

ANALISIS BETON SERAT DENGAN KAWAT BENDRAT DAN SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DENGAN LIMBAH PLASTIK

DEDDY KURNIAWAN

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

dedydkurniawan@umsb.ac.id

Abstract: Concrete is a composition of materials consisting mainly of binding media in which particles or aggregate pigments are embedded. Normal concrete weighs between 1900 kg/m³ to 2400 kg/m³, for the development of concrete technology in this study with the aim of increasing the ductility associated with the ability of the material to absorb energy, resistance to shock loads, fatigue life, shrinkage, abrasion, fragmentation and spalling as well as the ability to withstand pull and bending moments but have a lighter concrete weight. The effect of normal concrete mixture with rough aggregate substitution with plastic waste recycling on normal concrete with strong press results on concrete life of 14 and 28 days consecutively press strength of 18.98% and 14.21%, and directly proportional to crack time of 11.47% and 16.97%. The resulting crack pattern is dominated by the destruction of cones and halves. The effect of normal concrete mixture with the addition of bendrat wire to normal concrete with strong press results on concrete life of 14 and 28 days respectively press strength 34.31% and 20.47%, and directly proportional to crack time of 20.67% and 4.04%. The resulting crack pattern is predominantly a form of cone destruction and shear. The effect of normal concrete mixture with rough aggregate substitution with recycling of plastic waste and the addition of bendrat wire to normal concrete with strong press results on concrete life of 14 and 28 days respectively press strength of 6.57% and -5.30%, and not directly proportional to crack time of -9.96% and -1.72%. The resulting crack pattern is dominated by a form of shear destruction.

Keywords: Concrete, Plastic, Wire bendrat

Abstrak: Beton adalah suatu komposisi bahan yang terdiri terutama dari media pengikat yang didalamnya tertanam partikel atau pigmen agregat. Beton normal memiliki berat antara 1900 kg/m³ sampai dengan 2400 kg/m³, untuk pengembangan teknologi beton pada penelitian ini dengan tujuan meningkatkan daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan bahan menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejutan, fatigue life, shrinkage, abrasion, fragmentasi dan spalling serta kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur tetapi memiliki berat beton yang lebih ringan. Pengaruh campuran beton normal dengan substitusi agregat kasar dengan daur ulang limbah plastik terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan sebesar 18,98% dan 14,21%,serta berbanding lurus dengan waktu retak sebesar 11,47% dan 16,97%. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran kerucut dan belah. Pengaruh campuran beton normal dengan penambahan kawat bendrat terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan 34,31% dan 20,47%, serta berbanding lurus dengan waktu retak sebesar 20,67% dan 4,04%. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran kerucut dan geser. Pengaruh campuran beton normal dengan substitusi agregat kasar dengan daur ulang limbah plastik dan penambahan kawat bendrat terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan 6,57%

dan -5,30%, serta tidak berbanding lurus dengan waktu retak sebesar -9,96% dan -1,72%. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran geser.

Kata kunci: Beton, Plastik, Kawat bendrat

A. Pendahuluan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 27 tahun 2020 tentang pengelolaan sampah spesifik menyatakan bahwa “sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat”, yang mana penyelenggaraan pengelolaan sampah spesifik dapat dilakukan melalui pengurangan dan penanganan. “Disisi lain, konsep bangunan beton (*greener concrete*) yang ramah lingkungan sedang berkembang di dunia konstruksi. Salah satunya dengan menggunakan material penyusun beton dengan memanfaatkan material buangan (*waste*) dengan konsep 4R (*Reduce, Refurbish, Reuse dan Recycle*).” (Megasari dkk., 2016).

“Beton banyak digunakan diberbagai macam konstruksi karena memiliki banyak keunggulan diantaranya kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, ketahanan yang baik terhadap lingkungan sekitar serta proses perawatannya lebih murah dan mudah. Secara struktural beton juga memiliki kelemahan yaitu kekuatan tarik yang rendah dan memiliki sifat getas. Salah satu cara perbaikan dalam beton tersebut adalah dengan menambahkan serat fiber ke dalam adukan beton atau biasa disebut dengan beton fiber.” (Hidayat dkk., 2018).

