

Analisis Campuran Beton Mutu 20 MPa Pada Berbagai Zona Gradasi Pasir

Geertje E. Kandiyoh¹, Sandri L. Sengkey², Ventje B. Slat³, Stefani S. Peginusa⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado

*Koresponden email: geertje.kandiyoh@sipil.polimdo.ac.id

Diterima: 13 Februari 2024

Disetujui: 2 April 2024

Abstract

Sand, as a material for forming concrete, can come from excavations, rivers, seas and mountains. Different quarry locations will affect the physical characteristics of the sand, including its gradation and impact on the strength of the concrete. This condition causes excessive sand excavation in a quarry where the sand has a positive influence on the strength of the concrete, which can cause environmental degradation. This research aims to analyze 20 Mpa quality concrete mixtures in various sand gradation zones. Laboratory experimental methods were used in this research. The research results show that the finer the sand gradation, the greater the amount of cement and the lower the water cement ratio (WCR) to achieve a concrete quality of 20 MPa. The percentage of sand to total aggregate, the amount of cement and FAS are important elements that influence the compressive strength value of concrete.

Keywords: concrete, cement water ratio, gradation, compressive strength, sand

Abstrak

Pasir sebagai salah satu bahan pembentuk beton, dapat berasal dari galian, sungai, laut dan gunung. Lokasi quarry yang berbeda-beda akan mempengaruhi karakteristik fisik dari pasir antara lain gradasinya dan berdampak pada kekuatan beton. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penggalan pasir secara berlebihan pada suatu quarry yang pasirnya memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan beton, sehingga dapat menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis campuran beton mutu 20 Mpa pada berbagai zona gradasi pasir. Metode eksperimental laboratorium digunakan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan semakin halus gradasi pasir, semakin banyak jumlah semen dan semakin rendah faktor air semen (FAS) untuk mencapai mutu beton 20 MPa. Prosentase pasir terhadap total agregat, jumlah semen dan FAS merupakan unsur penting yang mempengaruhi nilai kekuatan tekan beton.

Kata kunci: beton, faktor air semen, gradasi, kuat tekan, pasir

1. Pendahuluan

Kandungan agregat dalam campuran beton yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar berkisar 60%-70% dari berat total campuran beton [1]. Agregat halus pasir sebagai salah satu bahan pembentuk beton, tersedia sangat banyak dan beragam jenisnya antara lain berasal dari galian, sungai, pantai dan gunung. Lokasi quarry (sumber daya alam) yang berbeda-beda akan menghasilkan bentuk, tekstur permukaan, gradasi, kepadatan dan sifat-sifat lain yang akan mempengaruhi karakteristik dari pasir tersebut dan berdampak pada kekuatan atau mutu beton yang dihasilkan.

Penelitian-penelitian tentang penggunaan berbagai jenis pasir dalam pembuatan beton banyak dilakukan antara lain uji kelayakan kualitas pasir sungai Maubesi dengan pasir Lumajang terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton [2], analisis penggunaan pasir pantai Sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton [3], pengaruh gradasi pasir dan faktor air semen pada mortar terhadap kekuatan beton Prepacked [4], analisis perbandingan kuat tekan beton menggunakan pasir Ulak Paceh Muba dan Pasir Bangka [5], pengaruh pemakaian pasir bukit dan pasir sungai terhadap kuat tekan beton [6], perbandingan penggunaan pasir Lumajang dengan pasir Gunung Merapi terhadap kuat tekan beton [7], analisis pengujian kuat tekan beton dengan pasir Banjar Negara Kabupaten Lahat dan Pasir Tanjung Raja Kabupaten Ogan Ilir [8]. Penelitian-penelitian ini melaporkan adanya variasi kekuatan tekan yang diperoleh berdasarkan lokasi pengambilan pasir.

Adapun pasir untuk pekerjaan beton menurut British Standard (BS) dikelompokkan dalam 4 zona berdasarkan penyebaran atau distribusi ukuran butir pasir, mulai zona 1 untuk kategori pasir kasar, zona 2 pasir agak kasar, zona 3 pasir agak halus dan pasir halus pada zona 4. Umumnya dalam pembuatan beton, lebih disukai pemakaian pasir yang bergradasi kasar dan agak kasar, dibandingkan yang bergradasi lebih

halus. Pasir yang bergradasi halus baik dari quarry sungai maupun galian biasanya berbutir halus dan bentuknya bulat akibat proses gesekan sehingga daya lekat antara butirannya kurang kuat. Pasir jenis ini lebih cocok dipakai untuk campuran plesteran [1].

Kondisi ini menyebabkan terjadinya penggalian pasir secara berlebihan pada suatu quarry yang karakteristik fisiknya memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan beton, sehingga dapat menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. **Gambar 1** (a, b, c) menunjukkan degradasi lingkungan akibat pengambilan material pasir.

Hasil penelitian [9] melaporkan dampak penambangan pasir terhadap kelestarian lingkungan di Kelurahan Tumbihe berupa rusaknya lahan sekitar masyarakat, terganggunya flora dan fauna, terganggunya kesehatan dan keamanan penduduk, lahan rawan longsor dan potensi terjadinya banjir, dan pencemaran air bersih, serta jalan menjadi rusak akibat jalur transportasi pengangkut pasir yang melintasi wilayah sekitar penduduk.

Referensi [10] melaporkan hasil analisis kedalaman perairan dan kondisi arus pasca pertambangan pasir laut di perairan Bone Malonjo yang mengalami perubahan dan mempengaruhi arus dan arah aliran air laut. Hasil penelitian tersebut melaporkan dampak yang terjadi yaitu (a) meningkatkan abrasi pesisir pantai dan erosi pantai, (b) menurunkan kualitas lingkungan perairan laut dan pesisir pantai, (c) semakin meningkatnya pencemaran pantai, (d) penurunan kualitas air laut yang menyebabkan semakin keruhnya air laut, (e) rusaknya wilayah pemijahan ikan dan daerah asuhan, (f) menimbulkan turbulensi yang menyebabkan peningkatan kadar padatan tersuspensi di dasar perairan laut, (g) meningkatkan intensitas banjir air rob, terutama di pesisir daerah yang terdapat penambangan pasir laut, (h) merusak ekosistem terumbu karang dan fauna yang mendiami ekosistem tersebut, (i) semakin tingginya energi gelombang atau ombak yang menerjang pesisir pantai atau laut. Hal ini disebabkan dasar perairan yang sebelumnya terdapat kandungan pasir laut menjadi sangat curam dan dalam sehingga hampasan energi ombak yang menuju ke bibir pantai menjadi lebih tinggi karena berkurangnya peredaman oleh dasar perairan pantai.



a



b



c

Gambar 1. (a, b, c) Degradasi Lingkungan Akibat Penggalian Pasir

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi serta karakteristik fisik dari berbagai jenis pasir berdasarkan lokasi quarry yang ada di Sulawesi Utara, yang dapat menghasilkan beton dengan mutu $f_c' 20$ MPa, sehingga dapat memberi alternatif dalam pemilihan material pasir sebagai bahan pembentuk beton dan tidak tergantung pada satu lokasi quarry saja.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan maka rumusan masalah untuk penelitian terapan ini adalah bagaimana karakteristik fisik pasir pada beberapa lokasi quarry yang ada di Sulawesi Utara dan mencari faktor-faktor apa saja yang penting diperhatikan untuk menghasilkan beton mutu $f_c' 20$ Mpa ditinjau dari zona gradasi pasir. Sementara tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi karakteristik fisik pasir pada beberapa lokasi quarry meliputi berat jenis, penyerapan, gradasi, kandungan bahan organik, kandungan lumpur, serta berat isi dan untuk menganalisis faktor-faktor penting dari campuran beton untuk menghasilkan beton mutu $f_c' 20$ Mpa ditinjau dari zona gradasi pasir.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium. Pada penelitian ini, dimulai dengan pengambilan sampel pasir pada beberapa quarry yang tersebar di Sulawesi Utara, sedangkan agregat kasar batu pecah diambil dari satu lokasi quarry. Quarry pasir terbagi dua yaitu pasir sungai dan pasir daratan/pasir gunung. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik material pasir dan batu pecah. Untuk pasir, dilakukan uji berat jenis, penyerapan, analisa ayakan (gradasi), berat isi, kadar lumpur dan kadar bahan organik. Untuk batu pecah dilakukan uji berat jenis, penyerapan, analisa ayakan (gradasi), berat isi, kadar lumpur dan keausan dengan mesin Los Angeles.

Kemudian dilanjutkan dengan proses disain campuran beton normal dengan kuat tekan yang direncanakan sebesar 20 MPa. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000. Hasil komposisi campuran berdasarkan hasil mix disain, dilanjutkan dengan pembuatan campuran beton dengan menggunakan mesin concrete mixer. Setelah campuran beton homogen, dilakukan uji slump beton untuk mengukur tingkat kelecakan adukan beton dengan mengacu pada standar ASTM C143/C143M. Kemudian benda uji dibuat dengan menggunakan silinder ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm sebanyak 6 buah untuk setiap jenis pasir. Pada tahap pembuatan benda uji, dilakukan juga pemadatan secara manual dengan menggunakan tongkat baja, agar udara yang tertahan dalam adukan dapat dikeluarkan. Setelah sampel beton mengeras, keluarkan dari cetakan kemudian dilakukan proses perawatan beton dengan cara direndam dalam bak air, sampai umur pengujian beton yaitu 7 dan 28 hari.

Pengujian kekuatan tekan beton silinder menggunakan mesin uji kuat tekan mengacu pada ASTM C39. Jumlah benda uji setiap umur uji sebanyak 3 buah, kemudian diambil nilai rata-rata. Hasil pengujian kekuatan tekan kemudian dianalisa kembali apakah mencapai target kekuatan tekan sebesar 20 MPa atau tidak. Komposisi campuran yang memberikan hasil kekuatan tekan yang tidak memenuhi target kekuatan kemudian dilakukan revisi disain campuran berdasarkan hasil analisa, pembuatan benda uji, uji kuat tekan, sampai diperoleh kekuatan yang ditargetkan. Alur penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

A. Karakteristik Fisik Material

Hasil pemeriksaan karakteristik fisik material pasir disajikan pada **Tabel 1** dan batu pecah pada **Tabel 2**.

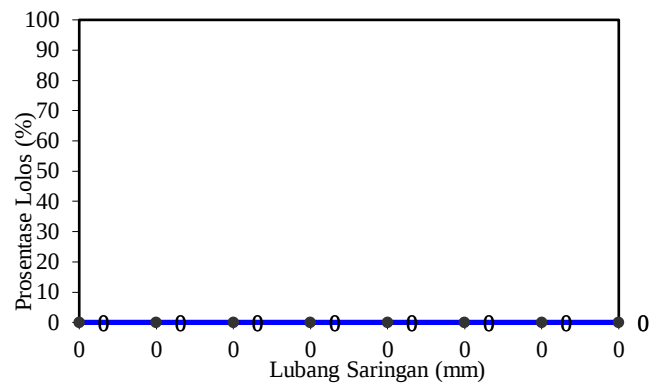
Tabel 1. Karakteristik Fisik Pasir

JENIS PEMERIKSAAN	QUARRY PASIR			
	TENDEKI	AMURANG	BITUNG	BIONTONG
Berat jenis:				
- Berat Jenis bulk/ov.	2.253	2.408	2.099	2.481
- Berat Jenis ssd	2.357	2.491	2.288	2.521
- Berat Jenis app.	2.514	2.625	2.586	2.585
Penyerapan (%)	4.614	3.432	8.976	1.620
Berat Isi (kg/dm ³)	1.303	1.388	1.290	1.400
Kadar Lumpur (%)	1.760	1.387	1.310	1.263
Kadar Organik	No. 1	No. 1	No. 1	No. 2
Modulus Kehalusan (%)	3.209	2.562	2.392	1.652

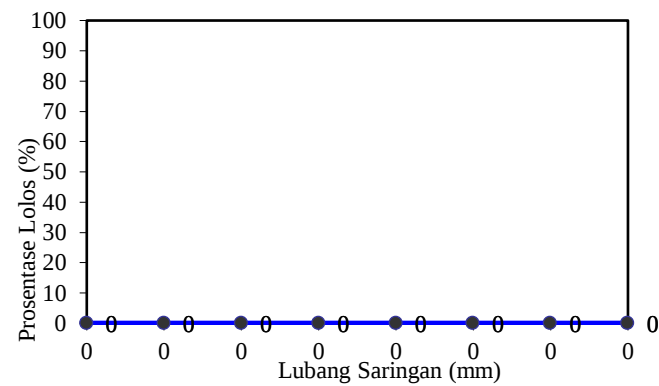
Tabel 2. Karakteristik Fisik Batu Pecah

JENIS PEMERIKSAAN	BATU PECAH QUARRY KEMA	
	Ukuran 1-2	Ukuran 2-3
Kausan dengan mesin Los Angeles (%)	19.360	
Berat jenis:		
- Berat Jenis bulk/ov.	2.675	2.676
- Berat Jenis ssd	2.695	2.698
- Berat Jenis app.	2.732	2.736
Penyerapan (%)	0.781	0.822
Berat Isi (kg/dm ³)	1.420	1.407
Kadar Lumpur (%)	0.814	0.649

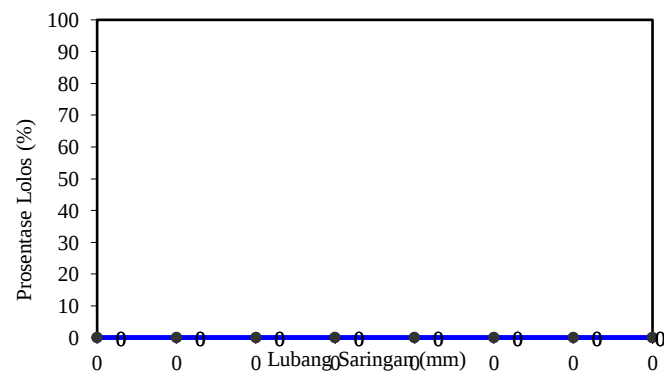
Hasil analisa ayakan pasir ditunjukkan pada **Gambar 3-6**



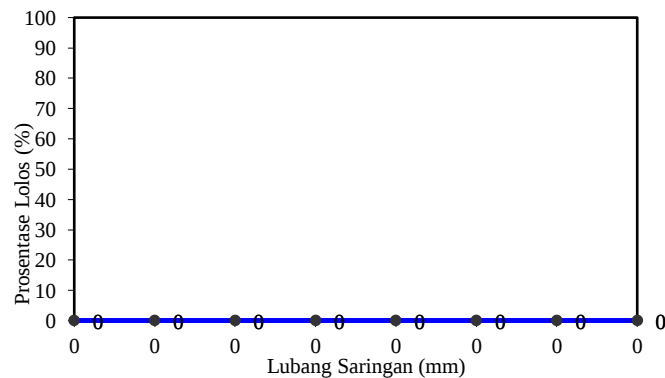
Gambar 3. Zona 1 – Pasir Tendeki



Gambar 4. Zona 2 – Pasir Amurang



Gambar 5. Zona 3 – Pasir Klabat

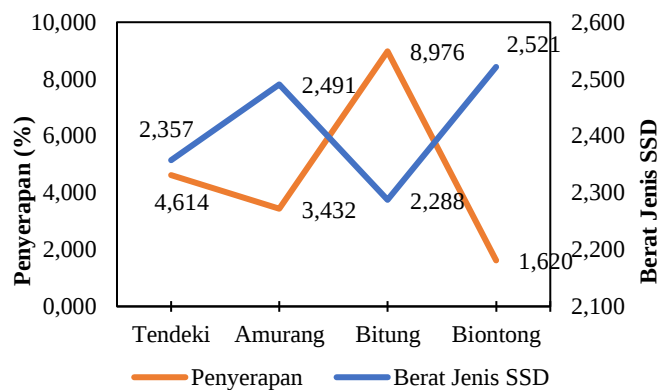


Gambar 6. Zona 4 – Pasir Bontong

Hasil pemeriksaan karakteristik fisik pasir dan batu pecah pada tabel I dan II, memenuhi syarat sesuai spesifikasi agregat normal untuk campuran beton (SII.0052, ASTM C.33) Berdasarkan hasil pada **Tabel 1** dan **Gambar 3-6** menunjukkan penentuan zona gradasi pasir mempunyai hubungan dengan modulus

kehalusannya. Pasir Tendeki yang tergolong zona 1 (pasir kasar) memiliki modulus kehalusan 3.209, pasir Amurang pada zona 2 (pasir agak kasar) modulus kehalusan 2.562, pasir Bitung pada zona 3 (pasir agak halus) nilai modulus kehalusannya 2.392 dan pasir Biontong zona 4 (pasir halus) dengan modulus kehalusan sebesar 1.652. Semakin besar modulus kehalusan pasir, semakin kasar pasir tersebut dan sebaliknya.

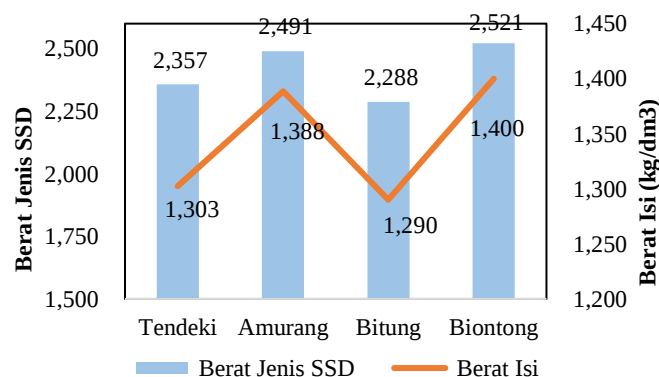
Hasil pada **Tabel 1** juga menunjukkan adanya hubungan antara berat jenis, penyerapan, berat isi dan modulus kehalusan seperti ditunjukkan pada **Gambar 7-9**.



Gambar 7. Hubungan antara Berat Jenis dan Penyerapan

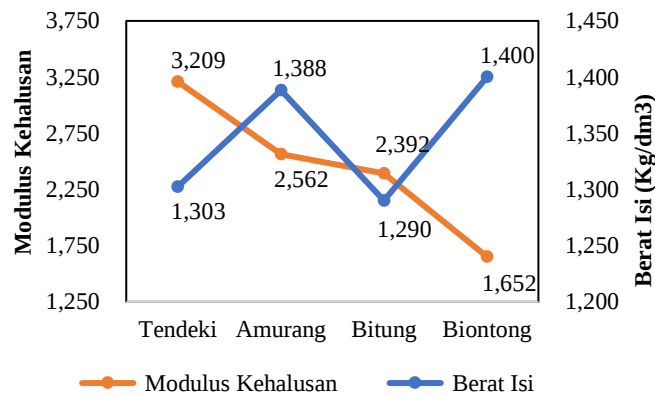
Pada **Gambar 7** menunjukkan hubungan antara berat jenis SSD dan penyerapan pasir. Semakin besar nilai berat jenis pasir, semakin kecil penyerapannya dan sebaliknya. Pada gambar 7 terlihat pasir Bitung dengan berat jenis paling kecil sebesar 2.288, memiliki nilai penyerapannya terbesar yaitu 8.976%, sedangkan pasir Biontong memiliki berat jenis paling besar 2.521, nilai penyerapannya paling kecil sebesar 1.62%. Hubungan ini menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Nilai berat jenis dapat menggambarkan kerapatan atau kepadatan pasir. Semakin besar berat jenis pasir berarti semakin padat pasir tersebut dan memiliki rongga yang semakin kecil, sehingga air yang mampu mengisi rongga atau diserap semakin sedikit yang ditunjukkan oleh nilai penyerapan yang semakin kecil.

Pada **Gambar 8** memperlihatkan hubungan berat jenis dan berat isi berbanding lurus. Semakin besar nilai berat jenis, maka semakin besar pula nilai berat isinya dan sebaliknya. Hal ini dapat dilihat dari nilai berat jenis terbesar yakni pasir Biontong sebesar 2.521, memiliki berat isi yang paling besar pula yakni 1.40 kg/dm³ sedangkan pasir Bitung yang memiliki berat jenis paling kecil 2.288, nilai berat isinya juga paling kecil yakni 1.29 kg/dm³. Hal ini karena semakin besar berat jenis pasir berarti semakin padat pasir tersebut, sehingga untuk mengisi suatu volume tertentu akan semakin berat nilainya, dan memberikan nilai berat isi yang semakin besar.



Gambar 8. Hubungan Berat jenis SSD dan Berat Isi

Hubungan berat isi dan modulus kehalusan menunjukkan hubungan terbalik seperti ditunjukkan pada **Gambar 9**. Pasir Biontong yang memiliki modulus kehalusan terkecil yakni 1.652, nilai berat isinya paling besar yakni 1.40 kg/dm³, sebaliknya pasir Tendeki, nilai modulus kehalusannya paling besar yakni 3.209, memiliki berat isi sebesar 1.303 kg/dm³. Semakin kecil nilai modulus kehalusan yang menunjukkan semakin halusya pasir, maka semakin besar nilai berat isinya, karena untuk mengisi suatu volume tertentu, semakin halus pasir semakin besar jumlah yang dibutuhkan dan berarti semakin berat pasirnya.



Gambar 9. Hubungan Berat Isi dan Modulus Kehalusan

B. Komposisi Campuran Beton f_c' 20 MPa

Berdasarkan hasil pemeriksaan karakteristik material, selanjutnya dilakukan disain campuran beton mutu 20 MPa, dengan slump rencana 80-120 mm seperti disajikan pada **Tabel 3**. Hasil disain campuran menunjukkan jumlah semen yang dibutuhkan semakin banyak dengan semakin besarnya zona gradasi pasir, jumlah agregat (pasir dan batu pecah) bervariasi, dan jumlah air 195 kg, konstan pada semua jenis pasir. Prosentase pasir terhadap total agregat berturut-turut adalah sebesar 39%, 39%, 38%, 37% untuk pasir zona 1, 2, 3 dan 4. Pemilihan prosentase pasir terhadap total agregat harus diperhatikan sebab jika terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan beton yang keropos akibat segregasi karena kelebihan agregat kasar, sebaliknya jika pasir terlalu banyak, kepadatan beton akan berkurang dan kebutuhan air akan meningkat [11].

Tabel 3. Komposisi Campuran untuk 1M3 Beton 20 MPa

BAHAN	QUARRY PASIR			
	TENDEKI	AMURANG	BITUNG	BIONTONG
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
Semen PCC (kg)	361.11	367.92	375.00	390
Pasir (kg)	691.82	700.86	691.60	667.85
Batu Pecah 1-2 (kg)	389.55	394.64	406.22	409.37
Batu Pecah 2-3 (kg)	692.53	701.58	722.18	727.78
Air (kg)	195.00	195.00	195.00	195

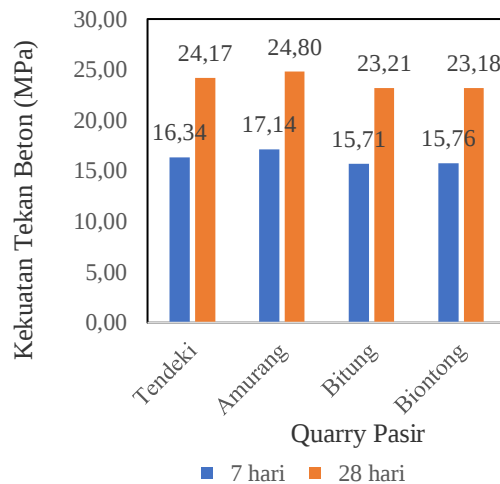
C. Kekuatan Tekan Beton

Hasil pengujian kekuatan tekan beton pada umur uji 7 dan 28 hari diambil dari nilai rata-rata 3 buah sampel berdasarkan quarry pasir yang disajikan pada **Tabel 4** dan **Gambar 10**. Hasil uji menunjukkan nilai kekuatan tekan yang direncanakan sebesar 20 MPa pada umur 28 hari tercapai pada semua variasi pasir bahkan melebihi target.

Tabel 4. Nilai Kekuatan Tekan beton

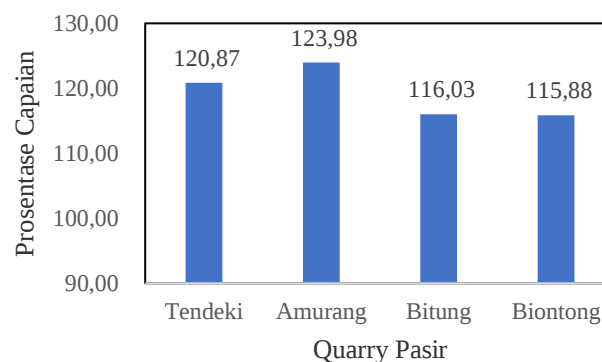
Quarry Pasir	Kode Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	
		7 hari	28 hari
Tendekei	A1	16.33	24.42
	A2	16.38	23.91
	A3	16.30	24.19
	Rata-rata	16.34	24.17
Amurang	B1	17.12	24.81
	B2	17.23	24.77
	B3	17.07	24.81
	Rata-rata	17.14	24.80
Bitung	C1	15.44	23.14
	C2	15.80	23.31

Quarry Pasir	Kode Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	
		7 hari	28 hari
	C3	15.88	23.17
	Rata-rata	15.71	23.21
	D1	15.52	23.11
	D2	15.84	23.36
Biontong	D3	15.93	23.06
	Rata-rata	15.76	23.18



Gambar 10. Kekuatan Tekan Beton

Jika ditinjau terhadap besarnya prosentase capaian kuat tekan pada umur 28 hari, maka pasir Tendeki mencapai 120,87%, pasir Amurang 123,99%, pasir Bitung 116,03% dan pasir Biontong 115,90% seperti ditunjukkan pada **Gambar 11**. Persentase capaian terbesar adalah pasir Amurang yang berada pada zona gradasi 2.



Gambar 11. Prosentase Capaian Kuat Tekan

Tercapainya kuat rencana sebesar 20 MPa pada semua variasi zona pasir, sangat dipengaruhi oleh disain campuran yang dibuat. Dari hasil komposisi campuran yang disajikan pada tabel III, menunjukkan jumlah semen yang dibutuhkan untuk membuat 1 M3 beton semakin meningkat dengan semakin halus butiran pasir (pasir zona 1, 2, 3 dan 4) yakni sebesar 361.11 kg, 367.92 kg, 375 kg dan 390 kg. Peningkatan jumlah semen ini disebabkan karena semakin halus butiran pasir berarti semakin besar total luas permukaan butir pasir yang harus diselimuti/dibungkus oleh pasta semen (m²/kg) agar memberikan lekatan yang kuat, yang kemudian mengisi rongga antar butir agregat kasar sehingga meningkatkan kepadatan beton [11].

Hasil penelitian [12] menyatakan bahwa kekuatan tekan yang tinggi disebabkan karena lekatan antar agregat dan semen yang menyelimuti semua agregat. Penelitian serupa tentang pengaruh zona gradasi pasir

terhadap kuat tekan beton normal [13] melaporkan bahwa semakin halus zona pasir memerlukan jumlah semen yang lebih banyak untuk mencapai kuat tekan rencana.

Pada **Tabel 3** juga menunjukkan jumlah air yang konstan pada semua variasi campuran yakni 195 kg sehingga nilai Faktor Air Semen (FAS) berturut-turut adalah sebesar 0.54, 0.53, 0.52 dan 0.50 untuk campuran beton memakai pasir Tendeki (zona 1- modulus kehalusan 3,209), pasir Amurang (zona 2 – modulus kehalusan 2.562), pasir Bitung (zona 3 – modulus kehalusan 2.392), dan pasir Bontong (zona 4 – modulus kehalusan 1.652).

Berdasarkan hasil diatas menunjukkan semakin kecil modulus kehalusan pasir atau semakin halus suatu jenis pasir, dibutuhkan Faktor Air Semen (FAS) yang lebih rendah untuk mencapai mutu yang sama dalam hal ini 20 MPa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk mencapai mutu beton 20 Mpa, dapat menggunakan berbagai jenis pasir yang berbeda zona gradasinya. Faktor yang menentukan tercapainya mutu beton yang direncanakan adalah komposisi campuran beton. Prosentase pasir terhadap total agregat, jumlah semen dan nilai factor air semen merupakan unsur penting yang mempengaruhi nilai kekuatan tekan beton.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi untuk pasir dari quarry lain yang mempunyai zona gradasi yang sama, sehingga pemakaian pasir tidak terbatas pada quarry tertentu agar degradasi lingkungan dapat diminimalisir. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mutu beton selain 20 MPa, sehingga nantinya diperoleh suatu tabel komposisi campuran beton pada berbagai mutu beton untuk setiap zona gradasi pasir.

5. Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan bagian dari Laporan Skema Penelitian Produk Vokasi Unggulan Program Studi (PPVUPS) Tahun 2023 yang didanai oleh Politeknik Negeri Manado. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dan secara khusus kepada Politeknik Negeri Manado yang telah mendanai penelitian ini.

5. Referensi

- [1] T. Mulyono, Teknologi Beton, ISBN 979-763-054-4, Penerbit Andi Yogyakarta, 2005
- [2] H. S. Wijaya, B. Tahik, "Uji Kelayakan Kualitas Pasir Sungai Maubesi dengan Pasir Lumajang Terhadap Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Beton (Mutu FC' 25 MPa)", Jurnal Qua Teknik, Vol. 10, No. 2, September 2020, pp. 59-68, ISSN 2088-2424, 2527-3892
- [3] D. F. Manalu, "Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton", Jurnal Fropil Vol 3 Nomor 1 Juli-Desember 2015, Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
- [4] M. Luthfi, D. Daniaty, Nuroji, dan Y. A. Priastiwi, "Pengaruh Gradasi Pasir Dan Faktor Air Semen Pada Mortar Terhadap Kekuatan Beton Prepacked", Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, No. 1, 2017, pp. 147-156
- [5] Ardiansyah, M.Iqbal, "Analisa Pengujian Perbandingan Kuat Tekan Beton Pasir Ulak Paceh Muba dan Pasir Bangka". Palembang: Jurusan Teknik Sipil Muhammadiyah Palembang, 2017
- [6] A. Arman, H.M.S. Sonata dan Y. Pangestu, "Pengaruh Pemakaian Pasir Bukit dan Pasir Sungai Terhadap Kuat Tekan Beton", Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur ke-3 (SPI-3) Institut Teknologi Padang, 27 Juli 2017, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang.
- [7] B. Wibowo, D. Pertiwi, E. Kasiati, Triaswati, A. G. Sabban, "Perbandingan Penggunaan Pasir Lumajang Dengan Pasir Gunung Merapi Terhadap Kuat Tekan Beton", Jurnal APLIKASI ISSN. 1907-753X Volume 9, Nomor 2, Agustus 2011. Jurusan Teknik Sipil ITATS, Program Diploma Teknik Sipil FTSP ITS
- [8] Ganesya dan Eric, "Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Pasir Banjar Negara Kabupaten Lahat dan Pasir Tanjung Raja Kabupaten Ogan Ilir". Palembang: Jurusan Teknik Sipil Muhammadiyah Palembang, 2017
- [9] M. Hulukati dan A. H. Isa, 2020, "Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kelestarian Lingkungan Di Kelurahan Tumbihe, Jambura", Journal of Community Empowerment (JJCE) Volume (1) Nomor (2), (Desember) (2020), Halaman (44-53) ISSN (e): 2721-0480, DOI: <https://doi.org/10.37411/jjce.v1i2.464>

-
- [10] S. Suaib, A. A. Rusvan dan I. Gani, “Analisis Kedalaman Perairan Dan Kondisi Arus Pasca Pertambangan Pasir Laut Di Perairan Bone Malonjo”, Seminar “Sustainability and Environmentally of Agricultural System for Safety, Healthy and Security Human Life”, 2021. <https://www.unila.ac.id/dampak-penambangan-pasir-laut/> diakses 16 Maret 2023
- [11] P. Nugraha dan Antoni, Teknologi Beton dari Material, pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi, ISBN 978-979-29-0099-6, Penerbit Andi Offset, 2007.
- [12] B. Wibowo, E. Kasiati, Triaswati, dan D. Pertiwi, “Pengaruh Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton”, Jurnal Aplikasi Vol. 10, No. 2, Agustus 2012, pp. 61-68, ISSN 1907-753X
- [13] A. Fattah dan A. Nabi, “Pengaruh Zona Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Normal”, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), 2017, pp. 107-112.