

SUBSTITUSI SEMEN DENGAN ABU LIMBAH KULIT JERUK UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BETON

Oleh:

Ahmad Bagas Ari Prayogo,
Budwi Harsono

Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Juli, 2025



PENDAHULUAN

Permasalahan limbah organik di perkotaan semakin meningkat seiring tingginya konsumsi masyarakat. Jenis limbah seperti sisa makanan dan kulit buah sering tidak dikelola optimal, menumpuk di TPA, dan mencemari lingkungan. sekitar 50% dari total sampah nasional merupakan limbah organik, salah satunya kulit jeruk yang dihasilkan dari rumah tangga dan industri. Di sisi lain, industri konstruksi masih bergantung pada semen, yang produksinya membutuhkan energi tinggi dan menyumbang sekitar 7% emisi CO₂ global. Untuk mewujudkan konstruksi berkelanjutan, perlu dikembangkan material alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kulit jeruk sebagai substitusi sebagian semen dalam beton. Penelitian menunjukkan bahwa abu kulit jeruk memiliki luas permukaan dan reaktivitas tinggi, serta karakteristik adsorpsi yang baik, menjadikannya potensial sebagai bahan tambahan beton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengeksplorasi pemanfaatan abu kulit jeruk sebagai material substitusi semen yang ramah lingkungan.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, berikut beberapa rumusan masalah pengelolaan limbah kulit jeruk:

1. Bagaimana karakteristik fisik dari abu limbah kulit jeruk sebagai bahan substitusi semen?
2. Bagaimana pengaruh substitusi semen dengan abu limbah kulit jeruk terhadap kuat tekan beton?
3. Bagaimana pengaruh substitusi abu kulit jeruk terhadap kuat tarik belah beton?

METODE

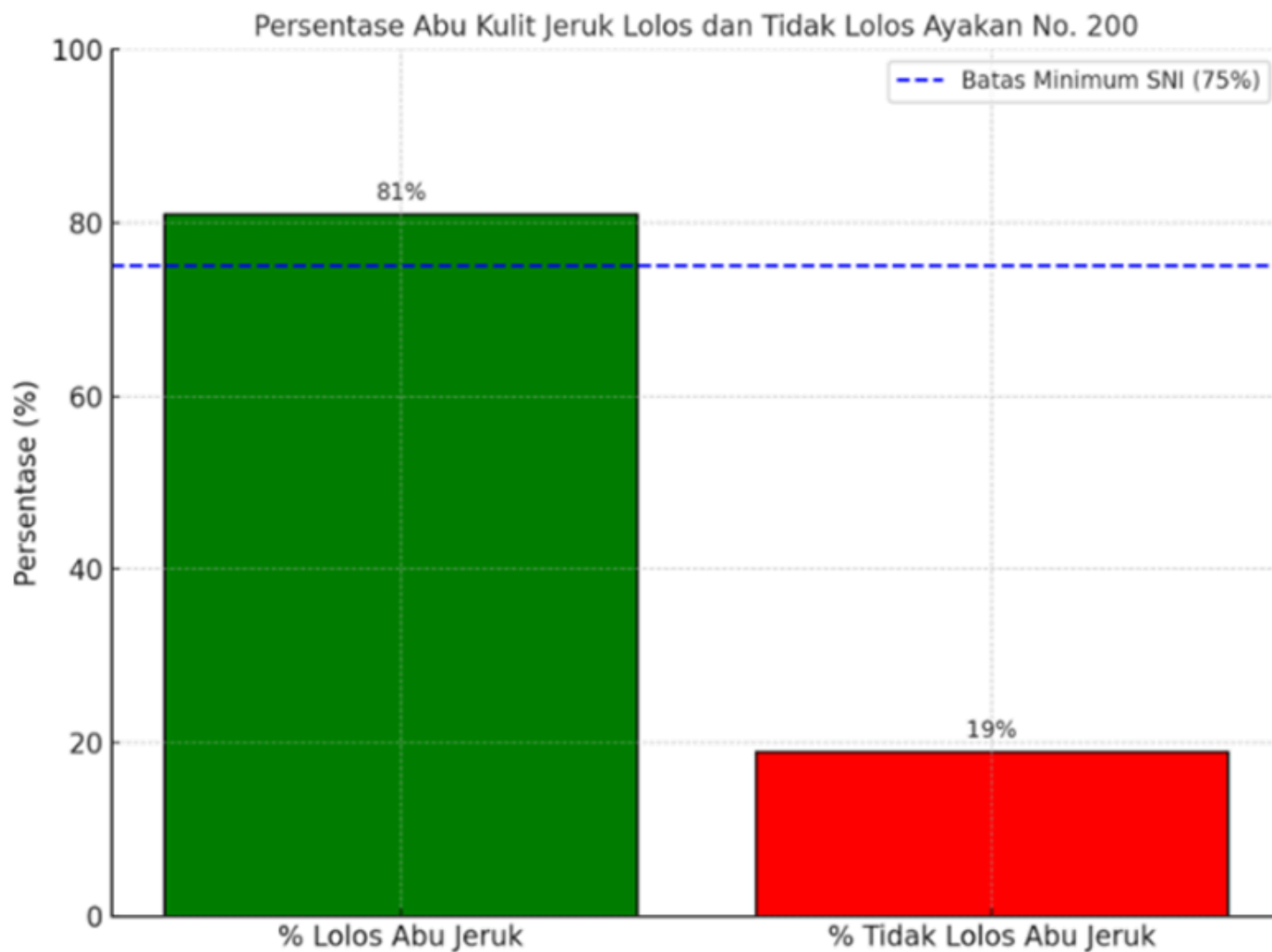
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium, yaitu dengan membuat campuran beton menggunakan variasi substitusi abu limbah kulit jeruk terhadap sebagian massa semen. Variasi yang digunakan adalah 0% (sebagai acuan) dan 5%-25%. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari, serta pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari. Semua pengujian dilakukan mengacu pada standar SNI 03-1974-1990 untuk kuat tekan dan SNI 03-4169-1996 untuk kuat tarik belah beton

