

PEMANFAATAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT HALUS BAHAN MATERIAL PEMBUATAN BETON

Tissa Rahayu Rosiyani, Anis Triyani, Sela Sintia, Farida Yudaningrum

Teknik Sipil, Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

E-mail : tissarahayu21@gmail.com

Abstrak

Teknologi beton semakin meningkat dalam beberapa dekade ini dengan diikuti oleh berbagai penelitian untuk meningkatkan kinerja beton dalam dunia konstruksi. Penelitian yang dilakukan tersebut guna meningkatkan kinerja bahan bangunan dengan memperhatikan pemilihan material pembentuk beton sampai dengan substitusi material lainnya seperti penggantian suatu agregat dengan bahan limbah. Oleh karena hal itu dan dengan memperhatikan adanya limbah kaca dalam jumlah besar, berkemungkinan dimanfaatkan sekaligus sebagai alternatif solusi dalam permasalahan lingkungan yang ada di sekitar kita khususnya agregat halus.

Penelitian menggunakan substitusi kaca sebagai pengganti Sebagian agregat halus bahan material beton. Variasi kaca yang digunakan yaitu 0%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Analisa data menggunakan regresi dan uji asumsi klasik dengan program SPSS dengan bantuan software SPSS 20 for windows. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel bebas (limbah kaca) dan variabel terikat (kuat tekan dan kuat lentur).

Kata kunci: beton, limbah kaca, kuat tekan, kuat lentur.

Abstract

Concrete technology has increased in recent decades followed by various studies to improve concrete performance in the construction world. The research conducted is to improve the performance of building materials by considering the selection of concrete forming materials to the substitution of other materials such as replacing an aggregate with waste materials. Therefore and by considering the existence of large amounts of glass waste, it is possible to be used as an alternative solution to environmental problems around us, especially fine aggregates.

The study used glass substitution as a partial replacement for fine aggregates in concrete materials. The glass variations used were 0%, 7.5%, 10%, and 12.5%. Data analysis used regression and classical assumption tests with the SPSS program with the help of SPSS 20 for Windows software. The variables used in this study were the independent variable (glass waste) and the dependent variable (compressive strength and flexural strength).

Keywords: concrete, glass waste, compressive strength, flexural strength.

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade ini, pertumbuhan dunia konstruksi semakin meningkat. Pertumbuhan dunia konstruksi akan berbanding lurus dengan kebutuhan material pada bidang konstruksi. Pada tahun 2018, sektor bangunan dan konstruksi bertanggung jawab atas 36% konsumsi energi dan 39% emisi karbon dioksida (CO₂). Dari jumlah ini, 11% disebabkan oleh

produksi bahan bangunan dan produk seperti baja, semen dan kaca. (IEA, 2019 dalam (Olii et al., 2021))

Penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti ketahanannya terhadap api, awet, kuat tekan yang tinggi dan dalam pelaksanaannya mudah untuk dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Tetapi konstruksi beton juga

mempunyai kelemahan-kelemahan antara lain kemampuan menahan kuat lentur yang rendah sehingga konstruksinya mudah retak jika mendapatkan regangan lentur. Hal ini menjadikan pengujian kuat lentur beton sebagai persyaratan dalam penerimaan hasil pekerjaan. Namun disisi lain dalam hal pembuatan campuran beton yang selama ini mengacu pada kuat tekan, menjadi tantangan bagi pelaksana yang harus melakukan perencanaan beton (mix design) dan trial mix terlebih dahulu, sehingga perlu dilakukan pengkoreksian. Sehingga penelitian ini bermaksud untuk memperoleh hasil kuat lentur dan kuat tekan beton dengan menghasilkan nilai korelasi kuat lentur beton terhadap kuat tekan beton sesuai kuat lentur dan kuat tekan yang direncanakan maupun disyaratkan. (Suryani et al., 2018)

Nilai kuat tekan beton yang diperoleh adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Sedangkan nilai kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji (SNI 03-4154-1996) (Handayani, 2019). Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk membandingkan kuat tekan hasil pengujian dengan kuat tekan rencana yang sesuai dengan standarisasi, dan melakukan koreksi terhadap rancangan campuran (Purwanto et al., 2023).

Dalam jangka panjang, penggunaan limbah kaca sebagai pengganti agregat dalam beton bisa membantu dalam penyelarasan harga dan

ketersediaan agregat konvensional, yang bisa menjadi lebih mahal atau langka di beberapa daerah (Satria et al., 2023).

