

Pengaruh Kombinasi *Palm Kernel Shell Ash* dan *Styrene-Butadiene Rubber* terhadap Kuat Tekan Beton

Julyan Purnomo¹, Firmanilah Kamil^{2*}

¹Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Teknik Sipil dan Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang

²firmanilahkamil@politap.ac.id*

Abstract

This study aims to analyze the effect of a combination of Palm Kernel Shell Ash (PKSA) and Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex on the compressive strength of concrete and to determine the composition that provides optimal performance. PKSA was used as a partial substitute in the concrete mix, while SBR Latex was used as a polymer material at various concentrations. Compressive strength testing was conducted on concrete specimens at 28 days of age to determine the effect of composition variations on concrete strength. The results showed that the B-M5 mixture, with a 5% PKSA substitution and no SBR latex, yielded an average compressive strength of 14.95 MPa, whereas adding 1% SBR latex to the B-M5P1 mixture increased the compressive strength to 18.56 MPa—a 24.15% increase. However, increasing the SBR Latex content to 2% did not result in an increase in compressive strength and actually caused a decrease in strength. Among all the modified concrete variations, the combination of 5% PKSA and 1% SBR Latex produced the highest compressive strength at 28 days. The results of the study indicate that the combination of PKSA and SBR Latex can affect the compressive strength of concrete, with the effectiveness depending on the proportions of the materials used. The combination of 5% PKSA and 1% SBR latex was the most effective composition based on the compressive strength test results in this study.

Keywords: compressive strength of concrete, Palm Kernel Shell Ash, SBR Latex, Styrene-Butadiene Rubber.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi Palm Kernel Shell Ash (PKSA) dan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex terhadap kuat tekan beton serta menentukan komposisi yang memberikan kinerja optimum. PKSA digunakan sebagai material substitusi parsial dalam campuran beton, sedangkan SBR Latex digunakan sebagai material polimer dengan variasi kadar tertentu. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji beton pada umur 28 hari untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi terhadap kekuatan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi B-M5 dengan substitusi 5% PKSA tanpa SBR Latex menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 14,95 MPa, sedangkan penambahan 1% SBR Latex pada variasi B-M5P1 meningkatkan kuat tekan menjadi 18,56 MPa, atau meningkat sebesar 24,15%. Namun, peningkatan kadar SBR Latex menjadi 2% tidak menghasilkan peningkatan kuat tekan dan justru menyebabkan penurunan kekuatan. Di antara seluruh variasi beton modifikasi, kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi PKSA dan SBR Latex dapat memengaruhi kuat tekan beton, dengan efektivitas yang bergantung pada proporsi material yang digunakan. Kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex merupakan komposisi paling efektif berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dalam penelitian ini.

Kata kunci: kuat tekan beton, Palm Kernel Shell Ash, SBR Latex, Styrene-Butadiene Rubber.

Diterima Redaksi : 07-08-2026 | Selesai Revisi : 20-08-2026 | Diterbitkan Online : 25-08-2026

1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan berbagai infrastruktur karena memiliki kuat tekan yang baik, bahan penyusunnya relatif mudah diperoleh, serta dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan struktur [1]. Semen Portland sebagai bahan pengikat utama memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik beton [2]. Namun, produksi semen Portland membutuhkan energi yang besar dan menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂), sehingga diperlukan upaya

pengembangan material alternatif yang dapat mengurangi penggunaan semen sekaligus mempertahankan kinerja beton [3]. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah industri dan material alternatif sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Industri kelapa sawit menghasilkan berbagai jenis limbah yang berpotensi dimanfaatkan sebagai material konstruksi, salah satunya adalah cangkang inti sawit. Pembakaran cangkang inti sawit menghasilkan Palm Kernel Shell Ash (PKSA) atau abu cangkang inti sawit

yang memiliki kandungan mineral dan berpotensi digunakan sebagai material reaktif dalam sistem berbasis semen [4]. Pemanfaatan PKSA sebagai bahan pengganti sebagian semen dapat memberikan nilai tambah terhadap limbah sekaligus mengurangi penggunaan bahan pengikat konvensional [5]. Namun, penggunaan PKSA dalam jumlah tertentu dapat memengaruhi proporsi semen dan karakteristik matriks beton sehingga diperlukan pengaturan kadar substitusi untuk memperoleh kinerja mekanik yang sesuai [6].

