks, yaitu bahan tambah polimer berbasis *Styrene Butadiene Liquid* yang digunakan sebagai bahan perekat dan campuran pada beton. Produk ini berbentuk cairan/emulsi berwarna putih dan memiliki massa jenis sekitar 1,01 ± 0,01 kg/L. Lateks SBR berfungsi untuk meningkatkan daya lekat, mengurangi retak dan penyusutan, mengurangi permeabilitas, serta memperbaiki *workability* campuran [21]. Agregat digunakan dalam kondisi bersih dan sesuai spesifikasi bahan beton. Lateks SBR ditambahkan dengan variasi 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen, dengan 0% sebagai beton kontrol. Variasi tersebut digunakan untuk menganalisis pengaruh lateks SBR terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton setelah perawatan selama 28 hari.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar penambahan lateks SBR pada campuran beton normal. Variasi kadar SBR yang digunakan yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Campuran 0% SBR berfungsi sebagai beton kontrol, sedangkan variasi 4%, 8%, dan 12%

digunakan untuk melihat pengaruh SBR terhadap perilaku mekanis beton.



Gambar 1. Proses Penimbangan Lateks SBR Sebagai Bahan Aditif Polimer pada Campuran Beton

2.4 Variasi Benda Uji

Variasi benda uji dalam penelitian ini terdiri dari empat variasi kadar SBR, yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Variasi 0% digunakan sebagai beton kontrol, sedangkan variasi 4%, 8%, dan 12% digunakan sebagai beton modifikasi SBR. Seluruh benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setiap variasi menggunakan tiga benda uji untuk setiap parameter pengujian pada umur 28 hari. Kode benda uji disusun sebagai SBR 0%, SBR 4%, SBR 8%, dan SBR 12% dengan penyebutan BU 1, BU 2, dan BU 3. Parameter pengujian meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Dengan demikian, jumlah total benda uji dalam penelitian ini adalah 36 benda uji.

2.5 Rancangan Campuran

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh beton normal dengan mutu rencana $f'c$ = 25 MPa mengacu pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal [13]. Variasi campuran terdiri atas beton kontrol (0%), serta beton dengan penambahan lateks SBR sebesar 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Setiap variasi dibuat dengan komposisi bahan yang meliputi semen PCC, agregat halus, agregat kasar, air, dan lateks SBR sesuai kadar yang telah ditentukan. Campuran 0% digunakan sebagai pembanding untuk menilai perubahan sifat mekanis beton akibat penambahan SBR. Rincian komposisi masing-masing variasi campuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton dalam Satuan Kg

Material	SBR 0%	SBR 4%	SBR 8%	SBR 12%
Semen	28,51	27,39	26,25	25,11
Air	12,55	12,55	12,55	12,55
Pasir	41,03	41,03	41,03	41,03
Kerikil	61,80	61,80	61,80	61,80
SBR	0,00	1,14	2,28	3,42

2.6 Pembuatan Benda Uji

Seluruh bahan penyusun beton ditimbang sesuai komposisi masing-masing variasi campuran. Agregat kasar, agregat halus, dan semen PCC dicampur hingga homogen, kemudian air ditambahkan secara bertahap. Pada campuran beton dengan SBR, lateks SBR dimasukkan sesuai variasi 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen, sedangkan campuran 0% digunakan sebagai beton kontrol. Setelah campuran homogen, dilakukan uji slump untuk mengetahui *workability* beton segar. Beton kemudian dicetak dalam silinder berukuran 15 cm × 30 cm secara berlapis dan setiap lapisan dipadatkan untuk mengurangi rongga udara. Benda uji dibiarkan selama ±24 jam, kemudian dilepas dari cetakan dan dirawat melalui perendaman air pada suhu ruang hingga umur 28 hari sebelum dilakukan pengujian mekanis.

