

DAFTAR PUSTAKA

- Almohana, A. Ibrahim, dkk. 2022. *Producing Sustainable Concrete with Plastic Waste: A Review*. Environmental Challenges 9.
- ASTM C 1329 – 05. *Standard Specification for Mortar Cement¹*. ASTM International.
- ASTM C 1602/C 1602M – 06. *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete¹*. ASTM International.
- ASTM C 33 – 02a. *Standard Specification for Concrete Aggregates¹*. ASTM International.
- ASTM C 778 – 02. *Standard Specification for Standard Sand*. ASTM International.
- ASTM D 7611/D 7611M – 13. *Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identification*. ASTM International.
- Babafemi, A. John. 2018. *Engineering Properties of Concrete with Waste Recycled Plastic: A Review*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- BS EN 197-1:2011. *Cement Part 1: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements*. British Standards Institution.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Direktorat Penyelidikan Masalah bangunan. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982)*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.

- H, B. Admadi dan I W. Arnata. 2015. *Teknologi Polimer*. Universitas Udayana. Modul.
- Junarti, Fitri. 2023. *Pengaruh Substitusi Limbah Kantong Plastik (HDPE) Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Metode Dry Curing*. Universitas Hasanuddin. Skripsi.
- Layang, Samuel. 2022. *Retak Pada Balok Beton Bertulang*. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. Universitas Palangka Raya.
- Malagavelli, Venu dan Neelakanteswara R. Paturu. 2010. *Behavior of HDPE Fiber Reinforced Concrete*. International Conference on Current Trends in Technology. Institute of Technology, Nirma University.
- Neville, A. M. 2011. *Properties of Concrete, 5th Edition*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2004. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nur, Oscar Fithrah. 2009. *Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal Berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok*. Jurnal Rekayasa Sipil. Universitas Andalas.
- Ostertagova, Eva. 2012. *Modelling using polynomial regression*. Jurnal Mathematics and Theoretical Informatics. Technical University of Košice.
- Rommel, Erwin dkk. 2014. *Pengaruh Penggunaan Serat High Density Polyethylene (HDPE) Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Beton*. Media Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Malang.

Saputro, I. Nugroho. 2010. *Teknologi Beton*. Universitas Sebelas Maret. Bahan Ajar.

Samsul, dkk. 2023. *Pengaruh Ukuran Butir Agregat Kasar Terhadap Kapasitas Kuat Tekan dan Nilai Slump Beton Porous*. Jurnal Karajata Engineering. Universitas Muhammadiyah Parepare.

Sina, Dantje. A. T., dkk. 2012. *Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Kuat Lentur Beton*. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Nusa Cendana.

SK SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1971-1990. *Metode Pengujian Kadar Air agregat*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-4804-1998. *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1969:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional

SNI 1970:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2493:2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 4431:2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI ASTM C136:2012. *Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C136-06, IDT)*. Badan Standarisasi Nasional.

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2022. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah adalah Capaian Pengurangan dan Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses pada 23 Oktober 2023, pukul 11.25.

Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.

United States for Development Agencies (USAID). 2022. *Plastic and Recycling Industry Outlook in Indonesia an Assessment on Capacity and Capability*.

Yahya, K. dan Boussabaine A. H. 2004. *Eco-costs of Sustainable Construction Waste Management*. Jurnal School of Architecture and Building Engineering, The University of Liverpool.



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

**LAMPIRAN 1
PEMERIKSAAN BERAT ISI DAN RONGGA UDARA AGREGAT**

1. Berat isi dan rongga udara kerikil

Pedoman : SNI 03-4804-1998

Tanggal Pengujian : 19 Maret 2024

Pengujian		Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat agregat dan penakar		G	8,86	8,46	kg
Berat penakar		T	6,34	6,34	kg
Volume Penakar	π	3,14	V	0,002	m ³
	r	0,05			
	t	0,2			
Hasil		$\frac{G - T}{V}$	1.603,64	1.349,09	kg/m³

Perhitungan	Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat isi kondisi kering oven	M	1.603,64	1.349,09	kg/m ³
Berat jenis agregat kering oven	s	2,15		kg/m ³
Kerapatan air	W	998		kg/m ³
Penyerapan air	A	3,14		%
Berat Isi Kondisi SSD	$M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$	1.654,01	1.391,47	kg/m³
Rongga Udara	$\left[\frac{(s.W) - M}{(s.W)} \right] \times 100\%$	25,13	37,01	%

2. Berat isi dan rongga udara pasir

Pedoman : SNI 03-4804-1998

Tanggal Pengujian : 18 April 2024

Pengujian		Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat agregat dan penakar		G	8,63	8,32	kg
Berat penakar		T	6,34	6,34	kg
Volume Penakar	π	3,14	V	0,002	m ³
	r	0,05			



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

Pengujian		Notasi	Padat	Gembur	Satuan
t	0,2				
Hasil		$\frac{G - T}{V}$	1.457,27	1.260,00	kg/m³

Perhitungan	Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat isi kondisi kering oven	M	1.533,64	1.374,55	kg/m ³
Berat jenis agregat kering oven	s	2,32		kg/m ³
Kerapatan air	W	998		kg/m ³
Penyerapan air	A	5,26		%
Berat Isi Kondisi SSD	$M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$	1.614,35	1.446,89	kg/m³
Rongga Udara	$\left[\frac{(s.W) - M}{(s.W)} \right] \times 100\%$	33,68	40,56	%

3. Berat isi dan rongga udara substitusi pasir dan plastik variasi 0.50%

Pedoman : SNI 03-4804-1998

Tanggal Pengujian : 24 April 2024

Pengujian		Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat agregat dan penakar		G	8,74	8,43	kg
Berat penakar		T	6,34	6,34	kg
Volume Penakar	π	3,14	V	0,002	m ³
	r	0,05			
	t	0,2			
Hasil		$\frac{G - T}{V}$	1.527,27	1.330,00	kg/m³

4. Berat isi dan rongga udara substitusi pasir dan plastik variasi 0.70%

Pedoman : SNI 03-4804-1998

Tanggal Pengujian : 29 April 2024

Pengujian		Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat agregat dan penakar		G	8,69	8,43	kg
Berat penakar		T	6,34	6,34	kg
Volume Penakar	π	3,14	V	0,002	m ³



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

Pengujian	Notasi	Padat	Gembur	Satuan
r	0,05			
t	0,2			
Hasil	$\frac{G - T}{V}$	1.495,45	1.330,00	kg/m³

5. Berat isi dan rongga udara substitusi pasir dan plastik variasi 0.90%

Pedoman : SNI 03-4804-1998

Tanggal Pengujian : 29 April 2024

Pengujian	Notasi	Padat	Gembur	Satuan
Berat agregat dan penakar	G	8,70	8,47	kg
Berat penakar	T	6,34	6,34	kg
Volume Penakar	V	0,002	0,002	m ³
π	3,14			
r	0,05			
t	0,2			
Hasil	$\frac{G - T}{V}$	1.501,82	1.355,45	kg/m³



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 2
PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT

1. Kadar air kerikil

Pedoman : SNI 03-1971-1990

Tanggal Pengujian : 22 & 25 Maret 2024

Pengujian	Notasi	Nilai	Satuan	Keterangan
Berat agregat mula-mula	W1	2.000	gram	Memenuhi
Berat agregat kering oven	W2	1.965	gram	
Hasil	$\frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$	1,78	%	

