

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN LIMBAH LAS KARBIT PADA MORTAR

Dita Aninda^{1,*}, Putri Achir W.¹⁾, Muhammad Fajar A.¹⁾, Dianita Ratna K.¹⁾, Triwardaya¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang Semarang 50275 Telepon (024) 76480569
^{*)}Email: ditaaninda@gmail.com

Abstract

The Development of residential facilities will affect the increase in needs of building materials.. Cement is one of the building materials whose raw materials come from nature. Availability of natural resources will affect the production of cement. Carbide welding waste is the remainder of the carbide reaction to water which produces acetylene gas where 60% of the waste contains Calcium Oxide (CaO) which is the main constituent of cement. This study aims to analyze the effect of partial replacement of cement with carbide weld waste on mortar compressive strength. The study was conducted by making a mortar cube with dimensions of 5 cm x 5 cm x 5 cm with mixed proportions of 1PC: 3PS. Variation of partial replacement of cement with carbide welding waste used as much as 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The results showed that the mortar compressive strength without carbide welding waste was used as the control variable, amounting to 329.33 kg/cm². Mortar compressive strength with the proportion of partial replacement of cement with carbide welding waste 5%, 10%, 15%, and 20% respectively are 286.38 kg/cm², 243.42 kg/cm², 200.47 kg/cm², and 157.51 kg/cm². based on pengujian results indicate that the mortar is included in type M at a proportion of a maximum of 15% with a compressive strength of 200.47 kg/cm² according to the minimum requirements of 175 kg/cm².

Kata kunci : *experimental, compressive strength, waste of carbide weld, mortar*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Asosiasi Semen Indonesia (ASI), di Januari-November 2017 ini total penjualan emiten (saham) berkode SMGR (PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk ini adalah 26,43 juta ton, alias tumbuh 9,9% dibandingkan periode yang sama tahun lalu 24,05 juta ton. Sedangkan penjualan domestiknya tumbuh 5,2% menjadi 24,73 juta ton dari Januari-November tahun lalu,

23,49 juta ton. Kenaikan paling tajam berasal dari pasar ekspor yang meningkat hingga tiga kali lipat sampai November 2017 ini. Sampai November 2016, ekspor SMGR hanya 550.000 ton, sedangkan periode yang sama tahun ini sudah mencapai 1,7 juta ton (Rahmawati, 2017).

Dengan semakin banyaknya jumlah kebutuhan akan pemakaian semen maka akan semakin banyak pula pembangunan yang akan dicapai. Dalam laju pertumbuhan penduduk

yang semakin tinggi berakibat pada peningkatan kebutuhan akan sarana hunian. Pengembangan sarana hunian akan berpengaruh terhadap peningkatan kebutuhan bahan bangunan terutama semen. Dalam pembuatan semen dibutuhkan energi yang sangat besar dan bahan baku yang diambil untuk pembuatan semen portland merupakan bahan yang berasal dari alam sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan sumber daya alam yang semakin lama akan semakin menipis. Salah satu cara untuk mengatasi permintaan kebutuhan bahan bangunan tersebut adalah dengan cara meningkatkan pemberdayaan sumber daya lokal yang berada di lingkungan kita (Aswad & Ferdyan, 2013).

Pemberdayaan sumber daya lokal dapat berupa pemanfaatan limbah. Pemanfaatan limbah disamping dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan dengan baik adalah limbah industri bengkel las karbit. Diperkirakan dalam sehari bengkel las akan menghasilkan limbah karbit sebanyak 2 kg, maka dalam hitungan tahun cukup banyak jumlah limbah karbit yang dihasilkan terbuang percuma dan belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah las karbit yang cukup melimpah dengan banyaknya pengusaha las karbit yang membuang limbah sisa las tanpa mengolahnya. Limbah las karbit adalah pembuangan sisa-sisa dari proses penyambungan logam yang

menggunakan gas karbit sebagai bahan bakar (Saputra, 2017).

Penambahan limbah karbit merupakan upaya untuk memanfaatkan limbah sebagai bahan perekat, karena komposisi kimia limbah karbit 60 % mengandung Calcium Oksida (CaO), $\text{SiO}_2 = 1.48\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,09\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 9,07\%$ dll, diketahui bahwa unsur pembentuk utama dari semen adalah Calcium yang berasal dari batu kapur, dengan begitu maka limbah karbit hasil pengelasan merupakan material pembentuk semen (Rajiman, 2015).

