

KAJIAN KUAT LENTUR BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON ($f_c' = 25$ MPa) MENGGUNAKAN PASIR SUNGAI MUSI

Sari Farlianti*, Sapta *

*Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IBA

email: sapta303@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dengan menggunakan bahan dan *Job Mix Formula* (JMF) yang sama dan dilakukan pembuatan benda uji secara bersamaan dengan pembuatan campuran beton dalam satu adukan. Untuk pembuatan benda uji kuat tekan menggunakan cetakan silinder dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm, sedangkan untuk pengujian kuat lentur, digunakan benda uji dengan ukuran 150mm x 150mm x 600mm. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 1974;1990 dan ASTM C39M, pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 2834;2002. Dari hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,06 MPa sedangkan kuat tekan rata-rata rencana dalam disain campuran beton (*Job Mix Design*) sebesar 34,84MPa (dengan margin 9,84MPa), akan tetapi melampaui kuat tekan yang disyaratkan sebesar 25 MPa dengan benda uji yang tidak memenuhi syarat sebesar 5% ($k=1,64$), ini mengindikasikan ikatan antara mortar dan agregat kasar kurang baik. Untuk kuat lentur yang dihasilkan berdasarkan hasil uji di laboratorium didapatkan kuat lentur rata-rata sebesar 3,28 MPa dengan Momen Retak (*crack*) berdasarkan SNI 2847;2013 sebesar 1.84.500 N.mm, lebih besar dari Momen Retak berdasarkan hasil uji kuat tekan dengan menggunakan rumus runtuh SNI 2847;2013, yaitu sebesar 1.743.750 N.mm, mengindikasikan bahwa pada penelitian ini disain campuran beton dan pembuatan benda uji telah sesuai prosedur.

Kata kunci : *Kuat Lentur, Kuat Tekan, Momen Retak.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagaimana kita ketahui beton merupakan salah satu material yang dibuat melalui proses pencampuran beberapa material dasar yaitu semen, agregat kasar dan halus, dan air. Komposisi campuran beton sangat dipengaruhi oleh agregat yang digunakan terutama pasir, semakin halus pasir yang digunakan semakin besar penyerapan terhadap air.

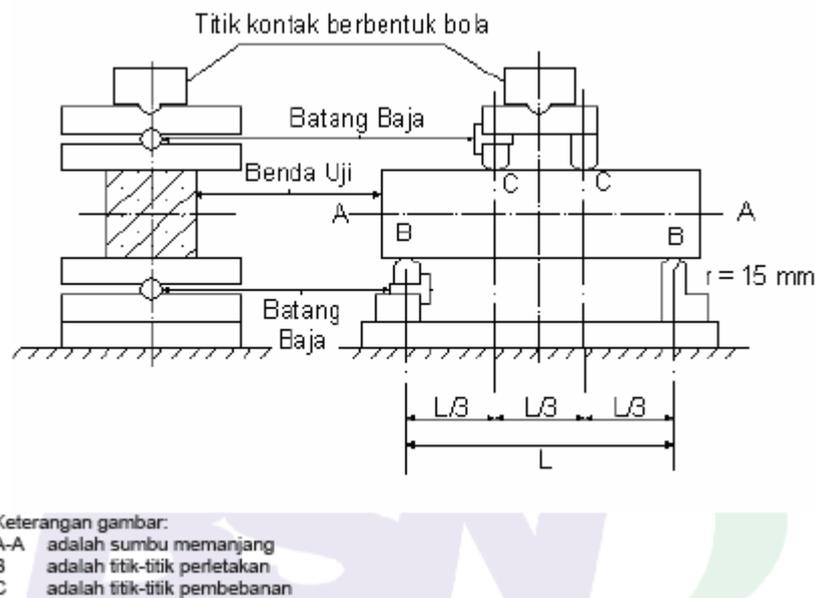
Kuat tekan beton yang dihasilkan dari beton sangat dipengaruhi oleh ikatan mortar atau pasta yang terdiri dari campuran semen, air dan pasir, sebagaimana penjelasan diatas semakin halus pasir yang digunakan semakin besar penyerapannya terhadap air, hal ini mengakibatkan penggunaan air bertambah pada campuran beton, sehingga akan meningkatkan faktor air semen (FAS) yang berdampak kepada penurunan mutu beton. Untuk mempertahankan FAS tentunya perlu penambahan jumlah semen yang digunakan sehingga akan meningkatkan biaya produksi beton itu sendiri. Selain itu pasir yang halus biasanya banyak kandungan lumpur dan zat organik yang harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan.