2. Kadar air pasir

Pedoman : SNI 03-1971-1990

Tanggal Pengujian : 18 – 19 April 2024

Pengujian	Notasi	Nilai	Satuan	Keterangan
Berat agregat mula-mula	W1	2.000	gram	Tidak memenuhi
Berat agregat kering oven	W2	1.970	gram	
Hasil	$\frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$	1,52	%	



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 3
PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT

1. Kadar lumpur kerikil

Pedoman : SNI 03-4142-1996

Tanggal Pengujian : 25 – 28 Maret 2024

Pengujian	Notasi	I	II	Rata-rata	Keterangan
Berat agregat kering oven sebelum di cuci (gr)	W1	500	500	500	Memenuhi
Berat agregat kering oven setelah dicuci (gr)	W2	500	495	498	
Hasil (%)	$\left[\frac{W1 - W2}{W1} \right] \times 100\%$	0,00	1,00	0,50	

2. Kadar lumpur pasir

Pedoman : SNI 03-4142-1996

Tanggal Pengujian : 17 – 19 April 2024

Pengujian	Notasi	I	II	Rata-rata	Keterangan
Berat agregat kering oven sebelum di cuci (gr)	W1	500	500	500	Memenuhi
Berat agregat kering oven setelah dicuci (gr)	W2	480	485	483	
Hasil (%)	$\left[\frac{W1 - W2}{W1} \right] \times 100\%$	4,00	3,00	3,50	

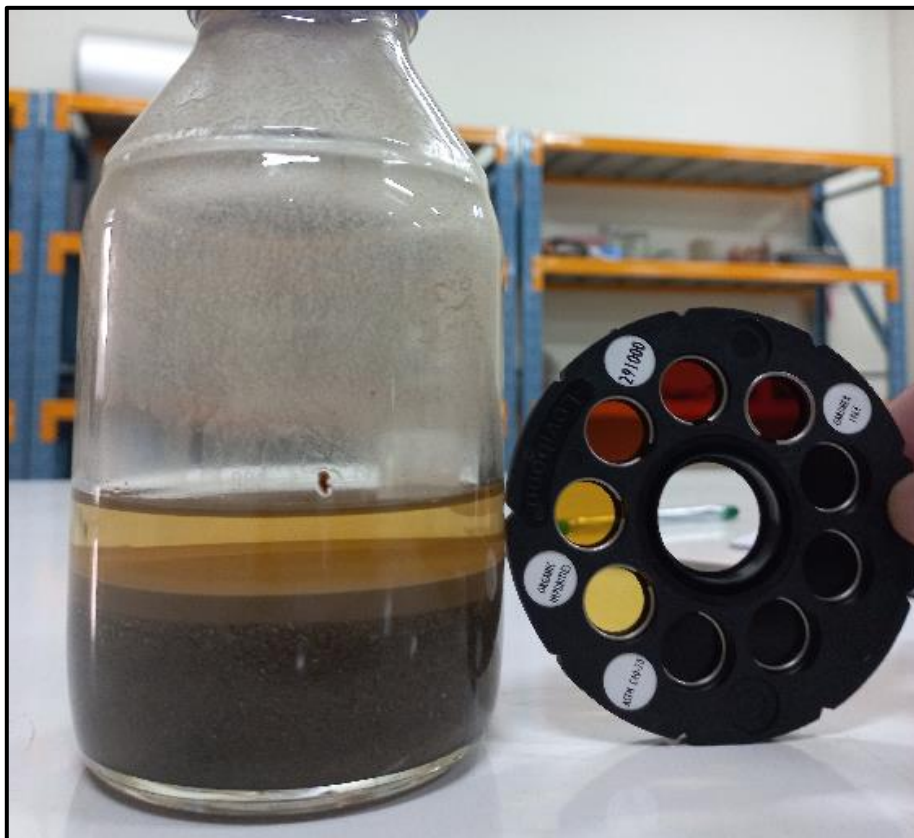


LAMPIRAN 4 PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS

Pedoman : SNI 03-2816-1992

Tanggal Pengujian : 18 – 19 April 2024

Hasil pemeriksaan kadar organik pasir sebagai berikut:



Hasil pemeriksaan menunjukkan larutan NaOH 3% memiliki warna yang sama dengan warna **No.2** pada cakram warna. Standar warna No.2 disimpulkan bahwa **pasir bisa dipakai tanpa dicuci terlebih dahulu.**



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

**LAMPIRAN 5
PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT**

1. Berat jenis dan penyerapan air kerikil

Pedoman : SNI 1969:2008

Tanggal Pengujian : 27 Maret – 3 April 2024

Pengujian	Notasi	Nilai	Satuan
Berat kerikil kering oven	A	955	gram
Berat kerikil kondisi jenuh kering permukaan di udara	B	985	gram
Berat kerikil dalam air	C	540	gram

Perhitungan	Notasi	Nilai	Keterangan
Berat jenis curah kering (S_d)	$\frac{A}{(B - C)}$	2,15	Memenuhi
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{B}{(B - C)}$	2,21	Memenuhi
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(A - C)}$	2,30	Memenuhi
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{B - A}{A} \right] \times 100\%$	3,14	Memenuhi

2. Berat jenis dan penyerapan air pasir

Pedoman : SNI 1970:2008

Tanggal Pengujian : 27 Maret – 3 April 2024

Pengujian	Notasi	Nilai	Satuan
Berat pasir kondisi jenuh kering permukaan	S	500	gram
Berat pasir kering oven	A	475	gram
Berat piknometer yang berisi air	B	760	gram
Berat piknometer dengan pasir dan air sampai batas pembacaan	C	1055	gram

Perhitungan	Notasi	Nilai	Keterangan
Berat jenis curah kering (S_d)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2,32	Memenuhi
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2,44	Memenuhi
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2,64	Memenuhi
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100\%$	5,26	Tidak memenuhi



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 6
PEMERIKSAAN GRADASI DAN MODULUS KEHALUSAN AGREGAT

1. Gradasi dan modulus kehalusan kerikil

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 22 April 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
1 in.	26.5 mm	0	0	0,00	100,00
3/4 in.	19.0 mm	250	250	10,06	89,94
3/8 in.	9.50 mm	1425	1675	67,40	32,60
No. 4	4.75 mm	775	2450	98,59	1,41
No. 8	2.36 mm	35	2485	100,00	0,00
No. 16	1.18 mm	0	2485	100,00	0,00
No. 30	600 μ	0	2485	100,00	0,00
No. 50	300 μ	0	2485	100,00	0,00
Pan		0	2485	100,00	0,00
Modulus kehalusan				6,76	

2. Gradasi dan modulus kehalusan pasir

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 18 April 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
3/8 in.	9.50 mm	0	0	0,00	100,00
No. 4	4.75 mm	0	0	0,00	100,00
No. 8	2.36 mm	55	55	2,20	97,80
No. 16	1.18 mm	160	215	8,60	91,40
No. 30	600 μ	570	785	31,40	68,60
No. 50	300 μ	880	1665	66,60	33,40
Pan		835	2500	100,00	0,00



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

Saringan	Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
Modulus kehalusan			2,09	

