

TINJAUAN KUAT TEKAN DAN LENTUR DARI CAMPURAN BETON YANG MENGGUNAKAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS

Muhammad Abdullah Nasution¹, Khairiah Wilda², Ernie Shinta Y Sitanggang³
Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
muhammadnasutionn@students.polmed.ac.id¹, khairiahwilda@students.polmed.ac.id²,
erniesitanggang@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir inovasi dan rancangan bahan pembentuk beton semakin banyak dan beragam. Konstruksi yang memanfaatkan beton sebagai bahan utamanya semakin beragam, salah satunya adalah perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada konstruksi jalan nasional maupun jalan tol, karena beberapa keunggulannya. Salah satu solusi untuk membuat beton yang ramah lingkungan dan hemat adalah dengan mencoba memanfaatkan bahan tambah dari material-material sisa (limbah) yang mengandung bahan-bahan pembentuk beton. Limbah abu bonggol jagung dengan kadar kandungan Silika Oksida SiO₂ mencapai 66,38 %, membuat bahan tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan penyusun dari beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Beton dengan mutu $f'c$ 25 dengan perbandingan limbah abu bonggol jagung sebanyak 0%, 2%, 4%, 8%, dan 10% dari berat agregat halus. Pengujian sampel pada umur 28 hari, dengan benda uji silinder untuk mengetahui kuat tekan beton serta benda uji balok untuk mengetahui kuat lentur beton. Berdasarkan hasil dari penelitian diperoleh kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana $f'c$ 25 MPa adalah beton dengan variasi 0% dengan nilai 28,80 MPa, 2% dengan nilai 31,23 MPa, dan persen paling optimum yaitu variasi 4% dengan nilai 33,16 MPa untuk beton dengan pemanfaatan abu bonggol jagung sebagai pengganti agregat halus. Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi 0% menghasilkan nilai sebesar 3,67 MPa, dan mengalami peningkatan pada variasi 2% dengan nilai sebesar 3,80 MPa, penurunan terjadi dengan seiring bertambahnya jumlah persen dari variasi sehingga penggunaan abu bonggol jagung pada penelitian ini belum efektif dalam pengujian kuat lentur. Hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur terhadap penambahan abu bonggol jagung menunjukkan adanya keterkaitan dengan menggunakan analisa polynomial dan nilai R^2 mendekati 1.

Kata Kunci : Beton, Abu Bonggol Jagung, Kuat Tekan, Kuat Lentur

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini semakin maju, salah satunya adalah pemanfaatan material yang paling penting dalam pembangunan konstruksi yaitu beton. Dalam beberapa tahun terakhir inovasi dan rancangan bahan pembentuk beton semakin banyak dan beragam. Konstruksi yang memanfaatkan beton sebagai bahan utamanya semakin beragam, salah satunya adalah perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada konstruksi jalan nasional maupun jalan tol, karena beberapa keunggulannya. Salah satu solusi untuk membuat beton yang ramah lingkungan dan hemat adalah dengan mencoba memanfaatkan bahan tambah dari material-material sisa (limbah) yang mengandung bahan-bahan pembentuk beton berupa Silika Oksida, CaO, Al₂O₃ seperti fly ash, silica fume, abu cangkang sawit, abu sekam padi dan sebagainya. Bahan penyusun beton salah satunya adalah pasir alami yang didapatkan secara langsung melalui penambangan pasir di daerah sungai atau waduk-waduk yang berpotensi memiliki pasir yang sesuai dengan ketentuan yang ada. Untuk itu dengan meningkatnya penggunaan campuran beton pada konstruksi juga akan berpotensi membuat daerah sungai semakin menipis kontur tanahnya dan permukaannya semakin menurun. Bahan tambah untuk penyusun beton yang di dapatkan dari limbah dan belum banyak dimanfaatkan dengan baik adalah bonggol jagung. Bonggol jagung merupakan inti bagian tengah silindris yang keras dan tebal. Limbah bonggol jagung masih belum dimanfaatkan dan diolah dengan baik sehingga hanya menjadi sampah dan terbengkalai. Pembuangan limbah pertanian yang kurang tepat juga merupakan tantangan lingkungan yang paling utama. Pemanfaatan bonggol jagung dapat dilakukan dengan cara dibakar dahulu pada suhu 650°C –800°C selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan sebagai alternatif bahan penyusun beton. Kandungan dari abu bonggol jagung

