



KARAKTERISTIK KUAT TARIK BETON POLIMER DENGAN VARIASI SERAT KAWAT BENDRAT

Muhammad Afif, Revianty Nurmeyliandari, Debby Sinta Devi*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri

*Corresponding Author, Email : debbysintadevi@uigm.ac.id

ABSTRAK

Beton biasanya digunakan sebagai bahan struktural utama dalam konstruksi bangunan. Alasannya adalah karena beton memiliki beberapa keunggulan, seperti bahan baku yang mudah didapat, biaya yang relatif murah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, dan perawatan yang minimal. Beton membutuhkan bahan tambahan alami dan buatan untuk meningkatkan kualitas getasnya. Beton serat, bahan aditif masih dapat digunakan. Beton Serat dapat memberikan daktilitas, kekuatan tarik dan lentur yang lebih tinggi, ketahanan terhadap beban fatik dan beban kejut, serta mengurangi retak susut, di antara manfaat lainnya. Beton polimer juga banyak memberi keuntungan dibandingkan beton konvensional, termasuk kekuatan tinggi stabilitas pematatan yang unggul, tahan terhadap zat kimia, korosi dan kedap air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan serat kawat bendrat dan epoxy resin terhadap karakteristik beton. Variasi yang digunakan serat kawat bendrat yaitu 2%, 2,5%, 3% sebagai bahan tambah, sedangkan epoxy resin 4% sebagai substitusi semen. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat disimpulkan bahwa nilai optimum dari campuran epoxy 4% dan kawat bendrat 3% sebesar 3,45 MPa. Penambahan serat kawat bendrat dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton, dan epoxy resin memiliki daya perekat yang cukup kuat terhadap kuat tarik belah beton.

Kata Kunci : Serat Kawat Bendrat, Epoxy Resin, Kuat Tarik Beton, Nilai Optimum.

ABSTRACT

Concrete is commonly used as the main structural material in building construction. The reason is because concrete has several advantages, such as easily available raw materials, relatively cheap costs, easy to shape according to needs, and minimal maintenance. Concrete requires natural and artificial additives to improve its brittle quality. Fiber concrete, additives can still be used. Fiber Concrete can provide higher ductility, tensile and flexural strength, resistance to fatigue and shock loads, and reduce shrinkage cracks, among other benefits. Polymer concrete also provides many advantages over conventional concrete, including high compaction stability strength, resistance to chemicals, corrosion and airtightness. The purpose of this study was to analyze the effect of adding wire mesh fibers and epoxy resin on concrete characteristics. The variations used wire mesh fibers are 2%, 2.5%, 3% as additives, while 4% epoxy resin as a cement substitute. The results of the concrete split tensile strength test can be concluded that the optimum value of a mixture of 4% epoxy and 3% wire mesh is 3.45 MPa. The addition of wire mesh fibers can increase the tensile strength of concrete sections, and epoxy resin has a fairly strong adhesive power against the tensile strength of concrete sections.

Keywords : Bendrat Wire Fiber, Epoxy Resin, Concrete Tensile Strength, Optimal Value.

PENDAHULUAN

Beton biasanya digunakan sebagai bahan struktural utama dalam konstruksi bangunan. Karena beton memiliki beberapa keunggulan, seperti bahan baku yang mudah didapat, biaya yang relatif murah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, dan perawatan yang minimal. Beton akan dapat mencapai mutu tertentu, sangat tergantung dari campuran beton yang digunakan, semakin bagus dan baik campuran beton yang digunakan, akan semakin baik dan bagus pula mutu beton yang dihasilkan (Purwanto, 2021). Namun demikian, ada beberapa kekurangan dari beton. Secara khusus, beton tidak dapat mentolerir tekanan kuat

tarik karena sifatnya yang rapuh. Beton membutuhkan bahan tambahan alami dan buatan untuk meningkatkan kualitas getasnya, salah satunya kawat bendrat. Hamdi et al (2019) melakukan penelitian dengan menguji beton polos mutu K-300 (umur 28 hari) di laboratorium menggunakan variasi penambahan serat kawat bendrat sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat lentur beton polos tanpa penambahan serat mencapai 1,95 MPa. Dengan penambahan serat kawat bendrat sebesar 1% hingga 5%, berturut-turut diperoleh kuat lentur sebesar 2,90 MPa, 4,51 MPa, 7,39 MPa, 9,04 MPa, dan 10,64 MPa. Peningkatan ini menunjukkan *tren linier*, yang mengindikasikan bahwa penambahan serat kawat bendrat dalam rentang tersebut secara konsisten meningkatkan kuat lentur beton.

