

STUDI KINERJA LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN PASIR PANTAI

Sofyan Kamarullah¹, Arbain Tata², Sabaruddin³

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Khairun

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Khairun

Jalan Jusuf Abdulrahman Kampus II Gambesi Kota Ternate Selatan, Indonesia

*sovyalif28@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lentur balok beton bertulang dengan agregat pasir pantai dibandingkan dengan balok beton bertulang dengan agregat pasir normal. Terdapat 4 varian model penulangan yang digunakan dengan masing-masing varian dibuat 2 sampel untuk beton pasir Kalumata (BN) dan beton pasir pantai Loto (BPP). Pemeriksaan kuat beton menunjukkan beton pasir pantai 12,5% lebih rendah dibandingkan beton pasir normal. Perilaku lentur balok beton pasir pantai (BBPP) menunjukkan ketahanan beban dan lendutan balok lebih rendah dibandingkan balok beton normal (BBN). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir pantai menyebabkan kepadatan beton menjadi berkurang sehingga beton cenderung menjadi kaku atau tidak elastis. Secara keseluruhan pola keruntuhan balok yang didapat pada balok beton pasir pantai Loto (BBPP) dan balok beton pasir Kalumata (BBN) adalah sama yaitu keruntuhan lentur.

Kata kunci—*Kinerjia Lentur, Pasir Pantai, Balok, Beton Bertulang*

Abstract

This study aims to analyze the flexural performance of sand reinforced concrete beams compared to normal sand reinforced concrete beams. There are 4 variants of the reinforcement model used with each variant made 2 samples for Kalumata sand concrete (BN) and Loto beach sand concrete (BPP). The concrete strength examination showed that beach sand concrete was 12.5% lower than normal sand concrete. The bending behavior of the beach sand concrete beam (BBPP) shows that the load resistance and deflection of the beam are lower than the normal concrete beam (BBN). Based on the results of the study, it can be concluded that the use of beach sand causes the density of the concrete to decrease so that the concrete tends to become stiff or inelastic. Overall the pattern of failure of the beams obtained for Loto beach sand concrete blocks (BBPP) and Kalumata sand concrete blocks (BBN) is the same, namely flexural failure.

Keywords : *Flexural Performance, Beach Sand, Beams, Reinforced Concrete*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan kemajuan industri yang semakin berkembang pesat memacu peningkatan pembangunan di segala sektor kehidupan, seiring dengan peningkatan jumlah populasi penduduk, kebutuhan akan rumah juga meningkat. Rumah sebagai tempat tinggal merupakan kebutuhan primer setelah makanan dan pakaian. Secara fisik rumah memiliki bagian

dinding, atap, pintu, jendela, dan lantai yang didesain sesuai iklim di negara tropis seperti Indonesia (Aryadi, 2010).

Secara umum diketahui bahwa berbagai bangunan dibangun menggunakan beton sebagai bahan utama, baik bangunan gedung, bangunan air, maupun bangunan sarana transportasi. Beton tersebut terdiri dari pencampuran antara agregat halus (pasir), agregat kasar (split), dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan (Mulyono, 2003).

Selain itu umumnya diketahui bahwa komponen penyusun utama pada beton adalah agregat. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Pemakaian agregat alam sebagai komponen penyusun utama pada beton yang harus diperhatikan ketersediaannya. Hal itu dikarenakan tidak semua daerah memiliki potensi ketersediaan agregat alam yang sama. (Imran., & Yunus, M., 2017).

Salah satu contoh kasus keterbatasan agregat halus yang dapat diketahui adalah pada pembangunan di daerah pesisir pantai khususnya di Kecamatan Mangoli Barat, Desa Leko Kadai Kabupaten Halmahera Tengah, dimana pekerjaan yang berkaitan dengan pekerjaan beton yang masih menggunakan pasir pantai dari pesisir pantai dan dijadikan sebagai bahan agregat halus dalam pembuatan beton. Meski pemakaian pasir laut ini masih memiliki kekurangan seperti mengandung garam sulfat yang lama kelamaan dapat merusak beton, namun penggunaan pasir laut masih dijadikan masyarakat sebagai salah satu alternatif utama bahan bangunan yaitu bahan agregat halus. Hal ini dikarenakan jauhnya jarak yang ditempuh untuk mendapatkan agregat halus berupa pasir sungai atau pasir gunung, sehingga keadaan tersebut mengakibatkan harga pasir sungai atau pasir gunung menjadi lebih mahal (Tata, A., dkk., 2017).