Selain penggunaan material mineral reaktif, modifikasi bahan pengikat menggunakan material polimer juga menjadi salah satu alternatif dalam meningkatkan karakteristik beton. Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex merupakan material polimer yang dapat digunakan dalam sistem berbasis semen [7]. Penambahan SBR dapat memengaruhi karakteristik matriks semen melalui pembentukan fase polimer yang berinteraksi dengan produk hidrasi dan partikel penyusun beton [8]. Penggunaan SBR dalam campuran berbasis semen berpotensi memengaruhi sifat mekanik beton, termasuk perkembangan kuat tekan [9]. Oleh karena itu, kombinasi material mineral reaktif dan polimer menjadi pendekatan yang menarik untuk dikaji dalam pengembangan bahan pengikat alternatif.

Pengembangan Advanced Reactive Binder (ARB) dalam penelitian ini dilakukan melalui kombinasi PKSA sebagai mineral reaktif (MR) dan SBR Latex sebagai komponen polimer (P). Penggunaan kedua komponen tersebut diharapkan dapat menghasilkan sistem bahan pengikat yang memanfaatkan fungsi material mineral dan polimer secara bersamaan. Akan tetapi, perubahan proporsi mineral reaktif dan polimer dapat memberikan respons yang berbeda terhadap perkembangan kekuatan beton. Penggunaan material pengganti dalam kadar yang terlalu tinggi juga berpotensi menurunkan jumlah semen yang tersedia untuk proses hidrasi, sedangkan penambahan polimer dalam jumlah tertentu dapat mengubah karakteristik matriks beton [10]. Oleh karena itu, pengaruh kombinasi kedua material tersebut perlu dievaluasi secara eksperimental.

Berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan abu berbasis limbah kelapa sawit maupun material polimer dalam campuran beton. Namun, penggunaan PKSA sebagai mineral reaktif yang dikombinasikan dengan SBR Latex sebagai komponen polimer dalam sistem Advanced Reactive Binder masih perlu dikaji lebih lanjut, khususnya terkait pengaruh variasi komposisi terhadap perkembangan kuat tekan beton. Kajian tersebut penting untuk mengetahui apakah kombinasi mineral reaktif dan polimer mampu menghasilkan kinerja mekanik yang berbeda dibandingkan penggunaan PKSA tanpa tambahan polimer maupun beton normal sebagai kontrol.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi Palm Kernel Shell Ash (PKSA) dan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex terhadap kuat tekan beton berbasis Advanced Reactive Binder. Variasi campuran yang digunakan meliputi beton kontrol tanpa substitusi, substitusi PKSA sebesar 5% dan 10%, serta kombinasi PKSA dengan SBR Latex sebesar 1% dan 2%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari untuk mengevaluasi perkembangan kekuatan beton. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh kombinasi mineral reaktif dan polimer terhadap kinerja mekanik beton serta mendukung pemanfaatan limbah cangkang inti sawit sebagai material alternatif dalam pengembangan bahan pengikat yang lebih berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Material Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan penyusun beton yang terdiri atas semen, pasir, batu pecah, air, Palm Kernel Shell Ash (PKSA), dan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex. PKSA digunakan sebagai mineral reaktif (MR) yang berfungsi sebagai bahan pengganti sebagian semen, sedangkan SBR Latex digunakan sebagai komponen polimer (P) dalam pengembangan Advanced Reactive Binder. Semen digunakan sebagai bahan pengikat utama, sedangkan pasir dan batu pecah digunakan sebagai agregat halus dan agregat kasar [11][12]. Air digunakan untuk proses pencampuran dan hidrasi semen [13].

2.2 Rancangan Campuran

Penelitian menggunakan enam variasi campuran berdasarkan proporsi semen, mineral reaktif, dan polimer. Campuran B-0 digunakan sebagai campuran kontrol tanpa penambahan PKSA maupun SBR Latex. Variasi B-M5 dan B-M10 menggunakan PKSA masing-masing sebesar 5% dan 10% sebagai pengganti sebagian semen. Selanjutnya, variasi B-M5P1 menggunakan 5% PKSA dan 1% SBR Latex, sedangkan B-M10P1 menggunakan 10% PKSA dan 1% SBR Latex. Variasi B-M10P2 menggunakan 10% PKSA dan 2% SBR Latex. Proporsi material pengikat pada masing-masing variasi disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan massa, kebutuhan material untuk setiap variasi campuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Variasi Komposisi Advanced Reactive Binder

Kode	Semen (%)	PKSA/MR (%)	SBR Latex/P (%)
B-0	100	0	0
B-M5	95	5	0
B-M10	90	10	0
B-M5P1	94	5	1
B-M10P1	89	10	1
B-M10P2	88	10	2