3. Gradasi dan modulus kehalusan limbah plastik

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 26 Maret 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
3/8 in.	9.50 mm	0	0	0,00	100,00
No. 4	4.75 mm	0	0	0,00	100,00
No. 8	2.36 mm	200	200	11,87	88,13
No. 16	1.18 mm	885	1085	64,39	35,61
No. 30	600 μ	340	1425	84,57	15,43
No. 50	300 μ	165	1590	94,36	5,64
Pan		95	1685	100,00	0,00
Modulus kehalusan				3,55	

4. Gradasi dan modulus kehalusan substitusi pasir dan plastik variasi 0.50%

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 26 April 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
3/8 in.	9.50 mm	0	0	0,00	100,00
No. 4	4.75 mm	0	0	0,00	100,00
No. 8	2.36 mm	70	70	2,82	97,18
No. 16	1.18 mm	210	280	11,27	88,73
No. 30	600 μ	540	820	33,00	67,00
No. 50	300 μ	1045	1865	75,05	24,95
Pan		620	2485	100,00	0,00
Modulus kehalusan				2,22	



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

5. Gradasi dan modulus kehalusan substitusi pasir dan plastik variasi 0.70%

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 29 April 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
3/8 in.	9.50 mm	0	0	0,00	100,00
No. 4	4.75 mm	0	0	0,00	100,00
No. 8	2.36 mm	60	60	2,41	97,59
No. 16	1.18 mm	195	255	10,24	89,76
No. 30	600 μ	525	780	31,33	68,67
No. 50	300 μ	1105	1885	75,70	24,30
Pan		605	2490	100,00	0,00
Modulus kehalusan				2,20	

6. Gradasi dan modulus kehalusan substitusi pasir dan plastik variasi 0.90%

Pedoman : SNI ASTM C136:2012

Tanggal Pengujian : 29 April 2024

Saringan		Massa tertahan (gr)	Jumlah tertahan (gr)	Persentase kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
3/8 in.	9.50 mm	0	0	0,00	100,00
No. 4	4.75 mm	0	0	0,00	100,00
No. 8	2.36 mm	70	70	2,82	97,18
No. 16	1.18 mm	190	260	10,48	89,52
No. 30	600 μ	525	785	31,65	68,35
No. 50	300 μ	985	1770	71,37	28,63
Pan		710	2480	100,00	0,00
Modulus kehalusan				2,16	



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 7
PERHITUNGAN KOREKSI MIX DESIGN

Perhitungan mix design mengacu pada SK SNI 03-2834-2000 dengan langkah berikut:

1. Tentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f^c) pada umur tertentu, yaitu kuat tekan beton 25 MPa pada umur 28 hari. Adapun ketetapan untuk persentase kegagalan benda uji sebesar maksimum 5%
2. Hitung nilai deviasi standar (S). Dalam kasus ini, pelaksana tidak mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton sebelumnya, maka nilai S bisa dinilai dari tingkat pengendalian mutu benda uji. Tingkat pengendalian mutu “Jelek” sesuai tabel 1 biasanya digunakan untuk pelaksana tanpa pengalaman tetapi masih dalam pengawasan ahli.

Tabel 1. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Deviasi standar
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

Sumber: SNI 03-2834-2000

3. Perhitungan nilai tambah/margin (M) dengan rumus:

$$M = 2,64 \times S$$

$$M = 2,64 \times 7,0$$

$$M = \mathbf{18,48 \text{ atau } 19,00}$$

dimana,

M = Nilai tambah (MPa), dimana:

$$M = 1,64 \times S, \text{ jika } S < 4 \text{ MPa}$$

$$M = 2,64 \times S, \text{ jika } S > 4 \text{ MPa}$$

1,64 = Tetapan statistik kegagalan hasil uji maksimum 5 %



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

S = Deviasi standar rencana (MPa)

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung menurut rumus berikut:

$$f_{cr} = f_c + M$$

$$f_{cr} = 25 + 19$$

$$f_{cr} = \mathbf{44 \text{ MPa}}$$

dimana,

f_c = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa)

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata (MPa)

M = nilai tambah (MPa)

5. Penetapan jenis semen, yaitu **semen portland komposit tipe I**.
6. Tentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat pada penelitian ini berupa **tak dipecahkan (pasir)** dan **dipecahkan (kerikil)**.
7. Tentukan faktor air semen. Berikut langkah-langkahnya:
- a. Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sesuai dengan semen dan agregat kasar yang akan dipakai.

Tabel 2. Perkiraan kuat tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu dipecahkan	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu dipecahkan	25	32	45	54	
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu dipecahkan	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu dipecahkan	30	40	53	60	

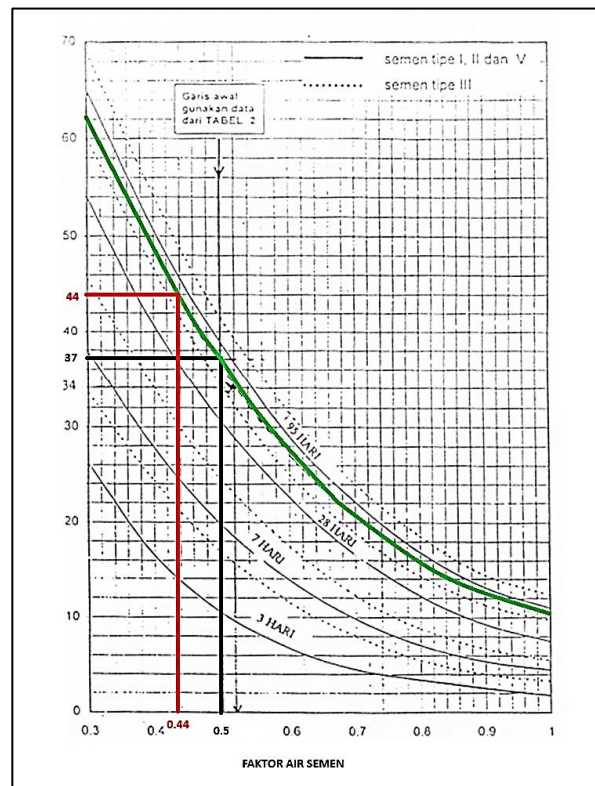
Sumber: SNI 03-2834-2000



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

- b. Lihat grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan, tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 dan garis mendatar melalui kuat tekan yang sudah ditentukan sesuai jenis semen dan jenis agregat kasar, yaitu 37 MPa.
- c. Tarik garis lengkung melalui titik pertemuan sesuai tahap sebelumnya secara proporsional.
- d. Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) yaitu 44 MPa sampai memotong kurva baru yang didapat.
- e. Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong garis mendatar kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) dengan kurva baru untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan, dan didapatkan faktor air semen sebesar **0,44**.



Gambar 1. Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm), Sumber: SNI 03-2834-2000

8. Tetapkan faktor air semen maksimum, pilih faktor air semen yang paling terendah, yaitu dipilih **faktor air semen 0,44**. Hal ini dikarenakan faktor air semen pada tabel 2 adalah 0,5 dan faktor air semen maksimum untuk beton non-korosif adalah 0,6.