Berdasarkan uraian masalah terkait penggunaan pasir pantai pada beton dan aplikasinya pada struktur balok, dapat kita lihat bahwa terdapat beberapa kondisi khusus yang memungkinkan penggunaan pasir pantai pada beton bertulang. Namun karena efek komposisi laut pada pasir pantai cukup buruk pada beton atau tulangan baja karena dapat mengakibatkan perubahan kinerja struktur terutama pada struktur balok yang dominan pada kinerja lentur, maka pasir pantai sangat dihindari untuk digunakan pada struktur bangunan. Oleh itulah, perlu dilakukan pengkajian yang lebih lagi untuk melihat penggunaan pasir pantai pada struktur balok beton bertulang, dalam hal ini penulis akan melakukan studi terkait dengan "Kinerja Lentur Balok Beton Bertulang Yang Menggunakan Pasir Pantai".

Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini secara teoritis merupakan pasir yang jelek untuk digunakan pada konstruksi bangunan karena mengandung banyak mineral laut, seperti garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara di siram atau cuci dengan air tawar sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang. (Tjokrodimulyo, 1992).

Pasir pantai memiliki banyak varian jenis tergantung dengan kandungan yang ada dalam pasir pantai. Secara umum jenis pasir pantai yang dominan dapat ditemui di Indonesia adalah pasir pantai putih, pantai coklat, dan pasir pantai hitam. Ketiga varian pasir pantai tersebut memiliki kandungan yang berbeda. Pasir pantai putih didominasi dengan kandungan SiO_2 (*Silicon Diodksida*) sehingga menyebabkan pasir pantai berwarna putih, pasir pantai coklat didominasi kandungan SO_3 (*Sulfur Trioksida*) sehingga menyebabkan warna pasir berwarna coklat muda, dan pasir pantai hitam Fe_3O_4 (*Feriodksida*) sehingga menyebabkan warna pasir didominasi warna hitam. (Saniah et al, 2014).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, sehingga pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara langsung di Laboratorium Struktur dan Bahan dengan maksud untuk mendapat data aktual secara langsung di lapangan.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam tahapan-tahapan sesuai dengan rencana penelitian. Adapun tahapan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap I: studi pustaka

Pada tahapan ini dilakukan pencarian referensi dari penelitian terdahulu, jurnal dan buku terkait topik penelitian.

2. Tahap II: persiapan bahan

Setelah pengkajian mengenai topik penelitian, kemudian dilanjutkan dengan persiapan bahan untuk benda uji yang direncanakan. Adapun bahan yang disiapkan adalah sebagai berikut:

- Agregat halus yang digunakan pada penelitian adalah pasir pantai dari Pantai Kelurahan Loto dan pasir normal dari *quarry* Kalumata.
- Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini diambil dari *quarry* Kalumata.
- Air yang digunakan merupakan air bersih yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun.
- Semen *Portland* tipe I (Tonasa) dan baja tulangan (BJTP-24) disiapkan dari toko material di Kota Ternate.

3. Tahap III: pemeriksaan bahan

Setelah bahan telah disiapkan, kemudian dilanjutkan pengujian bahan. Pengujian bahan meliputi pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kelayakan agregat yang digunakan.

4. Tahap IV: perencanaan komposisi campuran beton

Setelah pemeriksaan bahan, kemudian dilanjutkan dengan perencanaan komposisi campuran berdasarkan data karakteristik bahan dari hasil pemeriksaan. Tata cara perencanaan komposisi campuran mengacu pada SNI 2834-2011.

5. Tahap V: pengecoran dan pemeriksaan slump

Setelah komposisi campuran telah direncanakan, kemudian dilanjutkan dengan pengecoran beton sekaligus pemeriksaan *slump* campuran beton sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Langkah-langkah pengecoran dan pemeriksaan *slump* :