Penambahan serat kawat bendrat dalam campuran beton geopolimer secara signifikan meningkatkan kuat lentur, dengan peningkatan kinerja yang bergantung pada variasi persentase serat yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa serat kawat bendrat dapat menjadi alternatif penguat beton untuk aplikasi konstruksi tertentu (Indrayani et al, 2022). Kurniawan (2021) dalam penelitian menganalisis dampak penambahan serat kawat bendrat dan substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan serat kawat bendrat dan penggantian agregat kasar mampu meningkatkan sifat mekanis beton secara signifikan, menjadikannya lebih efisien untuk aplikasi struktur. Penelitian Miswar (2023) yang membahas peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah beton akibat penambahan serat kawat bendrat, di mana ditemukan bahwa serat kawat bendrat memberikan kontribusi positif terhadap performa mekanis beton, terutama pada beton dengan proporsi serat yang optimal. Penambahan serat kawat bendrat dapat meningkatkan sifat mekanik beton, khususnya pada beton yang terpapar beban tekan dan tarik. Peningkatan tersebut menjadikan beton dengan serat kawat bendrat lebih tahan terhadap retak dan kerusakan structural (Kawulusan et al, 2019). Penelitian oleh Junaidi (2020) menunjukkan bahwa penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dalam studi tersebut, beton dengan penambahan serat kawat bendrat menunjukkan peningkatan signifikan dalam sifat mekaniknya dibandingkan beton tanpa serat. Menurut Faizah et al (2018), penambahan serat kawat bendrat, baik yang lurus (*straight*) maupun berkait (*hooked*), memiliki pengaruh signifikan terhadap perilaku beton yang dikenai beban tekan berulang. Hasilnya menunjukkan bahwa jenis dan bentuk serat bendrat memengaruhi distribusi tegangan dan ketahanan beton, di mana serat berkait memberikan kinerja yang lebih baik dalam menahan beban berulang dibandingkan serat lurus.

Beton fiber didefinisikan oleh ACI (*American Concrete Institute*) Komite 544 sebagai campuran konstruksi yang terdiri dari semen, agregat halus dan kasar, dan sejumlah kecil serat yang didistribusikan secara acak. Serat dapat memberikan daktilitas, kekuatan tarik dan lentur yang lebih tinggi, ketahanan terhadap beban fatik dan beban kejut, serta mengurangi retak susut di antara manfaat lainnya (Nugraheni, 2020). Material komposit, beton resin juga dikenal sebagai beton polimer, memiliki polimer sintesis organik sebagai pengikatnya. Beton polimer juga banyak memberi keuntungan dibandingkan beton konvensional, termasuk kekuatan tinggi stabilitas pemadatan yang unggul, tahan terhadap zat kimia, korosi dan kedap air. Beton polimer mengeras membutuhkan dalam waktu yang singkat saja (Maghfirah, 2019).

Modifikasi beton dengan penambahan polimer meningkatkan modulus elastisitas dan kuat tariknya. Beton polimer yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan beton konvensional, sehingga cocok untuk aplikasi struktural yang membutuhkan ketahanan tarik tinggi (Pratama, 2019). Putri et al (2014) dalam studinya melakukan evaluasi pengaruh penambahan partikel pengisi pada beton polimer epoksi terhadap sifat mekaniknya. Ditemukan bahwa beton polimer dengan pengisi partikel memiliki sifat fisis, mekanik, termal, dan mikroskopik yang baik, dengan nilai optimum pada komposisi tertentu.