Produksi semen juga menghasilkan efek yang tidak ramah terhadap lingkungan. Cerobong – cerobong pabrik semen akan menyemburkan asap dan debu yang menjadi pencemaran udara. Berbagai penyakit yang berhubungan dengan pernapasan timbul sebagai konsekuensi debu adanya pabrik semen. Berdasarkan dari proses pembuatan semen portland, produksi satu ton semen portland menghasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Hardjito dkk. 2008). Sumbangan industri semen terhadap total emisi karbon dioksida sangat besar, sehingga perlu dilakukan penelitian sebagai upaya untuk meminimalkan emisi tersebut. Penggantian sejumlah bagian semen maupun total pada mortar yang lebih ramah lingkungan merupakan solusi yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Kusdiyono dan Rochadi (2012) melakukan pengujian campuran mortar dengan bahan tambah limbah batu bara (*fly ash*). Persamaan dalam

penelitian ini yaitu mengkaji mengenai kuat tekan mortar melalui benda uji kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm pada berbagai umur (7, 14, dan 28) hari. Rajiman (2015) melakukan pengujian beton kubus dengan substitusi *feldspart* dan limbah karbit dalam beton dengan variasi campuran limbah karbit sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan meningkat seiring dengan penambahan limbah karbit sebesar 40% dengan nilai kuat tekan sebesar 436,20 kg/cm². Hartono, dkk (2009) melakukan penelitian dengan mencampurkan abu sampah organik yang mengandung unsur silika dengan limbah karbit yang telah dikeringkan sebagai bahan pengganti semen mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsistensi normal semua variasi campuran lebih tinggi daripada semen dan waktu pengikatan memerlukan waktu yang lebih singkat daripada semen. Kuat tekan mortar tertinggi diperoleh dari campuran 70% abu sampah organik dan 30% limbah karbit, yaitu sebesar 26,4 kg/cm² pada umur 14 hari.

Ali, dkk (2014) melakukan penelitian dengan mencampurkan bottom ash sebagai pengganti pasir dengan limbah karbit sebagai bahan tambah semen pada batako dengan perbandingan 1:8 untuk PC dan pasir, variasi perbandingan PC dengan bottom ash sama dengan variasi perbandingan PC dan pasir dengan bahan tambah semen limbah karbit sebanyak 0%, 10%, 20%, dan 30%. Berdasarkan hasil pengujian, kuat

tekan batako paling tinggi pada variasi 30% limbah karbit dengan pasir sebagai agregat halus yaitu 6,91 MPa, sedangkan kuat tekan dengan bottom ash sebagai pengganti agregat halus dengan variasi limbah karbit yang sama didapatkan nilai kuat tekan sebesar 5,23 MPa. Wallah dan Pandaleke (2014) melakukan pengujian menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan substitusi parsial semen pada mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps berturut-turut sebesar 27,71 MPa, 21,98 MPa dan 14,91 MPa, didapat dari campuran dengan substitusi parsial semen menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 15%, 5%, dan 15%. Pada proporsi 1Pc:8Ps didapat kuat tekan optimum dari campuran dengan substitusi parsial semen dengan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 15%. Kuat tekan mortar yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen diperoleh $f'c$ optimum = 6,18 MPa dibandingkan dengan yang tidak menggunakan abu terbang (*fly ash*) $f'c$ minimum = 4,6 MPa. Kuat tekan kondisi optimum mengalami kenaikan sebesar 25,57% dari kuat tekan tanpa menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen.

Latif, dkk (2015) melakukan penelitian sifat fisik, waktu ikat, kepadatan dan kuat tekan kalsium karbit sebagai alternatif semen pada mortar. Enam campuran mortar yang mengandung pengganti kalsium karbit yang berbeda hingga 40% dari berat

dan satu kontrol hasil mortar dilaporkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada peningkatan sistematis dalam pengaturan waktu awal dan akhir dengan penurunan kepadatan dan kekuatan mortar. Rattanashotinunt, dkk (2013) melakukan pengujian residu kalsium karbit dan abu ampas tebu sebagai bahan semen untuk pengganti semen Portland dalam beton. Hasil yang didapat adalah mungkin untuk menggunakan campuran residu kalsium karbit dan abu ampas tebu sebagai bahan semen untuk pengganti semen Portland dalam beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang dibuat dengan residu kalsium karbit dan abu ampas tebu mengandung 90 kg/m^3 semen Portland untuk mencapai kuat tekan yang sama.

Sumbangan industri semen terhadap total emisi karbon dioksida sangat besar, sehingga perlu dilakukan penelitian sebagai upaya untuk meminimalkan emisi tersebut. Penggantian sejumlah bagian semen maupun total pada mortar yang lebih ramah lingkungan merupakan solusi yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Salah satu penelitian yang dilakukan dengan cara penggantian sebgaiian semen dengan limbah las karbit dengan proporsi penggantian sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dimana dilakukan

pengujian kuat tekan mortar sesuai SK SNI M-111-1990-03 pada umur 7, 14, dan 28 hari.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Politeknik Negeri Semarang dan waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama bulan April – Juni 2018.

Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini sebelum membuat benda uji mortar, peneliti terlebih dahulu melakukan uji karakteristik agregat halus dan kandungan kimia limbah las karbit (SEM EDX) yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada mortar. Limbah las karbit yang digunakan dikeringkan terlebih dahulu kemudian dihaluskan dan dilanjutkan dengan proses pengayakan. Pembuatan mortar menggunakan metode eksperimen dengan variasi limbah las karbit sebagai pengganti sebagian semen yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen, pembuatan mortar memperhatikan konsistensi yang diuji dengan *flow table* dengan mengukur pada empat bagian sehingga diperoleh nilai antara 110%-120%. Benda uji mortar diuji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah setiap campuran, sehingga total benda uji yang dibuat adalah 75 buah, jumlah benda uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Variasi Campuran, Umur Uji, dan Jumlah Sampel

No	Penggantian Limbah Las Karbit (dari berat semen)	Umur Uji (hari)			Jumlah Benda Uji
		7	14	28	
1	0%	5	5	5	15
2	5%	5	5	5	15
3	10%	5	5	5	15
4	15%	5	5	5	15
5	20%	5	5	5	15
Jumlah Total					75

Setelah mendapatkan data dari hasil kuat tekan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan kuat tekan. Perhitungan nilai kuat tekan dari benda uji dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Kuat Tekan beton } (\sigma_{bk}) = P/A$$

dimana :

P = beban maksimum dalam N atau kgf;

A = luas bidang tekan kubus uji dalam mm² atau cm².

Setelah diketahui kuat tekan benda uji mortar, kemudian ditentukan kuat tekan rata-ratanya dan dibuat grafik hubungan antara kuat tekan mortar dengan prosentase limbah las karbit dan grafik hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata dengan prosentase mortar. Untuk mengetahui pengaruh penggantian semen dengan limbah las karbit terhadap kuat tekan mortar maka harus mencari nilai koefisien korelasi (r).

a. Batas nilai R

Nilai R terbesar ialah +1, dan terkecil ialah -1 sehingga dapat ditulis $-1 \leq r \leq +1$. Untuk R = +1 disebut hubungan positif sempurna dan hubungannya linier langsung sangat tinggi. Sebaliknya

jika R = -1 disebut hubungan negating sempurna dan hubungannya tidak langsung (*indirect*) sangat tinggi, yang disebut *inverse*.

- b. Tidak berlaku untuk sampel dengan varian = 0, karena z tidak dapat dihitung dan akhirnya R tidak dapat dihitung juga.
- c. R tidak mempunyai satuan (dimensi)

Jika R = +1 diberi makna hubungan kedua variable adalah linier, positif dan sangat tinggi; dan jika R = -1, diberi arti hubungan kedua variable adalah linier, negative dan sangat tinggi. Jika nilai R terdapat diantara -1 dan +1, misalnya +0,7; +0,01; -0,5; -0,2 maka R yang kita hitung menurut Tabel 2.

Macam nilai R

Setelah kita menghitung nilai R dari sekian banyak penelitian, akhirnya dapat disimpulkan bahwa nilai R itu dapat dibedakan atas lima macam yaitu: +1, +0, ..., 0, -0, ..., -1.

Atau dengan kata lain, harga maksimal R adalah +1 dan harga minimal R adalah -1, yang apabila ditulis dalam bentuk matematis menjadi $-1 \leq r \leq +1$.

Tabel 2. Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi

R	Interpretasi
0	Tidak Berkorelasi
0,01 – 0,20	Sangat Rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Agak Rendah
0,61 – 0,80	Cukup
0,81 – 0,99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

(Sumber : Usman Husaini dan Akbar Setiady P., 2008)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat Halus

Sebelum digunakan untuk pembuatan mortar dengan penggantian sebagian semen menggunakan limbah las karbit dilakukan pengujian terhadap agregat halus. Pengujian terhadap agregat halus dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas

dari pasir yang akan digunakan, pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kadar organik, kadar butir halus lolos saringan No.200, analisa ayak, kadar air, dan berat jenis agregat halus. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Tabel 3. Tabel Hasil Analisa Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Pengujian Kadar Organik	Lebih Muda	Lebih Muda	Memenuhi syarat
2.	Kadar Butir Halus Lewat Saringan No. 200	Max = 5%	Lolos Saringan No. 200 = 3,99%	Memenuhi syarat
3.	Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus	FM = 1,5 – 3,8	Zona 2 FM = 2,55	Memenuhi syarat
4.	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	-	7,85%	Memenuhi syarat
5.	Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	BJ min = 2,55 Penyerapan air max = 3%	BJ= 2,58 Penyerapan Air = 2,74 %	Memenuhi syarat

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh hasil pengujian agregat halus sebagai berikut.