PROSEDUR PENELITIAN

1. Pengolahan Limbah Kulit Jeruk, Kulit jeruk yang telah dibersihkan dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 2 hari, kemudian dibakar dalam oven hingga benar-benar kering (over dry). Selanjutnya, kulit jeruk dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk, lalu disaring untuk memperoleh abu halus yang siap digunakan sebagai substitusi sebagian semen.
2. Uji Bahan, Pengujian awal dilakukan terhadap abu kulit jeruk untuk menilai kelayakannya sebagai bahan substitusi semen. Pengujian mencakup uji kehalusan, uji berat jenis, dan uji waktu ikat. Substitusi dilakukan dengan variasi 0-25% dan 0-10% terhadap berat semen.
3. Perawatan Beton (curing), Setelah pencetakan, beton didiamkan selama 24 jam lalu direndam dalam bak / kolam air untuk proses curing hingga mencapai umur pengujian. Perawatan dilakukan pada suhu ruang dan berlangsung selama 7, 14, 21, dan 28 hari sesuai dengan rencana pengujian.
4. Pengujian Beton, Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap silinder beton berukuran $10,5 \times 21$ cm pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari.

HASIL

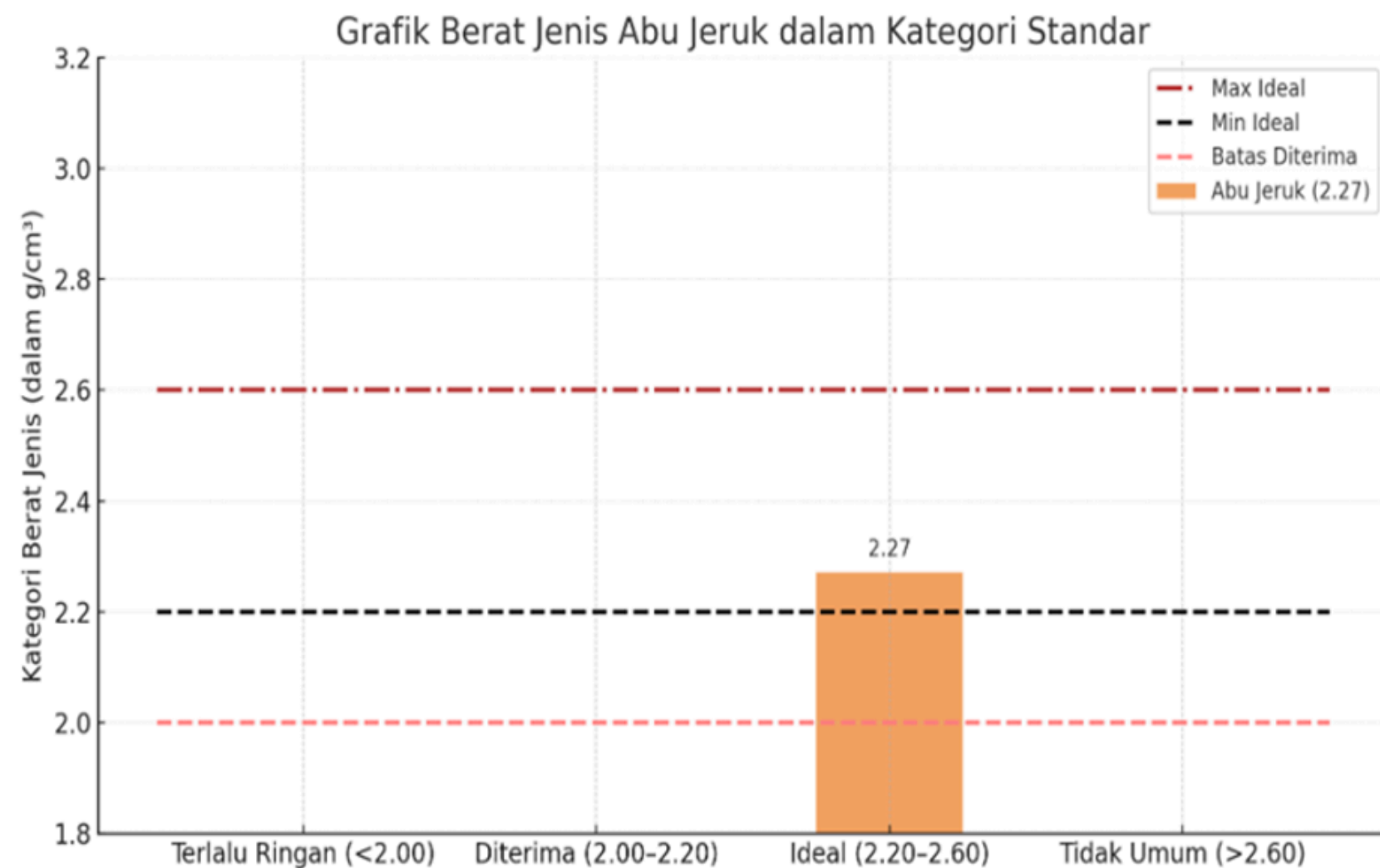
1. Uji Kehalusan



Uji Kehalusan,
Uji kehalusan menunjukkan bahwa 81% abu jeruk lolos ayakan No. 200 (75 μ m), yang berarti telah memenuhi syarat minimum kehalusan bahan pozzolan menurut standar, yaitu $\geq 75\%$. Hal ini menunjukkan bahwa partikel abu cukup halus untuk berpartisipasi dalam reaksi hidrasi semen.

