Mutiara: MultidiciplinaryScientifict Journal
Volume 2, Number 3 Maret 2024
p-ISSN2988-7860 ;e-ISSN2988-7992

Pasir Yang Memenuhipersyaratan Standar Tiongkok (TB) Sebagai Material Pengisi *High Performance Concrete* (HPC) di Proyek Kereta Cepat Jakarta – Bandung

Iskandar Purba[1], Suryadi[2], Aria Azhamy[2]
Institut Teknologi PLN[1]
PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk[2]
Email: iskandarpurba@itpln.ac.id

KEYWORDS

High performance concrete, Chinese standard, fine aggregate, Tayan sand

ABSTRACT

High Performance Concrete is used in the Jakarta-Bandung High Speed Rail project with a service life of 100 years. High Performance Concrete has special characteristics, including more impermeable / seepage resistant / chemical attack resistant; has a low cement water factor value; ease of mixing, delivery, casting, compaction and finishing, without bleeding and segregation; higher initial concrete compressive strength; less plastic shrinkage; reduced maintenance costs; better aesthetics. The fine aggregate requirements in High Performance Concrete must meet the Chinese standard TB 3275-2011 Concrete for Railway Engineering, among others: river sand with proper gradation, solid surface, low absorption and dense. Fine aggregate may be derived from artificial sand produced by specialized equipment. Marine sand is not permitted. Test results based on the methodology in GB/T 14684-2011 on Sand for Construction show that sand from the Kapuas river in the Tayan area of West Kalimantan is the only one that meets the sand quality requirements for High Performance Concrete in the Jakarta-Bandung High Speed Rail project, but has disadvantages, such as long shipping distances and limited mine deposits. Wika has tried testing Cimalaka artificial sand as an alternative candidate, although the use of volcanic sand is not recommended due to impurities in volcanic minerals and lack of quality consistency. Further review to find sources of fine aggregate for the production of High Performance Concrete is recommended, as well as a review of the Chinese standard to adjust for natural material conditions in Indonesia.

KATA KUNCI

Beton berkinerja tinggi, Standar Tiongkok, agregat halus, pasir Tayan

ABSTRAK

Beton High Performance Concrete digunakan dalam proyek Kereta Cepat Jakarta-Bandung dengan masa layan 100 tahun. High Performance Concrete memiliki karakteristik khusus, antara lain lebih kedap / tahan rembesan / tahan serangan kimia; memiliki nilai faktor air semen yang rendah; kemudahan dalam pencampuran, pengiriman, pengecoran, pemadatan dan finishing, tanpa terjadi keenceran (bleeding) dan

pemisahan butiran (segregasi); kekuatan tekan beton di awal lebih tinggi;

tidak mudah susut plastis; mengurangi biaya pemeliharaan; estetika lebih bagus.Syarat agregat halus dalam High Performance Concrete harus memenuhi standar Tiongkok TB 3275-2011 Concrete for Railway Engineering (Beton untuk Teknik Perkeretaapian) antara lain: berasal dari pasir sungai dengan gradasi yang layak, permukaan yang keras (solid), penyerapan (absorpsi) yang rendah dan padat. Agregat halus boleh berasal dari pasir buatan (artificial sand) yang diproduksi dengan peralatan khusus. Pasir laut tidak diijinkan. Hasil uji yang didasarkan pada metodologi di GB/T 14684-2011 tentang Sand for Construction (Pasir Konstruksi) menunjukkan bahwa pasir dari sungai Kapuas di daerah Tayan–Kalimantan Barat adalah satu-satunya yang memenuhi syarat mutu pasir untuk beton High Performance Concrete di proyek Kereta Cepat Jakarta-Bandung, namun memiliki kelemahan, seperti jarak pengiriman jauhdan deposit tambang yang terbatas. Wika pernah mencoba pengujian pasir buatan Cimalaka dijadikan kandidat alternatif, meskipun penggunaan pasir vulkanik tidak disarankan karena kandungan pengotor dalam mineral vulkanik dan kurangnya konsistensi mutu.Disarankan adanya tinjauan lebih lanjut untuk menemukan sumber agregat halus untuk produksi High Performance Concrete,serta peninjauan ulang standar Tiongkok untuk penyesuaian kondisi material alam di Indonesia.