Beton merupakan salah satu mata rantai pasok konstruksi. Lebih dari 60% proyek pembangunan konstruksi di Indonesia menggunakan beton (Berita PUPR, 2013). Beton yaitu campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan tambahan apabila diperlukan. Meningkatnya kebutuhan akan beton menuntut adanya alternatif yang dapat menghasilkan beton yang bermutu dan efisien. Limbah kaca merupakan contoh limbah yang banyak dihasilkan di kehidupan bermasyarakat. Limbah kaca merupakan material anorganik sehingga ketika dibuang ke alam sulit didaur ulang secara alami. Agar limbah tidak mencemari lingkungan maka perlu penanganan yang tepat yaitu dengan menggunakannya kembali. (Nicolaas et al., 2019)

Oleh karena itu, tingginya konsumsi wadah atau kemasan kaca perlu dibarengi dengan kesadaran untuk mendaur ulang limbahnya. Dengan adanya pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus bahan material pembuatan beton ini dapat mengurangi limbah kaca yang mencemari lingkungan. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah presentase komposisi limbah kaca yang digunakan dalam pembuatan beton. Inovasi substitusi limbah kaca diharapkan memberi pengaruh yang signifikan pada kuat tekan dan kuat lentur. Pada proposal penelitian ini penulis berharap proposal ini dapat diterima serta ilmu yang terkandung akan menjadi manfaat bagi

penulis dan pembaca.

II. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium teknik sipil, Universitas PGRI Semarang. Kegiatan yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu :

1. penyediaan bahan–bahan sebagai pembuatan beton,
2. Pemeriksaan terhadap bahan
3. Jobmix design beton.
4. Pembuatan benda uji
5. Perawatan benda uji.
6. Pengujian kuat tekan dan lentur beton.

B. Penentuan Sampel

Pada penelitian ini digunakan sampel pada setiap perlakuan sebanyak 3 buah benda uji dengan variasi 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan dan lentur beton, berikut tabel jumlah sampel masing-masing variasi limbah kaca :

Tabel 1. Jumlah Sampel Masing-Masing Variasi Limbah Kaca

Variasi Limbah Kaca	Banyaknya Sampel
0%	9
7,5%	9
10%	9
12,5%	9
Jumlah	36

C. Analisis Data

1. Uji Normalitas Data

Uji normalitas dipakai untuk mengetahui data penelitian yang telah diperoleh mempunyai distribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas menggunakan program SPSS 20 for windows. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan kolmogorov-smirnov. Metode pengambilan keputusan data terstandarisasi berdistribusi normal jika nilai $\text{sig.} > 0.05$

2. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk menentukan apakah asumsi klasik tentang heteroskedastisitas menyimpang atau tidak. Heteroskedastisitas menunjukkan bahwa varian variabel dalam model regresi tidak sama meskipun varian yang diharapkan adalah konstan. Pengujian heteroskedastisitas dilakukan dengan program Windows SPSS 20. Pada penelitian ini, heteroskedastisitas diuji menggunakan metode Glejser.

3. Uji Regresi Linier

Selain menentukan apakah spesifikasi model yang digunakan sudah benar, uji ini juga menentukan arah hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas.(Nura Diana et al., 2021)

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Design Beton

Tabel 2. Hasil Design Beton dan Komposisi Penyusun Beton

Sifat dan Karakteristik	Pasir (Agg Halus)	Batu Pecah (Agg Kasar)	Jumlah
Berat Jenis SSD	2,68817	2,698254364	5,386424364
Penyerapan Air (%)	2,45902	1,310861423	3,769881423
Kadar Air (%)	4,98687664	2,75974026	7,7466169

Komposisi Bahan Penyusun Beton

semen	390,9090909	390,9090909
portland (kg)		9
Air (litr)	215	215
Proporsi agg (kg)	798,903409	976,4375
Jumlah	1	9
air yang terdapat dalam agg (kg)	20,1951328	14,1473962
koreksi proporsi agg (kg)	8	9
Koreksi kebutuhan air(litr)	819,098542	990,584896
Komposisi	3	8
Koreksi dalam 1m3 campuran beton	180,6574708	180,6574708
	390,9090909	SEMEN
	180,6574708	AIR
	819,098542	AGG HALUS
	990,5848963	AGG KASAR

Mix Design Beton Sesuai Variasi Penelitian

Tabel 3. Formula Hasil *Mix Design* Beton Sesuai Variasi Penelitian

	KUBUS				
	PASIR	KACA	SEMEN	KERIC AK	AIR
Varian 0%	3,6859	0	1,7591	4,45763 2	0,81
Varian 7,5%	3,4095	0,2764			
Varian 10%	3,3173	0,3686			
Varian 12,5%	3,2252	0,4607			

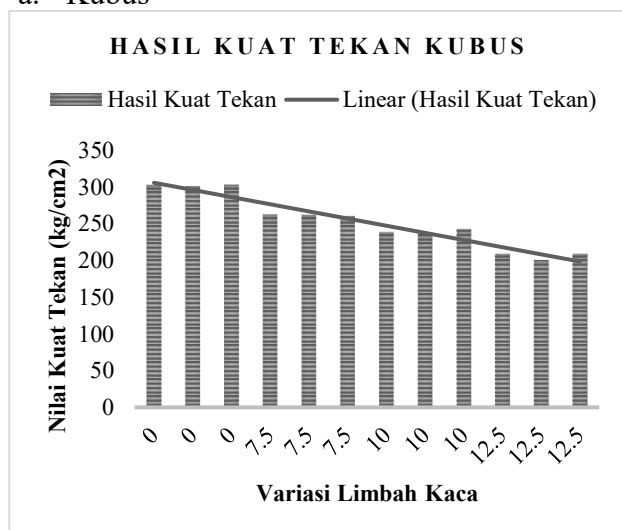
	BALOK				
	PASIR	KACA	SEMEN	KERIC AK	AIR
Varian 0%	16,382	0	7,8182	19,8117	3,61
Varian 7,5%	15,153	1,2286			
Varian 10%	14,744	1,6382			
Varian 12,5%	14,334	2,0477			

	SILINDER				
	PASIR	KACA	SEMEN	KERIC AK	AIR
Varian 0%	5,7337	0	2,7364	6,93409 4	1,26
Varian 7,5%	5,3037	0,43			
Varian 10%	5,1603	0,5734			
Varian 12,5%	5,017	0,7167			

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa kebutuhan material pasir untuk 36 benda uji yaitu 286,4kg, kebutuhan limbah kaca 23,22kg, kebutuhan semen yaitu 147,76kg, kebutuhan kerikak yaitu 374,44kg dan kebutuhan air yaitu 68,29 liter

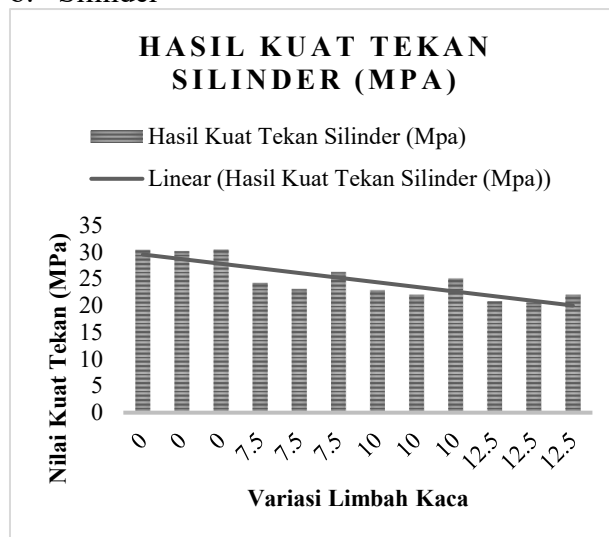
Pengujian Kuat Tekan

a. Kubus



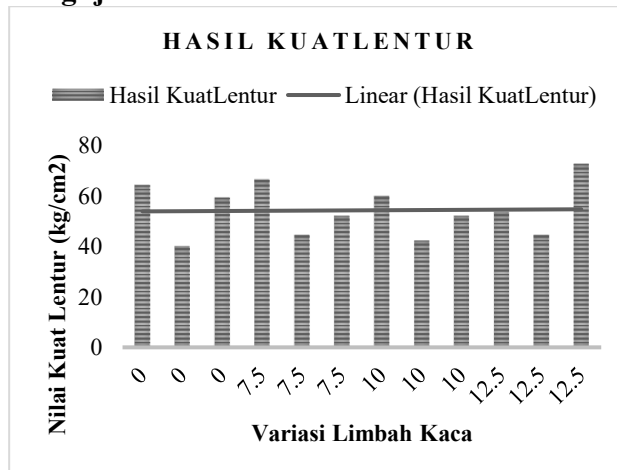
Gambar 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Kubus

b. Silinder



Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Silinder

Pengujian Kuat Lentur Balok



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel Balok

Berdasarkan gambar diatas diketahui bahwasannya hasil dari pengaruh penambahan limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus bahan material pada beton yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang kurang begitu baik pada hasil yang didapat.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan data diatas dengan menggunakan penyajian dalam bentuk grafik dimana selanjutnya akan dilakukan analisis data dengan menggunakan metode regresi linier dengan menggunakan bantuan software SPSS.

Uji Normalitas Data

a. Uji Normalitas Data Kubus

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas Data Sampel Kubus

Tests of Normality					
Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Statisti	df	Sig.	Statisti	df	Sig.
c			c		

Kuat Tekan	.156	12	.200*	.906	12	.189
Kubus						

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		12
Normal	Mean	.0000000
Parameters ^{a,b}	Std. Deviation	9.06877523
Most Extreme Differences	Absolute	.189
	Positive	.189
	Negative	-.166
Test Statistic		.189
Asymp. Sig. (2-tailed) ^c		.200 ^d
Monte Carlo Sig. (2-tailed) ^e	Sig.	.280
	99% Confidence Interval	Lower Bound .269
		Upper Bound .292

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

e. Lilliefors' method based on 10000 Monte Carlo samples with starting seed 2000000.

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai residual terstandarisasi dinyatakan menyebar secara normal, karena nilai signifikan sebesar $0,200 > 0,05$ (berdistribusi normal) dan analisis ini dapat lanjut ke analisis regresi karena syarat pada uji asumsi klasik dalam hal ini nilai residualnya sudah dinyatakan berdistribusi normal

b. Uji Normalitas Data Silinder

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Data Sampel Silinder

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai Kuat Tekan	.182	12	.200*	.866	12	.058

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		12
Normal	Mean	.0000000
Parameters ^{a,b}	Std. Deviation	1.03942588
Most Extreme Differences	Absolute	.172
	Positive	.172
	Negative	-.115
Test Statistic		.172
Asymp. Sig. (2-tailed) ^c		.200 ^d

Monte Carlo Sig. (2-tailed) ^e	Sig.		.415
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.402
		Upper Bound	.427

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

e. Lilliefors' method based on 10000 Monte Carlo samples with starting seed 2000000.

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai residual terstandarisasi dinyatakan menyebar secara normal, karena nilai signifikan sebesar $0,200 > 0,05$ (berdistribusi normal) dan analisis ini dapat lanjut ke analisis regresi karena syarat pada uji asumsi klasik dalam hal ini nilai residualnya sudah dinyatakan berdistribusi normal.

c. Uji Normalitas Balok

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas Data Sampel Balok

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
KuatLentur	.160	12	.200*	.953	12	.684

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		12
Normal	Mean	.0000000
Parameters ^{a,b}	Std. Deviation	10.36776560
Most Extreme Differences	Absolute	.160
	Positive	.160
	Negative	-.114
Test Statistic		.160
Asymp. Sig. (2-tailed) ^c		.200 ^d
Monte Carlo Sig. (2-tailed) ^e	Sig.	.539
	99% Confidence Interval	Lower Bound .526
		Upper Bound .552

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

e. Lilliefors' method based on 10000 Monte Carlo samples with starting seed 2000000.

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai residual terstandarisasi dinyatakan menyebar secara normal, karena nilai signifikan sebesar $0,200 > 0,05$ (berdistribusi normal) dan

analisis ini dapat lanjut ke analisis regresi karena syarat pada uji asumsi klasik dalam hal ini nilai residualnya sudah dinyatakan berdistribusi normal.

Uji Heteroskedastisitas

a. Uji Heteroskedastisitas Kubus

Tabel 7. Hasil Uji Heteroskedastisitas Sampel Kubus

Model	Coefficients ^a				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
1 (Constant)	5.386	1.837		2.932	.015
Variasi Limbah Kaca	.343	.208	.463	1.651	.130

a. Dependent Variable: Kuat_Tekan

Dari data di atas yang telah di olah dapat di simpulkan bahwa model regresi tidak terjadi heteroskedastisitas karena nilai sig. variasi limbah botol kaca terhadap absolut residual adalah $0,130 > 0,05$.

b. Uji Heroskedastisitas Silinder

Tabel 8. Hasil Uji Heteroskedastisitas Sampel Silinder

Model	Coefficients ^a				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
1 (Constant)	.363	.353		1.028	.328
Variasi Limbah Kaca	.053	.040	.388	1.332	.212

a. Dependent Variable: Kuat_Tekan

Dari data di atas yang telah di olah dapat di simpulkan bahwa model regresi tidak terjadi heteroskedastisitas karena nilai sig. variasi limbah botol kaca terhadap absolut residual adalah $0,212 > 0,05$.

c. Uji Heroskedastisitas Balok

Tabel 9. Hasil Uji Heteroskedastisitas Sampel Balok

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
	B	Std. Error	Beta	t	
1 (Constant)	9.287	2.999		3.096	.011
Variasi Limbah Kaca	-.098	.339	-.091	-.289	.779

a. Dependent Variable: Kuat_Lentur

Dari data di atas yang telah di olah dapat di simpulkan bahwa model regresi tidak terjadi heteroskedastisitas karena nilai sig. variasi limbah botol kaca terhadap absolut residual adalah $0,779 > 0,05$.

Uji Regresi Linear

a. Uji Regresi Linear Kubus

Tabel 10. Hasil Uji Regresi Linear *Descriptive Statistics* Sampel Kubus

	Descriptive Statistics		
	Mean	Std. Deviation	N
Kuat Tekan Kubus	251.5091	37.31946	12
Variasi Limbah Kaca	7.5000	4.88504	12

Berdasarkan tabel descriptive statistick memberi informasi tentang mean, standart devisiasi, sebanyak data dari variabel-variabel independent (Bebas) dan variabel dependen (terikat). Dimana rata – rata (mean) variabel Kuat Tekan adalah 251,5091 dengan standart devisiasi 37,31946 ; sedangkan rata – rata variabel limbah botol kaca adalah 7,50 dengan standart devisiasi 4,88504. Sampel penelitian yang diteliti sebanyak 12.

Tabel 11. Hasil Uji Regresi Linear *Correlations* Sampel Kubus

	Correlations	
	Kuat Tekan Kubus	Variasi Limbah Kaca
Pearson Correlation	Kuat Tekan Kubus 1.000	-.970
	Variasi Limbah Kaca	1.000
Sig. (1-tailed)	Kuat Tekan Kubus .	.000
	Variasi Limbah Kaca .000	.
N	Kuat Tekan Kubus 12	12
	Variasi Limbah Kaca 12	12

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa probabilitas antara kuat tekan dengan menggunakan variasi limbah botol kaca = 0,970 > 0,05 Maka H_0 diterima artinya ada hubungan antara kuat tekan dengan menggunakan campuran variasi limbah botol kaca.

Tabel 12. Hasil Uji Regresi Linear *Model Summary* Sampel Kubus

Model Summary ^b									
Model	R	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics	F	df1	df2	Sig.	Change
1	.970 ^a	.941	9.51141	.941	159.345	1	10	.000	

a. Predictors: (Constant), VariasiLimbahKaca

b. Dependent Variable: KuatTekanKubus

Berdasarkan tabel summary di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

Hubungan antara variasi penambahan limbah botol kaca dengan kuat tekan sebesar 0,970. Dari output tersebut diperoleh koefisien determinasi (R Square) sebesar 0,941, dimana, hasil ini tidak memiliki arti positif dalam hubungan variasi penambahan limbah botol kaca dan kuat tekan, maksudnya dengan banyak variasi campuran penambahan limbah botol kaca maka ada pengaruh yang simultan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan; Kontribusi yang disumbangkan variasi limbah botol kaca (X) terhadap kuat tekan (Y) = 94,1%.

Tabel 13. Hasil Uji Regresi Linear *Anova* Sampel Kubus

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	14415.492	1	14415.492	159.345	.000 ^b
Residual	904.670	10	90.467		
Total	15320.161	11			

a. Dependent Variable: KuatTekanKubus

b. Predictors: (Constant), VariasiLimbahKaca

Berdasarkan tabel ANOVA di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Membuat hipotesis dalam uraian kalimat
2. Perbandingan antara Fhitung dan Ftabel
Di mana : Nilai Fhitung dari tabel anova sebesar 159,345
dan nilai Ftabel dari tabel F = 4,96
3. Membandingkan Ftabel dan Fhitung serta sig dan α

Ternyata : Fhitung = 159,345 > Ftabel = 4,96, maka H_0 di tolak.