- Menyiapkan bahan-bahan campuran beton sesuai komposisi yang direncanakan.
- Menyiapkan alat *mixer*, corong *slump*, dan alat bantu lainnya.
- Setelah persiapan selesai dilanjutkan dengan proses pencampuran bahan, dengan pencampuran awal dimulai dengan mencampurkan agregat halus dan semen di dalam *mixer*.
- Setelah campuran sebelumnya merata, dilanjutkan mencampurkan agregat kasar ke dalam *mixer* hingga campuran beton merata.
- Setelah itu, dilanjutkan dengan mencampurkan air ke dalam campuran sebelumnya di dalam *mixer* hingga keseluruhan bahan campuran beton merata atau *homogen*.
- Setelah campuran beton sudah merata, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan slump. Dimana corong *slump* disiapkan di atas pelat yang rata dan sudah dibersihkan dengan kain basah.
- Kemudian dilanjutkan dengan mengisi campuran beton ke dalam corong *slump*. Pengisian campuran beton ke corong *slump* dilakukan sebanyak 1/3 ukuran corong sembari ditusuk sebanyak 30 kali dengan batang logam hingga merata.
- Setelah itu campuran pada corong *slump* diratakan dan didiamkan selama ± 30 detik, kemudian corong diangkat tegak lurus ke atas.
- Setelah itu, dilakukan pengukuran ketinggian campuran dengan alat pengukur atau sejenisnya. Toleransi nilai slump adalah ± 2 cm.

6. Tahap VI: pembuatan benda uji

Setelah campuran benda uji memenuhi batasan *slump*, kemudian dilanjutkan dengan pencetakan benda uji. Benda uji yang dibuat terdiri dari silinder dan balok beton bertulang.

a. Benda uji silinder

Benda uji silinder berdimensi 15 x 30 cm, dengan jumlah benda uji dibuat sebanyak 10 buah silinder untuk beton pasir normal (BN) dan 10 buah silinder untuk beton pasir pantai (BPP). Dimana jumlah sampel yang disiapkan untuk pengujian adalah 4 silinder untuk pengujian kuat tekan, 4 silinder untuk pengujian kuat tarik belah, dan 2 silinder untuk pengujian modulus elastisitas beton.

Tabel 1 Rencana benda uji silinder

Jenis Benda Uji	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji Pengujian				Umur Rencana (hari)
		Kuat Tekan	Tarik Belah	Modulus Elastis	Total	
Beton beragregat pasir normal	BN	4	4	2	10	28
Beton beragregat pasir pantai	BPP	4	4	2	10	28

Langkah-langkah pembuatan benda uji silinder:

- Menyiapkan campuran beton yang telah dibuat dan diperiksa sesuai dengan langkah-langkah pengecoran dan pengujian *slump*.
- Setelah campuran beton siap, kemudian campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder.
- Proses pencetakan dilakukan secara perlahan, dimana campuran beton dimasukkan sebanyak $1/3$ sembari dipadatkan dengan batang logam hingga pengisian pada cetakan penuh.
- Setelah itu, dipadatkan lagi campuran dalam cetakan menggunakan alat *vibrator* selama 30 – 120 detik.
- Setelah itu, campuran diratakan dan diberikan kode benda uji. Kemudian diamkan selama 1 hari untuk pembongkaran cetakan.
- Setelah 1 hari, bongkar cetakan silinder untuk dilanjutkan dengan proses perawatan pada benda uji silinder beton.

b. Benda uji balok

Dimensi benda uji balok yang direncanakan adalah 10 x 15 cm dengan panjang balok 120 cm. Benda uji dibuat sebanyak dua tipe, yaitu balok beton bertulang pasir normal (BBN) dan balok beton bertulang pasir pantai (BBPP). Benda uji direncanakan memiliki tiga variasi berdasarkan varian rasio tulangan atau model penulangan balok.

Langkah-langkah pembuatan benda uji balok :

- Menyiapkan campuran beton yang telah dibuat dan diperiksa sesuai dengan langkah-langkah pengecoran dan pengujian *slump*.
- Setelah campuran beton siap, kemudian campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan balok.
- Proses pencetakan dilakukan secara perlahan, dimana campuran beton dimasukkan sebanyak $1/3$ sembari dipadatkan dengan batang logam hingga pengisian pada cetakan penuh.
- Setelah itu, dipadatkan lagi campuran dalam cetakan dengan menggunakan alat vibrator selama 30 – 120 detik.
- Setelah itu, campuran diratakan dan diberikan kode sampel. Kemudian diamkan selama 1-2 hari untuk pembongkaran cetakan.
- Setelah 1-2 hari, bongkar cetakan balok untuk dilanjutkan dengan proses perawatan pada benda uji silinder beton.