“Beton adalah suatu komposisi bahan yang terdiri terutama dari media pengikat yang didalamnya tertanam partikel atau *pigmen* agregat.” (Aji dan Purwono, 2010). Adapun uraian dari komposisi dari bahan penyusun beton ialah sebagai berikut:

1.Semen. Aji dan Purwono (2010) menyatakan bahwa: “Semen adalah bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidratisasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidraulis yang biasanya paling banyak dipakai adalah Semen *Portland*.”

“Semen *portland* komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen *portland* komposit.” (SNI 15-7064-2004).

Aji dan Purwono (2010) menyatakan bahwa: “Pengalaman laboratorium menunjukkan kenaikan rasio air/semen = 0,35 berturut menjadi 0,65 akan menurunkan kekuatan beton hampir secara linear menjadi 50% (pada kondisi campuran lain yang sama).”

2.Agregat. Aji dan Purwono (2010) menjelaskan bahwa: “Agregat adalah bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, yang dipakai bersama media pengikat untuk membentuk beton. Disebut Agregat Kasar (AK) bila partikel agregat lebih besar dari 4.75 mm (ayakan No. 4) dan disebut Agregat Halus (AH) bila ukuran partikel itu lebih kecil dari 4.75 mm tetapi lebih besar dari 0.75 mm (ayakan no 200).”

3.Air. SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa: “Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh

digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi: a) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama; dan b) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.”

Megasari dkk. (2016) menjelaskan bahwa: “bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat pada beton yaitu dengan meningkatkan ketahanan retak awal (*first crack*). Serat yang ditambahkan dapat dari berbagai tipe, bentuk permukaan, panjang serat dan persentase jumlah serat (*fiber volume fraction*).” Hidayat dkk. (2018) menyatakan bahwa: “ACI Comitte 544 mengklasifikasikan tipe serat secara umum menjadi empat, antara lain: 1) SRFC (*Steel Fiber Reinforced Concrete*); 2) GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*); 3) SNFRC (*Synthetic Fiber Reinforced Concrete*); dan 4) NFRC (*Natural Fiber Reinforced Concrete*).”

“Standar mengenai penentuan ukuran serat diatur dalam American Civil Institute (ACI). Penentuan panjang serat sesuai dengan ACI 544.4R-88.” (Gunawan dkk., 2015).

$$\text{Standar ukuran serat} = \frac{L}{d}$$
$$(\text{ACI 544 2R} - 82 : 12,7 < \frac{L}{d} < 63,5)$$

Dimana:

L = Panjang serat

d = Diameter serat

maka pada penelitian ini digunakan serat minimum diameter 1,0 mm dan panjang 15 mm, serat maksimum diameter 0,8 mm dan panjang 50 mm bisa dipakai. Limbah plastik yang digunakan pada penelitian ini ialah plastik jenis OPP dan PP, disebabkan plastik jenis ini sangat banyak digunakan oleh masyarakat dan banyak menumpuk di tempat pembuangan sampah. Metode daur ulang plastik yang digunakan menjadi agregat kasar dengan cara dipanaskan menggunakan wadah hingga plastik menjadi pasta, lalu disiram dengan air saat pendinginan agar tercipta rongga kecil pada bongkahan plastik.

