

DAMPAK PENGGUNAAN PUNTUNG ROKOK PADA KUAT TEKAN BETON SEBAGAI BAHAN DESALINASI PASIR LAUT

Merzy Mooy¹ (merzhymooy@yahoo.com)

Christiani C. Manubulu² (christianichandra@gmail.com)

Gregorius P. Usboko³ (gregoriususboko2505@gmail.com)

ABSTRAK

Penggunaan pasir sungai sebagai bahan material konstruksi menjadi pilihan utama bagi pelaku konstruksi. Jika hal ini dibiarkan terjadi secara terus menerus, maka bukan hal yang mustahil jika pasir sungai akan menuju kelangkaan dan berdampak pada lingkungan. Pasir laut merupakan pilihan bahan material konstruksi yang diabaikan disebabkan karena kandungan NaCl yang berpengaruh pada korosi tulangan beton. Akan tetapi, akhir-akhir ini ditemukan suatu inovasi yaitu puntung rokok yang dapat menjadi inhibitor (penghambat) terjadinya korosi tulangan karena dapat mengabsorpsi ion atau molekul ke permukaan logam, menambah atau mengurangi reaksi pada anoda dan katoda, serta menurunkan laju difusi reaktan ke permukaan logam. Proses *inhibiting* ini dilakukan oleh zat-zat yang terdapat dalam puntung rokok seperti N80, nikotin dan benzoat. Hal inilah yang menjadi acuan penelitian ini yakni penggunaan puntung rokok sebagai bahan desalinasi NaCl pada pasir laut. Adapun benda uji terbagi atas beton pasir sungai serta beton pasir laut pada jarak 20 meter dari bibir pantai saat keadaan surut yang telah terdesalinasi menggunakan ekstrak puntung rokok 9% kemudian dilakukan uji tekan pada umur 7 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan pada beton pasir laut secara signifikan dibandingkan beton pasir sungai serta terjadi reduksi kadar garam pasca desalinasi.

Kata Kunci: Puntung Rokok, Kuat Tekan Beton, Desalinasi Pasir Laut

ABSTRACT

The use of river sand as a construction material is the main choice for the engineers. Thus, it is not impossible if the scarce of river sand will inflicted and have the impact on the environment. Sea sand barely used as the construction material due to NaCl content that can cause steel corrosion. Nevertheless an innovation about cigarette butts as the corrosion inhibitor because it can absorb ions or molecules to the surface of metals, increase or reduce anode or catode reaction, also decrease the rate of reactans diffusion to the surface of metals was found recently. The inhibiting process controlled by the substances of cigarette butts it self e.g N80, nicotine and benzoate. Based of the researchs about cigarette butts as the inhibitor, this research use the cigarette butts as the materials to desalting NaCl of sea sand. The specimens are river sand concrete and concrete using sea sand 20 meters from the beach at low tide desalted by 9% cigarette extract then tested on 7th and 28th day. Result shows that cigarette butts extract can increase concrete strength and reduce NaCl rate significantly.

Key Words: Cigarette Butts, Concrete Compressive Strength, Desalination of Sea Sand

PENDAHULUAN

Pasir laut tidak disarankan sebagai bahan bangunan karena mengandung garam yang dapat mempercepat terjadinya korosi pada struktur beton bertulang. Penelitian membuktikan bahwa kuat tekan beton yang menggunakan pasir laut dapat berkurang hingga setengah dari beton yang

¹ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira – Kupang (Penulis Korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira – Kupang;

³ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira – Kupang.