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton Berdasarkan Massa

Variasi	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu (kg)	Air (kg/L)	PKSA (kg)	SBR (kg)
B-0	5,01	9,42	14,13	2,90	0,00	0,00
B-M5	4,76	9,42	14,13	2,90	0,25	0,00
B-M10	4,51	9,42	14,13	2,90	0,50	0,00
B-M5P1	4,76	9,42	14,13	2,84	0,25	0,06
B-M10P1	4,51	9,42	14,13	2,84	0,50	0,06
B-M10P2	4,76	9,42	14,13	2,79	0,25	0,12
Total	28,30	56,54	84,81	17,18	1,75	0,23

Setiap variasi direncanakan menggunakan **4 benda uji**, benda uji dan luas penampang benda uji, menggunakan sehingga jumlah keseluruhan benda uji adalah **24 buah**. persamaan:
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

2.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji diawali dengan menyiapkan seluruh material sesuai dengan proporsi masing-masing variasi. Semen dan PKSA dicampurkan terlebih dahulu hingga diperoleh campuran mineral yang homogen. Pada variasi yang menggunakan SBR Latex, polimer ditambahkan sesuai dengan kadar yang telah ditentukan. Selanjutnya, agregat halus dan agregat kasar dimasukkan dan dicampur hingga seluruh material terdistribusi secara merata. Air ditambahkan secara bertahap sesuai kebutuhan masing-masing variasi hingga diperoleh campuran beton yang homogen.

Campuran beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan benda uji dan dipadatkan untuk mengurangi rongga udara yang terperangkap di dalam campuran. Setelah proses pencetakan selesai, benda uji dibiarkan hingga mencapai kondisi yang memungkinkan untuk dilepaskan dari cetakan. Selanjutnya, benda uji menjalani proses perawatan (*curing*) sampai mencapai umur pengujian yang telah ditentukan, yaitu 7 dan 28 hari.

2.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui perkembangan kekuatan beton pada umur 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm. Luas bidang tekan benda uji adalah 225 cm² atau 22.500 mm². Nilai kuat tekan beton dihitung berdasarkan perbandingan antara beban maksimum yang diterima benda uji dan luas bidang tekan. Sebelum pengujian, setiap benda uji ditimbang untuk memperoleh berat sampel dan kemudian ditempatkan pada mesin uji tekan dengan posisi yang sesuai terhadap arah pembebanan [14]. Beban diberikan secara bertahap hingga benda uji mengalami keruntuhan. Beban maksimum yang terbaca pada mesin dicatat dalam satuan kN.

Nilai kuat tekan beton dihitung berdasarkan perbandingan antara beban maksimum yang diterima

Dengan f'_c adalah kuat tekan beton, P adalah beban maksimum saat benda uji mengalami keruntuhan, dan A adalah luas penampang benda uji (mm²).

Nilai kuat tekan selanjutnya digunakan untuk membandingkan pengaruh variasi PKSA dan SBR Latex terhadap perkembangan kekuatan beton pada umur 7 dan 28 hari. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan masing-masing variasi terhadap campuran kontrol (**B-0**) serta mengevaluasi perubahan kuat tekan akibat penambahan mineral reaktif dan polimer.

2.5 Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan nilai kuat tekan pada setiap variasi campuran dan umur pengujian. Analisis difokuskan pada perubahan kuat tekan akibat penggunaan PKSA secara tunggal serta kombinasi PKSA dengan SBR Latex. Perbandingan antara umur 7 dan 28 hari digunakan untuk mengevaluasi perkembangan kekuatan beton, sedangkan campuran B-0 digunakan sebagai dasar untuk mengetahui pengaruh penggunaan **Advanced Reactive Binder** terhadap kinerja kuat tekan beton.

