

Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* sebagai Bahan Campuran Agregat Halus dengan Penambahan Tetes Tebu pada Pembuatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton

Teguh Haris Santoso¹, M. Basir², Weimintoro³, Okky Hendra Hermawan⁴

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal, tesant73@gmail.com

²Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal, basir242793@gmail.com

³Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal, weimintoro@upstegal.ac.id

⁴Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal, okijavva@gmail.com

Diterima: 04-08-2021 | Disetujui: 19-08-2021

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk menengetahui pengaruh peningkatan nilai kuat tekan beton dengan memanfaatkan limbah *bottom ash* sebagai campuran agregat halus serta molase tetes tebu pada beton normal. Manfaat penelitian untuk menemukan proporsi campuran limbah *bottom ash* dan tetes tebu (molase) yang optimum. Metode penelitian dengan melakukan suatu percobaan terhadap suatu variabel untuk mengetahui apakah ada tidaknya pengaruh dari variabel tersebut. Lokasi penelitian dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal dan di Laboratorium PT. Nisajana Hasna Rizqy Jalan Balapulung – Bojong, Kabupaten Tegal. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan pengaruh dari limbah *bottom ash* dan tetes tebu (Molase) dari variasi tersebut antara lain 5%, 10%, dan 15% tidak dapat meningkatkan mutu beton dibandingkan campuran beton normal dengan nilai kuat tekan sebesar 25,10 Mpa secara teknis, namun secara target untuk beton mutu 24 Mpa dengan variasi campuran 5% dan 10% sudah mencapai dengan nilai sebesar 24,93 Mpa dan 24,35 Mpa.

Kata Kunci: *Bottom Ash*, Kuat Tekan, Tetes Tebu.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi kian meningkat seiring dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan. Indonesia merupakan negara berkembang, saat ini banyak proyek konstruksi untuk pembangunan infrastruktur yang sedang dilaksanakan. Infrastruktur-infrastruktur yang dibangun seperti jalan, bendungan, jembatan dan bangunan gedung besar menggunakan bahan beton. Pemilihan bahan beton adalah bahan konstruksi yang fungsinya sebagai salah satu pembentuk struktur bangunan. Karena itu, beton tersebut harus memiliki mutu yang baik. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi mutu beton salah satu diantaranya distribusi susunan butir agregat (gradasi), agregat bergradasi baik dalam campuran beton dapat menghasilkan beton yang berkualitas yaitu mudah dikerjakan (*workability*), awet (*durability*), kuat (*strenght*) dan ekonomis. (Herry Widhiarto dan Bambang Sujatmiko, 2012).

Dalam penelitian ini kami mengembangkan konsep beton ramah lingkungan dengan penggunaan limbah sebagai bahan campuran agregat halus dari material beton normalnya, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat memberi efek positif pada lingkungan. Dalam hal ini kami menggunakan limbah *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus yang berasal dari PT. Lut Putra Solder yang terletak di Desa Debong Wetan Kecamatan Dukuhturi Kabupaten Tegal. Merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak dalam pengangkutan, pengumpulan, pemanfaatan, dan pengelolaan limbah B3. Dalam kegiatan tersebut PT. Lut Putra Solder sudah mendapatkan ijin dari Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia dengan Nomor : Sk436/Menihk/Setjen/PLB.3/6/2016.

Limbah *bottom ash* merupakan limbah dengan persediaan yang melimpah. karena itu kami berusaha

memanfaatkannya, sebagai bahan campuran agregat halus pada pembuatan beton. Secara umum *bottom ash* memiliki nilai kandungan total oksida SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan Ca_2 paling banyak 50 % dan nilai Loss Of Ignition (LoI) paling banyak 10 %. Disamping itu dilihat secara fisik memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Selain cara tersebut penulis juga memanfaatkan limbah dari pengolahan tebu yaitu molase sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Salah satu untuk meningkatkan sifat-sifat bahan beton dilakukan dengan penambahan tetes tebu (*molase*) ke dalam campuran beton dengan dosis tertentu. Ide dasarnya adalah dengan meningkatkan kinerja beton dengan larutan tebu yang disebarkan secara merata (*uniform*) ke dalam adukan beton, sehingga usaha tersebut dapat mencegah terjadinya retakan retakan dalam beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. (Suhendro, 2000) dikutip dalam (Asik & Zakariah, 2017). Secara aplikasi dilapangan pemanfaatan limbah ini secara umum belum banyak, namun demikian pada skala laboratorium, penelitian mengenai pemanfaatan limbah ini banyak dikembangkan dalam rangka untuk memberi nilai tambah pada limbah dan mencari material alternatif yang lebih murah.