HASIL

2. Uji Berat Jenis

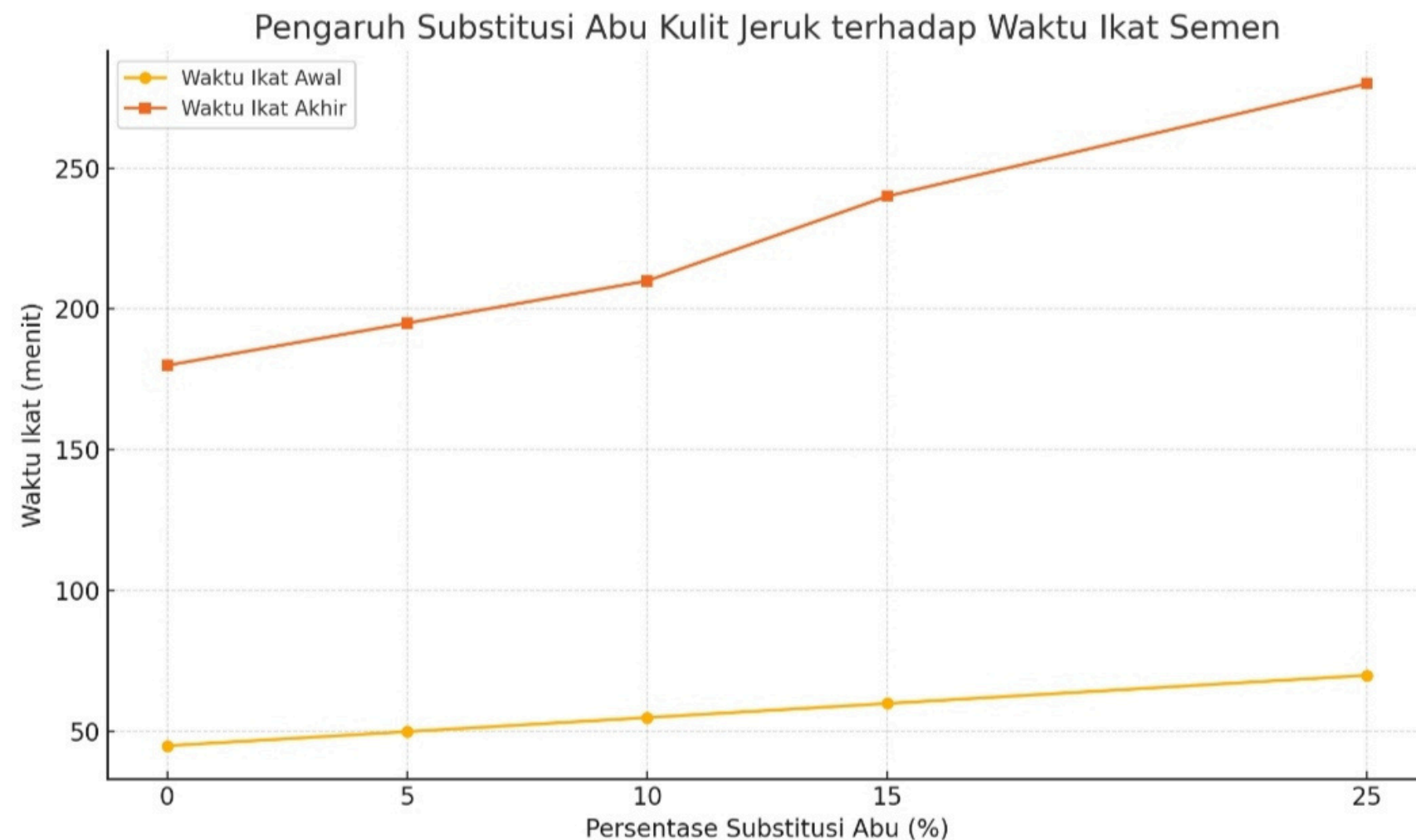


Uji Berat Jenis

Dari uji berat jenis diperoleh nilai sebesar 2,27, yang berada dalam kisaran berat jenis bahan pozzolan pada umumnya (2,20–2,90). Nilai ini dianggap cukup layak untuk digunakan dalam perhitungan campuran beton.