7. Tahap VII: perawatan benda uji

Perawatan benda uji silinder dilakukan dengan cara direndam di dalam bak air Laboratorium Struktur dan Bahan. Sedangkan perawatan benda uji balok dilakukan dengan menutupi benda uji menggunakan karung goni basah yang dikontrol kadar basahnya setiap hari hingga waktu perawatan berakhir. Perawatan benda uji dilakukan selama 28 hari sebelum benda uji digunakan untuk pengujian.

8. Tahap VIII: pengujian benda uji

Pengujian benda uji untuk silinder beton adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Sedangkan pengujian balok adalah pengujian kuat lentur.

a. **Pengujian kuat tekan silinder beton**

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan benda uji silinder yang akan diuji sesuai jumlah yang direncanakan.
- Mempersiapkan alat pengujian kuat tekan di Laboratorium Struktur dan Bahan.
- Meletakkan benda uji silinder pada alat uji kuat tekan, lalu diatur posisi benda uji pada bagian tengah alat.
- Menyalakan alat uji kuat tekan dan amati jarum dial alat uji yang menunjukkan kondisi pembebanan maksimum.
- Setelah beban sudah maksimum, matikan alat dan catat hasil pengujian yang didapat.

b. **Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton**

Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan benda uji silinder yang akan diuji sesuai dengan jumlah yang direncanakan.
- Mempersiapkan alat penahan benda uji silinder dan alat uji kuat tekan di Laboratorium.
- Pasang benda uji yang sudah dipasang penahan pada alat uji kuat tekan, lalu atur posisi benda uji pada bagian tengah alat.
- Kemudian nyalakan alat uji kuat tekan dan amati jarum dial alat uji yang menunjukkan kondisi pembebanan maksimum.
- Setelah beban sudah maksimum, matikan alat dan catat hasil pengujian yang didapat.

c. **Pengujian Modulus Elastisitas Silinder Beton**

Langkah-langkah pengujian modulus elastisitas sama dengan pengujian kuat tekan. Namun terdapat *dial gauge* sebagai pengukur deformasi.

d. **Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Bertulang**

Langkah-langkah pengujian kuat lentur balok beton bertulang adalah sebagai berikut :

- Atur posisi benda uji balok beton bertulang ke atas loading frame dan benda uji diletakkan di atas tumpuan dengan jarak tumpuan sesuai rencana.
- Atur posisi dial gauge di bagian tengah bawah balok untuk pengukuran lendutan pada saat benda uji dibebani. Pengukuran lendutan dilakukan pada satu titik, yaitu titik tengah bawah balok.
- Pengujian dan pengambilan data setiap benda uji dilakukan setiap penambahan beban 1,25 kN, dengan mencatat dial beban dan dial lendutan, lalu diamati dan menandai jalur retak awal (*cracks*) dengan spidol pada permukaan balok.
- Setelah benda uji mengalami keruntuhan, kemudian dilanjutkan dengan penggambaran pola retak yang terjadi.

9. Tahap IX: Hasil dan Kesimpulan

Data yang didapat kemudian dianalisa dan dibahas, setelah itu hasil yang diperoleh kemudian disimpulkan sesuai masalah yang dirumuskan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, berat jenis, penyerapan air, dan analisa butiran (saringan). Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat halus pasir Kalumata dan pasir Pantai Loto dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan		Spesifikasi	Standar Pengujian
	Pasir Normal	Pasir Pantai		
Kadar lumpur	2,5%	1,5%	0,2% -5%	ASTM C-117
Kadar air	3,5%	4,5%	3%-5%	ASTM C-566
Penyerapan	1,5%	4,7%	0,2%-2%	ASTM C-128
Bj kering oven	2,70	2,44	1,6 - 3,2	ASTM C-128
Bj SSD	2,74	2,56	1,6 - 3,2	ASTM C-128
BJ semu	2,82	2,77	1,6 - 3,2	ASTM C-128
Modulus kehalusan	2,4%	2,3%	1,5%-3,8%	ASTM C-128

Dari tabel 2, dapat dilihat hasil pengujian agregat pasir normal (Kalumata) secara keseluruhan memenuhi spesifikasi karakteristik agregat halus untuk beton. Sedangkan untuk hasil pengujian agregat pasir pantai Loto terdapat salah satu karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu penyerapan agregat sebesar 4,715% yang melebihi batas maksimum spesifikasi penyerapan air sebesar 2%. Hal ini menunjukkan karakteristik butiran pasir pantai Loto memiliki porositas yang tinggi, sehingga agregat akan lebih mudah dalam menyerap air yang dapat berefek pada kondisi komposisi campuran saat pengecoran. Oleh itulah, komposisi beton pasir pantai Loto direncanakan dalam kondisi SSD agar meminimalisir penurunan volume air pada campuran.