Selain kuat tekan (f_c') yang merupakan besaran gaya tekan persatuan luas penampang silinder diameter 15cm dengan tinggi 30cm, diperlukan juga data kuat lentur yang dapat didefinisikan sebagai kemampuan penampang melintang balok beton untuk menahan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu balok tersebut. Uji kuat lentur pada beton digunakan untuk mengetahui besarnya Modulus hancur (f_r) daripada penampang balok akibat lentur. Penggunaan data Modulus hancur tersebut digunakan untuk mengetahui besarnya momen retak yang terjadi.

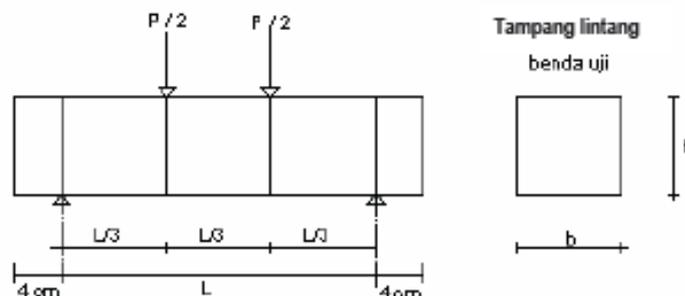
2.2. Kuat Lentur Beton

Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar (E. G Navy, 2009). Karena itu perencana harus mendisain penampang elemen pada balok sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada saat beban kerja, dan masih mempunyai keamanan yang cukup dan kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan (E. G Navy, 2009).

Kuat lentur beton menurut SNI 4431;2011, adalah kemampuan balok beton yang diletakan diatas dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal (MPa)* gaya persatuan luas.



Gambar 2.1. Benda uji, perletakan dan pembebanan (SNI 4431;2011)

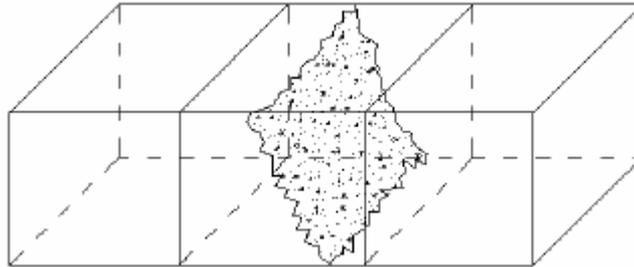


Keterangan gambar:
L adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)
b adalah lebar tampak lintang benda uji (cm)
h adalah tinggi tampak lintang benda uji (cm)
P adalah beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

Gambar 2.2. Garis-garis perletakan dan pembebanan (SNI 4431;2011)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Untuk pengujian dimana bidang patah terletak didaerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) seperti pada gambar dibawah ini,

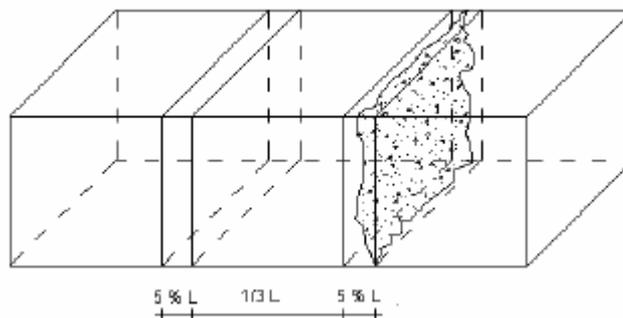


Gambar 2.3. Patah pada 1/3 bentang tengah (SNI 4431;2011)

Maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots \dots \dots (2)$$

- b) Untuk pengujian dimana bidang patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan seperti pada gambar dibawah ini,

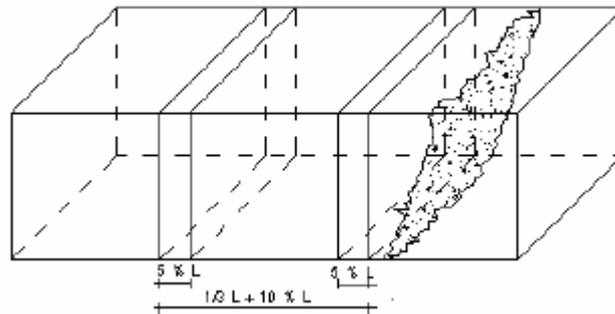


Gambar 2.4. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah < 5% dari bentang (SNI 4431;2011)

Maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P.a}{b.h^2} \dots \dots \dots (3)$$

Apabila patah diluar kondisi a dan b diatas, seperti terlihat pada gambar dibawah ini, maka hasil pengujian tidak dapat digunakan.



Gambar 2.5. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah > 5% dari bentang (hasil pengujian tidak digunakan). (sumber: SNI 4431;2011)

Keterangan notasi-notasi diatas:

- σ_1 = kuat lentur benda uji (MPa)
- P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (dalanton sampai 3desimal)
- L = Jarak (bentang) antara dua sisi garis perletakan (mm)
- b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada susut dari bentang (mm)

Kuat lentur beton menurut SNI 2847;2013, dinyatakan sebagai modulus hancur (*rupture*) beton dalam satuan *Mega Pascal* (MPa), yang dinyatakan dengan rumus berikut:

$$f_r = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (4)$$

Momen retak penampang beton menurut SNI 2847;2013 dapat dinyatakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$M_r = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

- f_r = modulus hancur (*rupture*) atau kuat lentur beton dalam MPa
- λ = 1, untuk beton normal
- f_c' = kekuatan beton yang disyaratkan (MPa)
- I_g = momen inersia penampang beton (mm⁴)
- y_t = tinggi dari sumbu balok ke serat tarik penampang (mm)

2.3. Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 1970:2008, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75mm (lolos saringan No. 4).

Agregat halus dalam beton berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antara agregat kasar. Agregat halus yang digunakan untuk campuran pembuatan beton memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi. Menurut SNI S-04-1989-F syarat-syarat tersebut adalah:

- a. Terdiri dari butir-butir tajam, dan keras.
- b. Butiran bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca, yaitu terik matahari dan hujan.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut ini.

- Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
- Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- d. Tidak mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- e. Tidak mengandung bahan organik terlalu banyak, dapat di uji dengan percobaan warna dari Abrams – Harder. Bila direndam dalam larutan 31 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan perbandingan.
- f. Modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dan punya butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, mak 2 % dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat.
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat.
- g. Tidak boleh adanya alkali dalam kandungannya

Gradasi agregat halus dikelompokkan kedalam empat zone (daerah) seperti dijelaskan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 2.1. Batas Gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat yang lewat ayakan			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

2.4. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi. Menurut SK SNI S-04-1989-F syaratsyarat tersebut adalah:

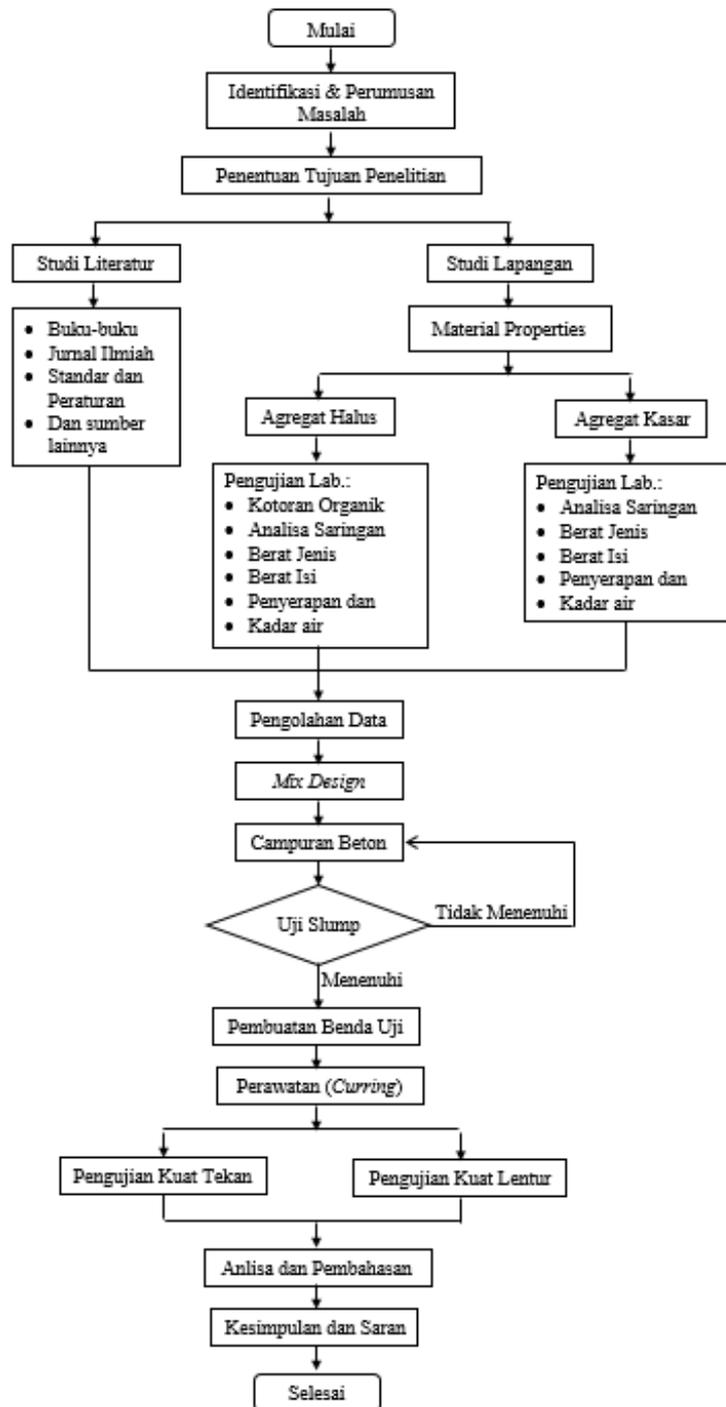
- a. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.
- b. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruhpengaruh cuaca.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- e. Modulus halus butir antara 6 – 7,1 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Tabel 2. 1. Batas Grdasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12.5	-	-	90 – 100
10	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4.8	0 – 5	0 - 10	0 – 10

3. METODE PENELITIAN

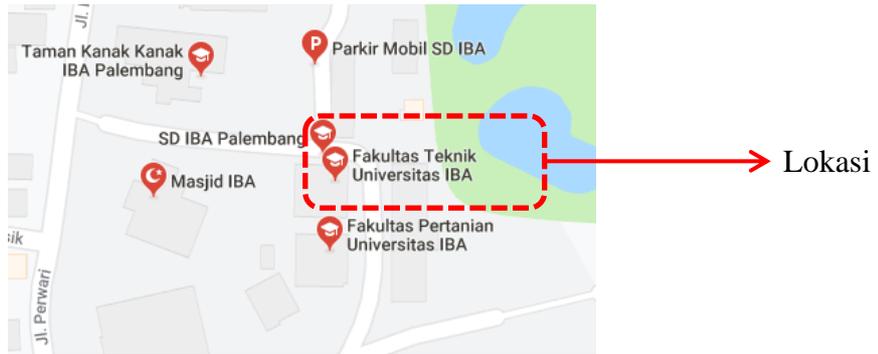
3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Fakultas Teknik Universitas IBA, sedangkan material yang digunakan khususnya agregat halus menggunakan material lokal yang ada di kota Palembang yaitu pasir sungai Musi.



