

Penggunaan Air Laut dan Air Tawar sebagai Media *Curing* Terhadap Kuat Tekan Beton Pemanfaatan *Copper Slag* sebagai Substitusi Semen

Faa'iz Samanta Rachmadani¹, Novi Eka Mayangsari^{1*}, Moch. Luqman Ashari²

¹ Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

² Program Studi D4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

*Email : noviekam@ppns.ac.id

Abstrak

Industri pemurnian dan peleburan tembaga menghasilkan limbah berupa *copper slag* yang menurut PP 22 Tahun 2021 dikategorikan sebagai limbah B3. pada tahun 2021 *copper slag* yang dihasilkan oleh PT. Smelting Gresik sebanyak 655.000 Ton per-tahun yang belum optimal pemanfaatannya. Penelitian ini dilakukan pemanfaatan limbah *copper slag* sebagai bahan substitusi semen pada beton. Terdapat kemiripan karakteristik antara *copper slag* dan semen, yaitu pada oksida yang terkandung serta bentuk dan struktur baik dari *copper slag* dan semen. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan substitusi limbah sebesar 0%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen. Perencanaan *mix* desain menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan faktor air semen sebesar 0,45 dan dilakukan *curing* dengan media air tawar dan air laut. Kuat tekan beton substitusi *copper slag* pada umur 7 hari sebesar 20,00 MPa; 20,24 MPa; 19,04 MPa; dan 17,18 MPa pada *curing* air tawar dan 19,47 MPa; 19,39 MPa; 17,14 MPa; dan 16,22 MPa pada *curing* air laut.

Keywords : Air Laut, Beton, *Copper slag*, *Curing*, Kuat Tekan Beton

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur pada beberapa sektor semakin cepat seiring dengan perkembangan zaman. Sektor yang pesat dalam berkembang salah satunya adalah pembangunan yang dilakukan pada wilayah perairan khususnya laut. Bangunan pada daerah tersebut memerlukan material yang tahan terhadap air laut. Air laut sendiri memiliki kandungan garam yang tinggi sehingga bisa menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Banyaknya penggunaan material beton pada industri konstruksi menjadikan adanya penggunaan material penunjang semakin meningkat.

Perubahan atau modifikasi material yang dapat menggantikan dan mengurangi kuantitas bahan material penyusun beton. Selain itu modifikasi tersebut dapat meningkatkan mutu dan mereduksi permasalahan pada lingkungan. Salah satu permasalahan limbah saat ini adalah mengenai penanganan limbah B3, yang mana limbah jenis ini adalah limbah yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan di sekitar. Proses solidifikasi merupakan salahsatu opsi yang dapat menghasilkan produk beton dari pemanfaatan limbah B3.

Berdasarkan data dari PT. Smelting Gresik, pada tahun 2021 *copper slag* yang dihasilkan sebanyak 655.000 Ton per-tahun yang belum optimal pemanfaatannya. Jumlah yang besar tersebut jika tidak ditangani dapat mempengaruhi ekosistem pada lingkungan sekitarnya. Menurut PP No.22 tahun 2021 menyatakan bahwa *copper slag* termasuk dalam limbah B3 kategori bahaya 2 (dua). *Copper slag* dapat dimanfaatkan dalam konstruksi beton sebagaicampuran bahan untuk pembuatan beton, salah satunya adalah sebagai substitusi pada semen, karena *copper slag* memiliki kandungan yang sama dengan semen yaitu silika dan kapur. Menurut Dewi dkk., (2016), kandungan silika atau alumina dan bersama-sama dengan air akan membentuk bahan yang mempunyai daya sementasi melalui reaksi *pozzolanic*. Setiap beton perlu dilakukan *curing* untuk menyelesaikan proses hidrasi pada beton. Waktu *curing* menurut SNI 03-2847-2002 beton harus dirawat (*curing*) dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran, sedangkan menurut Sutandar, (2013) proses *curing* beton ini dilakukan selama beton mencapai umur 28 hari.

2. METODE PENELITIAN

A. Pengujian Material

Tahap ini dilakukan pengujian material berupa Analisa saringan agregat halus, analisa berat jenis agregat halus analisa resapan agregat halus, analisa kandungan lumpur untuk agregat halus, analisa saringan agregat kasar, analisa berat jenis agregat kasar, analisa resapan agregat kasar. Hal ini dilakukan untuk menghitung *mix design* beton.

B. Perhitungan *Mix Design* dan Pembuatan Benda Uji

Tahap ini dihitung kebutuhan semen, pasir, dan kerikil untuk membuat benda uji dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Setelah didapatkan *mix design*, *mixing* atau pencampuran seluruh material pembentuk beton, dimana agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan material substitusi *copper slag* dicampur menjadi satu sampai homogen. Lalu selanjutnya adalah meletakkan adonan tersebut ke dalam cetakan silinder $\varnothing 15\text{cm}$ dan tinggi 30cm.