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

9. Tetapkan nilai slump beton. Besarnya nilai slump untuk berbagai macam pekerjaan pembetonan yang disarankan Kardiyono Tjokrodimuljo (2007) pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai slump beton segar

Pemakaian	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak bertulang.	12,5 cm	5 cm
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	9 cm	2,5 m
Plat, balok, kolom dan dinding	15 cm	7,5 cm
Pengerasan jalan	7,5 cm	5 cm
Pembetonan massal (beton massa)	7,5 cm	2,5 cm

Sumber: Kardiyono Tjokrodimuljo (2007)

10. Tetapkan ukuran agregat maksimum, yaitu ukuran maksimum 10 mm, 20 mm atau 40 mm. Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - b. Sepertiga dari tebal pelat.
 - c. Tiga perempat dari jarak minimum antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.
- Karena ukuran benda uji 15 x 15 x 65 cm, maka agregat maksimum pada penelitian kali ini yaitu 30 mm. Oleh karena itu, ukuran maksimum agregat yang digunakan pada perhitungan adalah **20 mm**.
11. Tentukan nilai kadar air bebas sesuai tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Kadar air berdasarkan nilai slump (Kg/m^3)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Kadar air berdasarkan nilai slump (Kg/m ³)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

Karena agregat yang digunakan adalah campuran tak dipecahkan (pasir) dan dipecahkan (kerikil), maka nilai kadar air bebas dihitung menurut perhitungan berikut:

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k$$

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}(195) + \frac{1}{3}(225)$$

$$\text{Kadar air bebas} = 205 \text{ kg/m}^3$$

dimana,

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Hitung jumlah kadar semen dengan rumus:

$$\Sigma \text{Semen} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen batas}}$$

$$\Sigma \text{Semen} = \frac{205}{0,44}$$

$$\Sigma \text{Semen} = 465,909 \text{ kg/m}^3 \text{ atau } 466 \text{ kg/m}^3$$

13. Tentukan jumlah semen minimum sesuai persyaratan pada tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air – semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
c. Keadaan keliling non-korosif.	275	0,60



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
 Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air – semen maksimum
d. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif. Beton di luar ruangan bangunan:	325	0,52
c. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
d. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. Beton masuk ke dalam tanah:	275	0,60
c. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	325	0,55
d. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		*SNI 03-2834-2000
Beton yang kontinu berhubungan:		
c. Air tawar		*SNI 03-2834-2000
d. Air laut		2000

Sumber: SNI 03-2834-2000

14. Tentukan faktor air semen yang disesuaikan. Jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali. Dalam hal ini, jumlah semen yang dihitung lebih besar dari jumlah semen minimum sehingga kadar semen masih sama, yaitu **466 kg/m³**.
15. Tentukan susunan butir agregat halus. Susunan besar butir agregat halus adalah daerah gradasi agregat halus yang terdiri dari 4 daerah, yaitu kasar, agak kasar/sedang, agak halus dan halus. Penggunaan agregat halus direncanakan pada penelitian ini **daerah gradasi 2 (sedang)**.
16. Tentukan persentase pasir dengan perhitungan sesuai grafik persen pasir pada gambar 2 terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

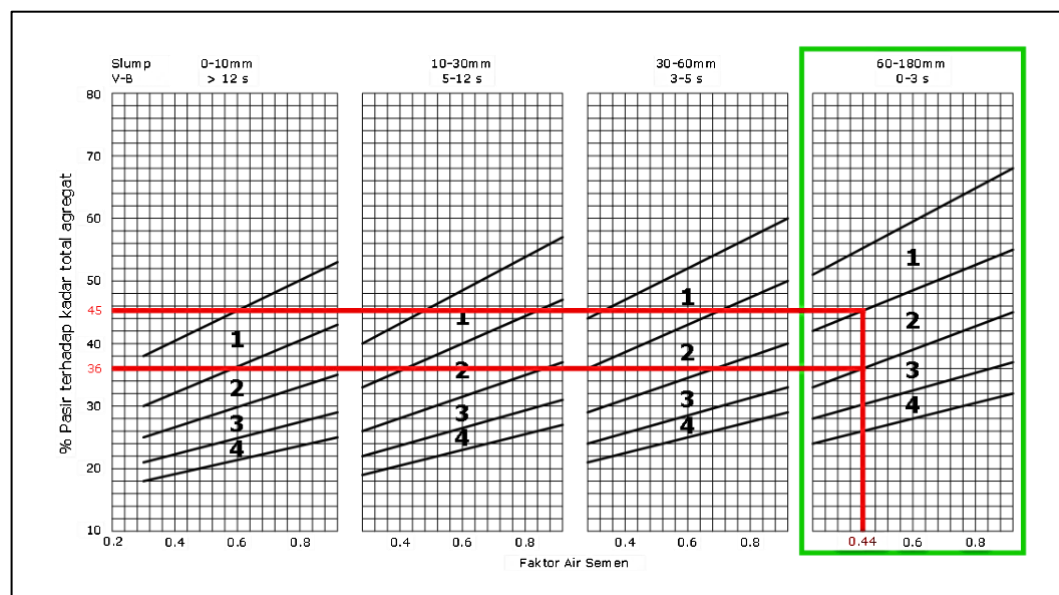
Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

- Tarik garis tegak lurus sesuai faktor air semen 0.44 hingga garis batas bawah dan batas atas daerah gradasi pasir (daerah gradasi 2).
- Tarik garis mendatar untuk melihat batas bawah dan batas atas persentase pasir. Besar persentase agregat halus ditentukan dari rata-rata persen batas bawah dan batas atas persentase pasir, yaitu:

$$\% \text{ agregat halus} = \frac{\% \text{ batas bawah} + \% \text{ batas atas}}{2}$$

$$\% \text{ agregat halus} = \frac{36\% + 45\%}{2}$$

$$\% \text{ agregat halus} = 40,5\%$$



Gambar 2. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm, Sumber: SNI 03-2834-2000

- Hitung berat jenis relatif agregat gabungan (g/mm^3). Berat jenis agregat ditentukan sesuai hasil pemeriksaan berat jenis kering permukaan (SSD) pada tahap sebelumnya, yaitu **2,44 g/mm^3 untuk agregat halus** dan **2,21 g/mm^3 untuk agregat kasar**. Persen agregat kasar bisa ditentukan dari persen agregat gabungan, yaitu 100% dikurang dengan persen agregat halus yang sudah ditemukan. Berikut perhitungan berat jenis relatif agregat gabungan:

$$BJ_{\text{agregat}} = (\% \text{ pasir} \times BJ_{\text{pasir}}) + (\% \text{ kerikil} \times BJ_{\text{kerikil}})$$

$$BJ_{\text{agregat}} = (40,5\% \times 2,44) + ((100\% - 40,5\%) \times 2,21)$$

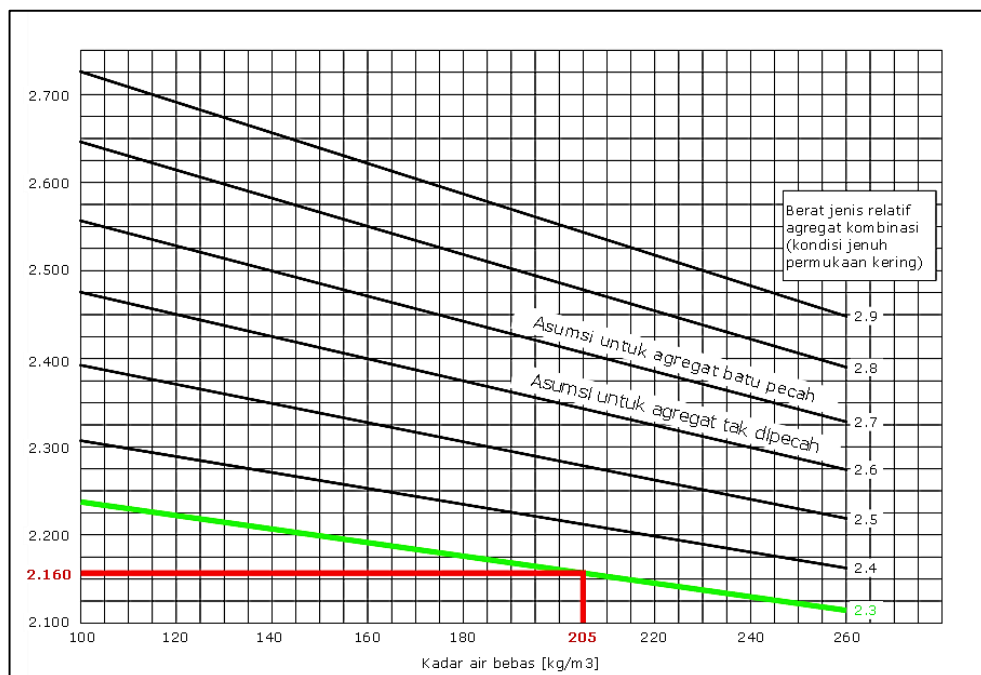
$$BJ_{\text{agr.gabungan}} = 2,30315 \text{ atau } 2,30$$



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

18. Tentukan berat isi beton sesuai gambar 3.
- Buat kurva berat jenis agregat gabungan yang sudah ditemukan secara proporsional pada grafik, yaitu 2,30.
 - Tarik garis tegak lurus ke atas berdasarkan kadar air bebas yang ditemukan sebelumnya, yaitu 205 kg/m^3 .
 - Tarik garis mendatar untuk berat jenis beton, yaitu 2.160 kg/m^3 .



Gambar 3. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan,
Sumber: SNI-03-2834-2000

19. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton (kg/m^3) dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

$$Kadar_{agr.gabungan} = Berat\ isi_{beton} - Kadar_{semen} - Kadar_{air\ bebas}$$

$$Kadar_{agr.gabungan} = 2.160 - 466 - 205$$

$$Kadar_{agr.gabungan} = 1.489$$

20. Hitung kadar agregat.

- Kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persentase pasir dengan kadar agregat gabungan.

$$Kadar_{agr.\ halus} = \% \text{ pasir} \times Kadar_{agr.\ gabungan}$$



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

$$Kadar_{agr. halus} = 40,5\% \times 1.489$$

$$Kadar_{agr. halus} = 603,045 \text{ atau } 603,05 \text{ kg/m}^3$$

- b. Kadar agregat kasar yang besarnya adalah hasil kali persentase kerikil dengan kadar agregat gabungan.

$$Kadar_{agr. kasar} = \% \text{ kerikil} \times Kadar_{agr. gabungan}$$

$$Kadar_{agr. kasar} = (100\% - 40,5\%) \times 1.489$$

$$Kadar_{agr. kasar} = 885,955 \text{ atau } 885,96 \text{ kg/m}^3$$

21. Koreksi mix design dilakukan apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan pada saat pencampuran di lapangan. Proporsi campuran dikoreksi terhadap kandungan air dan penyerapan air dalam agregat yang dihitung menurut perhitungan secara eksak (rasional) sesuai rumus berikut:

- a. Koreksi agregat halus (BLP)

Pasir yang digunakan saat pencampuran berada pada kondisi jenuh kering permukaan (SSD), sehingga tidak dilakukan pengoreksian.

- b. Koreksi agregat kasar (BLK)

$$BLK = \frac{BSSD \text{ Kerikil}}{(1 + RK\%)(1 - WK\%)} \text{ kg/m}^3$$

$$BLK = \frac{885,96}{(1 + 3,14\%)(1 - 1,78\%)}$$

$$BLK = 874,56 \text{ kg/m}^3$$

- c. Koreksi air (BLA)

$$BLA = B \text{ Air} + (BSSD \text{ Pasir} - BL \text{ Pasir}) + (BSSD \text{ Kerikil} - BL \text{ Kerikil})$$

$$BLA = 205 + (603,05 - 603,05) + (885,96 - 874,56)$$

$$BLA = 216,40 \text{ kg/m}^3$$

22. Seluruh langkah-langkah perhitungan di atas memperhitungkan susunan campuran bahan-bahan dalam berat untuk 1 m³ beton. Rangkum perhitungan perbandingan kebutuhan proporsional campuran teoritis beton sesuai volume benda uji yang akan digunakan pada tabel 6 di bawah. Volume benda uji berukuran 0,15 x 0,15 x 0,65 m dengan volume 0,014625 m³. Perhitungkan nilai penyusutan beton yaitu 15%.



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

Tabel 6. Perbandingan proporsional campuran beton

Proporsional Campuran	Volume (m ³)	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
Mix design	1	466	216,40	603,05	874,56
6 benda uji (per variasi benda uji)	0,09	40,89	18,99	52,92	76,74
1 benda uji	0,01	6,82	3,16	8,82	12,79
Penyusutan 15%					
6 benda uji (per variasi benda uji)	0,10	47,03	21,84	60,86	88,25
1 benda uji	0,02	7,84	3,64	10,14	14,71



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan, Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 8
PENGUJIAN KUAT LENTUR BALOK

1. Pengujian kuat lentur balok variasi umur 14 hari

PENGUJIAN KUAT LENTUR												
Tanggal dibuat	24 April 2024			24 April 2024			29 May 2024			29 May 2024		
Tanggal pengujian	08 May 2024			08 May 2024			13 May 2024			13 May 2024		
Benda uji	Variasi benda uji umur 14 hari											
	Beton variasi 0.00%			Beton variasi 0.50%			Beton variasi 0.70%			Beton variasi 0.90%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Umur benda uji (hari)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lebar benda uji (mm)	151	150	151	150	151	151	150	149	150	150	150	149
Tinggi benda uji (mm)	152	151	151	152	152	151	150	151	151	151	151	150
Panjang benda uji (mm)	650	650	650	650	650	650	650	651	651	650	649	650
Berat benda uji (kg)	33,02	32,63	32,62	32,63	33,02	33,11	32,78	32,78	32,77	32,60	33,50	32,90
Volume benda uji (m ³)	0,0149	0,0147	0,0148	0,0148	0,0149	0,0148	0,0146	0,0146	0,0147	0,0147	0,0147	0,0145
Berat jenis benda uji (kg/m ³)	2.213,31	2.216,34	2.200,98	2.201,75	2.213,31	2.234,05	2.241,37	2.238,02	2.222,43	2.214,30	2.278,93	2.264,67
Beban maksimum (N)	19.000	16.000	19.000	20.000	17.000	21.000	16.000	16.000	17.000	19.000	17.000	15.000
Jarak bentang = L (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Lebar tampak lintang = b (mm)	151	150	151	150	151	151	150	149	150	151	152	150
Tinggi tampak lintang = h (mm)	151	150	151	151	152	152	150	150	150	152	150	150
Kuat Lentur uji (Mpa)	3,31	2,84	3,31	3,51	2,92	3,61	2,84	2,86	3,02	3,27	2,98	2,67
Kuat lentur rata-rata (MPa)	3,16			3,35			2,91			2,97		



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan, Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

2. Pengujian kuat lentur balok variasi umur 28 hari

PENGUJIAN KUAT LENTUR												
Tanggal dibuat	24 April 2024			24 April 2024			29 May 2024			29 May 2024		
Tanggal pengujian	22 May 2024			22 May 2024			27 May 2024			27 May 2024		
Benda uji	Variasi benda uji umur 28 hari											
	Beton variasi 0.00%			Beton variasi 0.50%			Beton variasi 0.70%			Beton variasi 0.90%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Lebar benda uji (mm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Tinggi benda uji (mm)	150	152	150	153	150	152	151	151	151	152	151	151
Panjang benda uji (mm)	650	650	650	650	649	650	650	650	650	650	650	650
Berat benda uji (kg)	33,18	32,5	32,88	33,05	33,48	33,65	33,19	33,24	33,16	33,43	32,63	33,20
Volume benda uji (m ³)	0,0146	0,0148	0,0146	0,0149	0,0146	0,0148	0,0147	0,0147	0,0147	0,0148	0,0147	0,0147
Berat jenis benda uji (kg/m ³)	2.268,72	2.192,98	2.248,21	2.215,52	2.292,76	2.270,58	2.254,37	2.257,77	2.252,33	2.255,74	2.216,34	2.255,05
Beban maksimum (N)	19.000	21.000	18.000	21.000	23.000	24.000	17.000	19.000	16.000	17.000	19.000	17.000
Jarak bentang = L (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Lebar tampak lintang = b (mm)	150	151	150	149	150	150	150	151	150	150	150	152
Tinggi tampak lintang = h (mm)	152	150	151	152	151	152	151	150	150	153	150	151
Kuat Lentur uji (Mpa)	3,29	3,71	3,16	3,66	4,03	4,16	2,98	3,36	2,84	2,89	3,38	2,94
Kuat lentur rata-rata (MPa)	3,39			3,95			3,06			3,07		



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan, Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 9
PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pada saat pembuatan benda uji balok beton pada penelitian ini, volume *mix design* sengaja dibuat lebih banyak menggunakan perbandingan bahan yang sama dengan tujuan untuk mengantisipasi penyusutan dan untuk pembuatan silinder beton. Tujuan dari pembuatan silinder ini untuk melihat selisih dari rencana *mix design* dengan realisasi di laboratorium serta melihat perbandingan antara kuat lentur dan kuat tekan balok. Beton plastik HDPE variasi 0.00%, 0.50%, 0.70% dan 0.90% masing-masing dibuat sebanyak 3 silinder dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton plastik HDPE dipaparkan pada tabel berikut.

1. Pengujian kuat tekan beton

PENGUJIAN KUAT TEKAN												
Tanggal dibuat	30 April 2024			30 April 2024			29 May 2024			29 May 2024		
Tanggal pengujian	28 May 2024			28 May 2024			27 May 2024			27 May 2024		
Benda uji	Variasi benda uji umur 28 hari											
	Beton variasi 0.00%			Beton variasi 0.50%			Beton variasi 0.70%			Beton variasi 0.90%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Umur benda uji (hari)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Diameter benda uji (mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tinggi benda uji (mm)	200	200	200	200	201	201	201	200	200	200	200	200
Berat benda uji (kg)	3,58	3,55	3,56	3,53	3,51	3,56	3,53	3,46	3,53	3,48	3,48	3,48
Volume benda uji (m ³)	0,0146	0,0148	0,0146	0,0149	0,0146	0,0148	0,0147	0,0147	0,0147	0,0148	0,0147	0,0147



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan, Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com

PENGUJIAN KUAT TEKAN												
Berat jenis benda uji (kg/m ³)	2.278,18	2.259,09	2.265,45	2.243,18	2.219,36	2.251,02	2.235,19	2.201,82	2.243,18	2.214,55	2.182,73	2.211,36
Beban maksimum (N)	185.000	180.000	170.000	190.000	130.000	145.000	110.000	160.000	170.000	140.000	155.000	145.000
Luas penampang (mm ²)	7.875,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14	7.857,14
Kuat tekan uji (Mpa)	23,55	22,91	21,64	24,18	16,55	18,45	14,00	20,36	21,64	17,82	19,73	18,45
Kuat tekan rata-rata (MPa)	22,70			19,73			18,67			18,67		

2. Perbandingan kuat lentur balok dan kuat tekan silinder

PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR												
Benda uji	Variasi benda uji umur 28 hari											
	Beton variasi 0.00%			Beton variasi 0.50%			Beton variasi 0.70%			Beton variasi 0.90%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kuat lentur (MPa)	3,29	3,71	3,16	3,66	4,03	4,16	2,98	3,36	2,84	2,89	3,38	2,94
Kuat lentur rata-rata (MPa)	3,39			3,95			3,06			3,07		
Kuat tekan (MPa)	23,55	22,91	21,64	24,18	16,55	18,45	14,00	20,36	21,64	17,82	19,73	18,45
Kuat tekan rata-rata (MPa)	22,70			19,73			18,67			18,67		
Perbandingan (%)	23,55	22,91	21,64	24,18	16,55	18,45	14,00	20,36	21,64	17,82	19,73	18,45
Perbandingan rata-rata (%)	14,92			20,02			16,40			16,44		



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

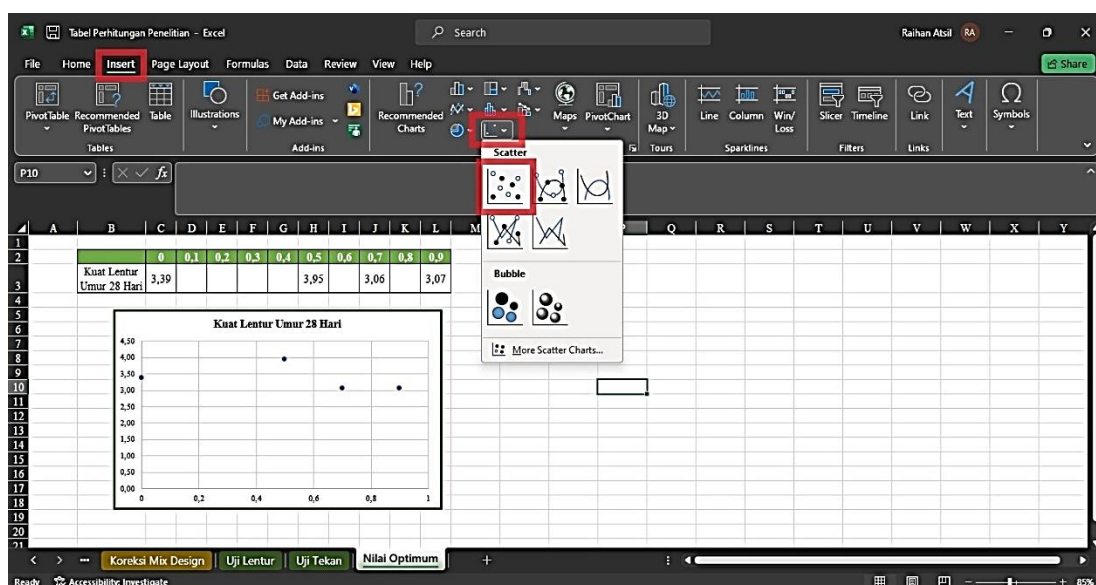
Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 10
PERHITUNGAN NILAI OPTIMUM KUAT LENTUR