Zabbar (2019) meneliti pengaruh penggunaan *resin polyester* sebagai bahan perekat dalam beton polimer terhadap kuat tekan beton, di mana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa komposisi campuran yang tepat antara pasta polimer *resin polyester* dan agregat dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. *Resin* merupakan senyawa kimia yang berwujud cair dan memiliki viskositas yang relatif rendah (Putra, 2018). *Resin epoxy* adalah memiliki kelebihan yaitu tahan lama, kuat, dan cepat kering. Resin dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu: (1) Resin Termoset *Resin termoset* adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak atau dengan kata lain proses pengerasannya *irreversible*. Termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*); (2) Resin termoplastik *Resin termoplastik* adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible* (Firda & Yulianti, 2022). Unit molekul yang membentuk *resin termoset* menentukan sifat mekaniknya.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian menggunakan serat kawat bendrat sebagai bahan tambah, sedangkan *epoxy resin* sebagai substitusi semen terhadap karakteristik beton. Serat kawat bendrat yang dapat meningkatkan kualitas beton dan *epoxy resin* yang dapat meningkatkan kualitas kuat tarik belah beton serta menutupi kelemahan yang ada pada beton.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh yang ditimbulkan dari serat kawat bendrat sebagai bahan tambah dengan variasi 2%, 2,5%, dan 3% terhadap uji kuat tarik belah beton
2. Mendapatkan hasil persentase optimum dari penambahan serat kawat bendrat terhadap kuat tarik belah beton.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan, metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium Universitas Indo Global Mandiri dengan membuat beton bahan tambah serat kawat bendrat yang bervariasi campuran sebanyak 2%, 2,5%, 3% dan *epoxy resin* sebagai substitusi semen 4%. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian berat jenis dan kuat tarik dan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Dalam penelitian ini digunakan komposisi bahan untuk 1 m³ dan komposisi bahan masing-masing untuk variasi dapat dilihat dalam Tabel 1

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton 1 m³

| No | Variasi | Semen (kg) | Agregat Kasar (kg) | Agregat Halus (kg) | Air (ltr) | Epoxy Resin (ltr) | Hardener (ltr) | Kawat Bendrat (kg) |
|-------|-----------------------|------------|--------------------|--------------------|-----------|-------------------|----------------|--------------------|
| 1 | BN | 8,667 | 8,883 | 18,045 | 3,807 | - | - | - |
| 2 | BN + BER 4% | 8,325 | 8,883 | 18,045 | 3,807 | 236,79 | 78,93 | - |
| 3 | BN + BER 4% + KB 2% | 8,325 | 8,883 | 18,045 | 3,807 | 236,79 | 78,93 | 0,774 |
| 4 | BN + BER 4% + KB 2,5% | 8,325 | 8,883 | 18,045 | 3,807 | 236,79 | 78,93 | 0,972 |
| 5 | BN + BER 4% + KB 3% | 8,325 | 8,883 | 18,045 | 3,807 | 236,79 | 78,93 | 1,17 |
| Total | | 41,967 | 44,415 | 90,225 | 19,03 | 1.183,95 | 394,65 | 2,916 |

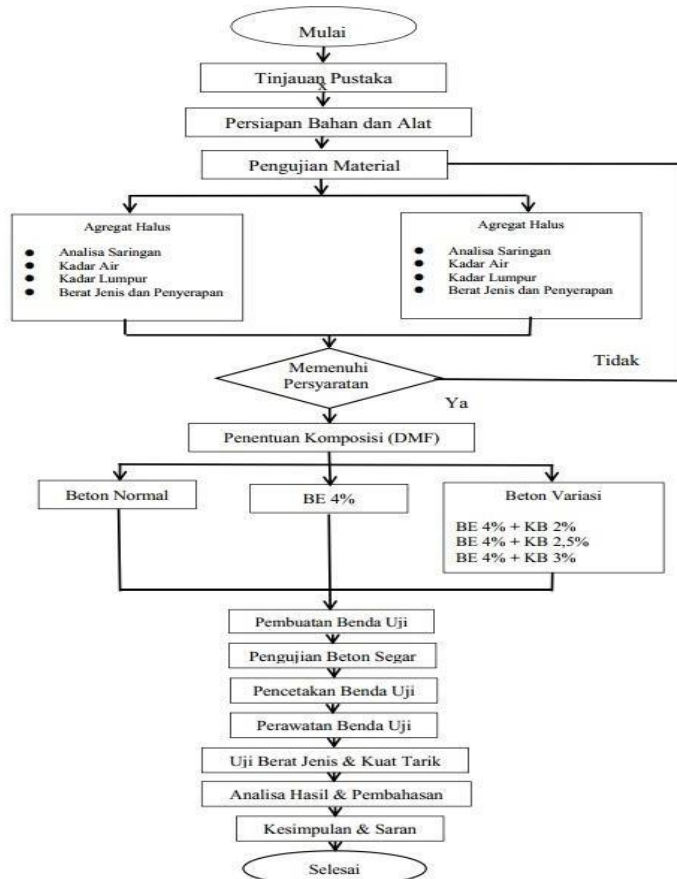
Catatan :