4. Berdasarkan nilai probabilitas

Dimana, dari tabel anova nilai probabilitas (sig) = 0,000 dan nilai taraf signifikan α = 0,05, maka H_0 ditolak.

5. Keputusannya

Model regresi linier sederhana dapat diambil keputusan bahwa ada pengaruh secara simultan terhadap kuat tekan dengan penambahan variasi limbah botol kaca.

Tabel 14. Hasil Uji Regresi Linear *Coefficients* Sampel Kubus

Coefficients ^a									
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	Correlations	
1 (Constant)	307.088	5.189		59.182	.000			Zero	
Variasi Limbah Kaca	-7.411	.587	-.970	-12.623	.000			Partial	

a. Dependent Variable: KuatTekanKubus

Berdasarkan tabel coefficients di atas dapat dianalisis bahwa model persamaan regresi untuk pengaruh secara simultan terhadap kuat tekan dengan penambahan variasi limbah botol kaca adalah $Y = 307,088 - 7,411X$ (dimana y adalah kuat tekan dan x adalah variasi limbah botol kaca)

b. Uji Regresi Linear Silinder

Tabel 15. Hasil Uji Regresi Linear *Descriptive Statistics* Sampel Silinder

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Nilai Kuat Tekan	24.7805	3.69353	12
Variasi Limbah Kaca	7.5000	4.88504	12

Berdasarkan tabel descriptive statistick memberi informasi tentang mean, standart devisiasi, sebanyak data dari variabel-variabel independent (Bebas) dan variabel dependen (terikat). Dimana rata – rata (mean) variabel Kuat Tekan adalah 24,7805 dengan standart devisiasi 3,69353; sedangkan rata – rata variabel limbah botol kaca adalah 7,50 dengan

standart devisiasi 4,88504. Sampel penelitian yang diteliti sebanyak 12.

Tabel 16. Hasil Uji Regresi Linear *Correlations* Sampel Silinder

Correlations			
		Nilai Kuat Tekan	Variasi Limbah Kaca
Pearson	Nilai Kuat Tekan	1.000	-.960
Correlation	Variasi Limbah Kaca	-.960	1.000
Sig. (1-tailed)	Nilai Kuat Tekan	.	.000
	Variasi Limbah Kaca	.000	.
N	Nilai Kuat Tekan	12	12
	Variasi Limbah Kaca	12	12

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa probabilitas antara kuat tekan dengan menggunakan variasi limbah botol kaca = 0,960 > 0,05 Maka H_0 ditolak dan H_a diterima artinya ada hubungan antara kuat tekan dengan menggunakan campuran variasi limbah botol kaca.

Tabel 17. Hasil Uji Regresi Linear *Model Summary* Sampel Silinder

Model Summary ^b									
Model	R	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change in R Square	F	df1	df2	Sig.	Change in Statistics
1	.960 ^a	.921	1.090	.921	116.269	1	10	.000	

a. Predictors: (Constant), Variasi Limbah Kaca

b. Dependent Variable: Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan tabel summary di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

Hubungan antara variasi penambahan limbah botol kaca dengan kuat lentur sebesar 0,960. Dari output tersebut diperoleh koefisien determinasi (R Square) sebesar 0,921, dimana, hasil ini memiliki arti positif dalam hubungan variasi penambahan limbah botol kaca dan kuat tekan, maksudnya dengan banyak variasi campuran penambahan limbah botol kaca maka ada pengaruh yang simultan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan; Kontribusi yang disumbangkan variasi limbah botol kaca (X) terhadap kuat tekan (Y) = 92,1%.

Tabel 18. Hasil Uji Regresi Linear *Anova* Sampel Silinder

ANOVA ^a									
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	138.180	1	138.180	116.269	.000 ^b
Residual	11.884	10	1.188		
Total	150.064	11			

a. Dependent Variable: Nilai Kuat Tekan

b. Predictors: (Constant), Variasi Limbah Kaca

Berdasarkan tabel ANOVA di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Membuat hipotesis dalam uraian kalimat

2. Perbandingan antara Fhitung dan Ftabel

Di mana : Nilai Fhitung dari tabel anova sebesar 116,269

dan nilai Ftabel dari tabel F = 4,96

3. Membandingkan Ftabel dan Fhitung serta sig dan α

Ternyata : Fhitung = 116,269 > Ftabel = 4,96, maka H_0 di tolak.