berupa Silika Oksida SiO_2 mencapai 66,38 % (Raheem, dkk., 2010), CaO 11,57 %, Al_2O_3 6-9 % (Fakhrunisa et al., 2018). Kandungan yang dimiliki abu bonggol jagung membuat limbah tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan penyusun dari beton. Hepiyanto dan Firdaus (2019) dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200” dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (UNISLA) menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan nilainya melebihi beton normal standar yang telah ditetapkan yaitu 16,9 MPa. Nilai beton 28 hari pada beton normal didapatkan 19,96 MPa atau 203,24 kg/cm^2 . Sedangkan dengan substitusi abu bonggol jagung yang semakin meningkat persentasenya membuat kuat tekan beton meningkat. Substitusi abu bonggol jagung 4% nilai kuat tekan 33,04 MPa atau 336,80 kg/cm^2 , abu bonggol jagung 8% nilai kuat tekan 30,79 MPa atau 313,57 kg/cm^2 , abu bonggol jagung 12% nilai kuat tekan 28,20 Mpa atau 287,44 kg/cm^2 . Dengan nilai optimum substitusi abu bonggol jagung terdapat pada varian 4% yaitu nilai kuat tekan 33,04 MPa atau 336,80 kg/cm^2 . Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh dari abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton mutu $f_c' 25$ terhadap kuat tekan dan kuat lentur serta penerapannya pada perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Beton merupakan bahan yang dapat disiapkan dalam jumlah banyak untuk suatu pekerjaan konstruksi yang membutuhkan material dalam jumlah besar. Beton menjadi bahan yang sangat dibutuhkan dan sering dipergunakan untuk sebagian besar pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan bahan struktur lain (Supriyatna, 1990). Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 2007).