C. *Curing* & Uji Kuat Tekan Beton

Tahap selanjutnya merupakan salah satu tahap perawatan dari beton dengan merendam beton ke dalam air. Media *curing* pada penelitian kali ini menggunakan air laut yang berasal dari air laut selat madura. Dilakukan *curing* selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah perendaman media air tawar dan air laut selama 7 hari, yang merujuk pada SNI 1974:2011.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa Material

Pengujian analisa material beton bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan digunakan. Hasil analisa material disajikan pada pernyataan dibawah ini.

A. Pengujian Berat jenis Pasir

Pengujian berat jenis pasir dilakukan untuk mengetahui berat jenis pasir dalam kondisi kering permukaan. Berdasarkan pengujian berat jenis pasir yang telah dilakukan didapatkan hasil sebesar $2,75 \text{ gr/cm}^3$. Sesuai dengan ASTM C 128-78 bahwa berat jenis agregat halus (pasir) berkisar antara $2,4 - 2,9 \text{ gr/cm}^3$, sehingga berat jenis yang didapatkan telah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

B. Pengujian Uji Resapan Air Pasir

Pengujian resapan pasir bertujuan untuk mengetahui kadar air resapan pada pasir. Pengujian ini dilakukan ketika pasir dalam kondisi SSD. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapatkan kadar air resapan pada pasir adalah 1,35%. Menurut ASTM C128 resapan air pada pasir berkisar 0,2% – 2,00%, sehingga telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

C. Pengujian Kadar Lumpur Pasir

Pengujian kebersihan pasir terhadap lumpur bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur pada pasir. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapatkan kadar air resapan pada pasir adalah 2,08%. Menurut SNI 03-2461-2002 nilai kadar lumpur maksimum pada pasir sebesar 3%, sehingga pasir dapat digunakan tanpa perlu adanya pencucian sebelumnya.

D. Pengujian Gradasi Pasir

Pengujian gradasi pasir dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran atau gradasi pasir.

Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Gradasi Pasir

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Berat Lolos (gram)	Persentase (%)		
			Tertahan	Lolos	Tertahan Akumulatif
4,76	7,6	992,4	0,76	99,24	0,76
2,38	70,3	922,1	7,03	92,21	7,79
1,19	206,3	715,8	20,63	71,58	28,42
0,59	266,2	449,6	26,62	44,96	55,04
0,3	168,2	281,4	16,82	28,14	71,86
0,15	237,3	44,1	23,73	4,41	95,59
PAN	44,1		4,41		
Total	1000				259,46

Setelah didapatkan data gradasi pasir, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui modulus kelembutan atau *fine modulus (FM)* dari pasir. SK SNI S-04-1989-F menyatakan bahwa syarat pasir atau agregat halus yang digunakan sebagai bahan bangunan sebaiknya memiliki Modulus Halus Butir antara 1,5 hingga 3,8. Berdasarkan data yang diperoleh, pasir yang digunakan sebagai bahan dalam pembuatan beton memiliki modulus halus sebesar 2,59, dimana pasir tersebut telah memenuhi kriteria yang tertera pada SNI.

E. Pengujian Berat Jenis Semen dan Copper Slag

Pengujian berat jenis semen dilakukan untuk mengetahui berat jenis Semen Portland Gresik yang digunakan. Begitu pula untuk material *copper slag* juga dilakukan berat jenis dengan metode yang sama dengan pengujian berat jenis pada semen yaitu ASTM 188-16, karena penggunaan *copper slag* sebagai substitusi pada semen. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan berat jenis Semen Portland Gresik adalah sebesar 3,17 gr/cm³, lalu untuk *copper slag* sebesar 3,3 gr/cm³. Menurut ASTM C 188 berat jenis semen dalam rentang 3,0 – 3,3 gr/cm³. Berdasarkan hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa, baik berat jenis Semen Portland Gresik dan *copper slag* telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan.

F. Berat Jenis Kerikil

Pengujian berat jenis kerikil dilakukan untuk mengetahui berat jenis kerikil dalam kondisi kering permukaan. Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan berat jenis kerikil adalah sebesar 2,5 gr/cm³. Hasil tersebut telah sesuai dengan SNI 03-1970-1990, bahwa berat jenis agregat kasar (kerikil) berkisar antara 2,5 gr/cm³ hingga 2,7 gr/cm³.

