

Tinjauan Ulang Mengenai Kadar Maksimum Lumpur Pasir dalam Campuran Beton Cara SNI

ZULFIKAR COZY, PRIYANTO SAELAN

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: cozyzulfikar347@gmail.com

ABSTRAK

Lumpur pada pasir akan menghalangi lekatan antara pasta semen dengan permukaan pasir, yang berakibat kekuatan mortar berkurang, dan akhirnya kuat tekan beton juga akan ikut berkurang. Kandungan lumpur dalam pasir dibatasi yaitu tidak boleh lebih dari 5% menurut SNI. Namun demikian perlu diteliti lebih lanjut seberapa besar sebenarnya kandungan lumpur dalam pasir yang menyebabkan kuat tekan beton mengalami penurunan secara signifikan. Dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kadar lumpur dalam pasir terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi kadar lumpur yang terdapat pada pasir yaitu 0%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; dan 17,5%. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm tinggi 20 cm, slump rencana yang digunakan yaitu 30 mm-60 mm dan 60 mm-180 mm dengan kuat tekan beton rencana 30 MPa. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kuat tekan beton terjadi pada kadar lumpur lebih dari 5%. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada kadar lumpur 5% sampai dengan kadar lumpur 15%, mencapai maksimal 16%.

Kata kunci: lumpur, kuat tekan beton, pasir

ABSTRACT

The sludge content in the sand will block the attachment between cement paste and the surface of the sand, resulting in reduced mortar strength, and finally the compressive strength of the concrete will also decrease. The sludge content in sand is limited to not more than 5% according to SNI. However, it needs to be investigated further on how much the actual sludge content in the sand that causes concrete compressive strength has decreased significantly. In this study to determine the effect of the level of sludge in the sand on the compressive strength of concrete at 28 days with variations in the levels of sludge found in sand, namely 0%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% and 17.5%. The specimens used were cylindrical with a diameter of 10 cm in height 20 cm, the planned slump used was 30 mm-60 mm and 60 mm-180 mm with a concrete compressive strength of 30 MPa planned. The results showed a decrease in concrete compressive strength in sludge content of more than 5%. Decreasing concrete compressive strength occurs at 5% sludge content up to 15% sludge content, reaching a maximum of 16%.

Keywords: sludge, compressive strength, sand

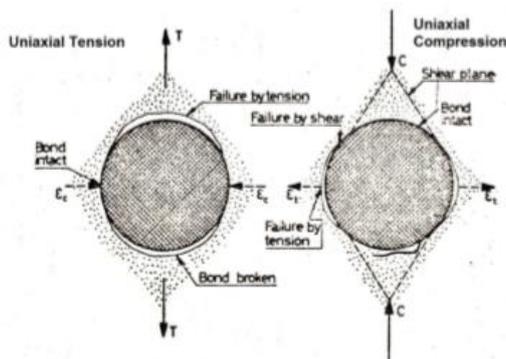
1. PENDAHULUAN

Pasir merupakan salah satu material pengisi yang digunakan dalam campuran beton. Pasir pada dasarnya mengandung lumpur karena keberadaannya di tanah. Lumpur yang terdapat pada permukaan pasir dapat mengganggu lekatan antara permukaan butiran pasir dengan pasta semen sehingga berakibat mengurangi kuat tekan beton. Membebaskan pasir dari kandungan lumpur merupakan usaha yang tidak efektif dan tidak realistis. Usaha yang dilakukan adalah membatasi kadar lumpur dalam pasir sedemikian rupa kandungannya yang pengaruhnya terhadap kuat tekan beton dapat diabaikan. Karena pengaruh buruk tersebut, maka kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) dibatasi yaitu tidak boleh lebih dari 5% menurut SNI. Batasan kandungan lumpur sebesar 5% dapat dianggap sebagai kandungan maksimum lumpur yang pengaruhnya terhadap kuat tekan beton dapat diabaikan. Namun demikian perlu diteliti lebih lanjut seberapa besar sebenarnya kandungan lumpur dalam pasir yang menyebabkan kuat tekan beton mengalami penurunan secara signifikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengaruh Kadar Lumpur Pasir dalam Agregat pada Campuran Beton

Beton adalah campuran bahan yang tersusun dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen yang membentuk pasta semen sebagai bahan pengikat. Pasta semen akan mengikat agregat halus membentuk mortar yang melekat pada permukaan agregat kasar. Mekanisme transfer beban pada beton keras dimodelkan oleh Avram dan rekan dalam Al-Attar (2013) yang disajikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Mekanisme transfer beban pada beton
(Sumber: Al-Attar, T. S., 2013)**

Jika beton memikul beban tekan, maka beban tekan akan diteruskan oleh mortar kepada agregat kasar. Akibat beban tekan pada agregat kasar maka terdapat bagian agregat kasar yang mengalami tarik. Karena beton lemah terhadap tarik maka lekatan mortar pada permukaan agregat kasar yang tertarik akan terlepas. Saat lekatan mortar terlepas pada bagian agregat kasar yang tertarik maka beban akan dipikul oleh mortar pada bagian agregat kasar yang tertekan. Pada kondisi ini agregat kasar akan berfungsi sebagai tumpuan mortar. Karena kekuatan agregat kasar lebih tinggi daripada kekuatan mortar maka keruntuhan akan terjadi pada mortar.

Serpihan keruntuhan beton pada agregat kasar akan memperlihatkan adanya mortar yang melekat pada bagian agregat kasar yang tertekan, dan bagian agregat kasar yang tanpa mortar karena lekatannya terlepas. Bentuk serpihan keruntuhan beton pada agregat kasar diperlihatkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Serpihan keruntuhan beton pada agregat kasar
(Sumber: Al-Attar, T. S.,2013)**

Berdasarkan mekanisme keruntuhan beton ini maka kuat tekan beton ditentukan oleh kekuatan mortar. Selanjutnya kekuatan mortar ditentukan oleh lekatan antara pasta semen dengan permukaan agregat halus.

Jika pada permukaan agregat halus mengandung lumpur maka lumpur ini akan menghalangi lekatan antara pasta semen dengan permukaan agregat halus, yang berakibat kekuatan mortar berkurang, dan akhirnya kuat tekan beton juga akan ikut berkurang. Mengingat mekanisme mortar pada agregat kasar yang tertekan adalah mekanisme bertumpu maka adanya lumpur pada agregat kasar tidak besar pengaruhnya dibandingkan dengan adanya lumpur pada agregat halus karena mekanisme agregat halus dengan pasta semen adalah mekanisme lekatan. Semakin banyak kandungan lumpur pada agregat halus maka kekuatan beton akan semakin berkurang.

2.2 Penelitian Tentang Kandungan Lumpur Pasir dalam Campuran Beton

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu mengenai tinjauan ulang kadar lumpur maksimum lumpur pasir dalam campuran beton.

Pertama adalah penelitian oleh Sayogyo, S. (2006) dengan judul Studi Pengaruh Kadar Lumpur Pada Beton Normal dan Mutu Tinggi, Universitas Mercu Buana. Pada tahap perencanaan dan pembuatan campuran beton menggunakan desain campuran dengan kuat tekan rencana 25 MPa dan 30 MPa pada umur 28 hari dengan jumlah sampel 54 buah yang berbentuk silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Hasil dari penelitian Sayogyo, S. (2006) didapatkan bahwa kuat tekan dengan mutu f'_c 30 MPa terjadi penurunan kuat tekan pada prosentase kadar lumpur 9%-12% dan penurunan kuat tarik terjadi pada prosentase 6%-9%. Sedangkan pada mutu f'_c 25 MPa penurunan kuat tekan terjadi pada prosentase 3%-6% dan penurunan kuat tariknya terjadi pada prosentase 9%-12%.

Kedua adalah penelitian oleh Septianto, H. (2012) dengan judul Pengaruh Kandungan Lumpur pada Agregat Halus terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Normal, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pada tahap perancangan dan pembuatan campuran beton menggunakan desain campuran (*mix design*) dengan kuat tekan rencana 20 MPa pada umur 28 hari dengan variasi kandungan lumpur 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Jumlah sampel 30 buah silinder beton

dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton diberikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari

Kadar Lumpur [%]	f'_c [MPa]	Rata-rata Kuat Tekan Beton [MPa]
0	29,78	31,52
	32,10	
	32,67	
2,5	30,57	29,93
	29,67	
	29,55	
5	26,61	27,52
	28,20	
	27,74	
7,5	25,25	25,48
	26,04	
	25,14	
10	22,99	22,19
	22,42	
	21,17	

(Sumber: Septianto, H., 2012)

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh kandungan lumpur pada agregat halus terhadap kuat tekan beton didapatkan hasil kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan lumpur 0% = 31,25 MPa; 2,5% = 29,93 MPa; 5% = 27,52 MPa; 7,5% = 25,48 MPa; dan 10% = 22,19 MPa. Jadi dapat disimpulkan bahwa kandungan lumpur memengaruhi kuat tekan beton. Beton yang kandungan lumpurnya sedikit lebih kuat dibandingkan beton yang kandungan lumpurnya banyak.

Ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh Priastiwi, Y. A. (2013) dengan judul Pengaruh Kadar Lumpur pada Agregat Halus dalam Mutu Beton, Universitas Diponegoro.

Pada tahap perencanaan dan pembuatan campuran beton menggunakan desain campuran dengan kuat tekan beton rencana 30 MPa pada umur 28 hari dengan lima variasi kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir) yaitu kategori pasir dengan kadar lumpur bersih (1% & 2%), pasir dengan kadar lumpur sedang (4%), dan pasir dengan kadar lumpur kotor (7% & 12%). Jumlah sampel 90 buah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata pada penelitian ini diberikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Kuat Tekan Rata-rata pada Berbagai Variasi Kandungan Lumpur

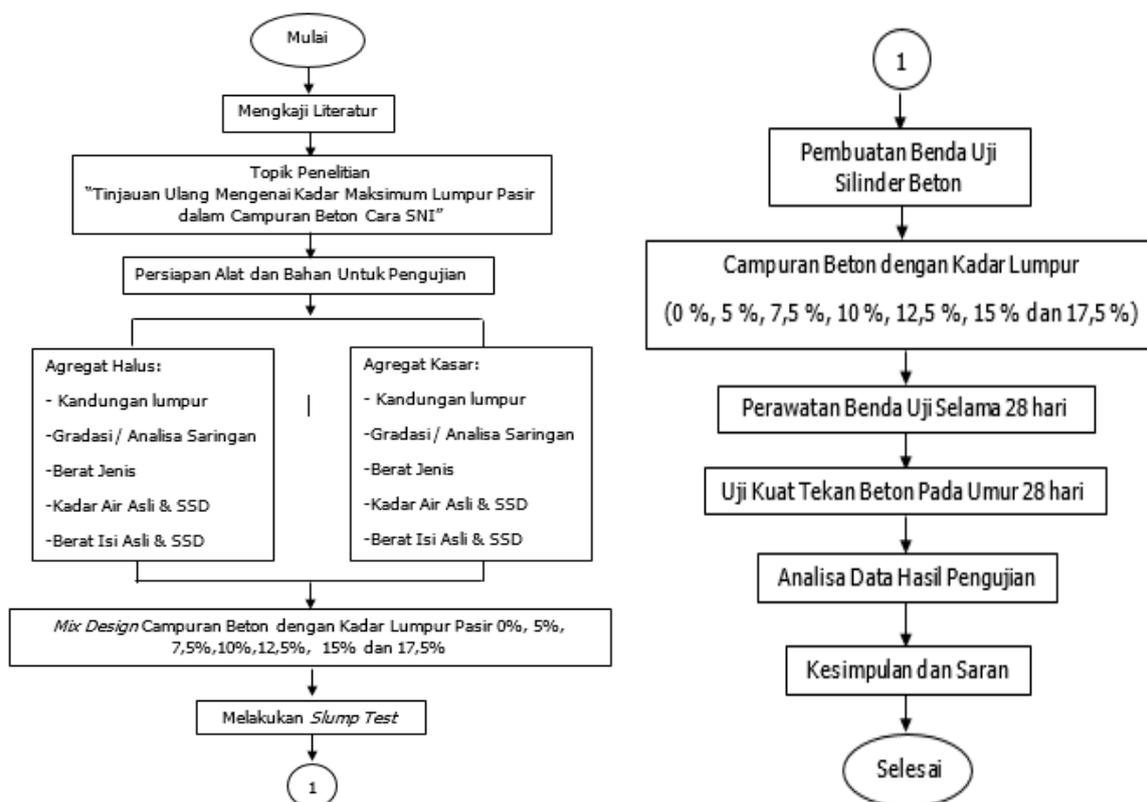
No.	Benda Uji	Berat Silinder Rata-rata [gram]	Kuat Tekan Rata-rata [MPa]
1	Kadar lumpur dalam pasir 1%	13.123,33	36,88
2	Kadar lumpur dalam pasir 2%	13.102,40	36,47
3	Kadar lumpur dalam pasir 4%	13.093,00	33,92
4	Kadar lumpur dalam pasir 7%	12.606,11	31,34
5	Kadar lumpur dalam pasir 12%	12.524,87	31,25

(Sumber: Priastiwi, Y. A., 2013)

Berdasarkan hasil nilai kuat tekan rata-rata beton pada berbagai variasi kandungan lumpur pada **Tabel 2** dapat dilihat bahwa pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat tekan beton cukup signifikan dimana semakin bersih beton maka kuat tekan beton akan semakin tinggi. Kuat tekan beton rata-rata kadar lumpur bersih (36,68 MPa) lebih besar dari kuat tekan beton rata-rata kadar lumpur sedang (33,92 MPa) dan kotor (31,30 MPa). Dibandingkan dengan kadar lumpur kotor terjadi kenaikan kuat tekan rata-rata untuk kadar lumpur sedang sebesar 2,62 MPa (8,37%), dan kadar lumpur bersih sebesar 5,38 MPa (17,19%).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan alir penelitian dilakukan dengan metode yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

3.1 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan mencakup data primer. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data kuat tekan rencana 30 MPa.
2. Data material yang digunakan, yaitu didapat melalui pengujian dan pemeriksaan material, meliputi kadar kandungan lumpur pasir 0%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; dan 17,5%; berat jenis agregat halus dan kasar.
3. Data komposisi campuran beton yang digunakan untuk membuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 42 buah, yang diperlihatkan pada **Tabel 3**, **Tabel 4**, dan **Tabel 5**. Komposisi campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000.

Data hasil kuat tekan beton berdasarkan pengujian kuat tekan beton menurut SNI 1974:2011.

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton *Slump* 30 mm-60 mm

Bahan	Kadar Lumpur [%]						
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5
Berat Semen [kg/m ³]	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8
Berat Air [kg/m ³]	210	210	210	210	210	210	210
Berat Pasir [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	771,65	733,07	713,78	694,49	675,19	655,90
	Lumpur [kg/m ³]	0	38,58	57,87	77,17	96,46	115,75
Total Berat Pasir [kg/m ³]	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65
Berat Batu Pecah [kg/m ³]	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14
<i>Slump</i> Aktual [mm]	55	39	41	34	47	32	30
Kuat Tekan Uji Rata-rata 7 Hari [MPa]	12,33	15,9	15,61	16,95	11,37	15,73	12,67
Prediksi Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari [MPa]	18,96	24,46	24,01	26,07	17,49	24,2	19,49

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton *Slump* 60 mm-180 mm

Bahan	Kadar Lumpur [%]						
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5
Berat Semen [kg/m ³]	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08
Berat Air [kg/m ³]	236	236	236	236	236	236	236
Berat Pasir [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	928,51	882,08	858,87	835,66	812,45	789,23
	Lumpur [kg/m ³]	0	46,43	69,64	92,85	116,06	139,28
Total Berat Pasir [kg/m ³]	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51
Berat Batu Pecah [kg/m ³]	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28
<i>Slump</i> Aktual [mm]	90	85	125	80	75	75	65
Kuat Tekan Uji Rata-rata 7 Hari [MPa]	13,92	15,06	14,24	12,65	13,98	13,21	12,15
Prediksi Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari [MPa]	21,41	23,16	21,90	19,46	21,50	20,3	18,53

Tabel 5. Benda Uji Kuat Tekan Beton

Kadar Lumpur [%]	Nilai <i>Slump</i> [mm]		Bentuk Benda Uji Silinder	Jumlah Benda Uji [buah]
0	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
5	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
7.5	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
10	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
12.5	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
15	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
17.5	30-60	60-180	10 cm x 20 cm	6
Jumlah Total Benda Uji				42

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Kandungan lumpur pasir (0%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15%; dan 17,5%).
2. Nilai *slump* yang digunakan 30 mm-60 mm dan 60 mm-180 mm.

3.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara membuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kuat tekan beton terhadap kadar lumpur pasir.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengujian kuat tekan beton tertera pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

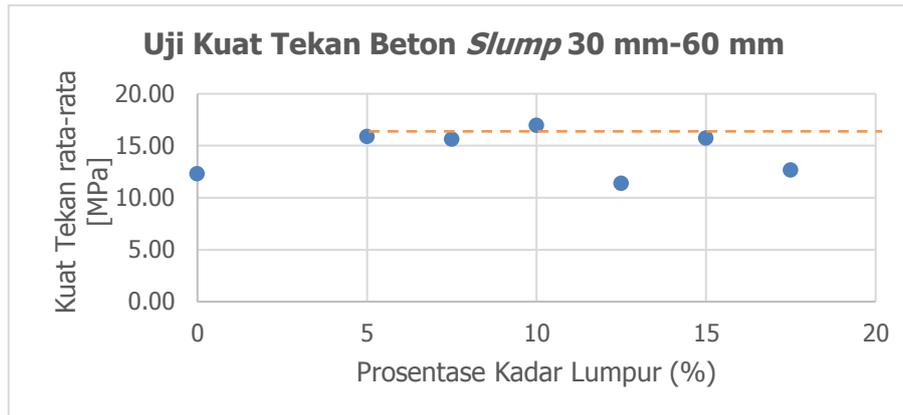
Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan *Slump* 30 mm-60 mm

Bahan	Kadar Lumpur [%]							
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5	
Berat Semen [kg/m ³]	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8	373,8	
Berat Air [kg/m ³]	210	210	210	210	210	210	210	
Berat Pasir [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	771,65	733,07	713,78	694,49	675,19	655,90	636,61
	Lumpur [kg/m ³]	0	38,58	57,87	77,17	96,46	115,75	135,04
Total Berat Pasir [kg/m ³]	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65	771,65	
Berat Batu Pecah [kg/m ³]	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14	909,14	
<i>Slump</i> Aktual [mm]	55	39	41	34	47	32	30	
Kuat Tekan Uji Rata-rata 7 Hari [MPa]	12,33	15,9	15,61	16,95	11,37	15,73	12,67	
Prediksi Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari [MPa]	18,96	24,46	24,01	26,07	17,49	24,2	19,49	

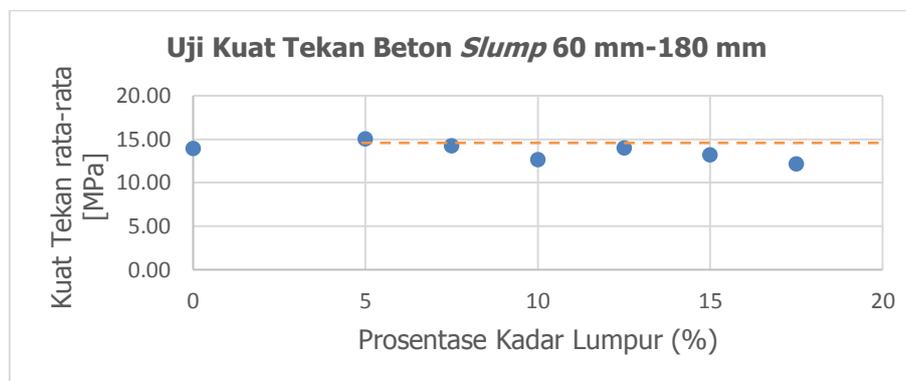
Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan *Slump* 60 mm-180 mm

Bahan	Kadar Lumpur [%]							
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5	
Berat Semen [kg/m ³]	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08	420,08	
Berat Air [kg/m ³]	236	236	236	236	236	236	236	
Berat Pasir [kg/m ³]	Pasir [kg/m ³]	928,51	882,08	858,87	835,66	812,45	789,23	766,02
	Lumpur [kg/m ³]	0	46,43	69,64	92,85	116,06	139,28	162,49
Total Berat Pasir [kg/m ³]	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51	928,51	
Berat Batu Pecah [kg/m ³]	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28	639,28	
<i>Slump</i> Aktual [mm]	90	85	125	80	75	75	65	
Kuat Tekan Uji Rata-rata 7 Hari [MPa]	13,92	15,06	14,24	12,65	13,98	13,21	12,15	
Prediksi Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari [MPa]	21,41	23,16	21,90	19,46	21,50	20,3	18,53	

Grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap kadar lumpur tertera pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap kadar lumpur dengan *slump* 30 mm-60 mm



Gambar 5. Grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap kadar lumpur dengan *slump* 60 mm-180 mm

4.2 Pembahasan

Berikut ini adalah pembahasan mengenai hasil penelitian:

1. Kuat tekan beton rata-rata umur 7 hari pada kondisi kadar lumpur 0% untuk *slump* 30 mm-60 mm mencapai 12,33 MPa. Hasil uji ini tidak mencapai kuat tekan beton yang diprediksi yaitu 19,5 MPa. Hal yang sama diperlihatkan pada *slump* 60 mm-180 mm, yaitu kuat tekan uji rata-rata mencapai 13,92 MPa. Penyebab tidak tercapainya kuat tekan beton tersebut diduga disebabkan oleh miringnya permukaan benda uji. Hal ini terjadi juga pada benda uji yang mengandung lumpur. Prediksi kuat tekan 28 hari menggunakan kuat tekan hasil uji 7 hari yang besarnya 65% dari kuat tekan 28 hari memiliki keakuratan yang sangat baik berdasarkan hasil penelitian dari Hermansyah, F. (2019). Hasil penelitian Hermansyah ini diperlihatkan pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.

Tabel 8. Hasil Uji Tekan Beton dengan Kuat Tekan Target 27,38 MPa

Uraian	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
Modulus Kekhalusan Gabungan	4,001	4,242	4,408	4,575	4,742
Kuat tekan 7 hari [MPa]	19,87	18,09	18,25	18,66	19,11
Kuat tekan 28 hari [MPa]	29,1	29,4	29,4	28,8	29,8
Uraian	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5
Modulus Kekhalusan Gabungan	4,001	4,001	4,001	4,001	4,001
Kuat tekan 7 hari [MPa]	18,32	19,31	18,85	17,92	17,12
Kuat tekan 28 hari [MPa]	28,6	28,9	28,7	27,8	27,1

(Sumber: Hermansyah, F., 2019)

Tabel 9. Hasil Uji Tekan Beton dengan Kuat Tekan Target 47,38 MPa

Uraian	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
Modulus Kehalusan Gabungan	4,001	4,242	4,408	4,575	4,742
Kuat tekan 7 hari [MPa]	31,1	32,14	31,16	32,1	32,7
Kuat tekan 28 hari [MPa]	48,6	48,7	48,5	48,1	48,6
Uraian	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5
Modulus Kehalusan Gabungan	4,001	4,001	4,001	4,001	4,001
Kuat tekan 7 hari [MPa]	32,5	32,3	31,6	30,6	29,3
Kuat tekan 28 hari [MPa]	48,1	48,1	47,8	47,1	45,8

(Sumber: Hermansah, F., 2019)

2. Kuat tekan kadar lumpur 0% lebih rendah dari kuat tekan pada kadar lumpur 5%. Kadar lumpur yang diizinkan adalah 5% sehingga kuat tekan beton dianggap tidak mengalami penurunan. Mengingat hasil uji kuat tekan pada kadar lumpur 0% lebih rendah dari kuat tekan beton ada kadar lumpur 5% maka untuk mengevaluasi kuat tekan beton pada kadar lumpur yang lebih dari 5% digunakan kuat tekan beton pada kadar lumpur 5% sebagai acuan.
3. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kuat tekan beton terjadi pada kadar lumpur lebih dari 5%. Hasil sesuai dengan dugaan kajian teoritis menggunakan pola runtuh mortar pada beton. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada kadar lumpur 5% sampai dengan kadar lumpur 15% mencapai maksimal 16%.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai kandungan lumpur pasir pada campuran beton, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak kandungan lumpur pasir yang terdapat pada campuran beton maka kuat tekan beton akan mengalami penurunan, berdasarkan kajian teoritis pola runtuh mortar pada beton, kandungan lumpur ini akan menghalangi lekatan antara pasta semen dengan permukaan agregat halus, yang berakibat kuat tekan beton berkurang.
2. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada beton yang memiliki kandungan lumpur pasir lebih dari 5%.
3. Penurunan kuat tekan beton relatif kecil terjadi pada kadar lumpur pasir 5% sampai dengan kadar lumpur pasir 15%.

6. SARAN

Penelitian ini perlu dilakukan uji kuat tekan beton kembali pada kandungan lumpur 0% dan kandungan lumpur 5% dalam campuran beton, mengingat hasil uji kuat tekan beton rata-rata umur 7 hari kandungan lumpur 0% lebih kecil dari kandungan lumpur 5%. Secara teoritis seharusnya kuat tekan beton yang tidak mengandung lumpur, memiliki kuat tekan beton yang lebih besar dari beton yang mengandung lumpur karena tidak ada yang menghalangi lekatan antara permukaan agregat halus dengan pasta semen. Uji kuat tekan beton ini berlaku untuk *slump* 30 mm-60 mm dan *slump* 60 mm-180 mm

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Attar, T. S. (2013). A Quantitative Evaluation of Bond Strength Between Coarse Aggregate and Cement Mortar in Concrete. *European Scientific Journal*, 9(6), 46-61.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Hermansyah, F. (2019). *Studi Mengenai Pengaruh Ukuran Maksimum Agregat Kasar pada Campuran Beton Memadat Sendiri (SCC). Tugas Akhir*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Nasional - Bandung.
- Priastiwi, Y. A. (2013). *Studi Pengaruh Kadar Lumpur pada Agregat Halus dalam Mutu Beton. Tugas Akhir*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil - Universitas Diponegoro.
- Sayogyo, H. (2006). *Studi Pengaruh Kadar Lumpur pada Beton Normal dan Mutu Tinggi. Tugas Akhir*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil - Universitas Mercu Buana.
- Septianto, H. (2012). *Pengaruh Kandungan Lumpur pada Agregat Halus terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Normal. Tugas Akhir*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil - Universitas Muhammadiyah.