BN = Beton Normal

BER = Beton *Epoxy Resin*

KB = Kawat Bendrat

Dilakukan analisis pada penelitian ini, adapun variabel bebas adalah variasi substitusi *epoxy resin* terhadap semen pada beton dan variabel terikat pada penelitian ini adalah kawat bendrat, dan pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan air, dan kuat tarik.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian karakteristik agregat halus adalah untuk mengetahui jenis dan kualitas agregat halus berupa pasir yang akan digunakan dalam campuran beton sesuai SNI. Adapun hasil pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

| Pengujian | Spesifikasi | Syarat | Hasil | Keterangan |
|--------------------------------|------------------|-----------------|-------|------------|
| Analisa Saringan (FM) | SNI 03-1968-2010 | 2,30-3,10 | 2,98% | Memenuhi |
| Berat Jenis dan Penyerapan Air | SNI 1970:2008 | 2,4 dan maks 4% | 2,53 | Memenuhi |
| Kadar Air | SNI 03-1971-2011 | Maks 4% | 0,69% | Memenuhi |
| Kadar Lumpur | SNI 03-4142-1996 | Maks 5% | 2,7% | Memenuhi |

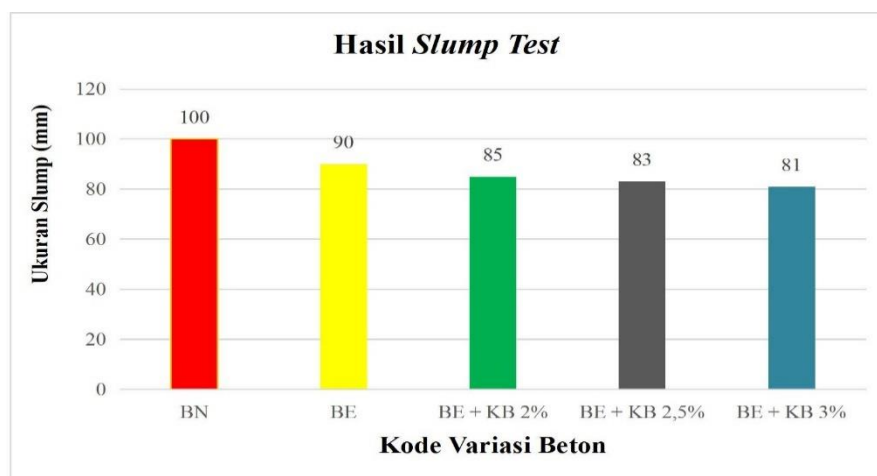
Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| Pengujian | Spesifikasi | Syarat | Hasil | Keterangan |
|--------------------------------|------------------|-----------------|-------|------------|
| Analisa Saringan (FM) | SNI 03-1968-2010 | 4,50-8,50 | 4,67 | Memenuhi |
| Berat Jenis dan Penyerapan Air | SNI 1969:2008 | 2,4 dan maks 4% | 2,64% | Memenuhi |
| Kadar Air | SNI 03-1971-2011 | Maks 4% | 0,84% | Memenuhi |
| Kadar Lumpur | SNI 03-4142-1996 | Maks 5% | 2,7% | Memenuhi |

Berdasarkan hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar diatas bahwa nilai *Fineness Modulus* agregat yang telah diuji telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Oleh karena itu pasir sungai memenuhi digunakan sebagai agregat halus dalam campuran beton, dan untuk agregat kasar berupa batu pecah dapat digunakan sebagai bahan penyusutan beton.