PENDAHULUAN

Proyek Kereta Cepat Jakarta Bandung (KCJB) merupakan proyek Strategis Nasional sesuai dengan Peraturan Presiden No. 107 tahun 2015 tanggal 6 Oktober 2015 tentang Percepatan Penyelenggara Prasarana dan Sarana Kereta Cepat antara Jakarta dan Bandung. Proyek KCJB bertujuan untuk meningkatkan pelayanan transportasi untuk mendukung pembangunan di wilayah Jakarta sampai Bandung (Sanjaya & Puspitasari, 2020). Proyek KCJB memiliki trase sepanjang 142,3 Km dari Stasiun Halim hingga Stasiun Tegalluar yang akan ditempuh dalam waktu 45 menit dengan kecepatan maksimum 350 km/jam.

Dalam perencanaannya struktur Proyek KCJB dirancang dengan umur layan *(service life)* mencapai 100 tahun. Struktur yang memiliki kekuatan tinggi diperlukan agar mampu menahan beban saat kereta melaju dengan kecepatan maksimum dan memiliki daya tahan yang tinggi sehingga dapat mencapai umur layan yang direncanakan dengan menggunakan beton yang memiliki layanan tinggi atau *high performance concrete* (*HPC*) (Antoro, 2018).

High Performance Concrete (HPC) di definisikan sebagai beton yang memiliki karakteristik khusus dibandingkan dengan beton konvensional demi memenuhi persyaratan yang lebih ketat dan pengerjaan yang lebih mudah (Aryono, 2019). Dengan pertimbangan itu, produksi HPC di proyek KCJB tentu memiliki kualifikasi khusus yang berbeda dengan beton pada umumnya, antara lain:

1. Memiliki kekuatan awal tinggi (*early strength*) sehingga dapat mempercepat proses pembukaan bekisting yang berimplikasi pada percepatan *progress* pekerjaan.
2. Memiliki faktor air semen (FAS) yang rendah.
3. Memiliki nilai modulus elastisitas (*elastic modulus*) yang baik serta tahan abrasi dari pengaruh lingkungan.
4. Memiliki kemudahan dalam pencampuran, pengiriman, pengecoran, pemadatan dan finishing, tanpa terjadi keenceran (*bleeding)* dan pemisahan butiran (segregasi).

5. Memiliki volume beton yang lebih stabil, tidak mudah susut plastis
6. Memiliki ketahanan yang tinggi terhadap serangan kimia (lebih kedap), sehingga meningkatkan daya tahan jangka panjang dari beton dan memperpanjang usia konstruksi serta meminimalkan biaya pemeliharaan.
7. Mengurangi biaya pemeliharaan dan estetika yang bagus.

Material penyusun *High Performance concrete* (HPC) terdiri dari:

a. Binder
b. Agregathalus
c. Agregat kasar
d. Admixture
e. Air

Penggunaan agregat halus yang merupakan salah satu material kunci dalam pembuatan beton HPC ini yang memiliki syarat dan karakteristik khusus (Azmi, 2020).

Agregat halus adalah agregat dengan diameter butiran ≤ 5,0 mm.Jenis material yang sering dipakai sebagai agregat halus dalam beton adalah pasir. Agregat halus memiliki peran penting dalam beton,antara lain:

a) Kemudahan pengerjaan (*workability*)
b) Kekuatan beton (*strength*)
c) Keawetan beton (*durability*)

Karakteristik yang diperhatikan dari agregat halus sebagai bahan pengisi beton yang baik antara lain:

a) Gradasi, mempengaruhi kemudahan pengerjaan
b) Kadar air, mempengaruhi perbandingan air/semen
c) Lumpur, mempengaruhi kekuatan
d) Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan keawetan
e) Kekerasan, mempengaruhi kekuatan beton
f) Kepadatan, dinyatakan dengan berat jenis

Pada umumnya agregat halus dituntut untuk memenuhi syarat:

a) Butiran tajam dan keras serta bersifat kekal
b) Kadar senyawa organik rendah
c) Bersih/kadar lumpur sedikit
d) Mempunyai pembagian butir (gradasi) yang baik

Agregat halus atau pasir yang digunakan sebagai material campuran beton dalam proyek KCJB harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam standar Tiongkok TB 3275-2011 tentang Beton untuk Teknik Perkeretaapian (*Concrete for Railway Engineering*). Pasir yang digunakan harus berasal dari pasir sungai atau pasir buatan (artificial sand) yang diperoleh dari unit produksi khusus (Utami, 2019). Implikasi dari syarat ini adalah penggunaan pasir dari sumber lain, seperti laut, gunung, atau bukit, tidak diizinkan. Berikut adalah perbandingan standar persyaratan untuk material agregat halus berdasarkan standar Tiongkok dan SNI.