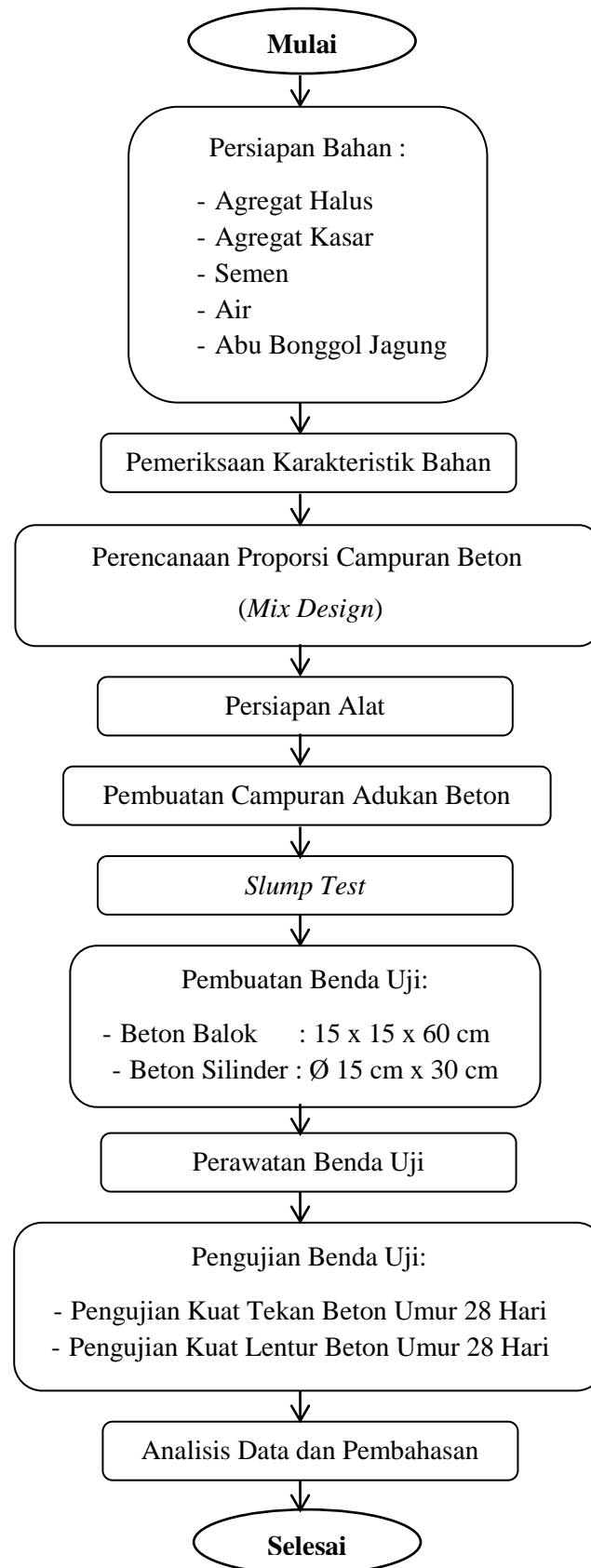
Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI-7656-2012). Semen berfungsi untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat halus maupun agregat kasar. Semen menjadi bahan yang sangat penting pada campuran beton, semen yang digunakan untuk campuran beton harus sesuai dengan rencana dan spesifikasi bahan yang diberikan. Agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampurkan dengan semen portland dan air yang menghasilkan beton. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada campuran, namun demikian peranan agregat pada beton sangat penting keberadaannya. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 60%-80% dari volume total beton. Agregat berpengaruh pada sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 2007). Agregat kasar dan agregat halus mengisi sebagian besar volume beton, yang membuat sifat-sifat dan mutu agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Agregat harus mempunyai distribusi sedemikian rupa, sehingga ukuran rongga-rongga antara agregat menjadi minimum. Ini berarti jumlah semen untuk beton yang mengisi rongga tersebut juga akan menjadi minimum.

Salah satu limbah yang mengandung pozzolan dan belum termanfaatkan adalah abu bonggol jagung (Fakhrunisa dkk., 2018). Limbah bonggol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38% (Raheem, dkk., 2010). Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu 650°C - 800°C selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Kamau, dkk., 2013). Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakan pada dua

perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam MPa gaya per satuan luas. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang telah disyaratkan. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono. T, 2004).

METODE PENELITIAN

Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang akan menegaskan hubungan antara hasil yang akan diselidiki. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan abu bonggol jagung sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada masing-masing campuran beton dengan variasi penambahan 0%, 2%, 4%, 8%, 10% dari agregat halus. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Pelaksanaan penelitian dimulai dari melakukan persiapan, pemeriksaan karakteristik bahan penyusun beton, melakukan tahapan perancangan campuran beton (*Mix Design*), dilanjutkan dengan pembuatan benda uji, kemudian dilakukan perawatan, dan dilaksanakan pengujian kuat tekan serta kuat lentur beton, data yang dihasilkan kemudian di analisa dan mendapat kesimpulan serta saran. Diagram alir penelitian yang berdasarkan dari uraian prosedur yang telah dijelaskan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material Beton