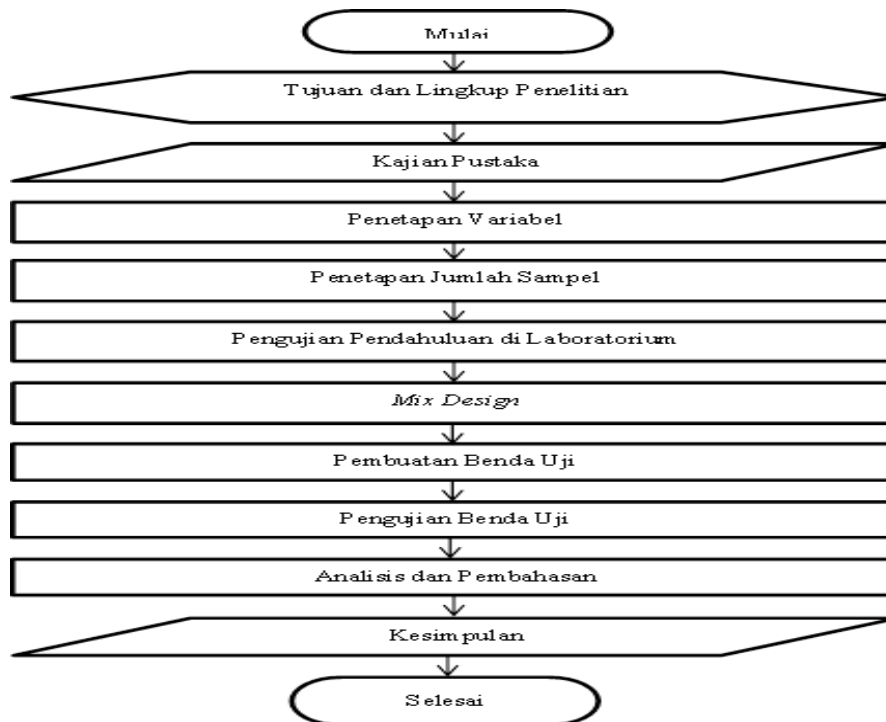
B. Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Proses/prosedur penelitian meliputi pengecekan semen, pengujian agregat kasar dan agregat halus. Serat kawat bendrat yang digunakan dibersihkan terlebih dahulu dari korosi, sedangkan untuk sampah plastik dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dipanaskan untuk dijadikan agregat kasar. Kemudian dilakukan perancangan beton, pencampuran beton, pengujian *slump*, pembuatan sampel, perawatan sampel selama 14 hari dan pengujian kuat tekan beton setelah sampel beton berumur 14 dan 28 hari. Pada penelitian ini, mutu beton yang digunakan beton $f'c = 17$ Mpa, *slump* 10 ± 2 cm dan penambahan serat bendrat 2,5% terhadap berat semen dengan ukuran dia. 0,8 – 1,0 mm dengan panjang 15 – 50 mm. Agregat kasar yang terbuat dari plastik sebanyak 5% terhadap berat agregat kasar. Sampel beton berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan uraian pembuatan sampel sebagai berikut: 1) Sampel beton normal (BN) sebanyak 4 buah; 2) Sampel beton normal substitusi agregat kasar dengan agregat kasar berbahan plastik (BNP) sebanyak 4 buah; 3) Sampel beton normal ditambah kawat bendrat (BNK) sebanyak 4 buah; dan 4) Sampel beton kombinasi BNP dan BNK (BNPK) sebanyak 4 buah.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dan berpedoman serta mengacu dengan uraian sebagai berikut:

1. Metode uji densitas semen hidraulis (SNI 2531-2015).
2. Pengujian konsistensi normal semen *portland* dengan alat *vicat* untuk pekerjaan sipil (SNI 03-6826-2002).
3. Pengujian waktu ikat awal semen *portland* dengan menggunakan alat *vicat* untuk pekerjaan sipil (SNI 03-6827-2002).
4. Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar (SNI 1968:1990).
5. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008).
6. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008).
7. Metode pengujian kadar air agregat (SNI 1971:2011).
8. Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton (SNI 2816 : 2014).
9. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal (SNI 03-2834-2000).
10. Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium (SNI 2493:2011).
11. Cara uji slump beton (SNI 1972:2008).
12. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011).
13. Tata cara mengevaluasi hasil uji kekuatan beton (SNI 03-6815-2002).
14. Referensi dan penelitian lainnya untuk metode analisis data yaitu :
 - a. PBI 1971 N.I. - 2.
 - b. Buku panduan praktikum beton Prodi Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
 - c. Buku “Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM” yang disusun oleh Pujo Aji Ir. MT. Dr. techn dan Rachmat Purwono Ir. MSc. Prof. IP-U HAKI.
 - d. Buku “Pedoman Teknis Pekerjaan Beton Serat Baja” yang disusun oleh Balai Litbang Sabo.
 - e. Penelitian terdahulu yang relevan.