Pengujian Slump

Pengujian *slump test* ini bertujuan untuk mengukur tingkat adukan beton setelah kerucut *abrams* diangkat, tingkat kelecakan sangat mempengaruhi pada proses pengerjaan dan juga mempengaruhi kekuatan pada beton, dan mengikuti SNI 1972-2008. Hasil pengujian *slump test* dapat dilihat di Gambar 2 dan Tabel 4.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Slump Test

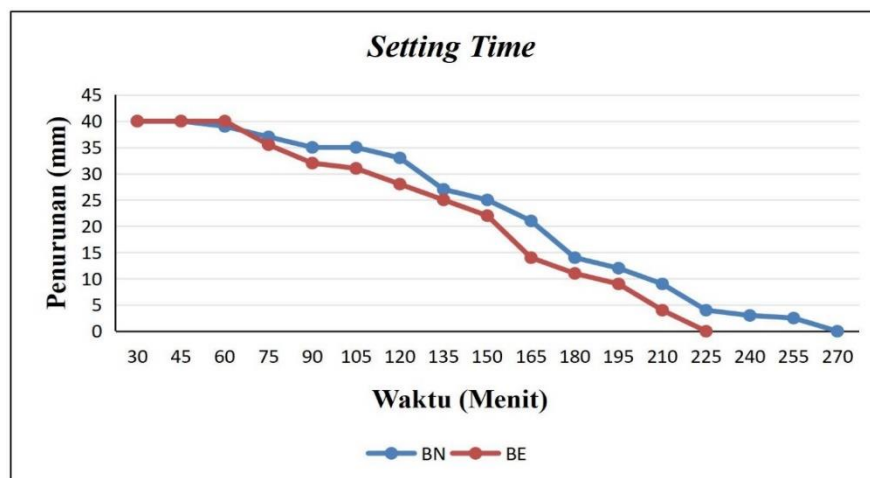
Tabel 4. *Slump Test*

| Variasi | Nilai <i>slump</i> (cm) |
|---------------|-------------------------|
| BN | 10 |
| BE 4% | 9 |
| BE 4% + KB 2% | 8,5 |
| BE 4% + 2,5% | 8,3 |
| BE 4% + 3% | 8,1 |

Hasil pengujian *slump test* mendapatkan hasil untuk beton normal 100 mm, dan beton *epoxy* 4% nilai *slump* yang didapat 90 mm, beton variasi *epoxy* 4% + kawat bendrat 2% nilai *slump* yang didapat 85 mm, sedangkan untuk beton variasi *epoxy* 4% + kawat bendrat 2,5% nilai *slump* yang didapat sebesar 83 mm, dan beton variasi *epoxy* 4% + kawat bendrat 3% mendapatkan nilai *slump* 81 mm. Penambahan kawat bendrat dan *epoxy* dengan nilai paling optimum 3% efektif menyesuaikan kepadatan beton. Hal ini dikarenakan *epoxy* dapat merekat beton, dan untuk kawat bendrat berfungsi sebagai tulangan tambahan untuk memperkuat beton dalam beban uji kuat tarik yang lebih besar.

Pengujian *Setting Time*

Pengujian *setting time* berdasarkan standar yang disyaratkan ASTM C191. Hasil pengujian *setting time* beton normal dan beton *epoxy* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 5.

Gambar 3. Hasil Uji *Setting Time*Tabel 5. *Setting Time*

| Jenis Beton | <i>Initial Time</i> | <i>Final Time</i> |
|-------------|---------------------|-------------------|
| BN | 30 | 270 |
| BE | 30 | 225 |

Pengujian hasil *setting time* pasta semen campuran *epoxy resin* 4% diatas bahwa hasil *setting time* yang didapatkan waktu ikat awal di 30 menit. *Final time* pada beton normal di waktu 270 menit dan *final time* pada beton *epoxy* di waktu 225 menit. Hasil diatas dapat disimpulkan bahwa beton *epoxy* lebih cepat waktu ikatnya dari pada beton normal, karena *epoxy* memiliki kandungan bisphenol-A (BPA), dan amina polifungsi sehingga mempercepat hidrasi beton.

Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis beton normal dan beton *epoxy* dengan kawat bendrat dapat dilihat pada Tabel 6.