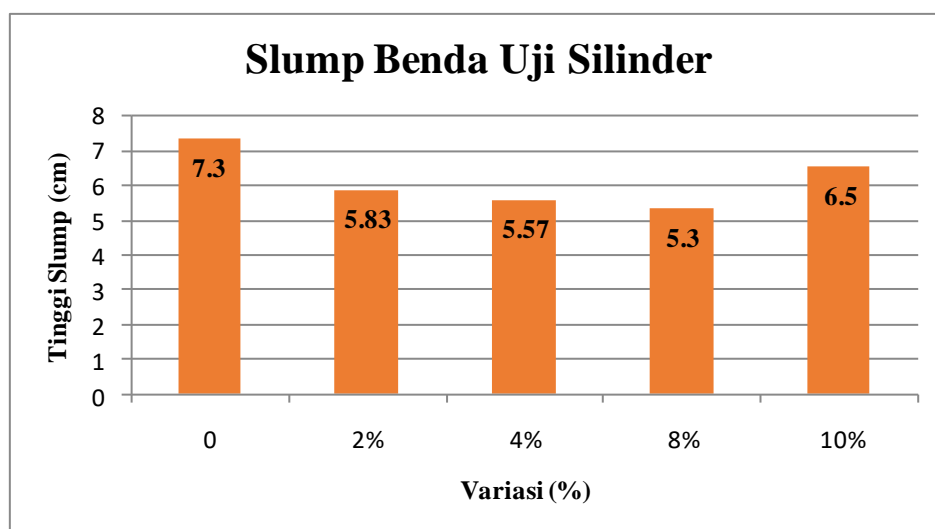
Bahan-bahan penyusun beton seperti agregat halus dan agregat kasar, semen, dan bahan pengganti abu bonggol jagung dilakukan pemeriksaan karakteristik masing-masing dari bahan tersebut. Setelah dilakukan pemeriksaan didapatkan bahwa keseluruhan bahan penyusun memenuhi standar dan persyaratan agar dapat digunakan pada campuran beton.

Hasil Pengujian Slump Pada Campuran Beton

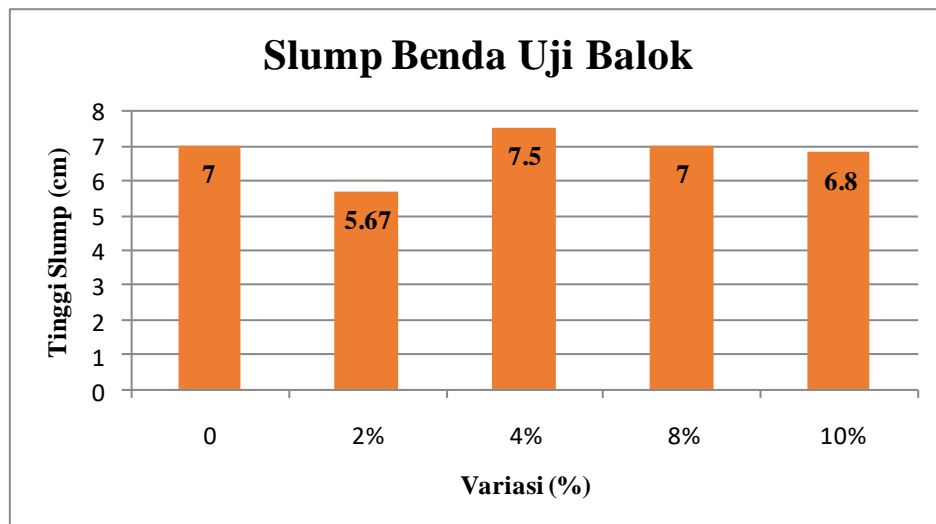
Pengujian slump dilakukan setelah proses pengadukan campuran beton untuk benda uji dilakukan, Hasil pengujian beton normal dan beton variasi Abu Bonggol Jagung dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2 dan 3 grafik dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Slump Campuran Beton

No	Variasi Campuran	Benda Uji	Slump Rata-rata (cm)
1	Beton Normal	Silinder	7,3
		Balok	7
2	Beton ABJ 2%	Silinder	5,83
		Balok	5,67
3	Beton ABJ 4%	Silinder	5,57
		Balok	7,5
4	Beton ABJ 8%	Silinder	5,3
		Balok	7
5	Beton ABJ 10%	Silinder	6,5
		Balok	6,8