3. Hasil dan Pembahasan

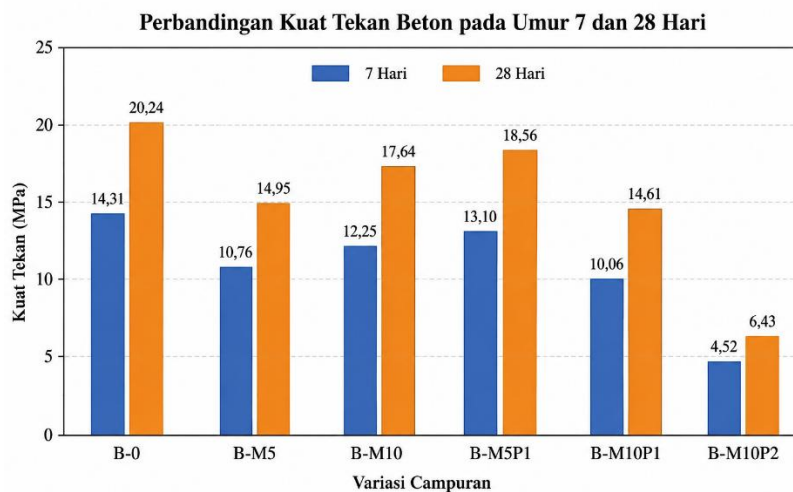
3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji beton berbentuk kubus berukuran 15 × 15 × 15 cm pada umur 7 dan 28 hari. Variasi campuran terdiri atas beton normal (B-0), beton dengan substitusi Palm Kernel Shell Ash (PKSA) sebesar 5% (B-M5) dan 10% (B-M10), serta kombinasi PKSA dengan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex sebanyak 1% dan 2% sebagai komponen Advanced Reactive Binder. Nilai kuat tekan diperoleh berdasarkan beban maksimum yang diterima benda uji dibagi luas bidang tekan sebesar 22.500 mm². Hasil rata-rata pengujian kuat tekan disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, seluruh variasi mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 28 hari. Beton normal (B-0) menghasilkan kuat tekan tertinggi, yaitu sebesar 20,24 MPa pada umur 28 hari. Pada campuran yang menggunakan PKSA tanpa penambahan polimer, substitusi 10% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan substitusi 5%. Sementara itu, kombinasi PKSA dengan SBR Latex menunjukkan bahwa penggunaan 5% PKSA dan 1% SBR (B-M5P1) memberikan kuat tekan sebesar 18,56 MPa, lebih tinggi dibandingkan variasi campuran modifikasi lainnya.

Tabel 3. Rata-rata Kuat Tekan Beton

Variasi	7 Hari (MPa)	28 Hari (MPa)
B-0	14,31	20,24
B-M5	10,76	14,95
B-M10	12,25	17,64
B-M5P1	13,10	18,56
B-M10P1	10,06	14,61



Gambar 1. Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Umur 7 dan 28 Hari

Gambar 1 menunjukkan bahwa seluruh variasi beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 28 hari. Beton normal (B-0) menghasilkan kuat tekan tertinggi pada kedua umur pengujian, yaitu 14,31 MPa pada umur 7 hari dan 20,24 MPa pada umur 28 hari. Pada campuran yang menggunakan PKSA tanpa polimer, B-M10 menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan B-M5, baik pada umur 7 maupun 28

hari. Sementara itu, variasi B-M5P1 menunjukkan performa yang relatif tinggi pada umur 28 hari, yaitu 18,56 MPa, dan menjadi campuran modifikasi dengan kuat tekan tertinggi. Sebaliknya, B-M10P2 menghasilkan nilai kuat tekan terendah, yaitu 4,52 MPa pada umur 7 hari dan 6,43 MPa pada umur 28 hari.

Tabel 4. Perkembangan Kuat Tekan Beton dari Umur 7 ke 28 Hari

Variasi	7 Hari (MPa)	28 Hari (MPa)	Kenaikan (MPa)	Kenaikan (%)
B-0	14,31	20,24	5,93	41,44
B-M5	10,76	14,95	4,19	38,94
B-M10	12,25	17,64	5,39	44,00
B-M5P1	13,10	18,56	5,46	41,68
B-M10P1	10,06	14,61	4,55	45,23
B-M10P2	4,52	6,43	1,91	42,26

Berdasarkan Tabel 4, seluruh variasi beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari menuju umur 28 hari. Peningkatan relatif terbesar terjadi pada variasi B-M10P1 sebesar 45,23%, diikuti B-M10 sebesar 44,00%. Sementara itu, B-M10P2 mengalami peningkatan