Berikut diagram alir dalam proses penelitian yang dilakukan :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian
Sumber: Data Hasil Penelitian (2020)

C. Hasil dan Pembahasan

Pada pelaksanaan perhitungan perencanaan campuran beton, penulis berpedoman kepada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Sebelum melakukan perhitungan campuran beton normal, maka penulis merangkum data hasil pengujian material untuk mempermudah perhitungan yaitu:

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No.	Uraian	Nilai
(1)	Pengujian semen	
	a. Massa jenis	2,936
	b. Konsistensi normal semen	22,58 persen
	c. Waktu ikat awal semen	81 menit

No.	Uraian	Nilai
(2)	Pengujian agregat halus a. Analisis saringan b. Berat jenis curah kering c. Berat jenis curah jenuh kering permukaan d. Berat jenis semu e. Penyerapan air f. Kadar lumpur g. Kadar air	Batas gradasi dalam daerah no. 2 2,148 2,232 2,347 3,961 1,13 persen 10,44 persen
(3)	Pengujian agregat kasar a. Analisis saringan b. Berat jenis curah kering c. Berat jenis curah jenuh kering permukaan d. Berat jenis semu e. Penyerapan air f. Kadar lumpur g. Kadar air	Batas gradasi ukuran maksimum 40 mm 2,738 2,798 2,912 2,192 0,99 persen 1,07 persen
(4)	Pengujian agregat kasar dari limbah plastik a. Analisis saringan b. Penyerapan air c. Berat gembur d. Berat padat	Batas gradasi ukuran maksimum 40 mm 0,505 416,5 kg/m ³ 481,5 kg/m ³

Sumber: Data Hasil Penelitian (2020)

Berdasarkan hasil rangkuman data pengujian diatas, maka penulis dapat merangkum hasil perhitungan campuran beton sesuai kondisi material yang telah diuji dan tersedia di laboratoium untuk 4 benda uji silinder ditambah 10% faktor kesalahan dalam pembuatan benda uji dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 2. Proporsi Campuran Beton

Uraian	Berat (kg)					
	Semen	Air	Agregat halus	Agregat kasar	Agregat plastik	Kawat bendrat
Beton normal (BN)	9,021	4,439	16,104	24,400	-	-
Beton normal substitusi agregat kasar dengan agregat plastik (BNP)	9,021	4,379	16,104	18,570	1,228	-
Beton normal ditambah kawat bendrat (BNK)	9,021	4,439	16,104	24,400	-	0,226
Beton kombinasi BNP dan BNK (BNPK)	9,021	4,379	16,104	18,570	1,228	0,226

Sumber: Data Hasil Penelitian (2020)

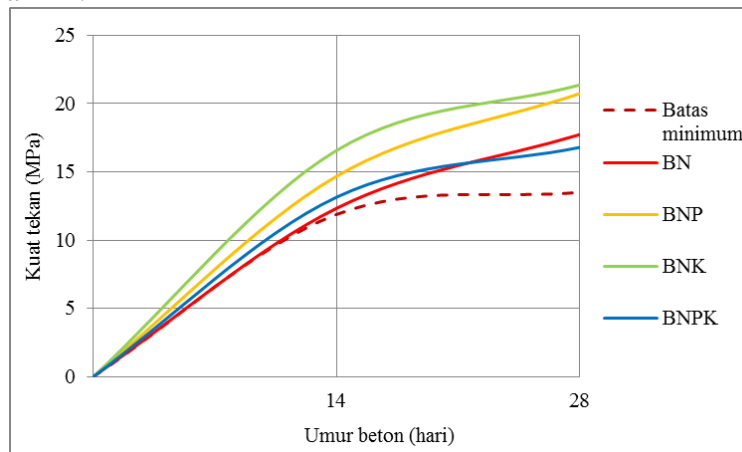
Setelah dilakukan pembuatan benda uji di laboratorium dan perawatan benda uji selama 14 hari drendam didalam air serta diletakkan didalam ruangan dengan suhu ruangan sampai dengan pelaksanaan pengujian kuat tekan beton. Hasil dari proses pembuatan dan hasil perhitungan pengujian kuat tekan benda uji, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hubungan waktu retak, pola retak dan kuat tekan