menggunakan pasir kali/sungai. Namun meskipun pasir laut tidak disarankan sebagai material konstruksi, kenyataannya terdapat beberapa daerah yang kesulitan menemukan pasir sungai sehingga terpaksa menggunakan pasir laut sebagai bahan material. Pasir laut yang masih bisa digunakan sebagai bahan konstruksi adalah pasir yang berada pada jarak lebih dari 50 meter dari air laut pasang dan pasir tersebut tidak berada pada daerah pasang surut karena kadar NaCl pada daerah tersebut lebih kecil dari pada daerah pasang surut. Inggris merupakan negara perintis penggunaan pasir laut sebagai agregat halus material beton yang dimulai pada tahun 1960-an. Bahkan berdasarkan data yang diperoleh pada tahun 2000 hingga 2004, penggunaan pasir laut dan kerikil yang diekstraksi setiap tahun mencapai lebih dari 21 juta ton (Xiao, 2017). Saat ini tercatat lebih dari 90% hasil pengerukan pasir laut dunia yang telah digunakan sebagai bahan baku dalam dunia konstruksi, serta lebih dari 45% yang dikeruk telah digunakan sebagai bahan agregat halus beton. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa pada jarak 5 hingga 50 meter dari garis pantai terdapat pasir laut dengan ukuran butiran besar yang cocok digunakan sebagai agregat halus material beton. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa pasir laut mengandung kadar garam yang tinggi sehingga menjadi penyebab utama terjadinya korosi tulangan pada beton bertulang. Oleh karena itu sangat disarankan agar dilakukan proses desalinasi atau pengurangan kadar garam pada pasir laut, salah satunya dengan cara mencuci pasir laut tersebut sebelum digunakan. Apabila tidak digunakan proses desalinasi terlebih dahulu maka besar kemungkinan terjadi kegagalan struktur seperti keruntuhan bangunan yang terbuat dari pasir laut non-desalinasi yang terjadi di Korea Selatan, Turki dan kota-kota pesisir timur daratan Cina. Namun, kekurangan dari adanya proses desalinasi membutuhkan biaya ekstra dalam proses pembangunan.

Gutt dan Collins, (1987) dalam Xiao, (2017) menyimpulkan bahwa sifat agregat pasir laut memiliki kemiripan dengan pasir sungai. Umumnya gradasi pasir laut berada pada zona 2 agregat halus beton dengan kepadatan yang lebih unggul dibandingkan pasir sungai. Pasir laut juga mengandung senyawa Cl^- dan SO_4 yang menjadi penyebab terjadinya korosi pada tulangan beton. *Slump* rata-rata pada beton yang menggunakan pasir laut dan air laut adalah 53 mm, beton yang menggunakan pasir laut dan air tawar 45 mm dan beton biasa 40 mm. Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa kemampuan kerja mortar beton akan menurun seiring dengan meningkatnya kandungan kerang pada pasir laut. Girish et al, 2015 dalam penelitiannya menemukan bahwa kuat tekan beton yang menggunakan pasir laut pada umur 28 hari lebih rendah dibandingkan beton yang menggunakan pasir sungai. Penelitian awal yang dilakukan oleh Abrams, 1924 membuktikan bahwa beton yang menggunakan pasir laut memiliki kuat tekan silinder 12-20% lebih rendah dari beton konvensional pada umur perawatan 28 hari. Namun meskipun demikian, beberapa penelitian membuktikan bahwa beton yang menggunakan pasir laut memiliki kuat tekan yang lebih tinggi secara signifikan pada 7 hari perawatan.

Kandungan garam yang masih diizinkan pada beton konvensional adalah kurang dari 1% berat semen (*British Code*) dan 0,1% untuk semen alumina dan beton prategang (Siregar, 2008). Penggunaan pasir yang mengandung kadar garam juga harus disertai dengan bahan semen tahan sulfat yakni semen Portland tipe II dan tipe V dengan harga yang relatif lebih mahal dibandingkan semen Portland tipe I untuk beton konvensional. Teknik yang diketahui dapat mengurangi kadar NaCl pada pasir laut antara lain teknik *sintering* yaitu pemanasan dibawah titik leleh untuk membentuk fase kristal dengan suhu 8000 hingga 10.000°C pada waktu tertentu, serta teknik perendaman/pencucian pada air bersih dalam jangka waktu tertentu.

Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), terjadi peningkatan prevalensi perokok umur 10 tahun pada tahun 2013 sebesar 28,8% menjadi 29,3% pada tahun 2018. Sedangkan prevalensi perokok pada usia 10 hingga 18 tahun naik sebesar 1,9% dari tahun 2013 hingga tahun 2018. Hal ini menjadikan Indonesia mendapatkan predikat sebagai Negara dengan jumlah perokok aktif terbanyak ketiga di dunia. Dengan bertambahnya jumlah rokok yang dikonsumsi, maka otomatis jumlah sampah puntung rokok akan semakin meningkat. Pada tahun 2015, sebuah

riset yang dilakukan oleh peneliti Universitas Georgia menunjukkan bahwa Indonesia menjadi Negara kedua penyumbang sampah di laut setelah Cina. Sebanyak 187,2 juta ton sampah Indonesia ditemukan di perairan laut dengan puntung rokok menjadi rasio sampah terbanyak. Data yang diberikan oleh *The Ocean Conservancy* dalam *International Coastal Cleanup* (ICC) menyatakan bahwa terdapat sekitar 53 juta puntung rokok dalam 25 tahun terakhir dan pada tahun 2019 ditemukan 33.760 puntung rokok di perairan Indonesia pada kegiatan *The Beach and Beyond*. Salah satu dampak yang ditimbulkan dari banyaknya sampah puntung rokok adalah sebanyak belasan penyu ditemukan dalam keadaan mati secara beruntun dengan berbagai macam sampah termasuk puntung rokok di dalam pencernaannya di Perairan Bengkulu pada tahun 2019.

Meskipun demikian, rokok juga memiliki dampak positif terutama bagi dunia konstruksi. Penelitian-penelitian membuktikan bahwa bagian rokok khususnya puntung rokok dapat dijadikan sebagai inhibitor yakni bahan yang dapat menurunkan atau menghambat terjadinya korosi pada logam. Diketahui bahwa senyawa-senyawa yang terkandung di dalam rokok seperti nikotin dan benzoat dapat menjadi inhibitor atau zat penghambat terjadinya korosi pada baja. Selain itu, rokok juga mengandung zat N80 yang digunakan dalam pipa minyak yang terbuat dari baja untuk terhindar dari korosi (Rani, 2012). Zat-zat ini dapat menghambat terjadinya korosi dengan cara absorpsi ion atau molekul ke permukaan logam, menambah atau mengurangi reaksi pada anoda dan katoda, serta menurunkan laju difusi reaktan ke permukaan logam. Berdasarkan reaksi kimia, kandungan nikotin akan memindahkan atom nitrogen N kepada atom Fe^{2+} sehingga akan membentuk senyawa kompleks berupa $[\text{Fe}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ yang lebih stabil dan dapat menjadi protektor terhadap korosi (Haryono, 2010).

Inhibitor terbagi atas inhibitor anorganik dan organik. Inhibitor anorganik terdiri dari pasangan electron bebas misalnya kromat, fosfat, nitrit, urea, fenilalanin, imidazolin serta senyawa-senyawa amina (Haryono, 2010). Kelemahan inhibitor anorganik adalah biaya yang relatif mahal serta tidak ramah lingkungan. Oleh sebab itu, efektivitas inhibitor yang banyak digunakan adalah yang bersifat organik dengan biaya yang relatif murah, mudah didapatkan, serta ramah lingkungan. Bahan yang dapat dikategorikan sebagai inhibitor organik adalah bahan yang mengandung atom nitrogen (N), oksigen (O), fosforus (P), sulfur (S) serta atom-atom dengan pasangan elektron bebas.