2.7 Perawatan Beton

Setelah berumur ±24 jam di dalam cetakan, benda uji dilepas dan dirawat dengan metode perendaman air pada suhu ruang hingga mencapai umur 28 hari. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga kelembapan beton agar proses hidrasi semen berlangsung optimal. Setelah masa perawatan selesai, benda uji diangkat, dikeringkan permukaannya, kemudian digunakan untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

2.8 Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis dilakukan pada benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm setelah beton berumur 28 hari. Variasi campuran yang diuji terdiri atas beton kontrol (0%), serta beton dengan penambahan SBR sebesar 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Setiap variasi terdiri atas tiga benda uji. Parameter yang diuji meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine*

dengan mengacu pada SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak [17]. Benda uji diletakkan secara vertikal pada pelat tekan mesin, kemudian diberi beban aksial secara kontinu tanpa kejutan dengan laju pembebanan sekitar 0,15–0,35 MPa/detik. Beban maksimum yang terbaca pada alat digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan beton menggunakan persamaan 1 berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)
P = beban maksimum saat runtuh (N)
A = luas penampang benda uji silinder (mm²)

Pengujian kuat tarik belah dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* dengan mengacu pada SNI 2491:2014 tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder [18]. Benda uji diletakkan secara horizontal pada mesin uji tekan, kemudian diberi beban diametral secara menerus tanpa sentakan dengan laju pembebanan konstan sekitar 0,7–1,4 MPa/menit. Nilai kuat tarik belah beton dihitung menggunakan persamaan 2 berikut:

$$fct = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

fct = kuat tarik belah beton (MPa)
P = beban maksimum saat runtuh (N)
L = panjang/tinggi benda uji silinder (mm)
D = diameter benda uji silinder (mm)

Pengujian modulus elastisitas dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* dengan alat bantu pembacaan deformasi berupa *dial gauge* dan LVDT. LVDT dipasang pada benda uji untuk mengukur perubahan panjang selama pembebanan, sehingga regangan dapat dihitung dalam satuan mm/mm. Pada pengujian modulus elastisitas, pembebanan dilakukan secara bertahap dan kontinu dengan laju konstan sekitar 0,24 ± 0,05 MPa/detik hingga tegangan acuan tercapai. Data beban dan deformasi kemudian digunakan untuk menghitung tegangan, regangan, dan modulus elastisitas beton.

Acuan pengujian modulus elastisitas dapat merujuk pada SNI 03-4169-1996 tentang metode pengujian modulus elastisitas statis dan rasio Poisson beton dengan kompresometer-ekstensometer [19] atau ASTM C469/C469M tentang *Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression* [20]**.** ASTM C469/C469M mencakup penentuan modulus elastisitas statis dan rasio Poisson beton silinder di bawah tegangan tekan longitudinal.

Tegangan diperoleh dari perbandingan antara beban tekan dan luas penampang benda uji seperti pada persamaan 3, sedangkan regangan diperoleh dari perubahan panjang terhadap panjang awal pengukuran. Nilai modulus elastisitas dihitung berdasarkan rasio tegangan terhadap regangan pada titik acuan pengujian.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

E = modulus elastisitas beton (MPa)
σ = tegangan pada beton (MPa)
ε = regangan pada beton (mm/mm)

Seluruh nilai hasil pengujian dihitung untuk masing-masing benda uji, kemudian dirata-ratakan pada setiap variasi campuran. Nilai rata-rata tersebut digunakan untuk membandingkan pengaruh kadar SBR terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton normal.

2.9 Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif-komparatif dengan menghitung nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada setiap benda uji. Setiap variasi kadar SBR, yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12%, terdiri atas tiga benda uji. Nilai hasil pengujian dari masing-masing benda uji kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai representatif pada setiap variasi campuran.

Hasil rata-rata tersebut dibandingkan dengan beton kontrol (0%) untuk mengetahui pengaruh penambahan SBR terhadap sifat mekanis beton normal. Persentase peningkatan atau penurunan dihitung berdasarkan selisih nilai rata-rata antara beton dengan SBR dan beton kontrol. Analisis dilakukan untuk melihat kecenderungan perubahan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas akibat variasi kadar SBR.

Penentuan variasi terbaik dilakukan berdasarkan nilai rata-rata tertinggi pada masing-masing parameter pengujian. Oleh karena itu, kadar SBR optimum tidak ditetapkan secara tunggal untuk seluruh parameter, tetapi disesuaikan dengan hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton kontrol (0%) dan beton dengan variasi kadar SBR sebesar 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar SBR terhadap kemampuan beton dalam menahan beban tekan hingga mencapai keruntuhan. Hasil pengujian kuat tekan setiap benda uji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Variasi SBR