Perhitungan nilai optimum kuat lentur pada penelitian ini menggunakan data dari hasil pengujian kuat lentur balok plastik HDPE variasi 0,00%, 0,50%, 0,70% dan 0,90% umur 28 hari pada penelitian ini. Perhitungan nilai optimum dilakukan dengan melakukan permodelan fungsi berdasarkan titik-titik yang dilalui sesuai hasil dari pengujian kuat lentur umur 28 hari. Perhitungan nilai optimum dihitung menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan Geogebra. Berikut tahap-tahap yang dilakukan dalam menemukan nilai optimum kuat lentur balok.

1. Pembuatan grafik fungsi

Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan membuat tabel hasil pengujian dan grafik *scatter* pada Microsoft Excel (Microsoft Excel yang digunakan berbahasa Inggris). Buat tabel hasil rata-rata pengujian kuat lentur umur 28 hari secara sederhana seperti pada gambar. Selanjutnya, blok *cell* yang menjadi tabel hasil pengujian, lalu pilih “Insert” lalu “Scatter” pada bagian “Charts”. “Scatter” akan menjadi grafik yang berdasar dari fungsi koordinat (X, Y), sehingga akan muncul fungsi persamaan polinom dengan variabel X dan Y juga pada garis trennya. Jika sudah muncul titik-titik koordinat pada grafik dari data hasil pengujian, maka analisis regresi menggunakan garis tren polinom sudah bisa dilakukan.



Gambar 1. Pembuatan tabel dan grafik scatter kuat lentur umur 28 hari

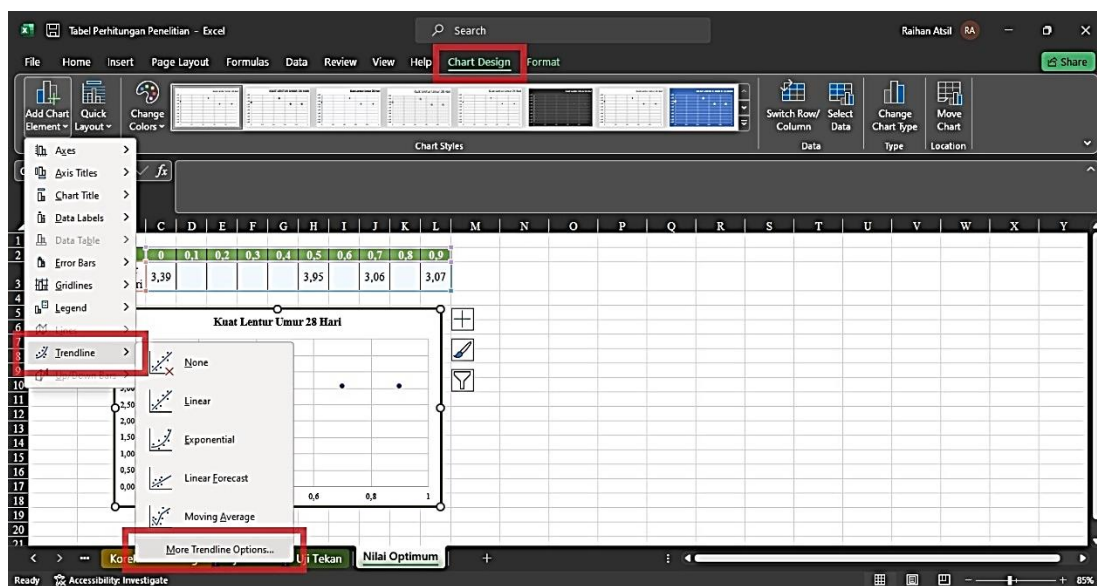


LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

2. Analisis regresi permodelan fungsi polinom

Grafik *scatter* yang sudah dibuat selanjutnya akan dimunculkan garis trennya. Analisis regresi yang dipilih berupa garis tren atau *trendline* berupa fungsi polinomial dengan pangkat tertinggi yang dipilih yaitu pangkat 3 karena fungsi polinom tersebut dapat dengan mudah menunjukkan nilai minimum dan maksimum pada grafiknya, sehingga nilai optimum bisa terlihat dengan mudah. Untuk menemukan analisis regresi fungsi dari data tersebut, tekan grafik *scatter* hasil pengujian lalu pilih “Chart Design“ lalu "Add Chart Element“. Selanjutnya, pilih fitur “Trendline” lalu “More Trendline Options...” untuk memilih garis tren jenis fungsi polinomial.



Gambar 2. Langkah pertama dalam menganalisis regresi polinom

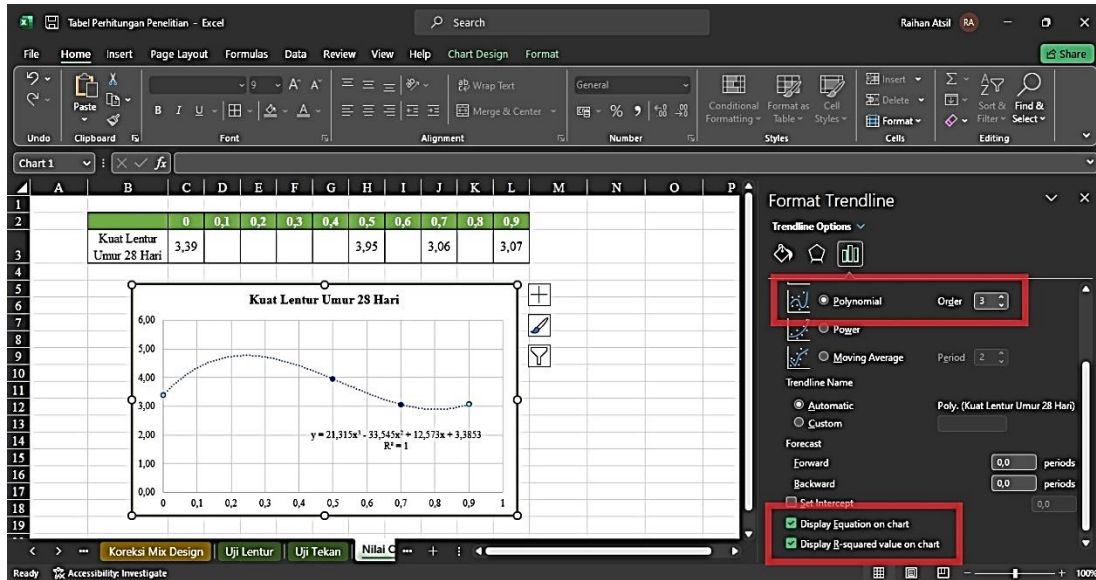
Selanjutnya, akan muncul garis putus-putus lurus yang merupakan analisis regresi linear. Ubah garis tren linear tersebut menjadi garis tren polinom dengan memilih “Polynomial” dengan “Order” diubah menjadi 3, sehingga akan muncul analisis regresi polinom berpangkat 3. Munculkan persamaan fungsi polinom dan nilai R^2 dengan memilih “Display Equation on chart” dan “Display R-squared value on chart”. Nilai R^2 adalah proporsi variabel bebas pada variabel terikat dengan interval nilai $0 \leq R^2 \leq 1$, Secara sederhana nilai R^2 adalah keakuratan proporsi permodelan regresi yang artinya jika R^2 semakin mendekati 1, maka permodelan semakin akurat dan proporsional. Dengan demikian, didapatkan fungsi persamaan grafik hasil



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

pengujian kuat lentur balok variasi plastik HDPE umur 28 hari yaitu $y = 21,315x^3 - 33,45x^2 + 12,573x + 3,3853$.



Gambar 3. Hasil perhitungan analisis regresi polinom

3. Perhitungan nilai maksimum dan minimum

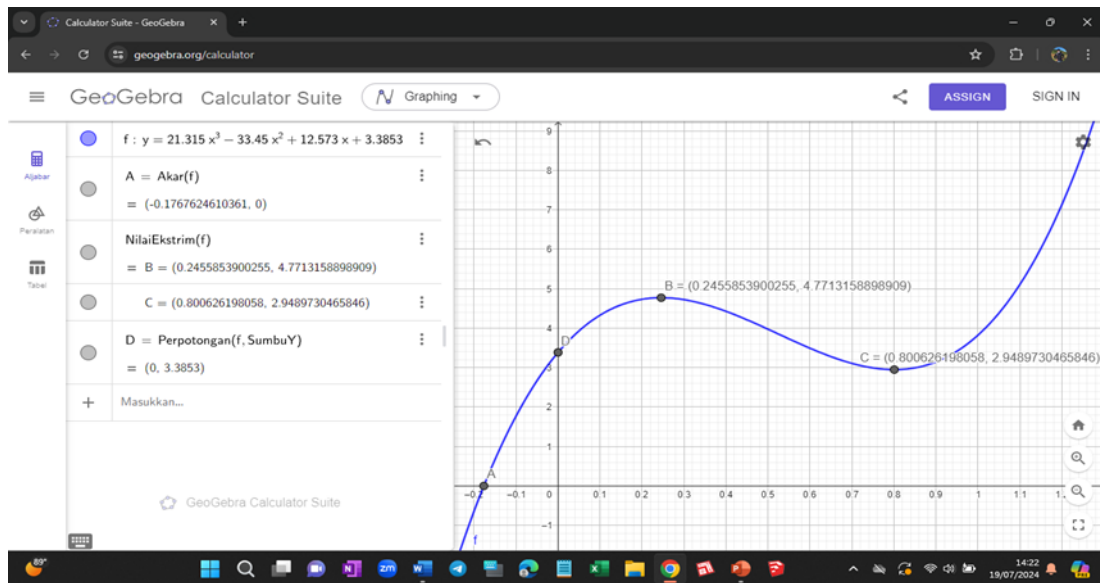
Tahap selanjutnya yang akan dihitung adalah nilai maksimum dan minimum pada aplikasi Geogebra. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan Geogebra yang diakses melalui website <https://www.geogebra.org/calculator>. Pada kasus ini, nilai maksimum yang didapatkan akan menjadi titik tertinggi berdasarkan besar kuat lentur terbesar pada variasi yang didapatkan. Nilai maksimum dan minimum kuat lentur didapatkan dengan melihat titik tertinggi dan titik terendah pada grafik fungsi polinom yang sudah didapatkan.

Masukkan grafik fungsi polinom pada Geogebra yang sudah didapatkan pada dari aplikasi Microsoft Excel, sehingga akan muncul grafik yang sama pada nilai X antara 0 hingga 0,9. Klik grafik tersebut dan akan muncul titik koordinat pada titik tertinggi dan titik terendah (*Turning Point*) grafik tersebut. Cara lain yang bisa dilakukan yaitu dengan klik titik tiga di samping fungsi yang sudah diketik, lalu pilih “Special Points” sehingga akan muncul titik-titik spesial salah satunya yaitu titik koordinat pada titik belok atau *turning point* tersebut. Koordinat X akan menjadi besaran variasi plastik HDPE pada nilai tertentu dan koordinat Y akan menjadi besaran kuat lentur balok (MPa).



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com



Gambar 4. Nilai optimum kuat lentur menggunakan Geogebra

Dengan melihat titik belok (*stationery*) atau *turning point* pada grafik tersebut, maka nilai optimum dalam artian nilai maksimum yang didapatkan pada penelitian ini yaitu pada variasi **0,25%** dengan nilai kuat lentur sebesar **4,77 MPa**. Terdapat juga nilai minimum yang didapat yaitu pada variasi **0,80%** dengan nilai kuat lentur sebesar **2,95 Mpa**.



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com

LAMPIRAN 11
DOKUMENTASI KEGIATAN



Pengumpulan plastik HDPE



Pencucian plastik HDPE



Penjemuran plastik HDPE



Pelelehan plastik HDPE



Penghalusan plastik HDPE



Plastik HDPE yang sudah dihaluskan



Pemeriksaan gradasi plastik HDPE



Substitusi plastik HDPE dan agregat halus



Pembuatan cetakan balok



**LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR**

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail:arch_unhas@yahoo.com



Cetakan balok yang sudah selesai



Pemeriksaan berat isi



Pengovenan agregat untuk pemeriksaan bahan



Penimbangan agregat untuk pemeriksaan bahan



Pemeriksaan kadar organik pasir



Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air kerikil



Pemeriksaan gradasi agregat



Pengayakan agregat untuk persiapan pencampuran



Pencampuran benda uji



LABORATORIUM MATERIAL, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN ARSITEKTUR

Jalan Poros Malino KM. 6 Bontomarannu (92171) Gowa, Sulawesi Selatan,
Fax (0411) 586015, <http://eng.unhas.ac.id> E-mail: arch_unhas@yahoo.com



Pengujian slump



Perojokan dan pencetakan
benda uji



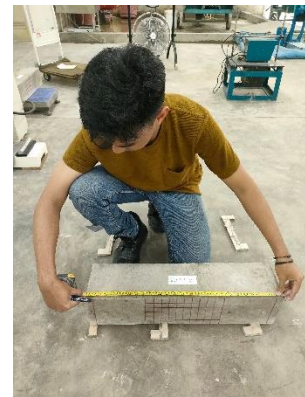
Benda uji yang sudah
dicetak



Perawatan wet curing balok



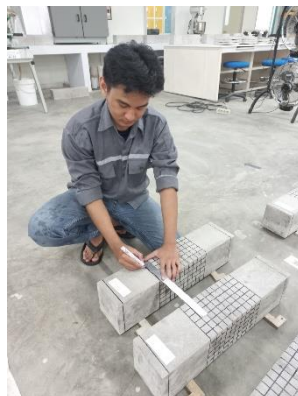
Wet curing balok variasi
normal



Pengukuran dimensi balok



Penimbangan berat balok



Penggambaran garis bantu
grid, titik letak dan beban



Pengujian kuat lentur balok