G. Pengujian Resapan Air Kerikil

Pengujian resapan kerikil untuk mengetahui kadar air resapan pada kerikil. Pengujian ini dilakukan ketika kerikil dalam kondisi SSD. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapatkan kadar air resapan pada kerikil adalah 3.95%. Menurut ASTM C127 resapan air pada kerikil berkisar antara 0,2% - 4,00%, sehingga telah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

H. Pengujian Gradasi Kerikil

Pengujian gradasi tidak hanya dilakukan untuk pasir saja, kerikil juga perlu dilakukan pengujian gradasi untuk menentukan distribusi ukuran atau gradasi kerikil. Data yang diperoleh dari pengujian gradasi kerikil dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Gradasi Kerikil

Ayakan (inch/mm)	Batu pecah yang tertahan		
	gram	%	Akumulatif (%)
1 1/2	0	0	0
3/4	3380	33.8	33.8
3/8	5520	55.2	89
4,76	780	7.8	96.8
2,38	110	1.1	97.9
1,19	210	2.1	100
0,59			100
0,3			100

Ayakan (inch/mm)	Batu pecah yang tertahan		
	gram	%	Akumulatif (%)
0,15			100
Total	10000	100	717.5

SK SNI S 04-1989-F menyatakan bahwa, kerikil yang digunakan sebagai bahan pembuat beton adalah kerikil yang memiliki Modulus Halus Butir antara 5,0 hingga 8,0. Berdasarkan data hasil pengujian di atas, hasil Modulus Halus Butir kerikil yang didapatkan adalah sebesar 7,17 sehingga nilaitersebut sesuai dengan SNI.

3.2 Kuat Tekan Beton

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui mutu beton pada setiap variasi substitusi *copper slag* pada semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011 tentang cara ujikuat tekan beton dengan benda uji silinder. Benda uji yang dilakukan kuat tekan beton adalah beton silinder dengan variasi substitusi *copper slag* pada semen sebesar 0%, 15%, 20% dan 25%, yang telah di curing dengan media air laut dan air tawar pada umur 7 hari, hasil kuat tekan beton terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kuat Tekan Terhadap Substitusi Copper Slag

Gambar 1 menunjukkan nilai kuat tekan beton baik dari curing air tawar ataupun air laut cenderung mengalami penurunan pada setiap penambahan substitusinya. Peristiwa tersebut dapat terjadi karena waktu pengikatan semen lebih cepat dibandingkan dengan waktu pengikatan dari *copper slag*. Semakin banyaknya substitusi *copper slag* pada beton, semakin lambat waktu ikat beton tersebut. Menurut Kushartomo & Supiono, (2014) bahwa *copper slag* (berlebih) pada beton akan bereaksi dengan kapur sisa reaksi antara semen dengan air, sehingga menambah kadar besi yang menyebabkan senyawa C_4AF yang terkandung dalam semen menjadi tinggi sehingga memperlambat waktu ikat. Kuat tekan tertinggi didapatkan pada substitusi 15% pada curing air tawar, hal tersebut dikarenakan sebagian unsur kimia *copper slag* telah bereaksi sehingga kuat tekan beton dapat naik.

Nilai kuat tekan beton pada curing air laut memiliki nilai yang lebih rendah dibanding nilai kuat tekan beton dengan curing air tawar. Hal ini disebabkan sifat dari air laut yang dapat menurunkan kuat tekan beton. Kuat tekan pada beton memiliki rata-rata penurunan kuat tekan sebesar 5,61% dari kuat tekan beton curing air tawar. Menurut Giang, (2019) bahwa perendaman beton dengan air laut dapat mengurangi nilai kuat tekan beton. Hal tersebut dikarenakan kandungan zat kimia seperti NaCl dalam air laut yang dapat menghalangi proses hidrasi beton. Menurut Winarto & Endang, (2015) NaCl dalam reaksi hidrasi beton adalah memperlambat bahkan mencegah pembentukan *eterngite*, yang mana akan menghalangi hidrasi akan mencegah proses waktu ikat pada beton.

4. KESIMPULAN

Nilai kuat tekan beton pada setiap substitusinya cenderung mengalami penurunan, hal tersebut terjadi karena semakin banyak penambahan *copper slag* akan memperlambat waktu ikat pada beton. Kuat tekan pada beton memiliki rata-rata penurunan kuat tekan sebesar 5,61% dari kuat tekan beton curing air tawar. Peristiwa tersebut karena kandungan zat kimia NaCl pada air laut dapat menghalangi proses hidrasi beton.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002.
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 34.
- Giang, F. (2019). *Pengaruh Kuat Tekan Beton Sulfat Dan Chloride Yang Direndam Dalam Air Laut*. <https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/136>
- Kushartomo, W., & Supiono, C. W. (2014). *Pengaruh Copper Slag terhadap Sifat Mekanis Reactive*. 10(3), 175–182.
- PT.SMELTING. (2021). *Product*. PT.SMELTING. <http://www.ptsmelting.com/product.htm>
- Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483.
- Sutandar, E. (2013). Pengaruh Pemeliharaan (Curing) Pada Kuat Tekan Beton Normal. *Vokasi*, IX(2), 89–99.
- Winarto & Endang. (2015). *Pengaruh Penambahan Natrium Klorida, Addition (Admixture Tipe A) dan Perubahan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. 7(1), 37–72.