HASIL

3. Pengujian Waktu Ikat

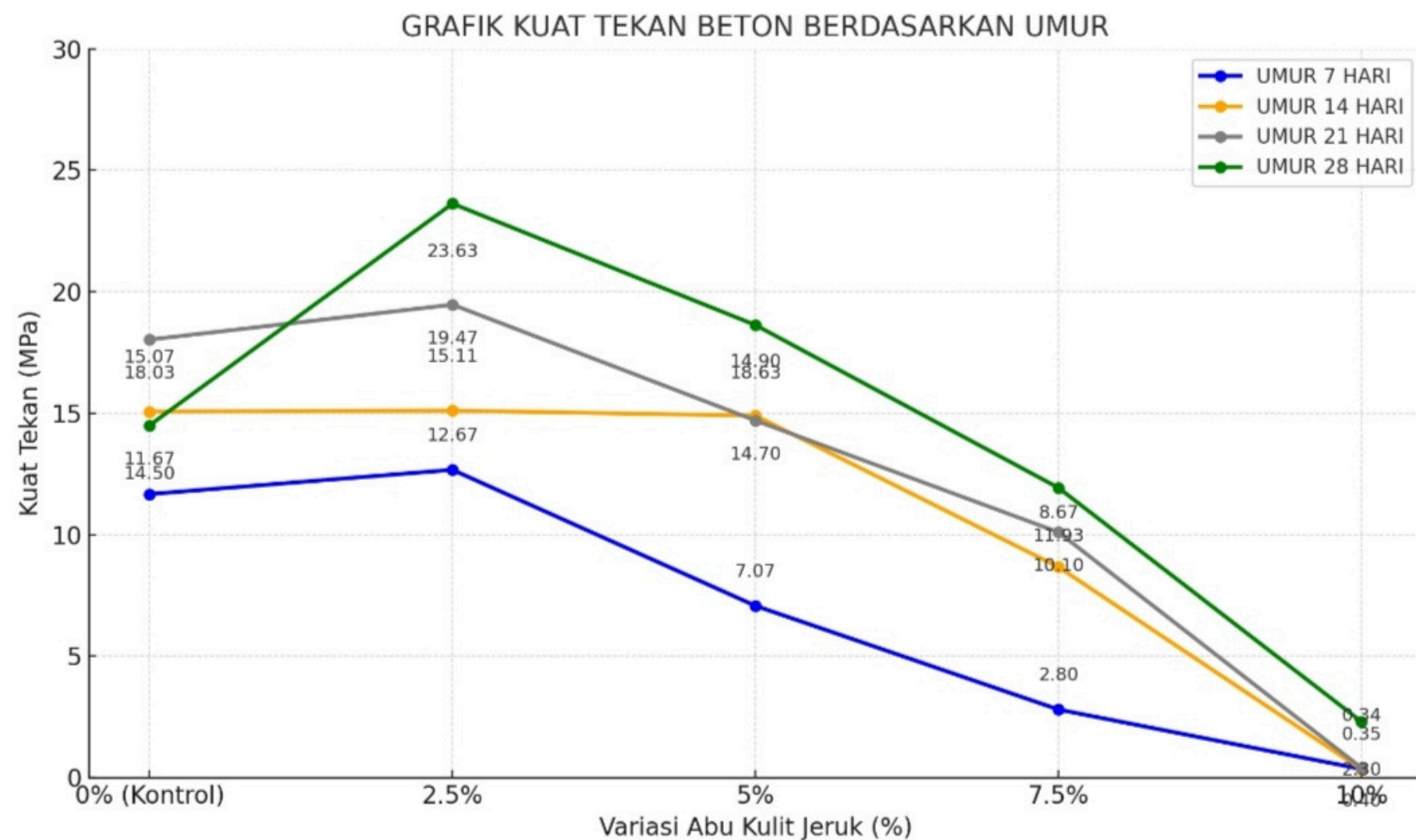


- Waktu ikat awal meningkat dari sekitar 45 menit pada beton tanpa substitusi menjadi sekitar 70 menit pada substitusi 25%.
- Sementara itu, waktu ikat akhir naik lebih signifikan, dari sekitar 180 menit menjadi mendekati 280 menit.

Jadi, semakin tinggi persentase abu maka semakin lama waktu ikatnya, Namun nilai ini masih dalam batas yang ditetapkan, yaitu ikat awal minimal 45 menit dan ikat akhir maksimal 375 menit.