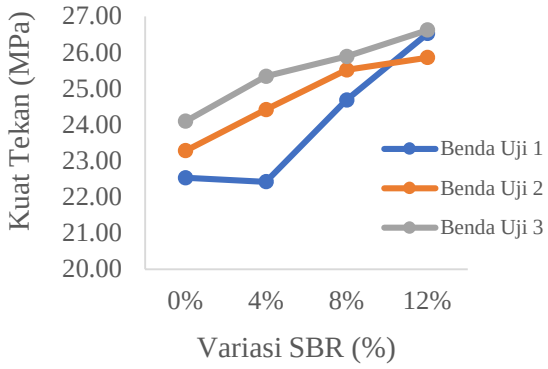
Variabel	Kuat Tekan (MPa)			
	BU 1	BU 2	BU 3	μ
0%	22,53	23,28	24,10	23,30
4%	22,42	24,41	25,34	24,06
8%	24,69	25,52	25,89	25,37
12%	26,53	25,86	26,62	26,34

Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata-rata kuat tekan beton normal sebesar 23,30 MPa. Setelah penambahan SBR, nilai rata-rata kuat tekan meningkat menjadi 24,06 MPa pada variasi kadar SBR 4%, 25,37 MPa pada variasi kadar SBR 8%, dan 26,34 MPa pada variasi kadar SBR 12%. Peningkatan kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi kadar SBR 12%, yaitu sebesar 13,05% dibandingkan beton normal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan SBR sampai kadar 12% memberikan kecenderungan positif terhadap kuat tekan beton. Dengan demikian, variasi kadar SBR 12% menunjukkan kinerja kuat tekan paling tinggi dalam penelitian ini. Penjelasan mengenai kemungkinan mekanisme peningkatan kuat tekan akibat SBR dibahas lebih lanjut pada bagian pembahasan. Hasil pengujian kuat tekan juga ditampilkan pada Gambar 2.

3.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada beton umur 28 hari untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan gaya tarik tidak langsung. Pengujian dilakukan pada beton kontrol (0%) dan beton dengan variasi kadar SBR sebesar 4%, 8%, dan 12% terhadap berat semen. Hasil pengujian kuat tarik belah setiap benda uji
disajikan pada Tabel 3.



Gambar 2. Hubungan variasi SBR (%) terhadap nilai kuat tekan (MPa).

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Pada Variasi SBR

Variabel	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	BU 1	BU 2	BU 3	μ
0%	2,68	2,63	2,76	2,69
4%	2,97	2,86	2,77	2,87
8%	3,23	3,02	2,87	3,04
12%	3,26	3,32	2,92	3,17

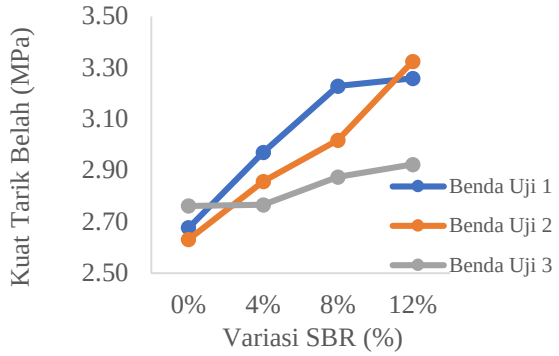
Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal sebesar 2,69 MPa. Setelah penambahan SBR, nilai rata-rata kuat tarik belah meningkat menjadi 2,87 MPa pada variasi kadar SBR 4%, 3,04 MPa pada variasi kadar SBR 8%, dan 3,17 MPa pada variasi kadar SBR 12%. Peningkatan tertinggi diperoleh pada variasi kadar SBR 12%, yaitu sebesar 17,84% dibandingkan beton normal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan SBR memberikan kecenderungan positif terhadap kuat tarik belah beton. Dengan demikian, variasi kadar SBR 12% menunjukkan kinerja terbaik pada parameter kuat tarik belah dalam penelitian ini. Penjelasan mengenai pengaruh SBR terhadap peningkatan ketahanan tarik dan perkembangan retak beton dibahas lebih lanjut pada bagian pembahasan. Hasil pengujian kuat tarik belah juga ditampilkan pada Gambar 3.

3.3 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan beton terhadap deformasi akibat pembebanan. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas, semakin kecil deformasi yang terjadi pada beton. Hasil

pengujian modulus elastisitas pada variasi kadar SBR 0%, 4%, 8%, dan 12% disajikan pada Tabel 4.



Gambar 3. Hubungan variasi SBR (%) terhadap nilai kuat tarik belah beton (MPa).