4. Berdasarkan nilai probabilitas

Dimana, dari tabel anova nilai probabilitas (sig) = 0,000 dan nilai taraf signifikan α = 0,05, maka H_0 ditolak.

5. Keputusannya

Model regresi linier sederhana dapat diambil keputusan bahwa ada pengaruh secara simultan terhadap kuat tekan dengan penambahan variasi limbah botol kaca.

Tabel 19. Hasil Uji Regresi Linear *Coefficients* Sampel Silinder

Coefficients ^a									
Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations	Partial	Partia	Tolerance	VIF
1 (Constant)	30.222		50.816	.000					
Variasi Limbah Kaca	-.726	-.960	-10.783	.000	-.960	-.960	-.960	1.000	1.000

a. Dependent Variable: Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan tabel coefficients di atas dapat dianalisis bahwa model persamaan regresi untuk pengaruh secara simultan terhadap kuat tekan dengan penambahan variasi limbah botol kaca adalah $Y = 30,222 - 726X$ (dimana y adalah kuat tekan dan x adalah variasi limbah botol kaca).

c. Uji Regresi Linear Balok

Tabel 20. Hasil Uji Regresi Linear *Descriptive Statistics* Sampel Balok

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
KuatLentur	54.3028	10.37019	12
VariasiLimbahKaca	7.5000	4.88504	12

Berdasarkan tabel descriptive statistick memberi informasi tentang mean, standart devisiasi, sebanyak data dari variabel-variabel independent (Bebas) dan variabel dependen (terikat). Dimana rata – rata (mean) variabel Kuat Lentur adalah 54,3028 dengan standart devisiasi 10,37019; sedangkan rata – rata variabel limbah botol kaca adalah 7,50 dengan standart devisiasi 4,88504. Sampel penelitian yang diteliti sebanyak 12.

Tabel 21. Hasil Uji Regresi Linear *Correlations* Sampel Balok

Correlations			
		Kuat Lentur	Variasi Limbah Kaca
Pearson	KuatLentur	1.000	.022
Correlation	VariasiLimbahKaca	.022	1.000
Sig. (1-tailed)	KuatLentur	.	.473
	VariasiLimbahKaca	.473	.
N	KuatLentur	12	12
	VariasiLimbahKaca	12	12

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa probabilitas antara kuat lentur dengan menggunakan variasi limbah botol kaca = 0,022 < 0,05 Maka HO diterima artinya tidak ada hubungan antara kuat lentur dengan menggunakan campuran variasi limbah botol kaca.

Tabel 22. Hasil Uji Regresi Linear *Model Summary* Sampel Balok

Model Summary ^b									
Model	R	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				Sig. F Change	
				R Square	F	Change	df1	df2	
1	.022	.000	10.87380	.000	.005		1	10	.947

a. Predictors: (Constant), VariasiLimbahKaca

b. Dependent Variable: KuatLentur

Berdasarkan tabel summary di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

Hubungan antara variasi penambahan limbah botol kaca dengan kuat lentur sebesar

0,022. Dari output tersebut diperoleh koefisien determinasi (R Square) sebesar 0,00, dimana hasil ini tidak memiliki arti positif dalam hubungan variasi penambahan limbah botol kaca dan kuat lentur, maksudnya meskipun banyak variasi campuran penambahan limbah botol kaca maka ada pengaruh yang simultan terhadap nilai kuat lentur yang dihasilkan; Kontribusi yang disumbangkan variasi limbah botol kaca (X) terhadap kuat lentur (Y) = 0%.

Tabel 23. Hasil Uji Regresi Linear *Anova* Sampel Balok

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	.552	1	.552	.005	.947 ^b
Residual	1182.396	10	118.240		
Total	1182.948	11			

a. Dependent Variable: KuatLentur

b. Predictors: (Constant), VariasiLimbahKaca

Berdasarkan tabel ANOVA di atas dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Membuat hipotesis dalam uraian kalimat

2. Perbandingan antara Fhitung dan Ftabel

Di mana : Nilai Fhitung dari tabel anova sebesar 5 dan nilai Ftabel dari tabel F = 4,96

3. Membandingkan Ftabel dan Fhitung serta sig dan α

Ternyata : Fhitung = 5 > Ftabel = 4,96, maka Ho di terima.