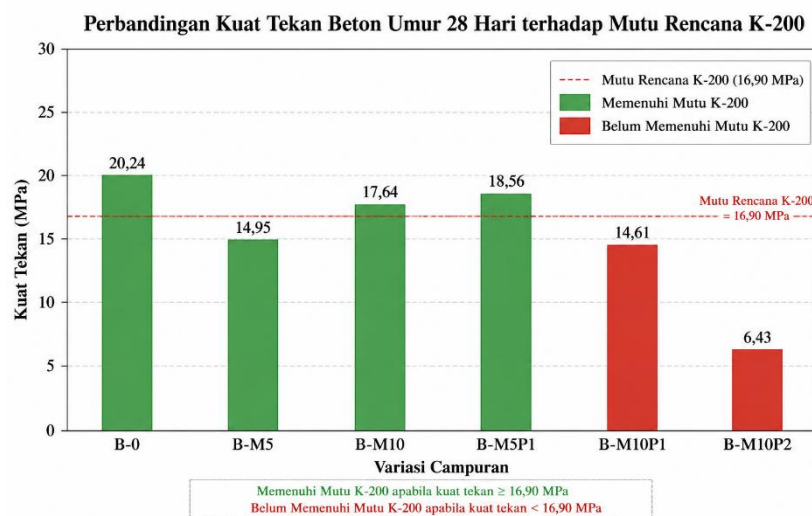
sebesar 42,26%, meskipun nilai kuat tekan akhirnya masih menjadi yang terendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pertambahan umur memberikan kontribusi terhadap perkembangan kekuatan pada

seluruh campuran, tetapi besarnya peningkatan dipengaruhi oleh komposisi material yang digunakan.

Tabel 5. Pencapaian Kuat Tekan terhadap Mutu Rencana K-200

Variasi	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Mutu Rencana (MPa)	Pencapaian (%)	Keterangan
B-0	20,24	16,90	119,76	Memenuhi
B-M5	14,95	16,90	88,46	Belum memenuhi
B-M10	17,64	16,90	104,38	Memenuhi
B-M5P1	18,56	16,90	109,82	Memenuhi
B-M10P1	14,61	16,90	86,45	Belum memenuhi
B-M10P2	6,43	16,90	38,05	Belum memenuhi

Pada umur 28 hari, beton normal B-0 menghasilkan kuat tekan sebesar 20,24 MPa atau mencapai 119,76% dari mutu rencana K-200. Di antara campuran yang menggunakan material modifikasi, B-M5P1 menghasilkan performa paling baik dengan kuat tekan 18,56 MPa atau mencapai 109,82% dari mutu rencana. Variasi B-M10 juga mampu melampaui mutu rencana dengan kuat tekan 17,64 MPa. Sementara itu, B-M5, B-M10P1, dan B-M10P2 belum mencapai kuat tekan rencana. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak seluruh kombinasi PKSA dan SBR Latex mampu mempertahankan performa beton pada tingkat mutu K-200.



Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari terhadap Mutu Rencana K-200

Gambar 2. Perbandingan kuat tekan 28 hari terhadap K-200

3.2 Pengaruh Substitusi Palm Kernel Shell Ash terhadap Kuat Tekan Beton

Gambar 2 menunjukkan perbandingan kuat tekan beton pada umur 28 hari terhadap mutu rencana K-200 sebesar 16,90 MPa. Variasi B-0, B-M10, dan B-M5P1 telah memenuhi mutu rencana dengan kuat tekan masing-masing sebesar 20,24 MPa, 17,64 MPa, dan 18,56 MPa.

Sementara itu, variasi B-M5, B-M10P1, dan B-M10P2 belum mencapai mutu rencana, dengan kuat tekan masing-masing sebesar 14,95 MPa, 14,61 MPa, dan 6,43 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak semua kombinasi PKSA dan SBR Latex mampu menghasilkan kuat tekan yang memenuhi mutu K-200. Di antara campuran yang dimodifikasi, B-M5P1 menunjukkan kinerja paling baik karena mampu mencapai 109,82% dari mutu rencana.

Tabel 6. Perubahan Kuat Tekan terhadap Beton Normal pada Umur 28 Hari

Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Perubahan terhadap B-0
B-0	20,24	—
B-M5	14,95	–26,09%
B-M10	17,64	–12,85%
B-M5P1	18,56	–8,30%
B-M10P1	14,61	–27,86%
B-M10P2	6,43	–68,23%

Berdasarkan Tabel 6, beton normal B-0 menghasilkan kuat tekan sebesar 20,24 MPa pada umur 28 hari. Pada campuran yang menggunakan PKSA tanpa penambahan polimer, variasi B-M5 dengan substitusi PKSA sebesar 5% menghasilkan kuat tekan sebesar 14,95 MPa, atau mengalami penurunan sebesar 26,09% dibandingkan beton normal. Sementara itu, peningkatan kadar PKSA menjadi 10% pada variasi B-M10 menghasilkan kuat tekan sebesar 17,64 MPa, dengan penurunan yang lebih kecil, yaitu 12,85% terhadap beton normal.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kadar PKSA dari 5% menjadi 10% memberikan respons yang lebih baik terhadap kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, kuat tekan B-M10 lebih tinggi sebesar 18,00% dibandingkan B-M5. Dengan demikian, dalam rentang kadar PKSA yang diteliti, substitusi sebesar 10% memberikan kinerja mekanik yang lebih baik dibandingkan substitusi 5%.