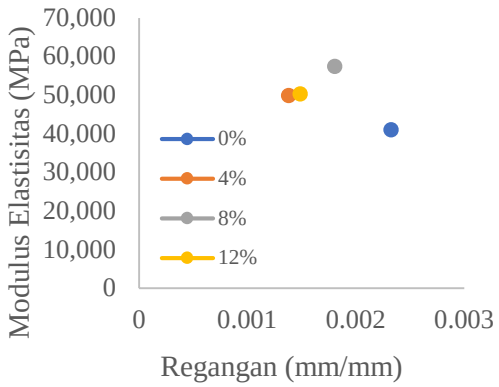
Tabel 4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Pada Variasi SBR.

Modulus Elastisitas (MPa)				
Variabel	**BU 1**	**BU 2**	**BU 3**	**μ**
0%	50.019	31.271	42.089	41.126
4%	43.926	56.917	48.956	49.933
8%	40.872	73.498	58.231	57.534
12%	46.849	53.139	51.032	50.340

Sebaran nilai modulus elastisitas antarbenda uji menunjukkan perbedaan cukup besar, terutama pada variasi kadar SBR 0%, 8%, dan 4%. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh ketidakseragaman kepadatan beton, proses pemadatan, kondisi permukaan benda uji, posisi *dial gauge* atau *LVDT*, serta sensitivitas pembacaan regangan. Oleh karena itu, hasil modulus elastisitas dianalisis menggunakan nilai rata-rata.

Berdasarkan hasil pengujian, beton kontrol (0%) memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 41.126 MPa. Setelah SBR ditambahkan, nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat menjadi 49.933 MPa pada kadar SBR 4% dan mencapai nilai tertinggi sebesar 57.534 MPa pada kadar SBR 8%. Selanjutnya, nilai tersebut menurun menjadi 50.340 MPa pada kadar SBR 12%. Dengan demikian, modulus elastisitas tidak menunjukkan pola peningkatan yang linier.

Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kadar SBR tidak selalu diikuti oleh peningkatan kekakuan beton secara linier. Meskipun seluruh variasi beton dengan tambahan SBR memiliki nilai modulus elastisitas rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan beton kontrol, nilai tertinggi diperoleh pada variasi kadar SBR 8%. Dengan demikian, SBR 8% dapat dinilai sebagai variasi yang paling baik terhadap parameter modulus elastisitas pada kelompok beton dengan tambahan SBR. Perbandingan nilai modulus elastisitas pada setiap variasi kadar SBR dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Regangan (mm/mm) Terhadap Nilai Modulus Elastisitas (MPa).

3.4 Pembahasan Pengaruh SBR terhadap Sifat Mekanis Beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan lateks SBR memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal. Pada kedua parameter tersebut, variasi kadar SBR 12% menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Berdasarkan hasil tersebut, penambahan SBR sampai kadar 12% dapat dikaitkan dengan peningkatan kemampuan beton dalam menahan beban tekan dan gaya tarik tidak langsung.

Peningkatan kuat tekan pada beton dengan tambahan SBR dapat diinterpretasikan sebagai indikasi adanya perubahan perilaku mekanis campuran beton. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, SBR sebagai bahan modifikasi polimer berpotensi memperbaiki lekatan antara pasta semen dan agregat, membentuk film polimer dalam matriks semen, serta memengaruhi kerapatan campuran beton [1], [2], [4], [5]. Namun, pada penelitian ini mekanisme tersebut tidak dibuktikan melalui pengujian mikrostruktur, porositas, atau absorpsi. Oleh karena itu, penjelasan mengenai pembentukan film polimer dan perbaikan ikatan internal digunakan sebagai

interpretasi berbasis literatur, bukan sebagai hasil pengamatan langsung.

Peningkatan kuat tarik belah menunjukkan bahwa beton dengan tambahan SBR memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan gaya tarik tidak langsung dibandingkan beton normal. Secara teoritis, peningkatan ini dapat berhubungan dengan sifat SBR yang mampu meningkatkan daya lekat dalam campuran beton dan membantu menahan perkembangan retak awal [2], [5], [6]. Akan tetapi, karena penelitian ini tidak melakukan pengamatan retak mikro, maka pernyataan mengenai penghambatan retak mikro hanya dapat diposisikan sebagai dugaan mekanisme yang didukung oleh literatur, bukan sebagai temuan eksperimental dari penelitian ini.