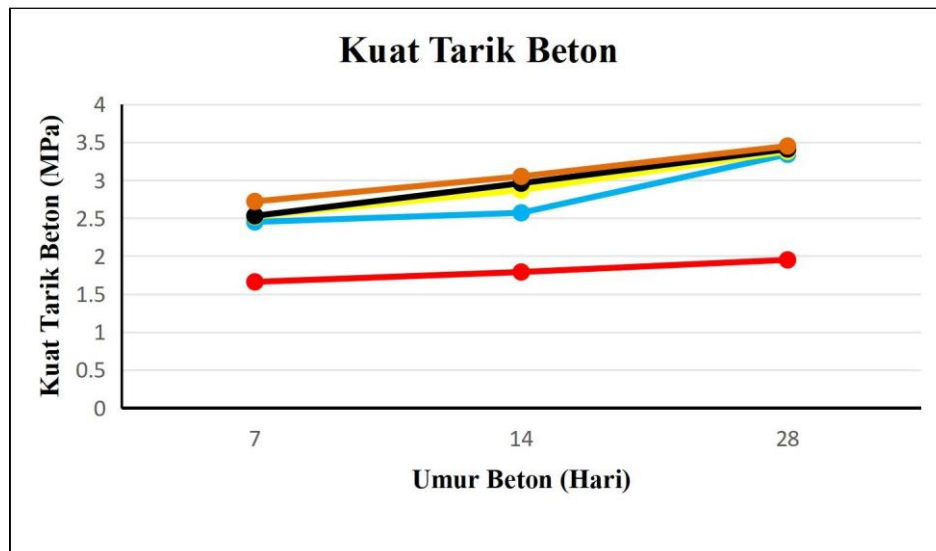
Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton

| Variasi Campuran | Umur Beton (hari) | Berat Jenis (kg/m ³) |
|------------------|-------------------|----------------------------------|
| BN | 7 | 2219 |
| | 14 | 2230 |
| | 28 | 2297 |
| BE 4% | 7 | 2261 |
| | 14 | 2249 |
| | 28 | 2226 |
| BE 4% + KB 2% | 7 | 2325 |
| | 14 | 2269 |
| | 28 | 2319 |
| BE 4% + KB 2,5 % | 7 | 2283 |
| | 14 | 2304 |
| | 28 | 2400 |
| BE 4% + KB 3% | 7 | 2304 |
| | 14 | 2400 |
| | 28 | 2350 |

Pengujian hasil dari berat jenis beton diatas dapat dilihat bahwa beton normal dengan umur 28 hari sebesar 2297 kg/m³, beton *epoxy* 4% sebesar 2226 kg/m³, beton *epoxy* 4% + kawat bendrat 2% sebesar 2319 kg/m³, beton *epoxy* 4% + kawat bendrat 2,5% sebesar 2400 kg/m³, dan beton *epoxy* 4% + kawat bendrat 3% sebesar 2350 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 standar dari berat jenis beton normal sebesar 2200-2500 kg/m³.

Pengujian Kuat Tarik

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton rata-rata 28 hari pada beton normal sebesar 1,95 MPa sedangkan beton campuran *epoxy* 4% 3,34 MPa, pada variasi kawat bendrat 2% 3,38 MPa, untuk variasi 2,5% 3,41 MPa, dan pada variasi 3% 3,45 MPa. Dari hasil kuat tarik belah beton dapat disimpulkan bahwa nilai optimum dari campuran *epoxy* dan kawat bendrat pada variasi 3%. Hal ini bahwa penggunaan *epoxy* dan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tarik belah beton, dikarenakan *epoxy* digunakan sebagai perekat beton dan untuk kawat bendrat berfungsi sebagai tulangan tambahan untuk memperkuat beton dalam beban uji kuat tarik yang lebih besar. Hasil pengujian kuat tarik dilakukan setelah beton mencapai usia yang telah ditentukan. Hasil rekapitulasi kuat tarik beton dapat dilihat di Gambar 4 dan Tabel 7.



Gambar 4. Grafik Uji Kuat Tarik Beton

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik

| Jenis Campuran | Kuat Tarik (MPa) | | |
|----------------|------------------|---------|---------|
| | 7 hari | 14 hari | 28 hari |
| BN | 1,66 | 1,79 | 1,95 |
| BE 4% | 2,45 | 2,57 | 3,34 |
| BE 4% + 2% | 2,52 | 2,87 | 3,38 |
| BE 4% + 2,5% | 2,53 | 2,96 | 3,41 |
| BE 4% + 3% | 2,72 | 3,05 | 3,45 |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, diketahui hal-hal berikut:

1. Hasil pengujian pada *slump* bahwa campuran *epoxy* dan serat kawat bendrat mengalami pengaruh kekentalan dan padat beton yang dihasilkan. Pada campuran *epoxy* 4%, serat kawat bendrat 3% memiliki nilai *slump* yang sesuai dengan rencana sebesar 81 mm. Hasil uji *setting time* menunjukkan bahwa persentase *epoxy* 4% didapatkan hasil *final time* pada waktu 270 menit dengan waktu per 15 menit, hal ini dikarenakan penambahan *epoxy* pada campuran beton dapat mempercepat waktu ikat beton, karena memiliki kandungan bisphenol-A (BPA), dan amina polifungsi sehingga mempercepat hidrasi beton.
2. Hasil pengujian kuat tarik belah beton rata-rata 28 hari pada beton normal sebesar 1,95 MPa sedangkan beton campuran *epoxy* 4% 3,34 MPa, pada variasi kawat bendrat 2% 3,38 MPa, untuk variasi 2,5% 3,41 MPa, dan pada variasi 3% 3,45 MPa. Dari hasil kuat tarik belah beton dapat disimpulkan bahwa nilai optimum dari campuran *epoxy* dan kawat bendrat pada variasi 3%. Hal ini bahwa penggunaan *epoxy* dan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tarik belah beton, dikarenakan *epoxy* digunakan sebagai perekat beton dan untuk kawat bendrat berfungsi sebagai tulangan tambahan untuk memperkuat beton dalam beban uji kuat tarik yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1988. *Design Consideration For Steel Fiber Reinforced Concrete*, Report : ACI 544.4R – 88.
- Faizah, P. N., Purwanto, E., & Irianti, L. (2018). *Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Lurus (Straight) Dengan Serat Bendrat Berkait (Hooked) Terhadap Perilaku Beton Dengan Beban Tekan Berulang*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain, 5(2).
- Firda, A., & Yulianti, D. (2022). *Pengaruh Penggunaan Limbah Fly Ash dan Epoxy Resin Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah di Jalan Irigas Palembang*. Jurnal Deformasi, 7(1), 10-20.
- Hamdi, H., Dafrimon, D., Harijadi, S., & Revias, R. (2019). *Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat Galvanis pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton*. Jurnal Deformasi, 4(1), 31-44.
- Indrayani, I., Sulianti, I., Tilik, L. F., Suhirkam, D., Suhadi, S., Wardana, M. P., & Milawati, I. (2022). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer*. Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 10(1), 69-76.
- Junaidi, A. (2021). *Analisa Pengaruh Penggunaan Bahan Campuran Kawat Bendrat Berkait (Hooked) 45° Dan 90° Pada Kuat Tekan Beton*. Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil, 6(4), 233-244.
- Kawulusan, J. A., Manalip, H., & Dapas, S. O. (2019). *Pemeriksaan kuat tarik belah beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya*. Jurnal Sipil Statik, 7(5).
- Kurniawan, D. (2021). *Analisis Beton Serat dengan Kawat Bendrat dan Substitusi Agregat Kasar dengan Limbah Plastik*. Ensiklopedia of Journal, 3(2), 1-9.
- Maghfirah, A., Meilanda, H., Marlianti, E., & Iskandar, M. (2019). *Pemanfaatan serat cangkang kulit kopi dalam pembuatan beton polimer dengan resin polyester sebagai perekat*. Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi, 3 (2), 51-61.
- Miswar, K., Kurnia, R. D. I., & Yusmananda, R. (2023). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Belah*. Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi (REKATEK), 7(1), 12-17.
- Nugraheni, M. (2020). *Pengaruh penambahan Serat Bendrat Berkait (Hooked) dengan Perilaku Beton pada Beban Tekan Berulang*. Universitas Lampung, Lampung.
- Pratama, F. (2019). *Analisis Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Pada Polymer Modiefied Mortar (PMM) dengan Penambahan Serat Cantula (Agave Cantula Roxb)*.
- Purwanto, H. (2021). *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gergaji dan Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Tanpa Perlakuan Khusus*. Jurnal Deformasi, 6(1), 25-32.

- Putra, A. S., Kartolo, J., Yousanita, D., & Tandi, W. (2018). *Pengaruh Penambahan Unsaturated Polyester Resin*. Inersia, VII(2), 11-15.
- Putri, N. P., Kusumawati, D. H., & Rohmawati, L. (2014). *Sifat Mekanik Beton Polimer Epoksi dengan Pengisi Partikel Nanokalsit-silika*. Sains dan Matematika, 2(2).
- Zabbar, Z. (2019). *Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perikat Resin Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Pengujian Kuat Tekan Beton*. Techno-Socio Ekonomika, 12(1), 1-4.



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License