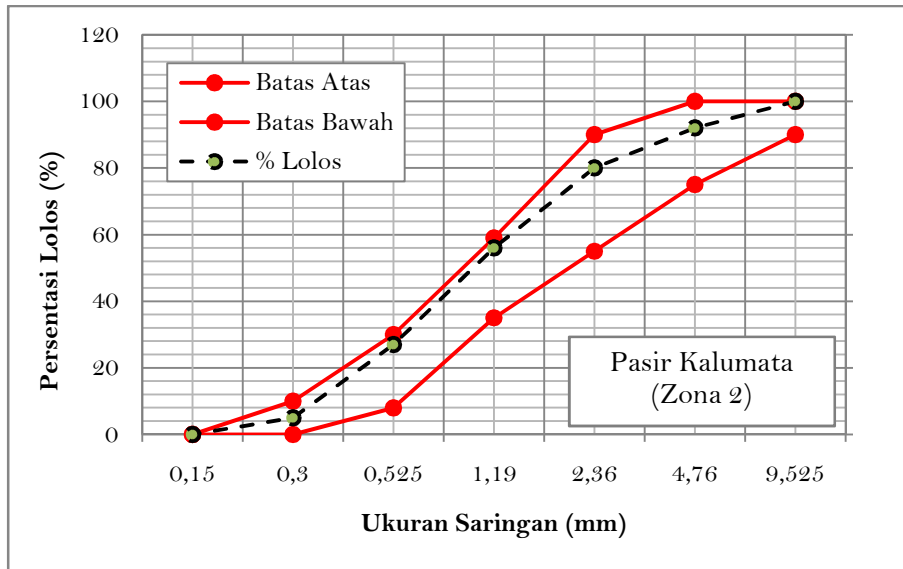
Gradasi akan berpengaruh pada kerapatan agregat halus pada beton sehingga perlu diperiksa kondisi gradasi butiran agregat halus.

Dari gambar1, dapat dilihat hasil pemeriksaan gradasi pasir Kalumata yang memenuhi batas gradasi, sehingga ukuran butiran cenderung bervariasi. Spesifikasi butiran untuk pasir Kalumata termasuk kategori zona 2 (Pasir Sedang menurut SNI 03-2834-2000).Sedangkan untuk hasil pemeriksaan gradasi pasir pantai Loto dapat dilihat pada gambar 2.Dari gambar 2, dapat dilihat kategori ukuran butiran untuk pasir pantai Loto adalah zona 3 (pasir sedikit kasar).

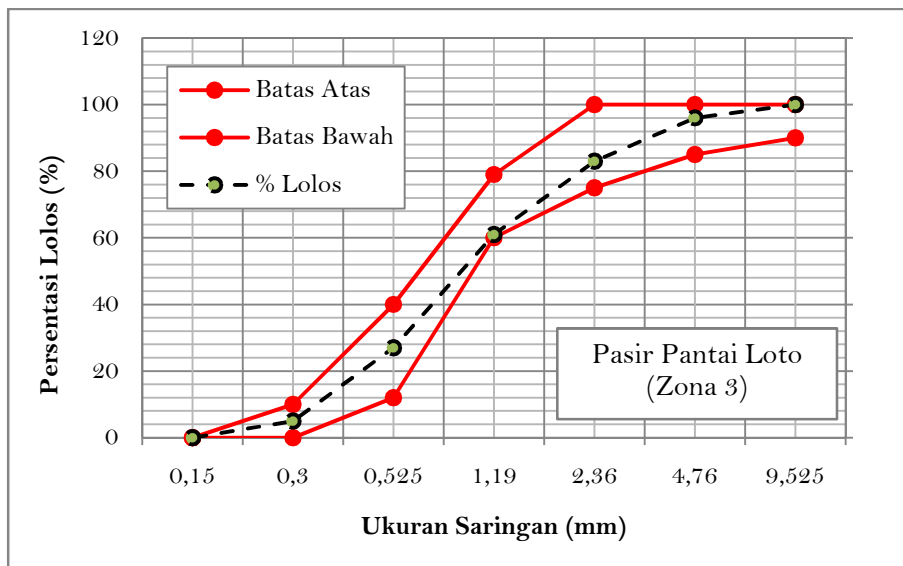
Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil dari Kelurahan Kalumata. Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3. Hasil pemeriksaan ukuran butiran agregat kasar dapat dilihat pada gambar3.Dari gambar 3, dapat dilihat kategori ukuran butiran maksimum agregat

kasar yang didapat adalah 20 mm. Ukuran ini memiliki keunggulan dari aspek kepadatan saat digunakan pada beton.