HASIL

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan



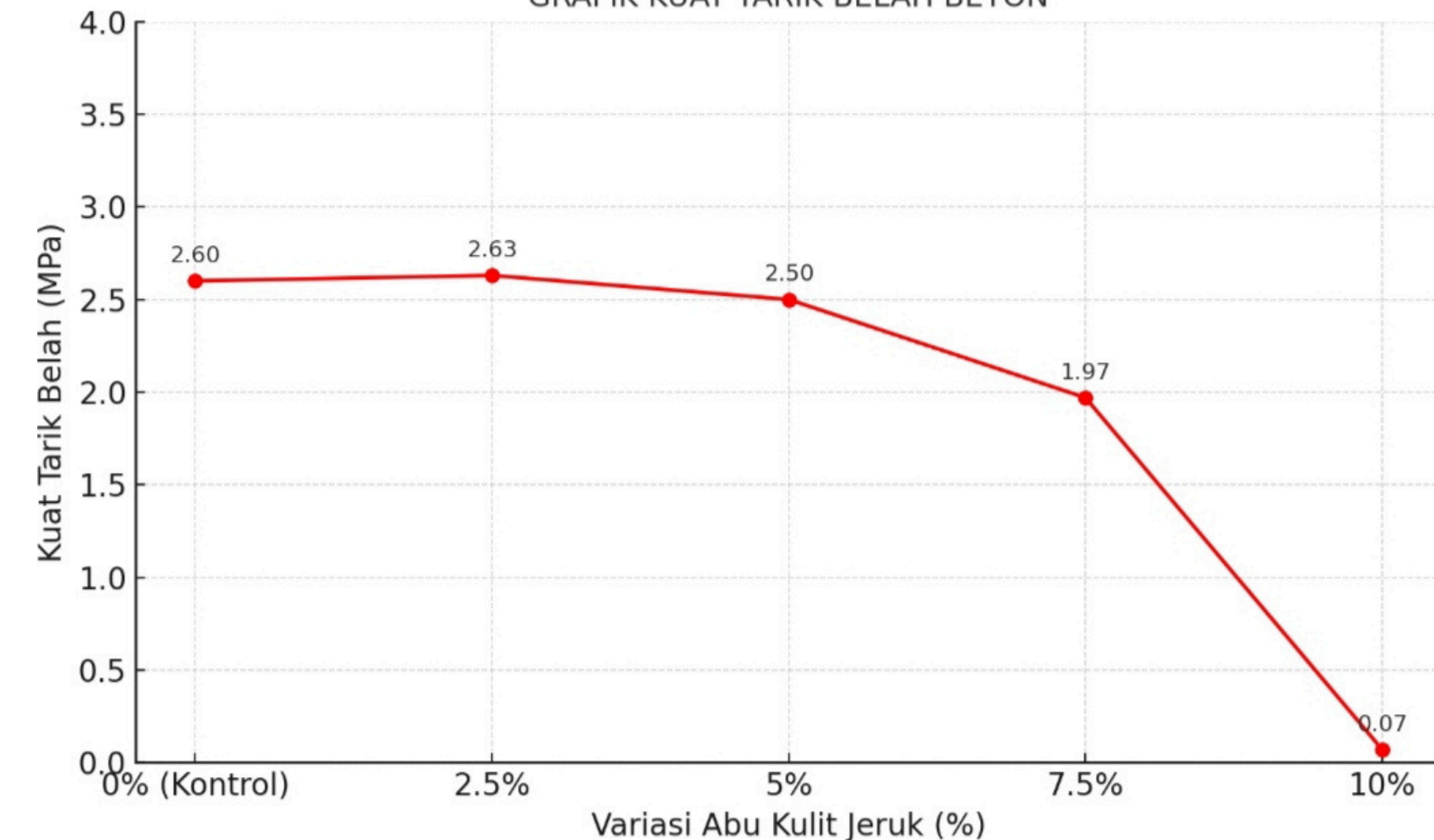
Hasil menunjukkan variasi 2,5% abu kulit jeruk memberikan kuat tekan tertinggi (23,63 MPa) dan konsisten melampaui beton kontrol di semua umur. Variasi 5% masih cukup baik, sedangkan 7,5% mulai menurun, dan 10% menunjukkan penurunan tajam hingga hanya 2,30 MPa di umur 28 hari.