Tabel 1. Persyaratan Material Agregat Halus Berdasarkan Standar Tiongkok dan SNI

No.	Parameter Uji	Standar Uji	
		TB 3275-2011	SNI

			≤C30	C30-45	≥C50	SNI 03-1970-1990
1	Apparent density (kg/m^3)			≥2.500		-
2	Saturated Surface Dry Density			-		≥2.500
3	Kadar Lumpur V/V (<#200/0,075mm) (%)			-		≤5,0
4	Berat Volume (rata-rata) (kg/m^3)			-		≥1.300
5	Compactdensity (kg/m^3)			≥1.400		-
6	Compactvoidage (%)			≥44		-
7	Clay content (<0,075mm) (%)		≤3,0	≤2,5	≤2,0	-
8	Mud content (<0,6mm) (%)			≤0,5		-
9	Mica content (%)			≤0,5		-
10	Soundness (%)			≤8		-
11	Cl^- content (%)			≤0.02		-
12	Water absorption (%)			≤2		≤5,0
13	Content of sulfide and sulfate (%)			≤0,5		-
14	Organic content (%)		Lighter than standard			Maksimal skala 4
15	Lightweight particle content (%)			≤0,5		-
16	Crush index (artificial sand) (%)			≤25		-
17	Crushed dust content (artificial sand) (%)	MB < 1,40	≤10,0	≤7,0	≤5,0	-
		MB ≥ 1,40	≤5,0	≤3,0	≤2,0	
18	Finenessmodulus		Persentase per ayakan			2,15-3,45
19	Alkali reactivity (%)			≤0,1		-

Dari parameter uji yang digunakan untuk pengujian agregat halus/pasir untuk HPC, standar beton Tiongkok (TB 3275-2011) relatif lebih lengkap dibandingkan dengan beton konvensional Standar Nasional Indonesia (SNI03-1970-1990). Perlu diperhatikan bahwa beberapa parameter uji standar Tiongkok dilakukan pada kondisi berbeda, misal parameter uji Density pada kondisi *Apparent* sedangkan SNI dilakukan pada kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD), dan sebagainya.

Meskipun parameter ujinya sama, pada pengujian kadar lumpur terdapat perbedaan batasan, dimana pada standar Tiongkok dibagi berdasarkan mutu beton yang akan digunakan.

Selain itu pengujian kadar lumpurpada standar Tiongkokjuga lebih spesifik. Pengujian kadar lumpur dibagi menjadi dua, diantaranya *clay content* dan *mud content* (Rony, 2020). *Clay content* merupakan kadar lumpur atau material asing dengan butiran <0,075mm, sedangkan *mud content* merupakan kadar lumpur atau material asing yang menyelimuti butiran agregat halus dengan ukuran <0,6mm.

Kandungan senyawa kimia pengotor yang terkandung dalam pasir dapat mengurangi integritas dan masa layan dari beton. Berikut penjelasan singkat mengenai pengaruh buruk senyawa kimia yang terkandung dalam pasir:

a. Ion klorida (Cl-):

Kandungan ion klorida yang tinggi dalam agregat halus dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja dalam beton (Zulkarnain & Kamil, 2021). Dampak buruknya meliputi kerusakan struktural, penurunan daya tahan beton, peningkatan permeabilitas, biaya perbaikan yang tinggi, dan memerlukan tindakan perlindungan tambahan.

b. Ion sulfat (SO42-)

Kandungan ion sulfat yang tinggi dalam agregat halus dapat menyebabkan serangan sulfat, yang mengakibatkan keretakan, pemuaian, penurunan kekuatan dan daya tahan beton, serta masalah daya tahan.

c. Mika:

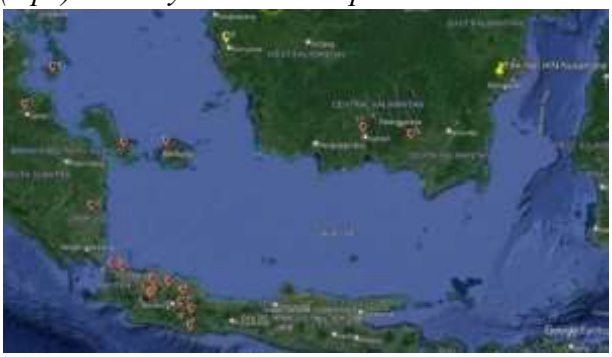
Kandungan mika yang tinggi dalam agregat halus dapat mengurangi kemudahan pengerjaan beton segar, meningkatkan kebutuhan air, menurunkan kekuatan, menyebabkan masalah daya tahan, membentuk kerak permukaan, dan mempengaruhi kualitas hasil akhir beton (Ananda, 2020).

d. Reaksi Alkali-Silika (ASR):

Silika pada agregat halus dapat menjadi sumber reaksi alkali-silika (ASR) yang berdampak buruk pada beton. Mineral reaktif dalam agregat dapat bereaksi dengan alkali dalam semen, menghasilkan pemuaian dan keretakan dalam beton (Ir Bambang Sujatmiko, 2019).

METODE PENELITIAN

Metode pengujian agregat halus dilakukan berdasarkan standar Tiongkok GB/T 14684-2011 tentang Pasir Konstruksi (*Sand for Construction*). Mengingat kebutuhan pasir yang sangat banyak, maka dilakukan pengujian dan pengetesan dari berbagai quarry pasir, baik dari Bangka Belitung, pulau Sumatera, pulau Jawa dan pulau Kalimantan (Pamungkas & Sri Suryaningsum, 2019). Untuk mendapatkan material yang memenuhi spesifikasi yang berlaku di Proyek KCJB, maka setiap sampel material yang masuk harus melalui pengujian *full test* yang dilakukan di laboratorium Central WIKA. Pemeriksaan material juga dilakukan dengan melakukan survei ke lokasi quarry untuk mengetahui kondisi material, cadangan deposit material, kemampuan vendor untuk dapat mengirimkan material, dan jarak antara quarry material dengan *batching plant*. Lokasi dari sampel agregat halus yang akan diuji sebagai berikut:



Gambar 1. Citra Satelit Lokasi Sampel Agregat Halus

Tabel 2. Daftar Quarry Sampel Agregat Halus &Koordinat Lokasi

No.	Sumber	Koordinat
1	Bangka Selatan	2°45'23.38"S106°28'8.88"E
2	Belitung	2°45'33.34"S107°38'32.28"E
3	Cariu	6°30'39.59"S107° 8'19.88"E
4	Cimalaka	6°47'45.06"S107°58'0.19"E
5	Cimangkok	6°52'35.16"S107° 2'40.65"E
6	Cianjur	6°49'19.31"S107° 7'57.18"E
7	Cipatujah	7°46'54.68"S108° 7'58.71"E
8	Galunggung	7°19'29.33"S108°10'42.90"E
9	Gunung Taka	6° 2'56.11"S106° 0'58.86"E
10	Jalupang	6°34'22.25"S107°35'39.92"E
11	Jambi	1°35'25.48"S103°36'40.26"E
12	Lampung	4°27'23.65"S105°30'9.45"E
13	Leles	7° 7'34.65"S107°54'3.19"E
14	Kalimantan Tayan	0° 1'5.41"S109°20'15.27"E
15	Kalimantan Pulang Pisau	2°44'28.17"S114°15'30.32"E
16	Rangkas	6° 9'0.81"S106°18'37.60"E
17	KalimantanSampit	2°32'18.21"S112°58'0.16"E
18	Singkep	0°35'13.89"S104°26'20.01"E

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metodologi pengujian dari standar Tiongkok GB 14684-2011, berikut rangkuman hasil ujidari sampel-sampel tersebut:

Tabel 3. Daftar Sampel Agregat halus &Parameter Uji Tidak Lolos

No.	Sumber	Parameter Uji Tidak Lolos
1	Bangka Selatan	Grading
2	Belitung	Clay content, mud content
3	Cariu	Clay content, mud content, water absorption, lightweight particle content, grading
4	Cimalaka	Clay content, mud content, water absorption, grading
5	Cimangkok	Clay content, mud content, soundness, water absorption, lightweight particle content, grading
6	Cianjur	Clay content, mud content, soundness, grading
7	Cipatujah	Soundness, chloride content, water absorption, lighweight particle content, grading
8	Galunggung	Clay content, mud content, water absorption, lightweight particle content
9	Gunung Taka	Clay content, mud content, water absorption, lightweight particle content, grading
10	Jalupang	Water absorption, lightweight particle content, grading
11	Jambi	Water absorption, organic content, grading
12	Lampung	Clay content,, mud content, chloride content, water absorption, lightweight particle content, grading
13	Leles	Clay content, water absorption, grading
14	Kalimantan Tayan	–
15	Kalimantan Pulang Pisau	Organic content, grading
16	Rangkas	Clay content, mud content, lightweight particle content, grading
17	KalimantanSampit	Organic content, lightweight particle content, grading
18	Singkep	Grading

Dari berbagai rangkaian pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa hanya pasir dari sungai Kapuas di daerah Tayan – Pontianak – Kalimantan Barat yang memenuhi syarat mutu pasir untuk digunakan dalam beton HPC di proyek KCJB.

Seiring kapasitas produksi yang semakin tinggi dan sebagai satu-satunya pasir yang memenuhi syarat agregat halus untuk HPC di proyek KCJB, penggunaan pasir Kalimantan Tayan memiliki kelemahan mendasar dari aspek praktisnya. Kelemahan tersebut antara lain:

a. Jarak tempuh pengiriman yang jauh

Tidak memungkinkan untuk dikirim dalam waktu yang singkat jika terjadi lonjakan produksi HPC yang tidak terduga, bisa berpengaruh ke biaya pengiriman.

b. Deposit tambang terbatas

Tambang pasir Kalimantan Tayan yang terbatas dan permintaan yang tinggi berpotensi menjadi salah satu faktor kurangnya pasokan agregat halus untuk HPC dalam volume besar.

c. Kendala supply disaat musim kemarau dan musim penghujan

Saat musim kemarau sering terjadi kendala karena tongkang-tongkang kandas, tidak bisa melalui sungai Kapuas karena sungai dangkal dan mengecil. Saat musim penghujan, sungai banjir dan perlu kehati-hatian dalam membawa pasir Tayan ini.

Dikarenakan karena adanya potensi masalah tersebut, sumber pasir alternatif yang memiliki potensi memenuhi syarat dari TB 3275-2011 perlu dicari. Salah satu kandidat dari pasir alternatif yang dapat digunakan adalah pasir Cimalaka. Pasir ini umumnya disebut dengan *artificial sand* (pasir buatan), di manapasir inimerupakan pasir yang berasal dari batu bukit yang sudah diolah (dipecah dan disaring) serta dicuci.

Tabel 4. Hasil Uji Agregat Halus Tayan, Cimalaka dan Cianjur

Parameter Uji	Kalimantan Tayan	Cimalaka	Cimangkok
Apparent density ρ (kg/m^3)	2640	2770	2600
Compactdesity ρ_0 (kg/m^3)	1610	1780	**1270**
Compactvoidage v_c (%)	39	36	51
Clay content ω_c (%)	1,2	2,6	**15,6**
Mud content $\omega_{c,\ 1}$ (%)	0,4	0,5	**0,9**
Mica content ω_m (%)	0,3	0,1	0,1
Soundness δ_j (%)	2	4	**8**
Cl^- content $\omega_{c,\ 1}$ (%)	0,007	0,003	0,002
Water content ω_{wc} (%)	1,5	0,5	0,7
Water absorption ω_{wa} (%)	0,9	1,5	8
Content of sulfide and sulfate SO_3 (%)	0,3	0,4	0,3
Organic content	Qualified	Qualified	Qualified
Lightweight particle content(%)	0,2	0,2	**0,8**
Crush index δ_{sa} (%)	–	18	–
Fineness modulus	2,5	3,0	2,7

Berdasarkan hasil pengujian awal, pasir buatan Cimalaka memenuhi persyaratan agregat halus yang tercantum di dalam standar TB 3275-2011. Meski demikian, penggunaan pasir vulkanik (di mana batuan perbukitan termasuk di dalamnya) tidak disarankan untuk digunakan dalam HPC di proyek KCJB. Saran untuk menghindari penggunaan pasir vulkanik dalam beton HPC didasarkan pada 2 hal:

a. Senyawa pengotor dalam mineral vulkanik

Senyawa pengotor yang terkandung dalam mineral vulkanik dapat berpengaruh buruk terhadap kekekalan HPC, sehingga dapat mengurangi masa layan dari HPC.

b. Keseragamandan konsistensi mutu

Berbeda dengan pasir tambang alam seperti pasir Kalimantan Tayan, konsistensi keseragaman pasir buatan cenderung kurang konsisten dari produksi ke produksi. Hal ini dapat diamati dari hasil uji ulang di Tabel 3.

KESIMPULAN

Hasil pengujian agregat halus dari berbagai sumber untuk pengaplikasian beton HPC di dalam proyek KCJB menunjukkan bahwa hanya pasir Kalimantan Tayan saja yang memenuhi persyaratan yang tercantum dalam TB 3275-2011 Beton Untuk Rekayasa Perkeretaapian (*Concrete for Railway Engineering*). Karena agregat halus yang memenuhi syarat HPC berbasis standar Tiongkok hanya berasal dari satu sumber saja (Tayan), potensi masalah dari produksi HPC berbasis standar Tiongkok akan muncul semakin tinggi, apalagi ada rencana proyek kereta cepat akan dilanjutkan sampai Surabaya. Dengan demikian, perlu dilakukan tinjauan lebih lanjut untuk menemukan sumber agregat halus untuk produksi HPC alternatif demi di versifikasi sumber agregat halus, peninjauan kembali sumber agregat halus yang sudah pernah diuji sebelumnya, serta peninjauan ulang standar Tiongkok agar dapat di sesuaikan dengan kondisi sumber daya alam Indonesia tanpa mengurangi mutu dari HPC yang diproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

Ananda, Arya. (2020). *Analisa Pembuatan Genteng Beton Serat Dengan Bahan Tambah Serat Ijuk*. Google Scholar

Antoro, Widi. (2018). *Perencanaan Jembatan Kereta Api Menggunakan Struktur Voided Slab Di Desa Kebun Agung Kabupaten Madiun*. Universitas 17 Agustus 1945. Google Scholar

Aryono, Ilham. (2019). *Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (Hvfa-Scc) Dengan Kadar Fly Ash 50%*. Google Scholar

Azmi, Muhamad Ulul. (2020). Pengaruh Penambahan Superplasticizier Sika Viscocrete 1003 Untuk Mencapai Kuat Tekan Awal Tinggi Beton. *Conference on Business, Social Sciences and Innovation Technology*, *1*(1), 677–686. Google Scholar

Ir Bambang Sujatmiko, M. T. (2019). *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan*. Media Sahabat Cendekia. Google Scholar

Pamungkas, Noto, & Sri Suryaningsum, S. E. (2019). *Tata Kelola Wisata Bekas Lahan Tambang*. Nugra Media. Google Scholar

Rony, Rony. (2020). *Pemanfaatan Additif Fly Ash Daun Bambu Petung (Petung Bamboo Leaf Ash) Untuk Meningkatkan Strength Pada Semen Pemboran*. Universitas Islam Riau. Google Scholar

Sanjaya, Fondy, & Puspitasari, Viani. (2020). Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangunan Kereta Cepat Jakarta-Bandung Dalam Perspektif Kritis Environmentalisme. *Padjadjaran Journal of International Relations*, *2*(2), 170–186. Google Scholar

Utami, Rizka Dwi. (2019). *High Density Polyethylene (Hdpe) Sebagai Pengganti Foam Agent Dan Air Dalam Pembuatan Bata Hebel (Celcon)*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Google Scholar

Zulkarnain, Fahrizal, & Kamil, Bustanul. (2021). Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, *2021*. Google Scholar