Berbeda dengan kuat tekan dan kuat tarik belah, modulus elastisitas tidak menunjukkan pola peningkatan yang linier. Nilai modulus elastisitas meningkat dari beton normal hingga kadar SBR 8%, kemudian menurun pada kadar SBR 12%. Nilai tertinggi diperoleh pada kadar SBR 8%. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan SBR dapat meningkatkan kekakuan beton sampai kadar tertentu, tetapi peningkatan kadar SBR lebih lanjut tidak selalu diikuti oleh peningkatan modulus elastisitas.

Dengan demikian, pengaruh SBR terhadap beton perlu dilihat berdasarkan parameter mekanis yang diuji. SBR 12% memberikan hasil paling baik terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah, sedangkan SBR 8% memberikan hasil paling baik terhadap modulus elastisitas. Penelitian ini tidak mencakup pengujian mikrostruktur, porositas, maupun absorpsi, sehingga pembahasan mengenai film polimer, perubahan pori, ikatan internal, dan retak mikro hanya digunakan sebagai interpretasi pendukung berdasarkan literatur. Hasil utama penelitian tetap dibatasi pada data kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

3.5 Implikasi Hasil terhadap Tujuan Penelitian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, yaitu mengevaluasi pengaruh variasi kadar SBR terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton normal. Penambahan SBR memberikan pengaruh positif terhadap parameter kekuatan, terutama pada kuat tekan dan kuat tarik belah. Variasi kadar SBR 12% menunjukkan kinerja terbaik pada kedua parameter tersebut, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai kadar yang efektif apabila tujuan utama campuran beton adalah meningkatkan kapasitas tekan dan ketahanan terhadap gaya tarik tidak langsung.

Namun, pengaruh SBR terhadap modulus elastisitas tidak menunjukkan pola peningkatan yang sama. Nilai modulus elastisitas pada beton dengan tambahan SBR menunjukkan bahwa peningkatan kadar SBR tidak selalu menghasilkan beton yang lebih kaku. Pada parameter ini, variasi kadar SBR 8% memberikan hasil paling baik di antara campuran beton yang menggunakan SBR. Hal ini menunjukkan bahwa SBR dapat meningkatkan kekuatan beton, tetapi pada kadar tertentu juga dapat memengaruhi sifat deformasi dan kekakuan beton.

Dengan demikian, kadar SBR optimum tidak dapat ditentukan secara tunggal untuk seluruh parameter mekanis. Jika prioritasnya adalah peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah, maka variasi kadar SBR 12% menjadi pilihan yang paling sesuai. Sebaliknya, jika kekakuan beton menjadi pertimbangan utama, variasi kadar SBR 8% lebih tepat digunakan. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan SBR dalam beton perlu disesuaikan dengan kebutuhan desain dan parameter mekanis yang ingin dicapai.

4. Kesimpulan

Penambahan Styrene Butadiene Rubber (SBR) memengaruhi sifat mekanis beton normal secara berbeda pada setiap parameter pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah mengalami peningkatan seiring penambahan kadar SBR. Nilai tertinggi pada kedua parameter tersebut diperoleh pada variasi kadar SBR 12%, sehingga kadar ini dapat dinilai lebih efektif untuk meningkatkan kapasitas beton terhadap beban tekan dan gaya tarik tidak langsung.

Berbeda dengan kuat tekan dan kuat tarik belah, modulus elastisitas tidak menunjukkan pola peningkatan yang linier. Nilai modulus elastisitas meningkat dari beton normal hingga kadar SBR 8%, kemudian menurun pada kadar SBR 12%. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada variasi kadar SBR 8%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan SBR dapat meningkatkan kekakuan beton sampai kadar tertentu, tetapi peningkatan kadar SBR lebih lanjut tidak selalu diikuti oleh peningkatan modulus elastisitas.

Berdasarkan hasil tersebut, kadar SBR terbaik perlu ditentukan sesuai dengan parameter mekanis yang menjadi prioritas. Variasi kadar

SBR 12% lebih sesuai apabila tujuan utama adalah meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah, sedangkan variasi kadar SBR 8% lebih baik dipertimbangkan apabila kekakuan beton menjadi perhatian utama. Penelitian ini tidak mencakup pengujian mikrostruktur, porositas, maupun absorpsi, sehingga mekanisme internal seperti pembentukan film polimer, perubahan pori, ikatan internal, dan perkembangan retak mikro belum dapat dipastikan secara langsung. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan pengujian mikrostruktur, porositas, absorpsi, dan durabilitas agar mekanisme pengaruh SBR terhadap beton dapat dijelaskan secara lebih mendalam.