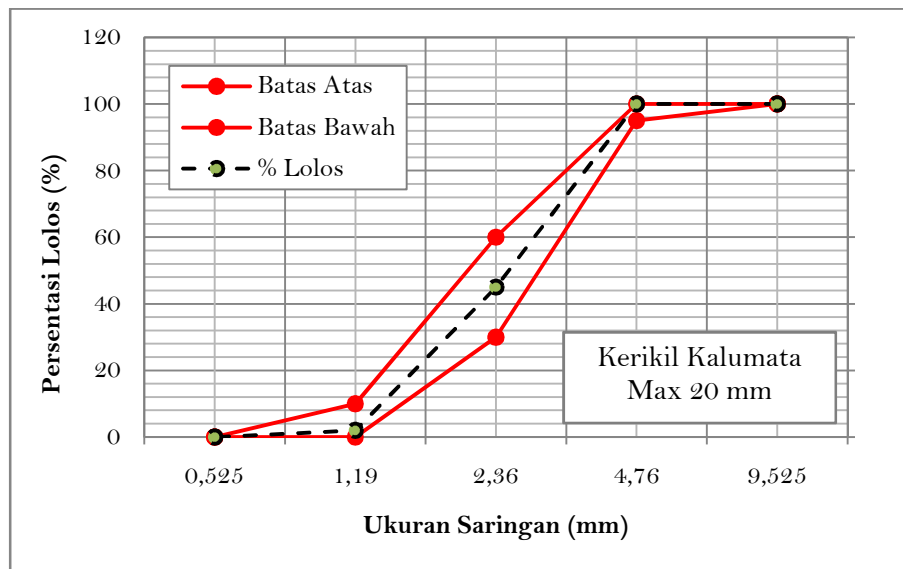
Gambar 1. Hasil pemeriksaan gradasi pasir Kalumata



Gambar 2. Hasil pemeriksaan gradasi pasir pantai Loto

Tabel 3 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Standar Pengujian
Kadar lumpur	0,5%	0,2% -1%	ASTM C-117
Kadar air	1,0%	0,5%-2%	ASTM C-566
Penyerapan	0,76%	0,2%-4%	ASTM C-127
Bj kering oven	2,60	1,6 - 3,2	ASTM C-128
Bj SSD	2,62	1,6 - 3,2	ASTM C-128
BJ semu	2,65	1,6 - 3,2	ASTM C-128
Modulus kehalusan	6,5%	5%-8%	SNI 1968-1990-F
Keausan	30,10%	<40%	ASTM C-131



Gambar 3. Hasil pemeriksaan gradasi kerikil Kalumata

Komposisi Campuran

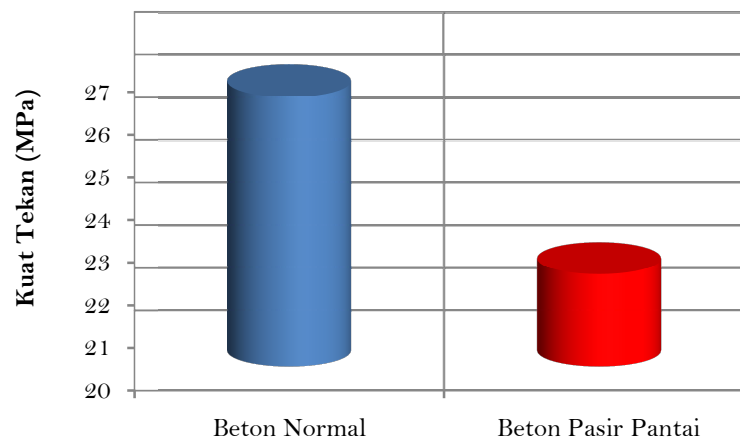
Tata caraperencanaan komposisi campuran yang digunakan mengacu pada SNI 2834-2011. Rencana kuat tekan adalah 25 MPa, FAS 0,48. Perhitungan komposisi rencana seperti pada tabel 4.

Tabel 4 Komposisi campuran beton

Bahan	Berat (kg/m ³)	
	Beton pasir normal	Beton pasir pantai
Semen	427,08	427,08
Pasir	800,96	768,56
Kerikil	978,95	939,35
Air	205	205
Jumlah	2412	2340

Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan seperti ditunjukkan pada gambar 4.



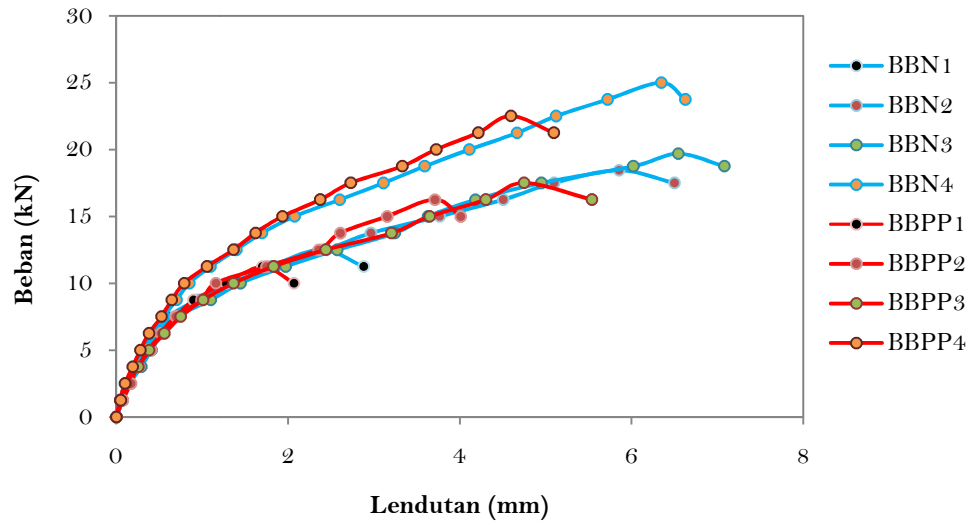
Gambar 4. Hasil pengujian kuat tekan

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan beton normal (BN) mencapai 26 MPa yang memenuhi mutu rencana 25 MPa. Sedangkan beton pasir pantai (BPP) didapat 22 MPa yang mengalami penurunan sebesar 12% terhadap mutu rencana 25 MPa. Penurunan mutu beton akibat penggunaan pasir pantai secara eksplisit berdasarkan data pada penelitian ini dikarenakan karakteristik pasir pantai yang tidak memenuhi kualifikasi standar untuk agregat halus beton.

Hubungan Beban dan Lendutan

Hubungan beban lendutan ditunjukkan pada 5, dapat dilihat bahwa beban lentur dari balok beton pasir normal (BBN) cenderung lebih besar secara keseluruhan dibandingkan balok beton

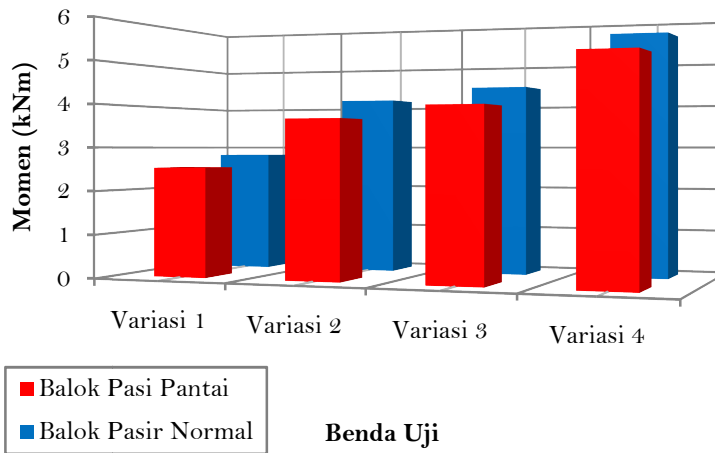
yang menggunakan pasir pantai. Selain itu, lendutan balok beton normal (BBN) juga memiliki ketahanan yang lebih kuat dibandingkan lendutan balok beton pasir pantai (BBPP). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pasir pantai dapat mengurangi kekuatan terhadap ketahanan balok dan elastisitas balok.