Uraian	Umur beton	Waktu retak rata-rata	Pola retak	Kuat tekan (f'_c)
	(hari)	(detik)	dominasi	MPa
Beton normal (BN)	14	9,24	Sejajar sumbu tegak	12,33
	28	9,90		17,73
Beton normal substitusi agregat kasar dengan agregat plastik (BNP)	14	10,30	Kerucut dan belah	14,67
	28	11,58		20,25
Beton normal ditambah kawat bendrat (BNK)	14	11,15	Kerucut dan geser	16,56
	28	11,60		21,36
Beton kombinasi BNP dan BNK (BNPK)	14	8,32	Geser	13,14
	28	9,73		16,79

Sumber: Data Hasil Penelitian (2020)

Berdasarkan tabel diatas, maka penulis dapat menggambarkan hasil perbandingan kuat tekan dan waktu retak dalam grafik seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton

Sumber: Data Hasil Penelitian (2020)

Pembahasan hasil penelitian ini dapat diuraikan oleh penulis, berdasarkan gambar diatas yaitu: Kenaikan kuat tekan antara BN dengan BNP disebabkan oleh *interlocking* semakin tinggi dengan agregat plastik dengan berbentuk persegi yang memiliki minimum 3 bidang pecah sedangkan batu pecah yang digunakan kebanyakan berbentuk bulat yang memiliki minimum 1 bidang pecah. Kenaikan kuat tekan antara BN dengan BNK disebabkan oleh serat kawat bendrat yang mempunyai kemampuan bahan menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, *fatigue life*, *shrinkage*, *abrasion*, fragmentasi dan *spalling* serta kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh penelitian sebelum ini. Kenaikan kuat tekan antara BN dengan BNPK pada umur beton 14 hari dan mengalami penurunan pada umur beton 28 hari disebabkan oleh kemungkinan kesalahan dalam proses pembuatan dan perawatan benda uji dilaboratorium.

D. Penutup

Adapun kesimpulan yang didapatkan penulis dari hasil penelitian ini, antara lain sebagai berikut: Metode daur ulang plastik yang digunakan menjadi agregat kasar dengan cara dipanaskan menggunakan wadah hingga plastik menjadi pasta, lalu disiram dengan air saat pendinginan agar tercipta rongga kecil pada bongkahan plastik.

Pengaruh campuran beton normal dengan *substitusi* agregat kasar dengan daur ulang limbah plastik terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan sebesar 18,98% dan 14,21%, serta berbanding lurus dengan waktu retak sebesar 11,47% dan 16,97%. Peningkatan tersebut disebabkan oleh *interlocking* semakin tinggi dengan agregat plastik dengan berbentuk persegi yang memiliki minimum 3 bidang pecah sedangkan batu pecah yang digunakan kebanyakan berbentuk bulat yang memiliki minimum 1 bidang pecah. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran kerucut dan belah. Pengaruh campuran beton normal dengan penambahan kawat bendrat terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan 34,31% dan 20,47%, serta berbanding lurus dengan waktu retak sebesar 20,67% dan 4,04%. Peningkatan tersebut didukung oleh hasil penelitian sebelum ini, didalam penelitian tersebut dinyatakan bahwa kawat bendrat yang mempunyai kemampuan bahan menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, *fatigue life*, *shrinkage*, *abrasion*, fragmentasi dan *spalling* serta kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran kerucut dan geser. Pengaruh campuran beton normal dengan *substitusi* agregat kasar dengan daur ulang limbah plastik dan penambahan kawat bendrat terhadap beton normal dengan hasil kuat tekan pada umur beton 14 dan 28 hari secara berurutan kekuatan tekan 6,57% dan -5,30%, serta tidak berbanding lurus dengan waktu retak sebesar -9,96% dan -1,72%. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan kesalahan dalam proses pembuatan dan perawatan benda uji dilaboratorium. Pola retak yang dihasilkan didominasi bentuk kehancuran geser.