Perbedaan kinerja tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik PKSA sebagai material yang berpotensi memiliki sifat pozzolanik. Kandungan silika reaktif dalam PKSA dapat berpartisipasi dalam reaksi pozzolanik dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen dan membentuk produk hidrasi tambahan yang berkontribusi terhadap densifikasi matriks semen. Namun, efektivitas mekanisme tersebut dipengaruhi oleh karakteristik PKSA, seperti kandungan kimia [15], tingkat kehalusan [16], reaktivitas [17], dan proporsi substitusi yang digunakan [18].

Berdasarkan hasil tersebut, substitusi PKSA sebesar 10% menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada 5% dalam sistem campuran tanpa SBR Latex. Meskipun demikian, nilai kuat tekan B-M10 sebesar 17,64 MPa perlu dipertimbangkan bersama mutu rencana K-200 sebesar 16,90 MPa, karena nilai tersebut hanya sedikit berada di atas mutu rencana.

3.3 Pengaruh Penambahan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Latex

Penambahan SBR Latex memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap kadar PKSA. Pada campuran dengan substitusi 5% PKSA, penambahan SBR Latex

sebesar 1% meningkatkan kuat tekan beton dari 14,95 MPa menjadi 18,56 MPa pada umur 28 hari. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan polimer mampu memperbaiki ikatan antarmuka antara pasta semen dan agregat sehingga menghasilkan struktur beton yang lebih kompak.

Sebaliknya, pada campuran dengan substitusi 10% PKSA, penambahan SBR Latex sebesar 1% menghasilkan kuat tekan sebesar 14,61 MPa, lebih rendah dibandingkan campuran tanpa polimer yang mencapai 17,64 MPa. Penambahan SBR Latex hingga 2% bahkan menyebabkan penurunan kuat tekan yang cukup signifikan menjadi 6,43 MPa.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas SBR Latex sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran [19]. Penambahan polimer dalam jumlah yang terlalu tinggi tidak selalu meningkatkan kekuatan beton, karena dapat mengubah keseimbangan antara proses hidrasi semen dan pembentukan film polimer [20]. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa terdapat kadar optimum penggunaan polimer pada sistem Advanced Reactive Binder [21].

3.4 Perkembangan Kuat Tekan Berdasarkan Umur Beton

Perkembangan kuat tekan dari umur 7 menuju 28 hari menunjukkan bahwa seluruh variasi mengalami peningkatan kekuatan. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrasi semen masih berlangsung secara berkelanjutan sehingga menghasilkan pembentukan produk hidrasi yang semakin banyak seiring bertambahnya umur beton.

Peningkatan kuat tekan terbesar terjadi pada variasi B-M10P1, sedangkan peningkatan paling kecil terjadi pada variasi B-M10P2. Walaupun demikian, variasi B-M5P1 memberikan kombinasi antara peningkatan kuat tekan dan nilai akhir yang relatif tinggi dibandingkan campuran modifikasi lainnya.

Apabila dibandingkan dengan mutu rencana beton K-200 (16,9 MPa), beton normal (B-0), variasi B-M10, dan variasi B-M5P1 telah memenuhi bahkan melampaui

kuat tekan yang direncanakan. Sebaliknya, variasi B-M5, B-M10P1, dan B-M10P2 masih berada di bawah mutu rencana sehingga memerlukan optimasi komposisi campuran apabila akan diterapkan pada pekerjaan konstruksi yang mensyaratkan mutu K-200.

3.5 Perbandingan Efektivitas Komposisi Advanced Reactive Binder

Pada campuran dengan substitusi PKSA sebesar 5%, penambahan SBR Latex sebesar 1% memberikan peningkatan kuat tekan yang cukup signifikan. Variasi B-M5 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 14,95 MPa, sedangkan penambahan 1% SBR Latex pada B-M5P1 meningkatkan kuat tekan menjadi 18,56 MPa. Dengan demikian, penambahan 1% SBR Latex meningkatkan kuat tekan sebesar 24,15% dibandingkan campuran B-M5 tanpa polimer. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kadar PKSA 5%, penambahan SBR Latex sebesar 1% memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan beton.