Pembuatan makalah ini dimaksudkan untuk mengkaji pengaruh *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu dalam beton dalam pengaruh lingkungan. Sasaran yang hendak dicapai adalah beton dengan kekuatan tekan yang telah ditentukan dengan bahan tambahan yang ramah lingkungan dan sesuai dengan rancangan campuran bahan (*mix design*) yang telah dibuat.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah: 1) Bagaimana rancangan campuran bahan (*mix design*) beton Mutu 24 Mpa (Mutu Sedang) yang menggunakan limbah *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu untuk mendapatkan hasil maksimal dari penelitian ini ? 2) Bagaimana pengaruh penggunaan limbah *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu terhadap kuat tekan beton?. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk memahami tentang rencana campuran bahan (*mix design*) beton Mutu 24 Mpa (Mutu Sedang) dengan penggunaan limbah *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu dan mengetahui kadar optimum limbah *bottom ash* untuk menghasilkan kuat tekan beton maksimal.

Penelitian ini diharapkan diharapkan dapat memberikan gambaran tentang rancangan campuran bahan (*mix design*) beton Mutu 24 Mpa (Mutu Sedang) yang menggunakan limbah *bottom ash* dan tetes tebu sebagai bahan ramah lingkungan dan ekonomis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat membuka wawasan tentang bagaimana cara memanfaatkan limbah *bottom ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu pada pembuatan beton. Dengan penggunaan limbah *bottom ash* dan tetes tebu sebagai bahan pembuat beton ramah lingkungan dapat mengurangi limbah *bottom ash* dan tetes tebu yang berasal dari kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional.

2. LANDASAN TEORI

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari campuran bahan-bahan seperti semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). (Mulyono, 2005). Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m^3 menggunakan agregat alam yang dipecah. Berdasarkan pedoman Pd T-07-2005-B beton mutu sedang didefinisikan dengan beton yang memiliki kuat tekan 20 - 30 MPa. Pengujian mutu kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm, (SNI 03-2834-2000).

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (*silicon dioksida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan *fledsfar* yang mengandung kristal-kristal silika (SiO_2). (Bragmann and Goncalves, 2006; Della et al, 2002). Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan buatan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan *feldstar*. Dalam pengecoran beton agregat halus atau pasir silika digunakan sebagai unsur utama dalam pembuatan beton segar di *batching plant*, selain agregat kasar, semen dan air serta bahan tambah berupa *additive* (Adi, 2018).

Agregat halus yang digunakan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm dan agregat kasar yang digunakan mempunyai ukuran butir antara 5 mm - 40 mm. (SNI 03-2834-2000). Pada penelitian ini penggunaan agregat halus berasal dari pasir kali comaldan limbah *bottom ash* di tempat pembuangan limbah PT. Lut Putra Solder tersebut,

tepatnya di Desa Debong Wetan Kecamatan Dukuhhuri Kabupaten Tegal. Proses pengambilan limbah dilakukan di pengepulan Pabrik PT. Lut Putra Solder, Tegal.

Bahan–Bahan Penyusun Beton

a. Semen Portland

Semen sebanyak 20% dari total bahan baku yang dibutuhkan dalam pembuatan beton ini. Fungsi semen dalam campuran beton adalah sebagai pengikat antara agregat halus dan agregat kasar dengan bantuan air dalam suatu campuran beton. Peranan semen sangat penting dalam suatu campuran beton yaitu sebagai matriks primer. Semen yang digunakan dalam percobaan ini yaitu semen jenis PCC (*Portland Composite Cement*). Semen tipe PCC mempunyai karakteristik yang mirip dengan semen Portland pada umumnya, namun semen jenis ini mempunyai kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis.