Daftar Pustaka

- Adiprakoso, S.F. (2013). Studi Perilaku Kuat Tekan pada Beton Berserat Baja. *Skripsi*. Jakarta: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia.
- Aji, P. dan Purwono, R. (2010). *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*. Surabaya: ITS Press.
- Amna, K., Wesli dan Hamzani (2014). Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. *Teras Jurnal*, Vol. 4 (2), hal. 11-20.
- Ariatama, A. (2007). Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Mutu Beton Tinggi Berdasarkan Optimisasi Diameter Serat. *Tesis*. Semarang: Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15-7064-2004 tentang Semen Portland Komposit*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Uji Silinder*. Jakarta: BSN.
- Faiz, M.A., Prayitno, S. dan Supardi (2015). Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Metode Dreux Berserat Bendrat dengan Fly Ash. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, hal. 470-478.
- Foermansah, R. (2013). Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk "Z" sebagai Bahan Tambah. *Naskah Publikasi*. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gunawan, P., Prayitno, S. dan Aldoko, W. (2015). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Beton Ringan dengan Teknologi Gas terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, hal. 611-619.

- Halim, A. (2011). Penambahan Bendrat Untuk Mempertahankan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Akibat Kebakaran. *Widya Teknika*, Vol. 19 (2), hal. 1-5.
- Haq, H.A. dan Andayani, R. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat dan Serat Ijuk pada Beton K-225 terhadap Kuat Geser. *Jurnal Desain Konstruksi*, Vol. 16 (1), hal. 76-82.
- Hidayat, M.K.B., Purwanto, E. dan Bayzoni (2018). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Mutu Tinggi terhadap Kapasitas Kuat Tekan dan Kuat Lentur. *JRSDD*, Vol. 6 (2), hal. 199-208.
- Julianto, F., Samsurizal, E. dan Mungok, C.D. (2016). Pengaruh Campuran Kawat Bendrat terhadap Kekuatan Balok Beton dengan Mutu 20 MPa. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, Vol. 2 (2), hal. 1-10.
- Kader, I.M.S. dan Jaya, I.M. (2016). Modifikasi Beton Normal sebagai *Rigid Pavement* yang Memenuhi Syarat Kuat Lentur. *Wahana Teknik Sipil*, Vol. 23 (2), hal. 56-63.
- Kawulusan, J.A., Manalip, H. dan Dapas, S. O. (2019). Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat dengan Variasi Sudut Tekuk pada Kedua Ujungnya. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7 (5), hal. 513-526.
- Kuhu, F.A., Dapas, S.O. dan Mondoringin, M.R.I.A.J. (2019). Pemeriksaan Kuat Tarik Langsung Beton Serat Kawat Bendrat dengan Variasi Sudut Tekuk. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7 (6), hal. 673-680.
- Malino, L., Wallah, S.E. dan Handono, B.D. (2019). Pemeriksaan Kuat tekan dan Kuat Tarik Lentur Beton Serat Kawat Bendrat yang Ditekuk dengan Variasi Sudut Berbeda. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7 (6), hal. 711-722.
- Megasari, S.W., Yanti, G. dan Zainuri (2016). Karakteristik Beton dengan Penambahan Limbah Serat Nylon dan Polimer *Concrete*. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, Vol. 2 (1), hal. 24-33.
- Napitupulu, M. (2013). Analisa dan Kajian Eksperimental Pengaruh Penambahan Serat Bendrat (Serat Kawat) pada Daerah Tarik Balok Beton Bertulang. *Skripsi*. Medan: Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Rismayasari, Y., Utari dan Santosa, U. (2012). Pembuatan Beton dengan Limbah Plastik dan Karakterisasinya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 2 (1), hal. 21-31.
- Rommel, E. (2016). Pembuatan Beton Ringan dari Agregat Buatan Berbahan Plastik. *Jurnal Gamma*, Vol. 9 (1), hal. 137-147.
- Soebandono, B., Pujiyanto, A. dan Kurniawan, D. (2013). Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 16 (1), hal. 76-82.
- Suprihatin, S. (2013). Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk “W” sebagai Bahan Tambah. *Naskah Publikasi*. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Uluhiyah, A. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Dan Penambahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Artikel Ilmiah*. Mataram: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram.
- Widodo, A. (2012). Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat pada Campuran Beton dengan Konsentrasi Serat Panjang 4 Cm Berat Semen 350 Kg/M³ dan FAS 0,5. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, Vol. 14 (2), hal. 131-140.
- Witjaksana, B. (2016). Penambahan *Fibre Steel* pada Campuran Beton (Tinjauan terhadap Kuat Tekan pada Umur Beton 3 Hari). *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Semarang*, Vol. 1 (2), hal. 209-216.