Peningkatan kuat tekan tersebut diduga berkaitan dengan kemampuan SBR Latex dalam membentuk fase polimer yang dapat meningkatkan kohesi dan memperbaiki ikatan pada matriks semen. Interaksi antara matriks semen, PKSA, dan polimer berpotensi menghasilkan struktur pasta yang lebih kompak sehingga kemampuan beton dalam menerima beban tekan meningkat. Namun demikian, efektivitas SBR Latex tetap dipengaruhi oleh kadar penggunaannya dalam campuran.

Perbandingan antarvariasi menunjukkan bahwa penggunaan PKSA tanpa polimer tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Pada penelitian ini, variasi dengan substitusi PKSA 10% menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan PKSA 5% pada kondisi tanpa penambahan SBR Latex. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh PKSA terhadap kuat tekan dipengaruhi oleh kadar substitusi yang digunakan.

Penambahan SBR Latex juga tidak selalu meningkatkan kuat tekan. Kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex (B-M5P1) menghasilkan kuat tekan sebesar 18,56 MPa pada umur 28 hari, yang merupakan nilai tertinggi di antara seluruh variasi beton modifikasi. Sebaliknya, peningkatan kadar SBR Latex menjadi 2% menyebabkan penurunan kuat tekan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan SBR Latex perlu dilakukan pada kadar yang proporsional agar dapat memberikan kontribusi optimal terhadap sifat mekanik beton.

Berdasarkan hasil tersebut, kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex merupakan komposisi yang paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton pada penelitian ini. Peningkatan tersebut diduga terjadi karena adanya

keseimbangan antara kontribusi material berbasis abu dan pembentukan fase polimer dalam matriks semen [22]. Sebaliknya, penggunaan SBR Latex pada kadar yang lebih tinggi belum memberikan peningkatan kekuatan yang lebih baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh kombinasi Palm Kernel Shell Ash (PKSA) dan Styrene-Butadiene Rubber (SBR) terhadap kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kombinasi PKSA dan SBR Latex memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada substitusi PKSA sebesar 5%, penambahan SBR Latex sebesar 1% meningkatkan kuat tekan rata-rata dari 14,95 MPa menjadi 18,56 MPa, atau mengalami peningkatan sebesar 24,15% dibandingkan campuran B-M5 tanpa SBR Latex.
2. Kadar SBR Latex yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang lebih besar. Kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex (B-M5P1) menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 18,56 MPa pada umur 28 hari, sedangkan peningkatan kadar SBR Latex menjadi 2% justru menyebabkan penurunan kuat tekan.
3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas kombinasi PKSA dan SBR Latex sangat dipengaruhi oleh proporsi masing-masing material. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kombinasi 5% PKSA dan 1% SBR Latex merupakan komposisi paling efektif dalam penelitian ini.
4. Dengan demikian, pemanfaatan PKSA yang dikombinasikan dengan SBR Latex berpotensi digunakan sebagai pendekatan untuk menghasilkan beton dengan peningkatan kuat tekan, dengan catatan kadar substitusi dan kadar polimer harus ditentukan secara proporsional agar diperoleh kinerja beton yang optimal..

Daftar Rujukan

- [1] Septiani, V., Suryan, V., & Amalia, D. (2024). Faktor-faktor yang mempengaruhi campuran beton: Rancangan beton, kekuatan beton, dan karakteristik beton. *Journal of Engineering and Transportation*, 1(4).
- [2] Bulewan, K. Y., Martin, B., & Saleh, M. (2026). Pengaruh Variasi Kehalusan Blaine Semen Portland Komposit (Pcc) Terhadap Ketahanan Kuat Tekan Beton. *Paulus Chem Engineering Journal*, 6(1), 23-28.
- [3] Yansiku, S. I., & Duran, Y. G. (2025). Terak non-besi sebagai tambah semen portland pada beton struktural. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 30(1), 138-149.
- [4] Pratama, I. (2026). Pembuatan Briket Dari Limbah Cangkang Inti Sawit (Palm Kernel Shell) Dan Serabut Kelapa. *Journal of Research and Education Chemistry*, 8(1), 149-160.
- [5] Utama, A., Septriasyah, V., & Irawan, T. (2025). Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai material substitusi sebagian semen terhadap workabilitas, densitas,