Daftar Pustaka

[1] A. N. Khan, N. Bheel, M. Ahmed, R. A. Abbasi, and S. Sohu, "Use of Styrene Butadiene Rubber (SBR) polymer in cement concrete," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 13, no. 5, pp. 606–616, 2020, doi:10.17485/ijst/2020/v13i05/148936.

[2] S. Bhattacharya and S. R. Das, "SBR-latex modified concrete: A new avenue for concrete materials, a review," *BCREC Engineering & Science Transaction*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi:10.61429/BEST2023E01.

[3] G. N. Shete and K. S. Upase, "Evaluation of compressive strength and water absorption of Styrene Butadiene Rubber (SBR) latex modified concrete," *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, vol. 1, no. 9, pp. 1404–1410, 2014, doi:10.18535/ijetst.

[4] M. A. Qadri, H. Hameed, and O. Bhutta, "Fresh and hardened properties of Styrene-Butadiene Rubber (SBR) modified concrete," *European Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 5, no. 4, pp. 457–461, 2020, doi:10.24018/ejeng.2020.5.4.1883.

[5] S. Yao and Y. Ge, "Effect of Styrene Butadiene Rubber latex on mortar and concrete properties," *Advanced Engineering Forum*, vol. 5, pp. 283–288, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AEF.5.283.

[6] B. Chmielewska, "Adhesion strength and other mechanical properties of SBR modified concrete," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 2, no. 1, pp. 3–8, 2008, doi: 10.4334/IJCSM.2008.2.1.003.

[7] G. M. Simbolon and Jonbi, "Pengaruh penggunaan Styrene Butadiene Rubber terhadap sifat mekanis beton," *Jurnal Artesis*, vol. 1, no. 2, pp. 155–160, 2021, doi:10.35814/artesis.v1i2.3221.

[8] K. K. Kim, J. Yeon, H. J. Lee, and J. H. Yeon, "Dimensional stability of SBR-modified cementitious mixtures for use in 3D additive construction," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 16, p. 3386, 2019, doi:10.3390/app9163386.

[9] M. R. Ashraf, U. Akmal, N. Khurram, F. Aslam, and A. F. Deifalla, "Impact resistance of Styrene–Butadiene Rubber (SBR) latex-modified fiber-reinforced concrete: The role of aggregate size," *Materials*, vol. 15, no. 4, p. 1283, 2022, doi: 10.3390/ma15041283.

[10] I. A. Aziz, K. I. Mohammad, and A. S. Al-Luhybi, "Mechanical properties and strength development of polymer modified concrete: A contribution study," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2651, no. 1, p. 020025, 2023, doi:10.1063/5.0105549.

[11] B. C. Lho, M. K. Joo, K. H. Choi, and J. Y. Choi, "Effects of polymer-binder ratio and slag content on strength properties of autoclaved polymer-modified concrete," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 16, no. 5, pp. 803–808, 2012, doi:10.1007/s12205-012-1373-3.

[12] K. Pikoń, N. Poranek, M. Marczak, B. Łaźniewska-Piekarczyk, and W. Ścierski, "Raw and pre-treated Styrene Butadiene Rubber (SBR) dust as a partial replacement for natural sand in mortars," *Materials*, vol. 17, no. 2, p. 441, 2024, doi:10.3390/ma1702044.

[13] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2000.

[14] M. L. Gambhir, *Concrete Technology: Theory and Practice*, 5th ed. New Delhi, India: McGraw Hill Education, 2013.

[15] P. Palson and B. Vidivelli, "Properties of Styrene Butadiene Rubber latex modified concrete," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 9, no. 5, pp. 2119–2123, 2020, doi:10.35940/ijitee.E3012.039520.

[16] M. S. Essa, A. M. Abdul-Amir, and N. F. Hassan, "Effect of adding (SBR) on concrete properties and bond between old and new concrete," *Kufa Journal of Engineering*, vol.

4, no. 1, pp. 81–96, 2012, doi:10.30572/2018/KJE/411251.

[17] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1974:2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder yang Dicetak*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2011.

[18] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2491:2014: Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2014.

[19] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-4169-1996: Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis dan Rasio Poisson Beton dengan Kompresometer-Ekstensometer*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 1996.

[20] ASTM International, *ASTM C469/C469M: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

[21] PT Sika Indonesia, *Lembar Data Teknis SikaCim® Lateks: Bonding Agent dan Bahan Campuran Mortar Tahan Air*. Bogor, Indonesia: PT Sika Indonesia, 2022.