Gambar 2. Slump Benda Uji Silinder



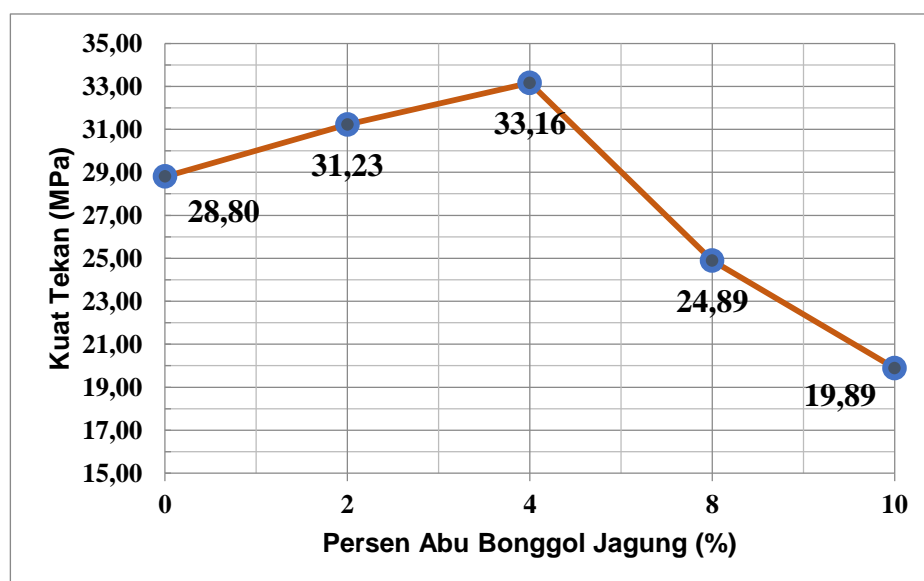
Gambar 3. Slump Benda Uji Balok

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Beton Politeknik Negeri Medan menggunakan mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*) untuk mendapatkan beban maksimum pada umur rencana 28 hari setelah proses perawatan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata dari benda uji silinder dilakukan terhadap masing-masing 5 benda uji setiap variasi penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Variasi Limbah Abu Bonggol Jagung (%)	Nilai Kuat Tekan Beton (MPa)
1	0	28,80
2	2	31,23
3	4	33,16
4	8	24,89
5	10	19,89



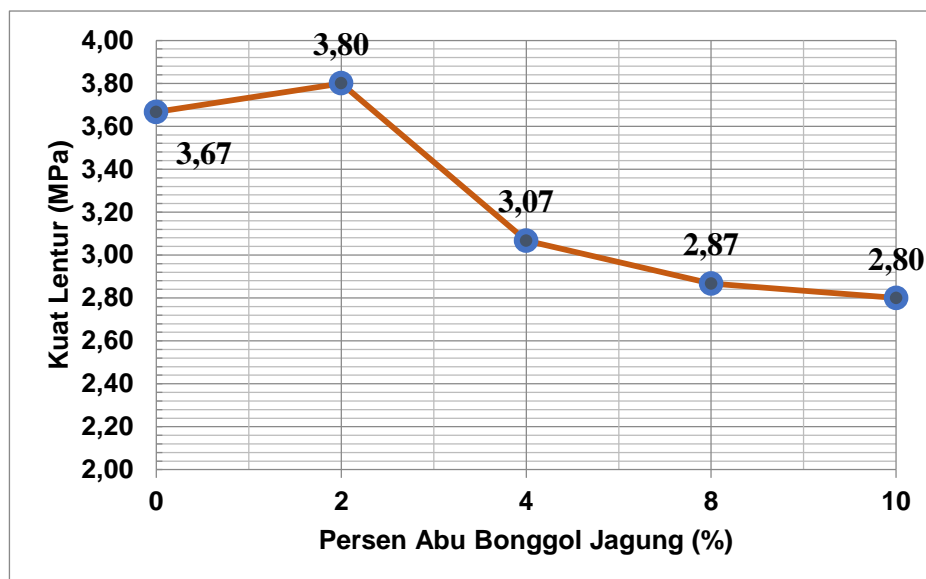
Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton dengan Variasi Abu Bonggol Jagung

Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan di Laboratorium Beton Politeknik Negeri Medan menggunakan mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*) dengan penambahan alat pengujian lentur, untuk mendapatkan beban maksimum pada umur rencana 28 hari setelah proses perawatan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata dari benda uji balok dilakukan terhadap masing-masing 2 benda uji setiap variasi penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

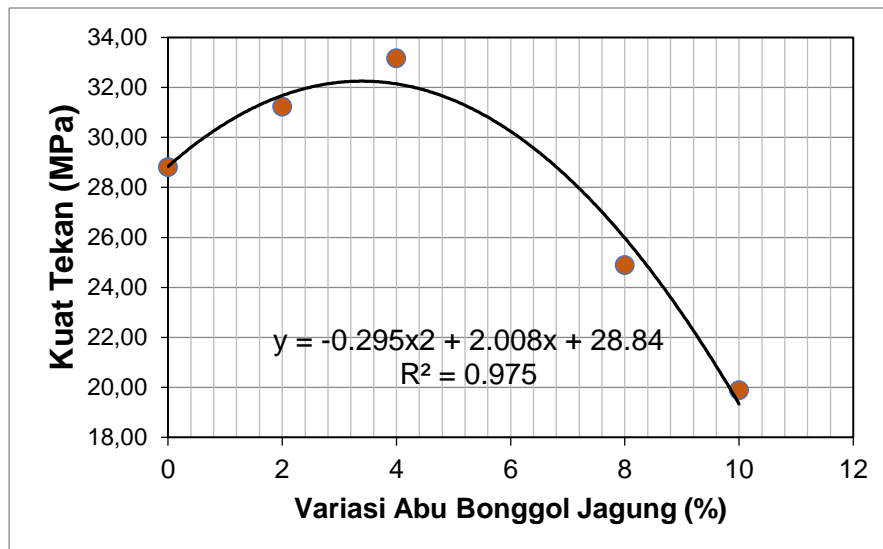
No	Variasi Limbah Abu Bonggol Jagung (%)	Nilai Kuat Lentur Beton (MPa)
1	0	3,67
2	2	3,80
3	4	3,07
4	8	2,87
5	10	2,80



Gambar 5. Grafik Kuat Lentur Beton dengan Variasi Abu Bonggol Jagung

Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Penambahan Abu Bonggol Jagung

Dengan menggunakan model analisa regresi linier sederhana, dapat diperoleh suatu model regresi yang menggambarkan hubungan antara suatu variabel bebas (penambahan abu bonggol jagung) dan satu variabel terikat yaitu kuat tekan beton. Dalam hal ini digunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan regresi dari data pengujian kuat tekan beton berdasarkan variasi abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus. Hubungan antara nilai kuat tekan dengan variasi penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung disajikan pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Regresi Nilai Kuat Tekan Beton dengan Variasi Abu Bonggol Jagung

Pada gambar 6. merupakan model regresi non linier yaitu model regresi polinomial orde 2, diperoleh nilai R^2 mendekati 1 yaitu sebesar 0,975, apabila nilai R^2 mendekati 1 maka dapat dikatakan bahwa adanya hubungan antara kedua variabel yang dianalisis.

$$f'c = -0,295x^2 + 2,008x + 28,84 \quad (1)$$

dengan $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

x = Kadar pengganti agregat halus dengan abu bonggol jagung

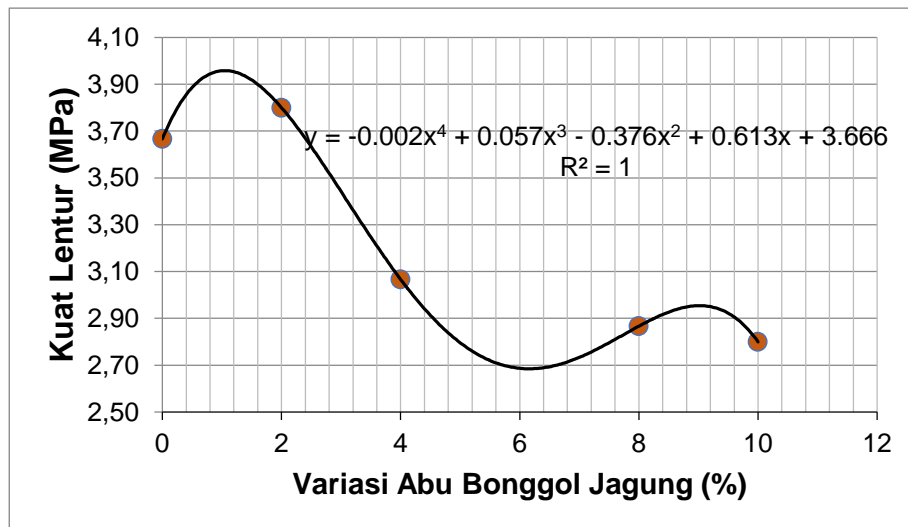
Diperoleh nilai x yang didapat dari persamaan matematika maka dapat ditentukan besarnya nilai kuat tekan berdasarkan persamaan awal, yaitu:

$$\begin{aligned} f'c &= -0,295x^2 + 2,008x + 28,84 \\ &= -0,295(3,40)^2 + 2,008(3,40) + 28,84 \\ &= 32,26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas maka diperoleh kadar pengganti abu bonggol jagung optimum (x) sebesar 3,4 % yang menghasilkan nilai kuat tekan beton sebesar 32,26 MPa.

Hubungan Kuat Lentur Beton Terhadap Penambahan Abu Bonggol Jagung

Dalam hal ini digunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan regresi dari data pengujian kuat lentur beton berdasarkan variasi abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus. Hubungan antara nilai kuat lentur dengan variasi penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung disajikan pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Grafik Regresi Nilai Kuat Lentur Beton dengan Variasi Abu Bonggol Jagung

Pada gambar 7. merupakan model regresi non linier yaitu model regresi polinomial orde 4, diperoleh nilai R^2 yaitu sebesar 1, apabila nilai R^2 mendekati atau pun 1 maka dapat dikatakan bahwa adanya hubungan antara kedua variabel yang dianalisis. Persamaan yang diperoleh dari gambar tersebut digunakan dalam mencari besarnya kadar penggantian agregat halus dengan abu bonggol jagung dan besarnya nilai kuat lentur beton.

Perhitungan dari variasi abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus yang optimum untuk menghasilkan nilai dari kuat lentur beton adalah sebagai berikut.

$$f's = -0,002x^4 + 0,057x^3 - 0,376x^2 + 0,613x + 3,666$$

dengan $f's$ = Kuat lentur beton (MPa)

x = Kadar pengganti agregat halus dengan abu bonggol jagung

Diperoleh nilai x yang didapat dari persamaan matematika maka dapat ditentukan besarnya nilai kuat lentur berdasarkan persamaan awal, yaitu :

$$\begin{aligned} f's &= -0,002x^4 + 0,057x^3 - 0,376x^2 + 0,613x + 3,666 \\ &= -0,002 (7,13)^4 + 0,057 (7,13)^3 - 0,376 (7,13)^2 + 0,613 (7,13) + 3,666 \\ &= 4,42 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas maka diperoleh kadar pengganti abu bonggol jagung optimum (x) sebesar 7,13 % yang menghasilkan nilai kuat lentur beton sebesar 4,42 MPa.

Penerapan Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka menurut penulis penggantian sebagian agregat halus dengan limbah abu bonggol jagung dapat digunakan pada campuran perkerasan kaku (*rigid pavement*), karena berdasarkan ketentuan dan hasil kuat tekan menunjukkan bahwa penggunaan abu bonggol jagung sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton menghasilkan beton dengan kekuatan rata-rata diantara $f'c$ 24 MPa-33 MPa. Dengan hal ini juga pemanfaatan limbah abu bonggol jagung dapat diolah dan memiliki nilai tambah serta dapat mengurangi penggunaan pasir alami pada campuran beton.

SIMPULAN

Pengujian kuat tekan beton dengan penambahan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton menghasilkan peningkatan kekuatan pada variasi 2% dan persen paling optimum 4% dengan nilai masing-masing sebesar 31,23 MPa serta 33,16 MPa. Nilai kuat tekan beton normal yang didapat juga memenuhi f'_c rencana yaitu sebesar 28,80 MPa. Pada variasi 8 % dan 10 % kekuatan beton mengalami penurunan kekuatan. Pada pengujian kuat lentur beton memberikan pengaruh yaitu dengan semakin bertambahnya variasi abu bonggol jagung yang digunakan maka kekuatan lentur semakin menurun, yaitu pada variasi 4%, 8% dan 10%. Variasi yang menghasilkan peningkatan kekuatan hanya pada variasi 2% dengan nilai 3,80 MPa, dengan nilai peningkatan kekuatan dari beton normal sebesar 3,64%.

Penggunaan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton membuat peningkatan kekuatan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal yang ada, sehingga limbah abu bonggol jagung dapat digunakan pada campuran perkerasan kaku (*rigid pavement*), karena berdasarkan ketentuan dan hasil kuat tekan beton menunjukkan kekuatan rata-rata diantara f'_c 24 MPa-33 MPa (Beton mutu sedang). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hubungan model analisa regresi polynomial sederhana terhadap kuat lentur dan kuat tekan menunjukkan nilai R^2 mendekati 1, hal ini berarti bahwa adanya suatu keterkaitan yang kuat antara kedua variabel yang dianalisis yaitu kuat lentur dan kuat tekan dan juga penambahan abu bonggol jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Indonesia. (2013). SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung: 1–265.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004. Semen Portland. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1972:2008. Cara Uji Slump Beton. Bandung: Badan Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974-2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 4431-2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Berutu, Lastri Nola. 2020. Kajian Kuat Tekan Beton Akibat Substitusi Parsial Abu Bonggol Jagung Terhadap Semen. Medan. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara.
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B. dan Karjanto, A. 2018. Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Bervariasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (*Self-Compacting Concrete*). Jurnal Bangunan. 23 (2), 9–18.

- Harmaji, A., Permata, T. G., Hendriyanto, D. Y. dan Soepriyanto, S. 2019. Pengaruh Penambahan *Corn Cob Ash* dan *Bagasse Ash* terhadap *Setting Time* dan Kuat Tekan Material berbasis Semen. *Journal of Applied Science*. 1(1): 1–6.
- Hepiyanto, R., dan Firdaus, M. A. 2019. Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K - 200. 3 *UkaRsT* (2), 1–6.
- Memon, S. A., Javed, U., dan Khushnood, R. A. (2019). *Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete*. *Construction and Building Materials*, 195, 165–177.
- Naiborhu, Christin N. 2021. Efek Penggunaan Abu Daun Serai (Kandungan 0% – 17,5%) Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Medan. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara.
- Nugraha, P. dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, Beton Kinerja Tinggi. Andi Offset*. Yogyakarta.
- Surbakti, M. A. 2020. Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan Silica Fume Terhadap Kuat Lentur Beton (Studi Penelitian). Medan. (Skripsi) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM: Yogyakarta.
- Wijaya, Handrian. 2020. Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (Studi Penelitian). Medan. (Skripsi) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.