Gambar 3.2. Lokasi penelitian

3.3. Data Pemeriksaan Pasir Sungai Musi

A. Kotoran Organik

Dari hasil pemeriksaan kotoran organik berdasarkan standar warna Hellitage Tester, didapatkan hasil pasir sungai Musi berwarna coklat (gambar 3.3), sesuai dengan SNI S04:1989-F



Gambar 3.3. Pengujian Kotoran Organik

B. Berat Isi

Tabel 3.1. Pemeriksaan Berat Isi Lepas

LEPAS		UNIT	I	II
A.	Berat Tempat	gr	3345,00	3345,00
B.	Berat Tempat+Benda Uji	gr	7070,00	7070,00
C.	Berat Benda Uji	gr	3725,00	3695,00
D.	Isi Tempat = $(1/4 \cdot \pi \cdot D^2) \cdot t$	gr/cm ³	2984,15	2984,15
E.	Berat Isis Benda Uji = C/D	gr/cm ³	1,25	1,24
F.	Berat Isi Rat-rata = $(\Sigma E)/n$		1,2432	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 3.2. Pemeriksaan Berat Isi Padat

PADAT		UNIT	I	II
A.	Berat Tempat	gr	3345,00	3345,00
B.	Berat Tempat+Benda Uji	gr	7682,00	7686,00
C.	Berat Benda Uji	gr	4337,00	4341,00
D.	Isi Tempat = $(1/4 \cdot \pi \cdot D^2) \cdot t$	gr/cm ³	2984,15	2984,15
E.	Berat Isis Benda Uji = C/D	gr/cm ³	1,4533	1,4546
F.	Berat Isi Rat-rata = $(\Sigma E)/n$		1,4540	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

C. Analisa Saringan

Tabel 3.3. Pemeriksaan Analisa Saringan

Nomor Saringan	Berat Kosong	Berat Berisi	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
	(a)	(b)	(c) = (b)-(a)	(d)	(e)	(f)=100%-(e)
No. 4	422,15	473,3	51,58	51,58	2,06	97,94
No. 8	349,13	353,18	4,05	55,63	2,23	97,77
No. 20	372,18	465,70	93,52	149,15	5,97	94,03
No. 30	293,33	607,40	314,07	463,22	18,53	81,47
No. 50	305,25	1730,00	1424,75	1887,97	75,52	24,48
No. 100	317,50	910,00	592,5	2480,47	99,22	0,78
No. 200	281,05	300,00	18,95	2499,42	99,98	0,02
PAN						
Jumlah Persentase Tertahan					303%	
<i>Finers Modulus</i>					3,03	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

D. Berat Jenis

Tabel 3.4. Pemeriksaan Berat Jenis

	I	II	Rata-rata	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) 500	500,00	500,00	500,00	gr
Berat benda uji kering oven (B_k)	490,15	486,57	488,36	gr
Berat piknometer diisi air (25°C) (B)	651,60	657,15	654,38	gr
Berat piknometer + benda uji (SSD)+air (25°C) (B_t)	951,30	958,39	954,85	gr
Berat jenis ($Bulk$)	$\frac{(B_k)}{(B + 500 - B_t)}$	2,45	2,45	2,45
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{(500)}{(B + 500 - B_t)}$	2,50	2,52	2,51
Berat jenis semu ($apparent$)	$\frac{(B_k)}{(B + B_k - B_t)}$	2,57	2,63	2,60
Penyerapan	$\frac{(500 - B_k)}{(B_k)}$	2,01	2,76	2,38