1. Agregat halus tidak mengandung zat organik, karena berdasarkan hasil uji, warna cairan lebih

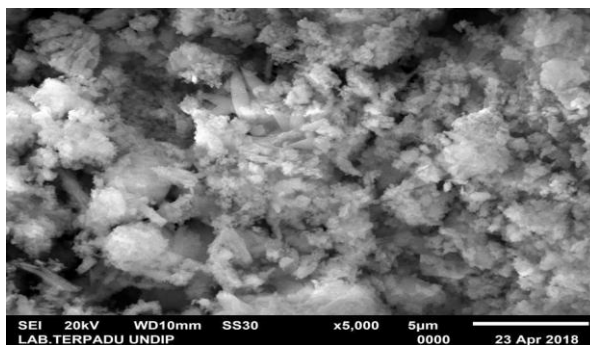
muda dibanding dengan warna zat pembanding.

2. Hasil dari pengujian kadar butir halus lewat saringan no. 200 diketahui butiran halus yang lolos sebesar 3,99%. Menurut

- SNI 03-4142-1996 bahwa jumlah kadar lumpur atau partikel yang sangat halus tidak boleh melebihi 5%. Sehingga agregat halus dinyatakan memenuhi persyaratan.
- Hasil percobaan dan analisa ayak agregat halus didapatkan hasil FM (*Fineness Modulus*) agregat halus 2,55 (sesuai dengan syarat 1,5-3,8). Agregat halus masuk dalam zona 2 dan merupakan agregat halus yang berbutir halus agak kasar.
 - Berdasarkan pengujian kadar air pada agregat halus didapatkan hasil sebesar 7,85%. Nilai kadar air $7,85\% \geq$ penyerapan air 2,74%, sehingga agregat halus dinyatakan dalam keadaan basah.
 - Agregat halus yang digunakan sebagai benda uji merupakan Pasir Muntiran dengan berat jenis sebesar 2,58 berdasarkan hasil pengujian. Nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat halus memenuhi persyaratan berat jenis minimal 2,55.

Analisis Limbah Las Karbit

Limbah las karbit yang digunakan juga perlu untuk diuji kandungan kimia yang terdapat didalamnya. Pengujian kandungan kimia pada limbah las karbit dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang dengan menggunakan metode SEM EDX perbesaran 5000 Kali (Gambar 1)



Gambar 1. Perbesaran Limbah Las Karbit 5000 x

Tabel 4. Hasil Pengujian Limbah Las Karbit (SEM EDX)

No	Komponen	Komposisi (% berat)
1.	Karbon, C	23,75
2.	Alumina, Al ₂ O ₃	1,83
3.	Silika Dioksida, SiO ₂	1,76
4.	Sulfit, SO ₃	1,57
5.	Kalsium Oksida, CaO	67,25
6.	Tembaga (II) Oksida, CuO	1,67
7.	Zirkonium Dioksida, ZrO ₂	2,13

Berdasarkan dari hasil pengujian limbah las karbit dengan metode SEM EDX yang ditunjukkan pada Tabel 4 didapatkan komposisi kimia limbah las karbit 67.25% mengandung kalsium (CaO), SiO₂ = 1.76%, Al₂O₃ = 1.83%. Diketahui bahwa unsur pembentuk utama dari semen adalah kalsium yang berasal dari batu kapur, dengan begitu maka limbah las karbit hasil dari pengelasan merupakan material pembentuk semen karena bahan baku semen portland yang baik mengandung 60% – 67% kalsium. Selain itu bahan pembentuk semen terdiri dari silika dan alumina. Dari hasil yang ditunjukkan Tabel 4.2 limbah las karbit yang diuji memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan mortar sebagai penggantian sebagian semen.

Hasil Pengujian Konsistensi Mortar

Setelah melakukan pengujian material bahan agregat halus, dalam pembuatan benda uji sebelum memasukkan benda uji kedalam cetakan perlu dilakukan pengujian konsistensi mortar untuk mengetahui sifat kelecakan mortar yang baik dan sesuai dengan derajat kecairan (*flow*) berkisar 110 – 120%. Pengujian konsistensi mortar dilakukan setiap proporsi pada benda uji.

Berdasarkan dari hasil data pengujian pada Tabel 5, pada pengujian pertama menunjukkan derajat kecairan (*flow*) sebesar 99% dan jumlah air 250 ml. Mortar konsistensi standar mempunyai derajat kecairan (*flow*) antara 110 –

120% sehingga pada percobaan pertama belum memenuhi standar konsistensi. Dilakukan penambahan air sebanyak 50 ml pada percobaan kedua dan menunjukkan hasil derajat kecairan (*flow*) sebesar 114,5% sehingga memenuhi standar derajat kecairan (*flow*) dengan jumlah air sebanyak 300 ml.

Berdasarkan dari hasil data pengujian pada Tabel 6, pengujian konsistensi mortar dengan penggantian 5% dari berat semen dengan limbah las karbit menunjukkan derajat kecairan (*flow*) sebesar 113,5% dengan jumlah air sebanyak 300 ml sehingga pengujian memenuhi standar derajat kecairan (*flow*).

Berdasarkan dari hasil data yang ditunjukkan pada Tabel 7 pengujian konsistensi mortar dengan penggantian 10% dari berat semen dengan limbah las karbit menunjukkan derajat kecairan (*flow*) sebesar 118,7% dengan jumlah air sebanyak 300 ml sehingga pengujian memenuhi standar derajat kecairan (*flow*).

Berdasarkan dari hasil data pengujian pada Tabel 7, pengujian konsistensi mortar dengan penggantian 15% dari berat semen dengan limbah las karbit menunjukkan derajat kecairan (*flow*) sebesar 106,6% dengan jumlah air sebanyak 300 ml, sehingga pada pengujian pertama belum memenuhi konsistensi standar mortar. Pengujian kedua dilakukan penambahan air suling sebesar 10 ml dari jumlah sebelumnya dan pada

data hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 8 menunjukkan angka konsistensi sebesar 110% dengan jumlah air sebanyak 310 ml, sehingga pengujian kedua memenuhi standar derajat kecairan (*flow*).

Berdasarkan dari hasil data yang ditunjukkan pada Tabel 9,

pengujian konsistensi mortar dengan penggantian 20% dari berat semen dengan limbah las karbit menunjukkan derajat kecairan (*flow*) sebesar 112,5% dengan jumlah air sebanyak 310 ml, sehingga pada pengujian pertama belum memenuhi konsistensi standar mortar.

Tabel 5. Konsistensi Mortar Tanpa Penggantian dengan Limbah Las Karbit

No. Benda Uji	Diameter (D)				Flow (%)	Air (ml)	Keterangan
	1	2	3	4			
1	25	25,5	25	23,5	99	250	
2	28,5	29	29	28	114,5	300	FAS

Tabel 6. Konsistensi Mortar Penggantian Sebagian Semen (5%)

No. Benda Uji	Diameter (D)				Flow (%)	Air (ml)	Keterangan
	1	2	3	4			
1	28	28,5	28,5	28,5	113,5	300	FAS

Tabel 7. Konsistensi Mortar Penggantian Sebagian Semen (10%)

No. Benda Uji	Diameter (D)				Flow (%)	Air (ml)	Keterangan
	1	2	3	4			
1	28	29	31	30,7	118,7	300	FAS

Tabel 8. Konsistensi Mortar Penggantian Sebagian Semen (15%)

No. Benda Uji	Diameter (D)				Flow (%)	Air (ml)	Keterangan
	1	2	3	4			
1	26,9	26,4	26,3	27	106,6	300	
2	28,5	27,5	27	27	110	310	FAS

Tabel 9. Konsistensi Mortar Penggantian Sebagian Semen (20%)

No. Benda Uji	Diameter (D)				Flow (%)	Air (ml)	Keterangan
	1	2	3	4			
1	28	28,5	28	28	112,5	310	FAS

Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan saat mortar telah berumur mencapai umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan di

Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Pada Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian mortar pada umur 7 hari, diketahui kuat tekan rata – rata terendah dicapai oleh mortar dengan

proporsi penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit sebesar 20% yaitu 114.58 kg/cm². Mortar dengan proporsi normal menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 256.61 kg/cm² dan kuat tekan rata – rata yang mendekati mortar normal yaitu mortar dengan proporsi 10% sebesar 204.75 kg/cm². Mortar dengan proporsi 5% dan 15% menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 182.65 kg/cm² dan 142.37kg/cm²

Dari Gambar 3 didapatkan persamaan $y = -6.4868 x + 245.06$. Persamaan tersebut dapat menunjukkan kuat tekan mortar normal pada umur 7 hari sebesar 245.06 kg/cm². Sedangkan, kuat tekan mortar pada penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit sebesar 20% yaitu 115.32 kg/cm². Nilai koefisien R sebesar 0.93. Pada tabel pedoman interpretasi koefisien korelasi, nilai R tersebut memiliki tingkat hubungan yang tinggi. Jadi, dapat dinyatakan bahwa pada saat mortar berumur 7 hari, pengaruh penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit dengan proporsi tertentu memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai kuat tekan. Namun, secara grafik dapat dilihat pada Gambar 3 semakin banyaknya prosen penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit *trend* nya semakin menurun.

Pada Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian mortar pada umur 14 hari, diketahui kuat tekan rata – rata maksimal dicapai oleh mortar normal yaitu 257.84 kg/cm². Mortar dengan proporsi 5% penggantian sebagian

semen dengan limbah las karbit memiliki kuat tekan rata – rata mendekati kuat tekan mortar normal yaitu 223.84 kg/cm². Mortar dengan proporsi 10%; 15%; dan 20% menghasilkan kuat tekan rata – rata secara berturut – turut 208.39 kg/cm²; 161.01 kg/cm²; dan 151.36 kg/cm².

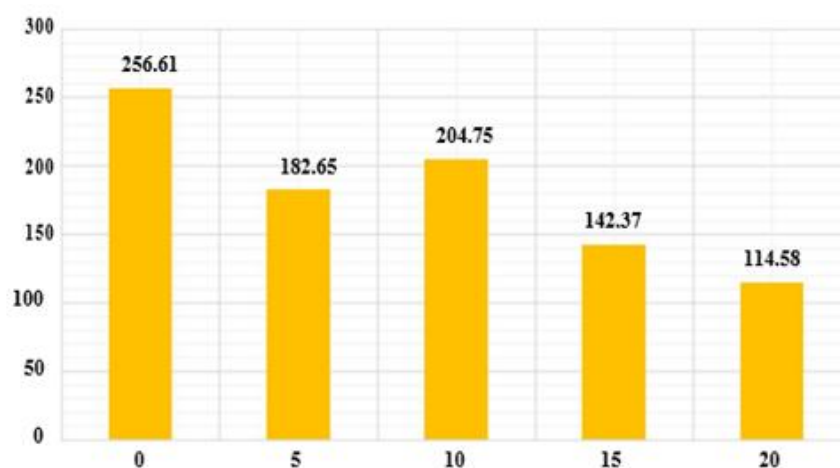
Dari Gambar 5 didapatkan persamaan $y = -5.5158 x + 255.65$. Persamaan tersebut dapat menunjukkan kuat tekan mortar normal pada umur 14 hari sebesar 255.65 kg/cm². Sedangkan, kuat tekan mortar pada penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit sebesar 10% yaitu 200.49 kg/cm². Pada proporsi 20% penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit didapat nilai kuat tekan mortar yaitu 145.33 kg/cm². Nilai koefisien R sebesar 0.98. Pada tabel pedoman interpretasi koefisien korelasi, nilai R tersebut memiliki tingkat hubungan yang tinggi. Jadi, dapat dinyatakan bahwa pada saat mortar berumur 14 hari, pengaruh penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit dengan proporsi tertentu memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai kuat tekan. Namun, secara grafik dapat dilihat pada Gambar 5 semakin banyaknya prosen penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit *trend* nya juga semakin menurun.

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian mortar pada umur 28 hari, diketahui kuat tekan rata – rata maksimal dicapai oleh mortar normal yaitu 340.56 kg/cm². Mortar dengan proporsi 5% penggantian sebagian

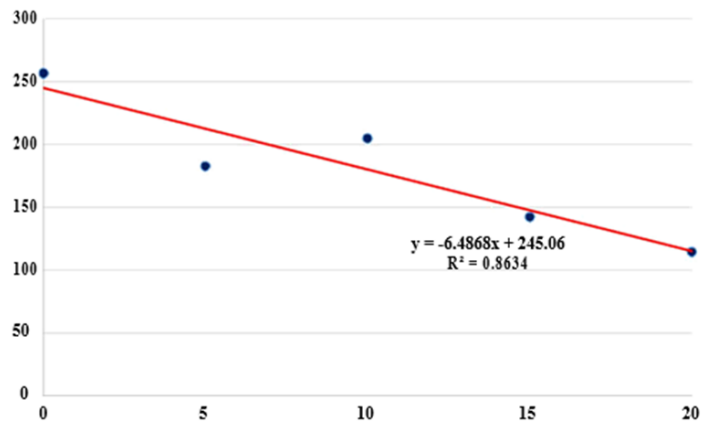
semen dengan limbah las karbit menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 283.42 kg/cm² dimana proporsi ini yang mendekati nilai kuat tekan rata - rata mortar normal. Kuat tekan rata – rata terendah dicapai oleh mortar dengan proporsi penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit sebesar 15% yaitu 168.97 kg/cm². Mortar dengan proporsi 10% dan 20% menghasilkan kuat tekan rata – rata sebesar 241.15 kg/cm² dan 183.01 kg/cm².