Huda, 2021 dalam penelitiannya menggunakan puntung rokok sebagai inhibitor sebanyak 9% pada baja api dengan medium korosi NaCl dan HCl dapat mengurangi laju korosi masing-masing sebesar 98% dan 81%. Selain itu, Drastinawati, 2013 juga membuktikan bahwa ekstrak nikotin sebanyak 3000 ppm ($3000 \text{ ppm} = 3.000.000 \text{ mg} = 3000 \text{ gr} = 3 \text{ kg}$) inhibitor puntung rokok dapat mengurangi laju korosi pada paku besi hingga mencapai 70,27%. Andeka et al, 2015 juga dalam penelitiannya mengemukakan bahwa penurunan laju korosi maksimal pada benda uji paku besi yang direndam dalam NaCl selama 7 hari terjadi akibat penambahan inhibitor berupa puntung rokok dengan konsentrasi sebanyak 1000 ppm. Penggunaan puntung rokok sebagai inhibitor dengan konsentrasi 6% pada suhu 30°C dalam larutan HCl sebanyak 15% juga mampu mengurangi laju korosi hingga 99% pada tabung logam sumur minyak (Vahidhabanu, 2014).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa benda uji pada masing-masing pengujian antara lain: silinder beton ukuran $5 \times 10 \text{ cm}$ dengan mutu rencana f_c' yang sama yaitu 17,5 MPa serta jumlah masing-masing lima silinder beton yang menggunakan pasir sungai, lima silinder beton yang menggunakan pasir laut dengan proses desalinasi, serta lima silinder beton yang menggunakan pasir laut non desalinasi. Pasir laut diambil dari jarak 20 meter dari bibir pantai pada saat keadaan surut. Analisis terhadap material beton dilakukan berdasarkan *American Standard Testing and Material* (ASTM) antara lain: pengujian terhadap material semen (ASTM C 188-

89), pengujian terhadap agregat kasar (ASTM C 29-91; ASTM C 127-88; ASTM C 136-93), serta pengujian terhadap agregat halus (ASTM C 29-91; ASTM C 70-79; ASTM C 128-93; ASTM 142-78). Sedangkan perhitungan *mix design* dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 mengenai Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Adapun rasio komposisi material yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rasio Komposisi Material

Material	Rasio Material
C	1,00
RS/C	1,74
SS/C	1,74
CA/C	3,87
W/C	0,62
CE	9%.W

Keterangan:

C = Cement (Semen)

RS= River Sand (Pasir Sungai)

SS= Sea Sand (Pasir Laut)

CA= Coarse Aggregate (Agregat Kasar)

W = Water (Air)

CE= Cigarette Butt Extract (Ekstrak Puntung Rokok)

Eksperimen

Proses pengecoran dan pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2002. Khusus untuk beton pasir laut terlebih dahulu dilakukan ekstraksi puntung rokok yang telah dibersihkan dari kertas pembungkus, lalu dihaluskan dan dicampurkan ke dalam air sebanyak 9% dari berat air yang digunakan. Setelah beton mencapai *setting time* kurang lebih 24 jam, benda uji dilepaskan dari bekisting kemudian dilakukan *moist curing* menggunakan air tawar bersih untuk merendam beton selama 7 hari dan 28 hari. Sebelum dilakukan uji kuat tekan, dilakukan pembuatan kaping (*capping*) berdasarkan ASTM C 617 untuk memberi lapisan perata bagi permukaan tekan beton dengan bahan gipsum atau dengan menggunakan mortar sulfur. Sedangkan pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan ASTM C 39. Hasil uji kuat tekan beton pasir laut yang telah dilakukan desalinasi selanjutnya akan dibandingkan dengan beton pasir sungai. Kemudian, kadar garam dalam pasir laut yang digunakan sebelum dan sesudah dicampurkan dengan material lainnya akan diukur dan dibandingkan menggunakan alat refractometer salinitas. Diagram alir pengujian terdapat pada gambar 1 sedangkan kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut:

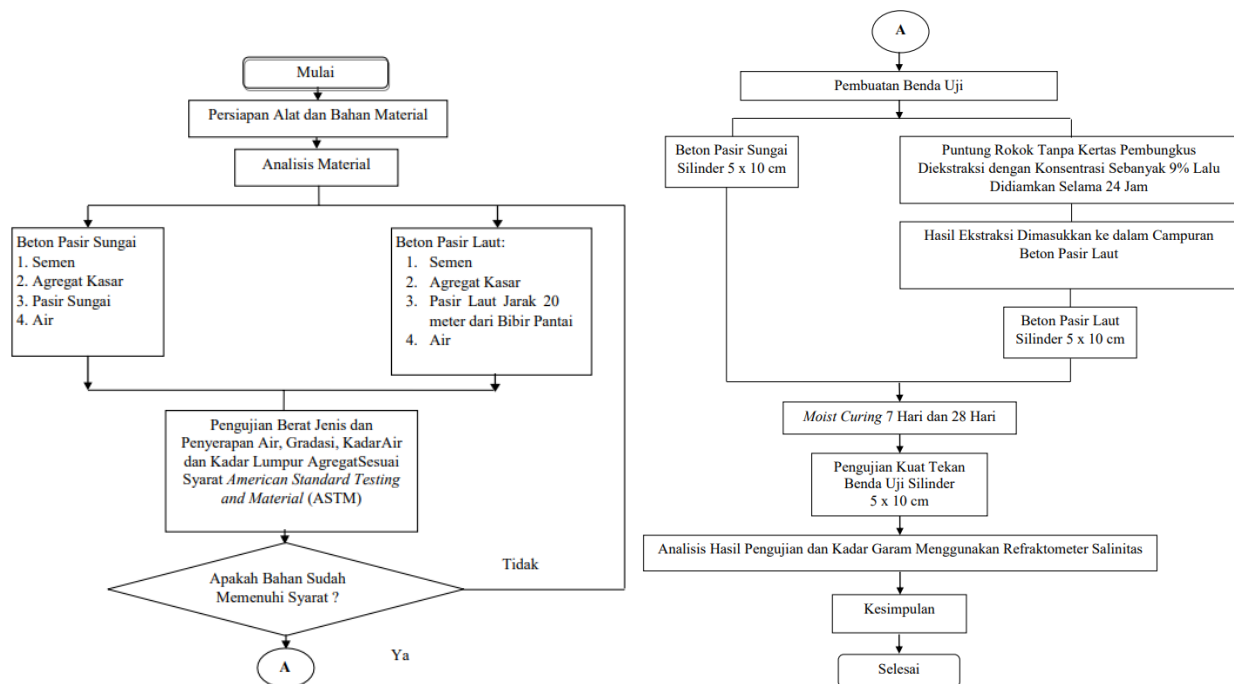
$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Desalinasi

Proses desalinasi terlebih dahulu dilakukan dengan cara pembersihan puntung rokok dari kertas pembungkus, kemudian ditimbang dan dihaluskan. Hasilnya akan diekstraksi dan disaring sehingga yang dicampurkan ke dalam material pembentuk beton lainnya hanyalah larutan hasil ekstraksi. Larutan yang dihasilkan akan berwarna coklat pekat namun pada saat pengecoran, tidak dihasilkan perubahan warna yang signifikan antara beton desalinasi maupun non desalinasi. Proses desalinasi dapat dilihat pada gambar 2.

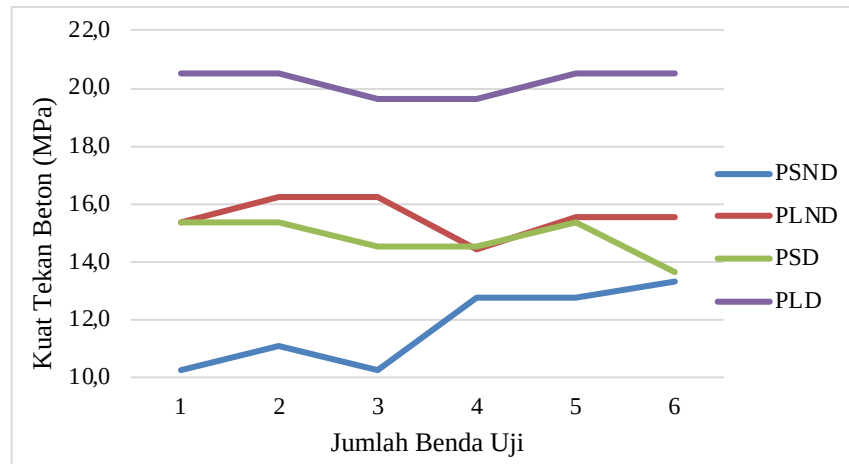


Gambar 2. Proses Ekstraksi Puntung Rokok

Hal yang menarik pada saat pengecoran menggunakan hasil ekstraksi puntung rokok sebagai material beton yaitu adanya perubahan kekentalan pada campuran beton segar yang dihasilkan dibandingkan dengan beton pasir sungai maupun beton beton pasir laut non desalinasi. Hal ini berarti, kandungan dari puntung rokok juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan aditif khususnya *superplastizicer* untuk meningkatkan *workability* tanpa merubah warna beton yang dihasilkan.

Kuat Tekan Beton

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, benda uji beton ditimbang dan diperoleh hasil yaitu berat beton yang menggunakan pasir sungai, beton pasir laut desalinasi maupun beton pasir laut non desalinasi tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

Berdasarkan gambar 3 diketahui bahwa beton pasir laut yang telah dilakukan desalinasi menghasilkan kuat tekan rerata sekitar dua kali kuat tekan beton pasir sungai atau beton konvensional. Bahkan beton pasir sungai yang dilakukan penambahan ekstrak puntung rokok juga mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 2 MPa atau sekitar 18,35 kg/cm². Hal ini cukup membuktikan bahwa kandungan dalam puntung rokok efektif dalam peningkatan kuat tekan pada beton. Kegagalan yang terjadi pada jenis-jenis benda uji tergolong sama yaitu kegagalan gabungan antara kegagalan geser dan kegagalan belah. Hal ini dapat diketahui berdasarkan pola retak akhir pasca pembebanan yang menunjukkan adanya retak dengan arah diagonal maupun arah tegak lurus pembebanan dan tumpuan. Kegagalan benda uji dapat dilihat pada gambar 4.



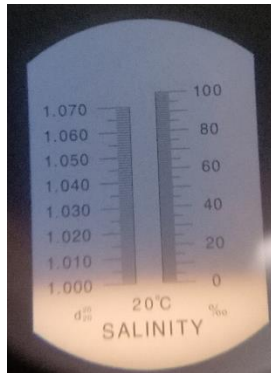
Gambar 4. Kegagalan Gabungan pada Benda Uji

Hasil Desalinasi Beton

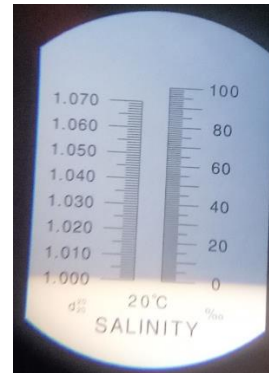
Pemanfaatan ekstrak puntung rokok selain dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kekuatan beton, juga diharapkan dapat mengurangi kadar garam yang dimiliki oleh pasir laut. Hal ini disebabkan karena kadar garam pada pasir laut cukup tinggi dan dapat membuat tulangan beton rentan terhadap korosi. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kadar garam pada pasir laut sebelum dilakukan desalinasi kemudian dibandingkan dengan kadar garam pada beton pasir laut yang menggunakan ekstrak puntung rokok sebagai bahan desalinasi.

Pengukuran terhadap kadar garam dilakukan menggunakan alat refraktometer salinitas yang akan menunjukkan kandungan garam dalam suatu larutan pada suhu normal 20°C yang

dinyatakan dalam satuan ppm (*parts per million*). Pengukuran terhadap kadar garam pasir laut dilakukan dengan mencampurkan pasir laut dengan air bersih (rasio 1:1) sedangkan untuk beton pasir laut dilakukan dengan menghaluskan benda uji beton kemudian dicampurkan dengan air bersih (rasio 1:1). Masing-masing larutan diteteskan pada lensa alat refraktometer salinitas, kemudian dilihat hasil analisis alat terhadap kadar garam masing-masing larutan. Hasil kadar garam yang terbaca dapat diketahui dari garis pembatas antara sinar biru dan sinar kuning. Hasil pengujian kadar garam menggunakan alat refraktometer salinitas dapat dilihat pada gambar 5.



Pasir Laut Sebelum Desalinasi



b) Beton Pasir Laut Pasca Desalinasi

Gambar 5. Hasil Pengukuran Kadar Garam Menggunakan Alat Refraktometer Salinitas

Gambar 5 menunjukkan bahwa pasir laut memiliki kadar garam sebesar 4 ppm sedangkan pada beton pasir laut yang sudah dilakukan desalinasi memiliki kadar garam hampir 0 ppm. Ini membuktikan bahwa kandungan puntung rokok dapat mengurangi kadar garam secara signifikan. Meskipun demikian, diperlukan analisis lebih lanjut secara kimiawi mengenai kadar garam serta reaksi kimia yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan desalinasi.

KESIMPULAN

Kuat tekan beton yang dihasilkan akibat penambahan ekstrak puntung rokok mengalami peningkatan bahkan hingga dua kali kuat tekan beton konvensional yang menggunakan pasir sungai. Selain itu, ekstrak puntung rokok bisa dimanfaatkan sebagai *superplastizicer* yaitu bahan aditif untuk meningkatkan *workability* beton. Bukan hanya demikian, diketahui terjadi reduksi kadar garam yang cukup signifikan sebelum dan sesudah dilakukan desalinasi menggunakan media puntung rokok. Ini cukup membuktikan efektivitas penambahan 9% ekstrak puntung rokok dalam material beton. Namun, tetap diperlukan analisis kimiawi reaksi maupun kandungan zat penyebab reduksi kadar garam yang terjadi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang yang telah mendukung dan memfasilitasi penelitian yang dilakukan ini.

Daftar Pustaka

- Abrams, D. A. 1924. Tests of Impure Waters for Mixing Concrete. *Proc. Am. Concr-Inst.* 20. 442-286
- Andeka, B. P. 2015. Efektifitas Limbah Puntung Rokok Sebagai Bahan Inhibitor Korosi pada Paku Besi dalam Media Air Tawar. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*
- ASTM C 127-88 (1993). *Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates.*
- ASTM C 128-93. *Spesification Gravity and Absorption of Fine Aggregate.*
- ASTM C 136-93. *Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate.*
- ASTM C 142-78. *Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates.*
- ASTM C 188-89, 2003. *Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. United States: Association of Standard Testing Materials.*
- ASTM C 29-91a. *Standard Test Method for Bulk Density and Voids Aggregates.*
- ASTM C 618-94a. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.*
- ASTM C 70-79. *Standard Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregates.*
- Drastinawati. 2013. Pemanfaatan Ekstrak Nikotin Limbah Puntung Rokok sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknobiologi.* ISSN: 2087-5428
- Girish, C. G. 2015. Dredged Offshore Sand as A Replacement for Fine Aggregate in Concrete. *Trans. Inst. Eng* 93-114
- Gutt, W., Collins, R. J. 1987. Sea-Dredged Aggregates in Concrete. *Build. Res. Establish Watford, UK* (7) (1987)
- Haryono, G. 2010. Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. ISSN: 1693-4393
- Huda, M. N. 2021. Pemanfaatan Ekstrak Puntung Rokok Menggunakan Metode *Ultrasonic Bath* Sebagai Pengendali Laju Korosi Pada Baja Api 5L. *Barometer Volume 6 No.1.* ISSN: 2549-9041
- Rani, B. E. A. 2012. Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview. *International Journal of Corrosion.* Volume 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/380217>
- Riset Kesehatan Dasar. 2018. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Dasar. Kementerian RI
- Siregar, A. H. 2008. Pemanfaatan Pasir Pantai Sepempang dan Batu Pecah Asal Ranai Sebagai Bahan Pembuatan Beton Normal. *Forum Teknik Sipil* No. XVIII/1 Januari 2008. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Vahidhabanu, S. 2014. Study of Cigarette Butts Extract as Corrosive Inhibiting Agent in J55 Steel Material. *International Journal of Research in Engineering and Technology.* eISSN: 2319-1163
- Xiao, J. 2017. Use of Sea-Sand and Seawater in Concrete Construction: Current Status and Future Opportunities. *Construction and Building Materials* 155 (2017) 1101-1111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.130>