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

3.4. Data Campuran Beton

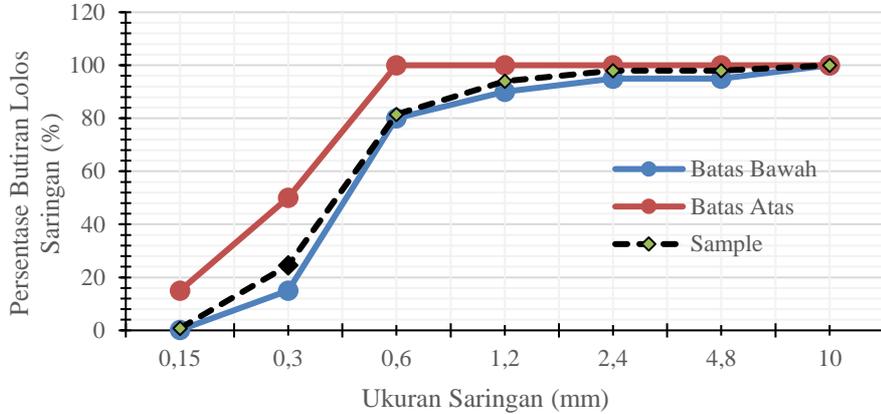
Pada penelitian ini *Job Mix Formula* (JMF) berdasarkan SNI 2834;1993, menggunakan semen type I, split 2-3mm ex baturaja, pasir ex. sungai Musi dan Air PDAM Tirta Musi dengan mutu beton 25 MPa. Adapun rincian campuran beton adalah sebagai berikut:

Semen type I = 411,76 kg/m³
 Air = 210 kg/m³
 Pasir = 744,23 kg/m³
 Split 2-3 = 1027,75 kg/m³
 FAS (w/c) = 0,51

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Pasir

A. Analisa Saringan



Gambar 4.1. Grafik hasil Analisa Saringan Zona IV

Dari hasil *ploting* hasil analisa saringan didapatkan bahwa pasir masuk kedalam zona IV, dimana pasir termasuk dalam pasir halus.

B. Pemeriksaan kotoran organik

Dari hasil pemeriksaan kotoran organik dengan menggunakan standar warna Hellitage Tester didapatkan pasir berwarna coklat, artinya pasir harus dicuci sebelum digunakan untuk campuran beton.

4.2. Hasil Uji Slump, Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Tabel 4.1. Hasil Uji Slump

Benda Uji	Faktor Air Semen (w/c)	Interval Slump yang di Izinkan (mm)	Hasil Uji Slump (mm)
1	0,51	30-60	40
2			
3			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil uji slump yang dilakukan terhadap campuran beton adalah sebesar 40 mm dimana memenuhi batasan yang ditentukan untuk FAS 0,51.

Tabel 4.2. Hasil Uji Tekan

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	
		Hasil Uji	Rata-rata
1	34,84	25,44	25,06
2		26,29	
3		23,46	

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari hasil uji tekan pada tabel diatas terlihat kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan SNI 2847;2013 untuk benda uji kurang dari 15 buah sebesar 34,84 MPa tidak tercapai, hal ini mengindikasikan ikatan antara pasta/mortar dan agregat kasar kurang baik dikarenakan kondisi pasir yang digunakan.



Gambar 4.2. Agregat kasar terlepas dari ikatan pada saat uji tekan di laboratorium

Tabel 4.3. Hubungan Hasil Uji Lentur terhadap Hasil Uji Kuat Tekan Umur 28 Hari

Benda Uji	Kuat Tekan, f_c' (MPa)		Kuat Lentur, f_r (MPa)		Kuat Lentur, f_r Berdasarkan SNI 2847;2013 (MPa)		Persentase (%)	
	Hasil Uji	Rata-rata	Hasil Uji	Rata-rata	$0,62 \cdot \sqrt{f_c'}$	Rata-rata	Kenaikan	Penurunan
1	25,44	25,06	3,25	3,28	3,13	3,1033	5,69	-
2	26,29		3,13		3,18			
3	23,46		3,47		3,00			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data tabel diatas kuat lentur rata-rata hasil pengujian dibandingkan dengan kuat lentur rata-rata dengan menggunakan rumus modulus runtuh didapatkan hasil uji kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan modulus runtuh hasil uji kuat tekan.