Dari Gambar 7 didapatkan persamaan $y = -8.5909 x + 329.33$. Persamaan tersebut dapat menunjukkan kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari sebesar 329.33 kg/cm². Sedangkan, kuat tekan mortar pada penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit sebesar 5% dan 10% yaitu 286.38 kg/cm² dan 243.42 kg/cm². Nilai kuat tekan mortar proporsi 15%

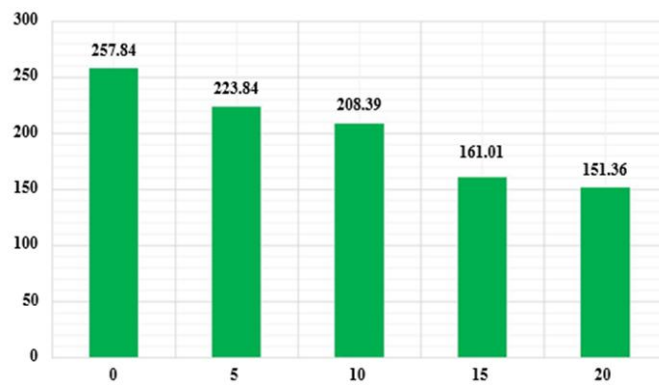
penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit yaitu 200.47 kg/cm². Pada mortar dengan proporsi penggantian 20% semen dengan limbah las karbit didapat nilai kuat tekan mortar sebesar 157.51 kg/cm². Nilai koefisien R sebesar 0.95. Pada tabel pedoman interpretasi koefisien korelasi, nilai R tersebut memiliki tingkat hubungan yang tinggi. Jadi, dapat dinyatakan bahwa pada saat mortar berumur 28 hari, pengaruh penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit dengan proporsi tertentu memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai kuat tekan. Namun, secara grafik dapat dilihat pada Gambar 7 semakin banyaknya prosen penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit *trend* nya semakin menurun. Sehingga maksimal penggantian sebesar 15% untuk memenuhi kuat tekan kelas mortar tipe M (kuat tekan minimal 175 kg/cm²).



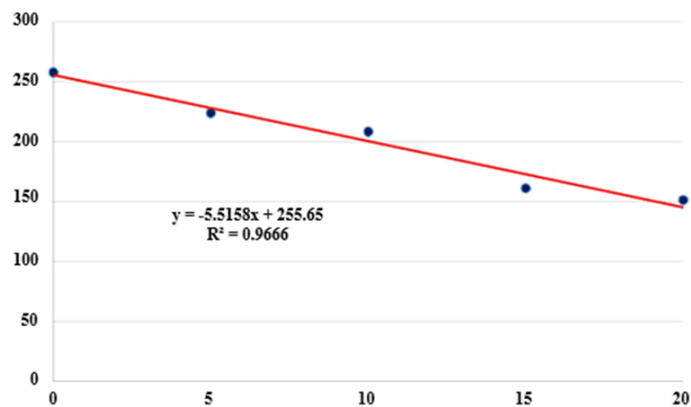
Gambar 2. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen



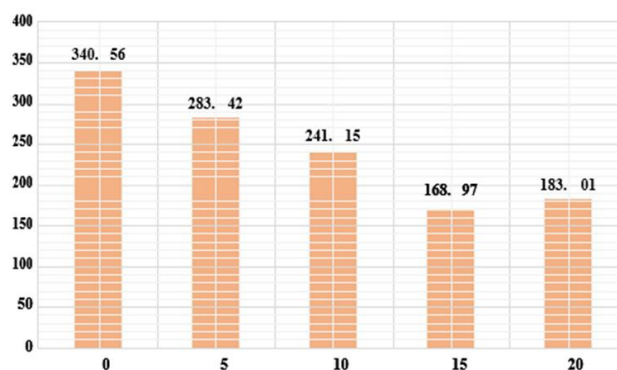
Gambar 3. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen



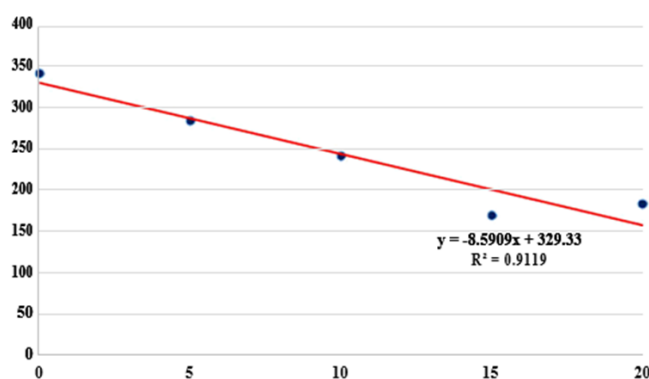
Gambar 4. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen



Gambar 5. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen



Gambar 6. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen



Gambar 7. Penggantian Sebagian Semen dengan Limbah Las Karbit dalam Prosen

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat keseluruhan mortar masuk dalam tipe mortar kelas M (SNI 03-6881-2002) dengan kuat tekan minimal 17.2 MPa, kecuali kuat tekan mortar dengan penggantian 20% sebagian semen dengan limbah las karbit yaitu 157.51 kg/cm², setara dengan 15.45 MPa. Tipe mortar kelas M ini merupakan adukkan dengan kuat tekan tinggi, dapat dipakai untuk tembok bata bertulang, tembok dekat tanah atau untuk pasangan pondasi. Kuat tekan mortar dengan limbah las karbit sebagai pengganti sebagian semen tidak bisa menyamai kuat tekan mortar normal tanpa bahan tambah

limbah las karbit. Kuat tekan mortar tanpa limbah las karbit yang dijadikan variabel kontrol yakni sebesar 329.33 kg/cm². Sementara kuat tekan mortar dengan proporsi penggantian sebagian semen dengan limbah las karbit 5%, 10%, 15%, dan 20% secara berturut – turut adalah 286.38 kg/cm², 243.42 kg/cm², 200.47 kg/cm², dan 157.51 kg/cm². Maksimal penggantian semen dengan limbah las karbit sebesar 15% untuk memenuhi kuat tekan kelas mortar tipe M (kuat tekan minimal 175 kg/cm²). Hal ini terjadi karena limbah las karbit dalam pengujian ini tidak memungkinkan untuk mensubtitusi semen hingga 20% dikarenakan peran semen tidak

tergantikan oleh limbah las karbit. Jadi, untuk mengurangi jumlah limbah las karbit dan meminimalisir penggunaan semen yang ada di lingkungan masyarakat dapat digunakan mortar proporsi penggantian 15% sebagian semen dengan limbah las karbit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N., Karimah, R., & Meiyanto, H., 2014, Pengaruh Bottom Ash Sebagai Pengganti Pasir dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah Semen Terhadap Berat Jenis, Kuat Tekan, dan Absorpsi Batako. *Media Teknik Sipil*, 63-70.
- Aswad, N., & Ferdyan, 2013, Penggunaan Limbah Las Karbit dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Semen pada Paving Block. *Metropilar*, 244-252.
- Hardjito, D., Cheak, C., & Ing, C., 2008, Strength and Setting Times of Low Calcium Fly. *Modern Applied Science*, 3-11.
- Hartono, E., Rofi'ahza, S., & Hemeto, A.D., 2009, Penggunaan Campuran Abu Sampah Organik dan Limbah Karbit sebagai Bahan Pengganti Semen pada Mortar. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 86-91.
- Latif, M.A., Naganathan, S., Razak, H.A., & Mustapha, K.N., 2015, Evaluating The Performance of Calcium Carbide Kiln Dust in Mortar - Initial Study. *ELSEVIER*, 788-795.
- Rahmawati, W., 2017, *Volume Penjualan Semen Indonesia 26,43 Juta Ton*. Dipetik Desember 29, 2017, dari Kontan.co.id: <http://investasi.kontan.co.id>
- Rajiman, 2015, Pengaruh Penambahan Limbah Karbit dan Material Agregat Alam (Feldspart) Terhadap Sifat Fisik Beton. *TAPAK*, 118-124.
- Rattanashotinunt, C., Thairit, P., Tangchirapat, W., & Jaturapitakkul, C., 2013, Use of Calcium Carbide Residue and Bagasse Ash Mixtures as A New Cementitious Material in Concrete. *ELSEVIER*, 106-111.
- Saputra, A., 2017, *Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (0,24, 0,28, 0,32) dengan Penambahan Superplasticizer 1,5% dan Limbah Las Karbit Terhadap Kuat Tekan Beton*. Dipetik Desember 29, 2017, dari UMY Repository: <http://repository.umy.ac.id>
- SNI 03-6861.1, 2002, *Bahan Bangunan Non Logam*. Jakarta: Badan Standar Nasional,
- Wallah, S. E., & Pandaleke, R., 2014, Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 252-259.
- Husaini, Usman, Purnomo Setiady Akbar, 2008, *Pengantar Statistika*. PT. Bumi Aksara. Jakarta Halaman 201-206