Penambahan abu kulit jeruk dalam jumlah kecil terbukti efektif, namun penggunaannya perlu dibatasi agar tidak menurunkan kekuatan beton.

HASIL

5. Pengujian Kuat Tarik Belah

GRAFIK KUAT TARIK BELAH BETON



Variasi 2,5% abu kulit jeruk mencatat kuat tarik belah tertinggi sebesar 2,63 MPa, sedikit lebih tinggi dari beton kontrol (2,60 MPa). Nilai mulai menurun pada variasi 5% (2,50 MPa), terus menurun hingga 7,5% (1,97 MPa), dan paling rendah pada 10% dengan hanya 0,07 MPa.

PEMBAHASAN

Kelayakan Material

Berdasarkan hasil pengujian, abu kulit jeruk menunjukkan karakteristik fisik yang mendukung penggunaannya sebagai bahan pozzolan. Uji kehalusan menunjukkan bahwa 81% partikel abu lolos ayakan 75 mikron, yang mendekati batas kehalusan standar pozzolan aktif. Berat jenis abu kulit jeruk tercatat sebesar $2,27 \text{ g/cm}^3$, yang masih berada dalam rentang umum berat jenis pozzolan ($\pm 2,2\text{--}2,9 \text{ g/cm}^3$). Dari uji waktu ikat, diketahui bahwa penambahan abu kulit jeruk memperpanjang waktu ikat awal dan akhir, yang menunjukkan adanya pengaruh retardasi terhadap proses hidrasi semen. Secara umum, sifat fisik dan karakteristik awal abu kulit jeruk mendukung potensi penggunaannya sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam campuran beton.

PEMBAHASAN

Mutu Beton Substitusi Abu Jeruk

Penggunaan abu kulit jeruk sebagai bahan substitusi sebagian semen memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap mutu beton. Pada variasi 2,5%, diperoleh hasil paling optimal dengan kuat tekan mencapai 23,63 MPa dan kuat tarik belah sebesar 2,63 MPa pada umur 28 hari. Variasi 5% juga menunjukkan performa yang cukup baik, dengan kuat tekan 18,63 MPa dan kuat tarik 2,50 MPa, masih berada dalam kategori layak struktural. Namun, mulai variasi 7,5%, mutu beton mulai menurun secara signifikan, ditandai dengan kuat tekan sebesar 11,93 MPa dan kuat tarik 1,97 MPa. Pada variasi 10%, mutu beton berada pada titik terendah dengan kuat tekan hanya 2,30 MPa dan kuat tarik 0,07 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa abu kulit jeruk hanya efektif digunakan pada kadar rendah, karena pada kadar tinggi justru menurunkan performa mekanis beton secara tajam.

PEMBAHASAN

Perbandingan Dengan Mutu Beton Normal

Jika dibandingkan dengan beton normal tanpa substitusi, beton dengan penambahan abu kulit jeruk pada kadar rendah (2,5%) mampu memberikan peningkatan baik pada kuat tekan maupun kuat tarik belah. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jumlah yang tepat, abu kulit jeruk dapat memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanis beton. Namun pada kadar yang lebih tinggi, performa beton menurun secara signifikan dan berada di bawah kualitas beton normal. Penurunan ini terutama terjadi pada kemampuan beton dalam menahan gaya tarik belah, yang mengindikasikan terganggunya ikatan antar partikel akibat kelebihan abu. Oleh karena itu, batas penggunaan abu kulit jeruk perlu diperhatikan agar tidak menurunkan mutu beton secara keseluruhan.

KESIMPULAN

1

Abu limbah kulit jeruk yang digunakan memenuhi syarat dan layak untuk dijadikan substitusi semen pada campuran pembuatan beton.

2

Substitusi abu kulit jeruk yang menghasilkan mutu paling baik adalah variasi 2,5% dan 5%

3

Dibandingkan dengan beton normal, beton dengan abu jeruk variasi 2,5% lebih bagus dalam kuat tekan dan selisih sedikit untuk tarik belah.