Gambar 5. Hubungan beban-lendutan balok BBN dan BBPP

Kapasitas Lentur

Kapasitas lentur balok seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Kapasitas lentur aktual balok BBN dan BBPP

Besar momen lentur yang dihitung berdasarkan batas runtuh balok saat diuji. Batas runtuh yang dimaksudkan adalah beban maksimum yang didapat. Kapasitas lentur dihitung berdasarkan persamaan gaya dalam perletakan. Kapasitas lentur aktual pada balok beton normal (BBN) secara keseluruhan mencapai analisa momen lentur teoritis, sedangkan balok beton pasir pantai (BBPP) tidak mencapai nilai analisa teoritis, seperti ditunjukkan pada gambar 6.

KESIMPULAN

Dari uraian pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Gradasi pasir pantai Loto berada pada zona 3 (pasir sedikit kasar) dan pasir normal Kalumata termasuk kategori zona 2 (Pasir Sedang).
2. Kuat tekan beton normal (BN) mencapai 26 MPa yang memenuhi mutu rencana 25 MPa. Sedangkan beton pasir pantai (BPP) didapat 22 MPa yang mengalami penurunan sebesar 12% terhadap mutu rencana 25 MPa. Penurunan mutu beton akibat penggunaan pasir pantai secara eksplisit berdasarkan data pada penelitian ini dikarenakan karakteristik pasir pantai yang tidak memenuhi kualifikasi standar untuk agregat halus beton.
3. Kapasitas lentur dihitung berdasarkan persamaan gaya dalam perletakan. Kapasitas lentur aktual pada balok beton normal (BBN) secara keseluruhan mencapai analisa momen lentur teoritis, sedangkan balok beton pasir pantai (BBPP) tidak mencapai nilai analisa teoritis.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C128-15. (2015). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
- ASTM C566-19. (2019). Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
- SNI 03-2834. (2011). Tata Cara Pembuatan Beton Normal. In *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*. Jakarta.
- SNI 2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional*. Jakarta.
- Bahar, S., dkk. (2005). *Pedoman Pekerjaan Beton*. Jakarta: Biro Enjiniring, PT Wijaya Karya.
- Dumyati, A., dan Manalu, F., D. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil*, 3(1):1-13.
- Imran, dan Yunus, M. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus pada Beberapa Quarry di Kabupaten Fakfak. *Journal Intek*, 4(1): 66-72.(DOI: <http://dx.doi.org/10.31963/intek.v4i1.95>)
- Mulyono, T. (2014). *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2013*. Jakarta: Erlangga.
- Sultan, M.A., Hi. Abbas, M.Y., Gaus, A., Rakhman, K.A., Barmawi, N. (2020) Penggunaan Ekstrak Tembakau Sebagai Inhibitro Pada Beton Bertulang Menggunakan Pasir Laut Dan Air Laut, *Teras Jurnal*, 10(1): 17-25.

- Sultan, M.A., dan Djameluddin, R. (2017)Pengaruh Rendaman Air Laut terhadap Kapasitas Rekatan GFRP-Sheet pada Balok Beton Bertulang,*Jurnal Teknik Sipil*, 24(1):35-42.
- Sultan, M.A., Djameluddin, R., Tjaronge, W. dan Parung, H. (2015) Flexural capacity of concrete beams strengthened using GFRP sheet after seawater immersion Effect of Marine Environment to the Concrete Beams Strengthened Using GFRP Sheet, *Procedia Engineering* (125): 644- 649.
- Tata, A. (2017). Studi Karakteristik Agregat Pasir Pantai Mangoli, Sosowosomo, dan Loto dalam Komposisi Beton. *Techno Jurnal Penelitian*, 6(2): 01-08
<http://dx.doi.org/10.33387/tkv6i02.561>
- Tata, A., Sultan, M.A., Yudasaputra, M.T., Imran, I. (2019).Bamboo as Eco-Green Alternative for Concrete Reinforcement that use Sand Beach Fine Aggregate. *Journal of physics: Conference Series*, 1569 (4): 01-08. (DOI: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1569/4/042038>)
- Tata, A. (2019). Sifat Mekanis Beton Dengan Campuran Pasir Pantai dan Air Laut. *Jurnal Teknologi Sipil*, 3(1): 65-71.