b. Agregat Halus

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kandungan agregat dalam beton biasanya tinggi, berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Agregat dibagi menjadi dua, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus atau biasa disebut dengan pasir, berdasarkan ulasan PB,1989:9 dalam Tri Mulyono, 2005 agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Limbah B3 sendiri merupakan salah satu jenis zat berbahaya dan beracun yang mempunyai nilai kandungan total oksida SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan CaO paling sedikit 50%, dan nilai Loss of Ignition (Lol) paling banyak 10%. Limbah ini banyak ditemui kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional. Karena sifatnya yang berbahaya dan beracun, limbah B3 ini jarang dimanfaatkan sebagai bahan bangunan.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton dan kemudahan dalam pengerjaannya. (PB, 1989:9) dalam (Mulyono, 2005).

d. Bahan Tambah (*Additive*)

Bahan tambah adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Dalam *Standard definitions of Terminology Relating to Concrete dan Concrete Agregates* (ASTM C.125-1996:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. (Mulyono, 2005)

e. Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk bereaksi terhadap semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam, alkali, dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan busuk harus benar-benar dihindari karena dapat mengganggu pengikatan semen. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, namun dalam kenyataannya jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan, agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap di dalam beton yang sudah mengeras, sehingga menimbulkan pori-pori. (Santoso, 2012)

Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan karakteristik beton yang paling penting dan umumnya sudah direncanakan pada saat perhitungan campuran (*mix design*).

Berdasarkan SNI 03-6468-2000, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{cr}' = f_c' + 1,34s$$

$$f_{cr}' = 0,90f_c' + 2,33s$$

$$f_{cr}' = \frac{f_c' + 9,66 \text{ MPa}}{0,90} \quad (1)$$

dengan f_{cr}' = adalah kuat tekan rata-rata yang ditargetkan, f_c' = adalah kuat tekan rata-rata yang diisyaratkan, s = adalah deviasi standar.

Pengujian kuat tekan beton (*Compression Test*) merupakan pengujian beton keras dengan cara destruktif dimana pengujian berfungsi untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan di setiap umur beton yang dikehendaki. (Yogie Risdianto, 2010).

a. Uji Kuat Tarik Beton

Uji kuat tarik beton dibagi menjadi dua, yaitu uji tarik langsung dan uji tarik belah. Kuat tarik beton adalah ukuran kuat beton yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan beton akibat tarikan. Kuat tarik beton berkisar $\frac{1}{18}$ kuat desak pada waktu umurnya masih muda, dan berkisar $\frac{1}{20}$ sesudahnya. Kuat tarik juga merupakan bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Kekuatan tarik umumnya digunakan dalam mendesain bagian dari suatu struktur yang bersifat *ductile* dan *brittle* yang bersifat tidak statis, dalam arti selalu menerima gaya dalam jumlah besar, meski benda tersebut tidak bergerak. (Pandaleke & Windah, 2017).

b. Kuat tekan beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Tata cara pengujian nilai kuat tekan beton dihitung dengan persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (2)$$

dengan f_c' = Kuat tekan beton (N/mm² atau MPa), P = beban maksimum (N), A = luas penampang benda uji (mm²) (SNI 1974:2011)

Dari persamaan (1) didapatkan hasil kuat tekan dalam satuan N/mm² atau setara dengan MPa. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton K (kg/cm²) dihitung menggunakan persamaan (2).

Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian memakai perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

- Tentukan nilai kuat tekan yang disyaratkan (f_c').
- Nilai deviasi standar (S_d) yang ditetapkan ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika sudah memiliki data penelitian beton serupa minimum 30 buah silinder yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (Tabel 2.4) dan bila data uji penelitian sebelumnya tidak tersedia maka kuat tekan rata – rata yang ditargetkan (f_{cr}') harus diambil tidak kurang dari ($f_c' + 12 \text{ MPa}$).

Bottom Ash Batubara

Bottom ash batubara merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada fly ash, sehingga *bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan. Sifat dari *bottom ash* sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batubara dan sistem pembakarannya.

Pemanfaatan *bottom ash* batubara terhitung minim karena kebanyakan masih sebagai bahan tambahan pada agregat buatan pada pembuatan beton dan maksimum 2,4%. Sehingga pemanfaatan tergolong masih belum maksimal. Hal ini dipertegas Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 yang mengatakan dampak *bottom ash* tergolong

berbahaya karena bila terhirup secara berkala dapat menyebabkan masalah pernapasan serius. Bila dilewati hujan, air rembesan akan mencemari lingkungan karena bersifat asam dan merusak kesuburan tanah (Vera pratiwi, 2016)

Tetes Tebu/Molase

Merupakan produk sampingan dari industri pengolahan gula tebu atau bit. Karena berasal dari sisa pengolahan gula, molase banyak mengandung karbohidrat yang mudah larut, asam-asam organik, gula dan mineral. Kandungan molase adalah 48% -55% dari sukrosa (gula), kandungan lainnya adalah mineral-mineral esensial, seng, kobalt, sodium, iodium, copper, kalsium, boran dan mangan. Molase memiliki bentuk cairan kental berwarna coklat. Selain sering digunakan sebagai pakan suplemen untuk ternak, molase juga merupakan bahan baku pembuatan MSG, etanol, gasahol bahan industri konstruksi, fermentasi dan bahan pembentuk asam sitrat.

Konsep Beton Ramah Lingkungan

Beton tersusun atas material semen, pasir, kerikil, dan air, yang terkadang juga diberikan bahan-bahan tambah lainnya untuk mencapai performa beton yang diinginkan. Material semen, walaupun dalam beton digunakan sekitar 7%-15%, ternyata untuk menghasilkan semen digunakan energi yang cukup besar dan limbah yang melimpah juga, sehingga akan sangat berpengaruh pada kondisi lingkungan.

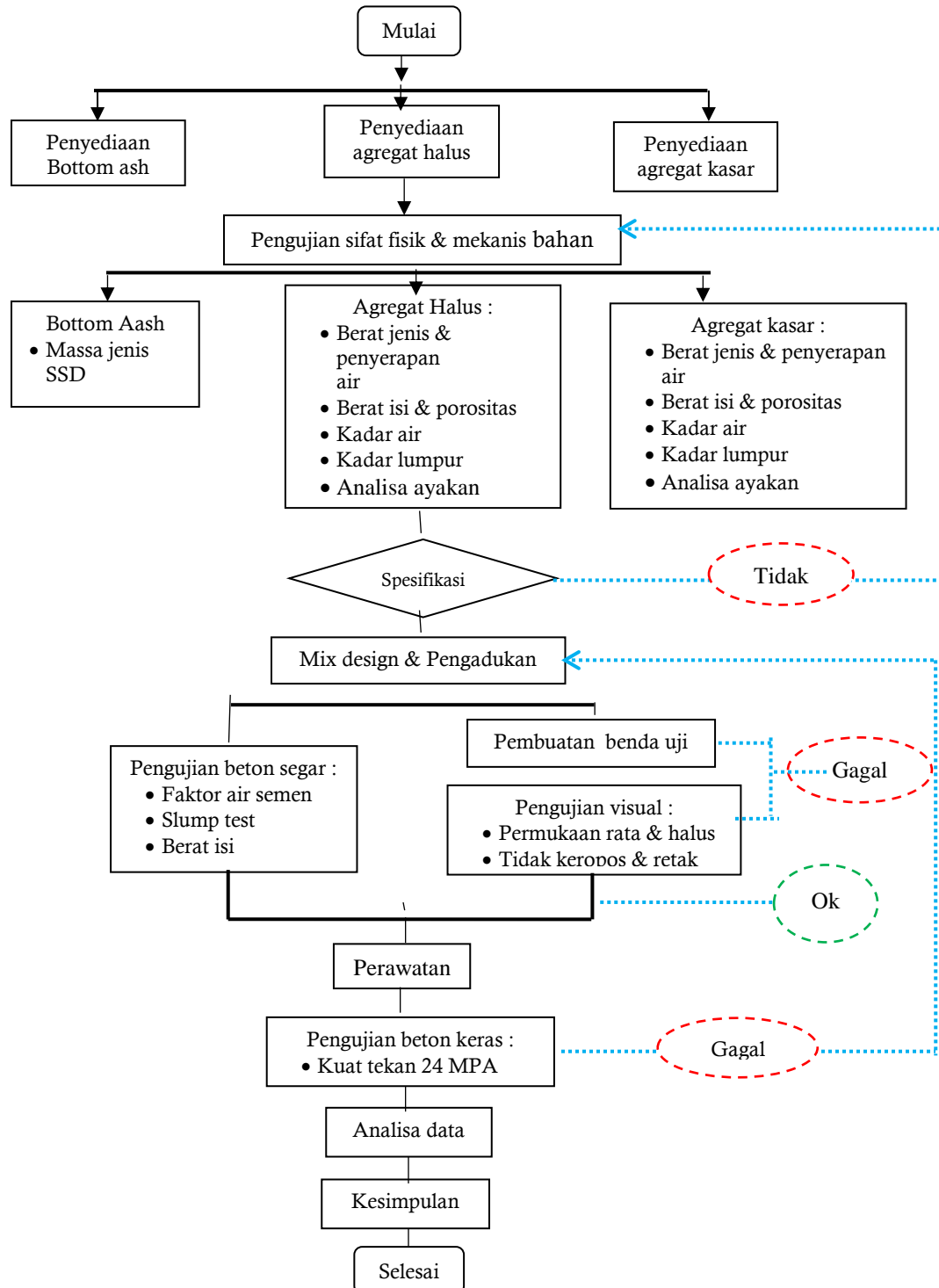
3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui analisa penggunaan Limbah *bottom Ash* sebagai bahan campuran agregat halus dengan penambahan Tetes Tebu (Molase) terhadap nilai kuat tekan beton.

Menurut Sukardi, (2011) penelitian eksperimen pada prinsipnya dapat didefinisikan sebagai metode penelitian sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat. Sedangkan Latipun, (2002) mengemukakan bahwa penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan dengan melakukan manipulasi bertujuan untuk mengetahui akibat manipulasi terhadap perilaku individu yang diamati.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal dan PT. Nisajana Hasna Rizqy Balapulung. Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah limbah *bottom ash* yang berasal dari pembuangan limbah yang berada di PT. Lut Putra Solder yang terletak di Desa Debong Wetan, Kecamatan Dukuhturi, Kabupaten Tegal. Sampel diambil langsung dari pembuangan limbah kemudian diayak. Selain itu digunakan pula tetes tebu (molase) yang diambil dari sisa pengolahan Pabrik Gula Pangkah.

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan dengan menggunakan mix design yang mengacu pada peraturan SNI -03-2834-2000 dengan mutu beton sedang, dengan mutu 24 MPA beton yang direncanakan 24 MPA. Perhitungan mix design yang telah dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 dengan persentase agregat halus adalah 0%, 5%, 10% dan 15%. Sedangkan tahap perawatan benda uji atau bisa disebut dengan *curing*. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam kolam yang berisi air. Perendaman benda uji dilakukan setelah beton di lepas dari begisting yang sudah mengering, lama perendaman 6 hari dan 27 hari. Setelah itu, dilakukan uji kuat tekan beton. Pengujian beton dilakukan ketika benda uji beton telah berumur 7 hari dikonversikan ke umur 28 hari. Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar.1 Diagram Alur Penelitian

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil uji berat jenis pada pasir ex. Kali Comal Pemalang sebagai agregat halus, didapat berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,6 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu 2,2 sampai 2,7 (SNI 03-1970-90) dan ASTM C 29M – 91a. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,53%, batas maksimal prosentase penyerapan air sebesar 3%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 2,53 % dari berat kering agregat itu sendiri. Pengujian berat isi agregat halus didapat berat isi lepas sebesar 1,3 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No. 52-1980) dan nilai voids yang didapat 47,50%. Sedangkan uji kadar air didapat nilai rata-rata 7,76% nilai ini lebih besar dari nilai penyerapan air yaitu 2,53%, maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai SSD maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar $(7,76\% - 2,53\%) = 5,23\%$ dari berat agregat halus.

Dari hasil uji kadar lumpur didapat prosentase kadar lumpur rata-rata 12,19%. Nilai ini tidak sesuai dengan kadar lumpur yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F) Sehingga agregat halus harus perlu dicuci terlebih dahulu sebelum pengadukan. Pengujian analisa ayakan agregat halus pasir Ex. Kali Comal Pemalang, didapat Modulus Kehalusan Butir (MHB) yaitu sebesar 3% (kasar). Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 – 3,8% (Menurut SK SNI S-04-1989-F) dan ASTM 2,3 – 3,0%, agregat tersebut berada di zona I karena termasuk pasir kasar.

Sedangkan uji berat jenis diatas pada pasir ex Kaligung, didapat berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,7 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu 2,2 sampai 2,7 (SNI 03-1970-90) dan ASTM C 29M – 91a. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 1,62%, batas maksimal prosentase penyerapan air sebesar 3%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 1,62 % dari berat kering agregat itu sendiri. Dari hasil pengujian berat isi agregat halus didapat berat isi lepas sebesar 1,4 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No. 52-1980) dan nilai voids yang didapat 46,20%.

Kadar air yang terkandung didapat nilai rata-rata 1,47% nilai ini tidak melebihi dari nilai penyerapan air yaitu 1,62%, maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai SSD maka air dalam campuran beton tidak harus dikurangi dari berat agregat kasar. Selanjutnya, hasil uji kadar lumpur didapat prosentase kadar lumpur rata-rata 4,14%. Nilai ini masih sesuai dengan kadar lumpur yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F) Sehingga agregat kasar tidak perlu harus dicuci terlebih dahulu sebelum pengadukan. Namun jika ingin dicuci tidak masalah, karena akan lebih bagus dapat mengurangi kadar lumpur pada agregatnya. Hasil ayakan didapat Modulus Kehalusan Butir (MHB) yaitu sebesar 7%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu sekitar 6 – 7,1% (Menurut SII. 0052-80).

Dalam penelitian ini, dihasilkan pula analisa uji Bottom Ash. Hasil pengujian berat jenis SSD *Bottom Ash* didapat berat jenis SSD sebesar 1,83%. Abu sekam padi ini yang digunakan dalam campuran beton sebagai upaya pengurangan penggunaan agregat halus. Dalam analisa uji Beton Segar, didapat nilai faktor air semen (w/c) rata-rata campuran beton dari hasil pengujian beton segar diatas yaitu 0,48. Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kebutuhan *Bottom Ash* maka rasio faktor air tetap saja tidak ada pengaruhnya, hal itu menunjukkan bahwa *Bottom Ash* tidak bersifat menyerap air. Sedangkan penhujiaan Slump test menunjukkan beton normal, *Bottom Ash* 15%, *Bottom Ash* 10%, *Bottom Ash* 15%, dan *Bottom Ash* 20% yaitu 8 cm, 8 cm, 10 cm, dan 10,5 cm. dari variasi beton campuran normal dan beton campuran RHA didapat slump test rata-rata dari hasil pengujian beton segar yaitu sebesar 9,1%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan pada beton normal yaitu 8 - 12 cm (SNI 2834 – 2000). Selain itu, pengujian berat isi beton segar, tidak kurang dari berat 2,200 kg/m³ dan didapat nilai rata-rata dari hasil pengujian yaitu 2406 kg/m³. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan untuk beton normal yaitu 2200 – 2500 kg/m³ (SNI 2834 – 2000).

Adapun hasil perbandingan nilai mutu kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Mutu Kuat Tekan

No	Umur (Hari)	Slump (cm)	Variasi Campuran (%)	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)		Kuat Tekan Rata - rata (Mpa)	Nilai Kuat Tekan Beton (K)		Kuat Tekan Rata - rata (K)
				I	II		I	II	
1	7 hari	7 - 10	Beton Normal	18,59	18,92	18,75	232,38	236,56	234,47
2			BA 5 %	16,92	17,31	17,11	211,51	216,38	213,94
3			BA 10 %	15,97	15,69	15,83	199,68	196,20	197,94
4			BA 15 %	14,08	14,63	14,35	176,03	182,98	179,50
1	28 hari	7 - 10	Beton Normal	24,99	25,21	25,10	104,13	105,06	104,59
2			BA 5 %	24,99	24,88	24,93	104,13	103,67	103,90
3			BA 10 %	24,21	24,49	24,35	302,66	306,14	304,40
4			BA 15 %	20,70	20,37	20,53	258,82	254,65	256,73

Pada hasil uji tekan beton menunjukkan bahwa variasi penggunaan campuran *bottom ash* 5% sudah mencapai target untuk 24 Mpa. Namun jika dibandingkan dengan beton normal masih tinggi nilai kuat tekannya. Hal ini menunjukkan dari segi teknis *bottom ash* kurang memuaskan, namun secara ekonomis bisa mengurangi penggunaan agregat halus dan masih dibatas nilai SNI 2834-2000 yakni mutu kuat tekan ($f'c$) 24 Mpa setara K300.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut, untuk desain proporsi campuran penggunaan variasi *bottom ash* yang optimum terjadi pada variasi *bottom ash* 5% dengan nilai kuat 24,93 Mpa. Secara ekonomis bisa dikatakan limbah *bottom ash* sebagai campuran agregat halus karena nilai kuat tekan yang dimiliki 24,93 Mpa sudah mencapai target 24 Mpa. Atau 24 Mpa sesuai dengan SNI 2834-2000. Selain itu, Pengaruh penggunaan variasi campuran *bottom ash* dan molasse, *bottom ash* yang melebihi 5% penggunaannya dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Sedangkan molasse (tetes tebu) maksimal 4% yang bisa memperlambat pengerasan dengan hasil di 28 hari maksimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aji, P., & Purwanto, R. (2011). *Pemilihan Proporsi Campuran Beton (Concrete Mix Design)*. Surabaya: ITS Press.
- BSN. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat kasar*, SNI03-1969-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat halus*, SNI 03-1970-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 1990. *Metode Pengujian Kadar Air agregat*, SNI 03-1971-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SNI 03-2834-2000*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974-2011, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*, SNI 7656-2012,

- Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Mulyono, T., (2005). *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Della, V.P., Kuhn, I., and Hotza, D. (2002). Rice Husk Ash an Alternate Source For Active Silica Production. *Materials Letters*. Vol. 57, pp. 818-821.
- Hermawan, O. H. (2018). Pengaruh Perawatan Terdapat Kuat Tekan Beton. *ENGINEERING*, 9(1), 1-7.
- Nau, Y. E. (2017). Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton yang Bercampur Tetes Tebu Untuk $f_c' = 24, 0$ Mpa. *eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1(1).
- Moulton, L. K. (1973, March). *Bottom ash and boiler slag*. In *Proceedings: Third International Ash Utilization Symposium. Sponsored by National Coal Association, Edison Electric Institute, American Public Power Association, National Ash Association, and Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa., March 13-14, 1973*. (No. Proceeding).
- Pandaleke, R. E., & Windah, R. S. (2017). Perbandingan Uji Tarik Langsung Dan Uji Tarik Belah Beton. *JURNAL SIPIL STATIK*, 5(10).
- Risdianto, Y. (2010). Penerapan Self Compacting Concrete (SCC) Pada Beton Mutu Normal. *WAKTU*, 8(2), 54-60.
- Santoso, A. (2012). Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu Sebagai Alternatif Pengganti Set-Retarder Dan Water Reducer Untuk Bahan Tambah Beton. *Informasi dan Ekspose hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 8(2).
- SUKARDI, M. (2011). Penerapan metode eksperimen untuk meningkatkan prestasi belajar IPA tentang cahaya merambat lurus pada siswa kelas V di SDN Baturetno IV Kecamatan Singosari Kabupaten Malang/Sunarto. *Penerapan metode eksperimen untuk meningkatkan prestasi belajar IPA tentang cahaya merambat lurus pada siswa kelas V di SDN Baturetno IV Kecamatan Singosari Kabupaten Malang/Sunarto*.
- Suratmin, S., Satyarno, I., & Tjokrodinuljo, K. (2007). Pemanfaatan Kulit Ale-ale sebagai Agregat Kasar dalam Pembuatan Beton. In *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* (Vol. 17, No. 2, pp. 530-538).
- Vera Pratiwi. (2016). Ini bahayanya limbah B3 jenis fly ash dan *bottom ash* masyarakat dumai wajib tahu www.sorotriau.com/read-906-2016-04-08-ini-bahayanya-limbah-b3-jenis-fly-ash-dan-bottom-ash-masyarakatdumai-wajib-tau.html#sthash.wcddNwII.dpuf Harian Berita Sorotriau. Pekanbaru