- dan kekuatan tekan beton. *Jurnal Deformasi*, 10(1), 99-109.
- [6] BP, M. S., Febryanti, F., & Sideng, N. (2025). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) dengan Semen Jenis PCC Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 10(3), 288-299.
- [7] Syahrani, I., Kencanawati, N. N., Ngudiyono, M. E., & Eniarti, M. (2025). Effect of Using Styrene Butadiene Rubber (SBR) on Physical, Mechanical, and Microstructure Properties of Recycled Coarse Aggregate Concrete Heating Grinding Method. *Journal of World Science-Vol*, 4(4), 370-379.
- [8] Fadila, M. S. Z., Tosulpa, M. E., Juwita, F., Pratama, R., Lendrian, R. H., & Kholifawati, G. S. (2026). Pengaruh Penambahan Lateks dan Filler Semen pada Campuran AC-BC terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Ragam Pengabdian*, 3(2), 5673-5686.
- [9] Alwiyah, S., Anggreana, V., & Mildawati, R. (2024). Pengaruh Campuran Spent Bleaching Earth (SBE) dan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 13(2), 139-146.
- [10] Harada, Y. N., & Sandra, N. (2026). Pengaruh Recycled Concrete Powder Sebagai Bahan Substitusi Semen Terhadap Kinerja Beton-Structured Literature Review. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 7(3), 242-252.
- [11] Rochmah, F., & Yuniarti, D. N. (2026). Pemilihan Produk Semen Terbaik Dengan Metode Fuzzy Electre (Elimination Et Choix Traduisant La Realité). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 14(1), 201-211.
- [12] Rifki, M., Prasetiowati, S. H., Masduqi, E., & Setyaningrum, A. (2023). Karakteristik Beton dengan Campuran Pasir Pantai sebagai Agregat Halus. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1).
- [13] Fahri, M., Misdalena, F., & Yacub, V. K. (2025). Pengaruh Jenis Air Perawatan terhadap Kuat Tekan Beton pada Usia 28 Hari. *Jurnal Konstruksi*, 23(2), 259-266.
- [14] Firdaus, M. R., Nisumanti, S., & Al Qubro, K. (2022). Pengaruh Pengerasan Beton Menggunakan Superplasticizer Terhadap Kuat beton Busa. *Jurnal Tekno Global*, 11(2), 56-61.
- [15] Ridhayani, I., Dasar, A., Mahmuda, A. F., Manaf, A., & Patah, D. (2023). Perbandingan kinerja bata beton menggunakan abu cangkang sawit, abu sekam padi dan abu serat sagu. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), 241-248.
- [16] Setiawan, B., & Naldi, S. (2024). Kajian Kuat Tekan Bata Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Tambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit. *SAINSTEK*, 12(2), 312-316.
- [17] Rahmawati, L., Aswin, M., & Nursyamsi, N. (2026). SEM Evaluation of ECC-Porous Asphalt Gravel Mortar Composites Based on Styrofoam and Palm Shell Ash Based on Compressive Strength Tests: Evaluasi SEM terhadap Komposit Mortar ECC-Kerikil Aspal Porus Berbasis Styrofoam dan Abu Cangkang Sawit Berdasarkan Uji Tekan. *Academia Open*, 11(1), 10-21070.
- [18] Hadi, F. R. A., Rif'aa, D. I., & Pratikso, P. (2026). Analisa Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Menggunakan Batu Apung Sebagai Substitusi Agregat Halus. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 2(1), 229-238.
- [19] Winarto, Y. R., Budianto, B., & Winarto, A. D. (2026). Pengaruh Struktur Makromonomer Superplasticizer Berbasis Polikarboksilat Terhadap Viskositas Dan Workability Beton. *JURNAL DAKTILITAS*, 6(1), 71-81.
- [20] Wicaksana, A. T., & Rachman, T. (2025). Pengaruh Penambahan Air Terhadap Kuat Tekan Dan Pengembangan Pada Beton Busa Polimer Hibrida. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 6(3), 229-234.
- [21] Manzilah, W. F., & Ikhwanul Qiram, S. T. (2025). Mechanical Strength Analysis of Composites As Advanced And Sustainable Future Materials. *Journal of Educational Engineering and Environment*, 4(1), 20-26.
- [22] Djafar, R., & Djamalu, Y. (2024). Pemanfaatan Abu Terbang Circulating Fluidized Bed (CFBFA) sebagai Pengikat Rendah Karbon: Sintesis, Mekanisme Hidrasi-Geopolimerisasi, Stabilitas Volume, Durabilitas, dan Aplikasi Konstruksi (Literature Review). *Journal of Energy and Mechanical Engineering*, 1(2), 50-59.