4. Berdasarkan nilai probabilitas

Dimana, dari tabel anova nilai probabilitas (sig) = 0,947 dan nilai taraf signifikan α = 0,05, maka Ho diterima.

5. Keputusannya

Model regresi linier sederhana dapat diambil keputusan bahwa tidak ada pengaruh secara simultan terhadap kuat lentur dengan penambahan variasi limbah botol kaca.

Tabel 24. Hasil Uji Regresi Linear *Coefficients* Sampel Balok

Coefficients ^a									
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Collinearity Statistics			
						Tolerance	Partial	Part	Partial
1	.022	10.87380	.000	.005	.947				

l(Consta nt)	53.9 59	5.93 2		9.0 96	.0 00						
Variasi Limbah Kaca	.046	.671	.022	.06 8	.9 47	.02 2	.02 2	.0 22	1.000	1.0 00	

a. Dependent Variable: KuatLentur

Berdasarkan tabel coefficients di atas dapat dianalisis bahwa model persamaan regresi untuk pengaruh secara simultan terhadap kuat lentur dengan penambahan variasi limbah botol kaca adalah $Y = 53,959 - 46X$ (dimana y adalah kuat lentur dan x adalah variasi limbah botol kaca).

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Melalui hasil penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat ditarik Kesimpulan yaitu :

Pemanfaatan limbah kaca sebagai substitusi Sebagian agregat halus bahan material pembuatan beton belum cukup efektif jika di nilai dalam lingkup kuat tekan dan kuat lentur. Hal itu dikarenakan Ketika dilakukan uji penambahan kaca kekuatan beton kurang maksimal, dimana terjadi penurunan pada kuat tekan dan kuat lentur pada penggunaan kaca. Semakin banyak kaca yang digunakan, semakin banyak juga penurunan yang terjadi.

Nilai kuat tekan dan lentur pada 28 hari untuk kaca 0% mengalami kuat optimum, tetapi pada kaca 7,5%,10% dan 12,5% mengalami penurunan. Hal tersebut dapat dilihat pada hasil Analisa data dengan menggunakan program SPSS 20 for windows yang menunjukkan limbah kaca memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan dan kuat lentur.

Pengunaan limbah kaca sebagai substitusi Sebagian agregat halus bahan material beton berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton structural. Jadi dapat kita simpulkan bahwa kaca belum bisa sebagai pengganti pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- Gabriella Agnes Luvena Suwignyo, J. J. S. A. E. A. (2015). Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 94–103.
- Handayani, T. (2019). Memprediksi Kuat Lentur Berdasarkan Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 18(2), 197–211.
<https://doi.org/10.35760/dk.2019.v18i2.2699>
- Nicolaas, S., Rumbayan, R., & Maleke, M. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Kaca Terhadap Perilaku Mekanis Beton. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 1(2), 11.
- Nura Diana, A. I., Fansuri, S., & Zainah, N. (2021). Bubuk Limbah Botol Kaca sebagai Pengganti Parsial Agregat Halus dalam Campuran Beton. *Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 4(1), 27–34.
- Olii, M. R., E.Poe, I., Ichsan, I., & Olii, A. (2021). Limbah Kaca Sebagai Penganti Sebagian Agregat Halus Untuk Beton Ramah Lingkungan. *Teras Jurnal*, 11(1), 113.
- Purwanto, D., Permadi, D. D., & Sukmayu Saputri, U. (2023). Model Analisis Uji Kuat Beton dengan Menggunakan Limbah Styrofoam sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(1), 10–17.
<https://doi.org/10.52005/teslink.v5i1.220>
- Satria, O. R., Septiandini, E., & Purnomo, A. (2023). Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Botol Sebagai Substitusi Agregat pada Campuran Beton (Literature Review). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31732–31741.
- Suryani, A., Dewi, S. H., & Harmiyati, H. (2018). Korelasi Kuat Lentur Beton Dengan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Saintis*, 18(2), 43–54.
[https://doi.org/10.25299/saintis.2018.vol18\(2\).3150](https://doi.org/10.25299/saintis.2018.vol18(2).3150)