Tabel 4.4. Hubungan Hasil Uji Lentur terhadap Kuat Tekan Beton Rencana f_c' 25MPa

Benda Uji	Kuat Tekan, f_c' (MPa)	Kuat Lentur, f_r (MPa)		Kuat Lentur, f_r Berdasarkan SNI 2847;2013 (MPa)		Persentase (%)	
	Rencana	Hasil Uji	Rata-rata	$0,62 \cdot \sqrt{f_c'}$	Rata-rata	Kenaikan	Penurunan
1	25	3,25	3,28	3,10	3,10	5,80	-
2		3,13		3,10			
3		3,47		3,10			

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data tabel diatas kuat lentur rencana dibandingkan dengan kuat lentur rata-rata dengan menggunakan rumus modulus runtuh didapatkan hasil uji kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan modulus runtuh SNI 2847;2013.

Terlihat dari hasil analisa pada tabel 4.3 dan 4.4, dengan menggunakan rumus modulus runtuh SNI 2847;2013 didapatkan hasil yang dengan hasil uji kuat lentur di labortarium, hal ini

mengindikasikan bahwa disain campuran beton dan pembuatan benda uji telah mengikuti prosedur yang berlaku.

4.3. Momen Retak

A. Berdasarkan Hasil Uji Tekan

$$M_r = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = 1.84.5000 \text{ N.mm}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} f_r &= 3,28 \text{ MPa} \\ I_g &= 42.187.500 \text{ mm}^4 \\ Y_t &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

B. Berdasarkan Kuat Lentur Rencana SNI 2847;2013

$$M_r = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = 1.743.750 \text{ N.mm}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} f_r &= 3,1 \text{ MPa} \\ I_g &= 42.187.500 \text{ mm}^4 \\ Y_t &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bila dilihat dari hasil perhitungan momen retak balok diatas terlihat, momen retak dengan menggunakan data hasil uji kuat lentur di laboratorium lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kuat lentur berdasarkan kuat tekan rencana $f_c' 25\text{MPa}$, selisihnya sebesar 101250 N (1,06 kali momen retak kuat lentur rencana)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan diatas dan untuk menjawab permasalahan yang ada, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pasir Sungai Musi merupakan pasir halus (zone IV) dan banyak mengandung zat organik, sehingga perlu perlakuan khusus agar bisa digunakan untuk campuran beton khususnya untuk kuat tekan 25 MPa.
2. Bila dilihat dari hasil kuat tekan dan kuat lentur, penggunaan pasir sungai Musi sebagai campuran beton masih memenuhi mutu beton $f_c' 25 \text{ MPa}$, akan tetapi kuat tekan rata-rata yang direncanakan berdasarkan JMF tidak tercapai.
3. Momen retak yang dihasilkan berdasarkan SNI 2847;2013 melalpui sebesar 1,06 kali momen retak kuat lentru rencana.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas disarankan untuk para peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian mengenai:

1. Pasir Sungai Musi sebagai campuran beton tanpa melakukan pencucian untuk dijadikan campuran beton;
2. Perbandingan dengan menggunakan pasir dari sungai lain seperti sungai ogan atau lematang yang ada di wilayah terdekat.
3. Kombinasi pasir dengan beragam variasi.

DAFTAR PUSTAKA

Nawy, E. G., (2009), *Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

SNI 4431:2011, (2011), *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pemebeban*, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.

SNI 2847:2013, (2013), *Pesyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.

SNI S-04:1989-F, (1989), *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.

SNI 03-2834:2000, (2000), *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta.