

TINJAUAN KARAKTERISTIK BETON MUTU TINGGI DENGAN UKURAN MAKSIMUM AGREGAT KASAR 20 MM

Rudi Prastiyo*, Abdul Rochman, Andika Taslimanurrohm

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol 1 Pabelan, Sukoharjo, Jawa Tengah

*Email: d100180135@student.ums.ac.id

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan beton menjadikan penelitian tentang karakteristik beton dibutuhkan. Salah satunya karakteristik beton mutu tinggi untuk mengetahui nilai kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, permeabilitas dan pengaruh penggunaan semen pada beton mutu tinggi dengan ukuran maksimum agregat 20 mm. Perencanaan campuran berdasarkan SNI-03-6468-2000 dengan kuat tekan rencana 50 MPa, dengan beton silinder diameter 150 mm dan panjang 300 mm, untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah terdiri dari lima sampel, sedangkan pengujian permeabilitas menggunakan tiga sampel dengan umur 28 hari. Bahan penyusun terdiri dari, agregat kasar, agregat halus, semen, air, superplasticizer dan fly ash. Nilai kuat tekan yaitu 47,62 MPa, dengan penurunan sebesar 4,77% dari kuat tekan rencana. Nilai modulus elastisitas sebesar 23411 MPa dengan validasi ACI sebesar 29800 MPa. Nilai kuat tarik belah 5,33 MPa dengan selisih 11,19% dari kuat tekan. Permeabilitas beton dengan nilai penetrasi 7,7 mm, untuk nilai koefisien mendapatkan nilai 2,4807.10-6 m/dt. Perbandingan dengan penggunaan ukuran maksimum agregat 12,5 mm menunjukkan kebutuhan semen mengalami peningkatan 0,54% dan selisih kuat tekan 5,12% lebih rendah, menunjukkan ukuran agregat semakin besar maka nilai kuat tekan semakin rendah.

Kata kunci: Beton mutu tinggi, karakteristik beton, kuat tekan beton, permeabilitas beton, ukuran maksimum agregat.

Abstract

The increasing need for concrete makes research on the characteristics of concrete needed. One of the characteristics of high quality concrete is to determine the value of compressive strength, modulus of elasticity, split tensile strength, permeability and the effect of using cement on high quality concrete with a maximum aggregate size of 20 mm. Mix design based on SNI-03-6468-2000 with a design compressive strength of 50 MPa, with a concrete cylinder with a diameter of 150 mm and a length of 300 mm, for testing compressive strength, modulus of elasticity and split tensile strength consisting of five samples, while for permeability testing using three samples with 28 days old. The constituent materials consist of coarse aggregate, fine aggregate, cement, water, superplasticizer and fly ash. The compressive strength value is 47.62 MPa, with a decrease of 4.77% from the design compressive strength. The elastic modulus value is 23411 MPa with ACI validation of 29800 MPa. The value of split tensile strength is 5.33 MPa with a difference of 11.19% from the compressive strength. Permeability of concrete with a penetration value of 7.7 mm, for a coefficient value of 2.4807.10-6 m/s. Comparison with the use of a maximum aggregate size of 12.5 mm shows that the cement requirement has increased by 0.54% and the difference in compressive strength is 5.12% lower, shows the larger the aggregate size, the lower the compressive strength value.

Keywords: concrete characteristics, concrete compressive strength, concrete permeability, high quality concrete, maximum aggregate size.

1. PENDAHULUAN

Beton sebagai bahan yang paling sering digunakan sebagai bahan konstruksi di Indonesia karena mempunyai karakteristik yang kuat dalam tekan, mudah dibentuk, dan mudah dirawat, sehingga diperlukan bahan yang berkualitas dan campuran yang tepat untuk memenuhi kebutuhan pada bangunan. Beton tersusun atas campuran semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah bila diperlukan. Seperti beton mutu tinggi (*high strength concrete*) sangat banyak

digunakan pada, gelagar jembatan, jalan raya, struktur gedung, dan lainnya.

Beton mutu tinggi merupakan beton yang mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibanding beton normal, menurut SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Beton mutu tinggi lazim menggunakan ukuran agregat yang lebih kecil (<15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi (Larrard, 1990). Beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah seperti

superplasticizer yang bertujuan meningkatkan *workability*, mengurangi pemakaian air, meningkatkan mutu dan kekentalan nilai slump (Prajitno, 2007).

Berdasarkan uraian yang diuraikan di atas, percobaan menganalisis pengaruh ukuran maksimum agregat kasar 20 mm pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah beton, permeabilitas beton dan juga mencari pengaruh penggunaan semen yang akan berbanding lurus dengan faktor ekonomis.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Semen jenis PCC dengan merk Semen Tiga Roda, Agregat kasar dari batu pecah dari PT Pancadarma Puspawira Colomadu dengan proses penyaringan dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat halus dari berasal dari merapi dari PT Bangun Solusi Beton Yogyakarta. Air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Fly ash* berasal dari PT Bangun Solusi Beton Yogyakarta. *Superplasticizer* dengan merk dangan sika dengan jenis Sika Viscocrete-1003.

2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Kerucut abram's untuk pengujian *Saturated Surface Dry* (SSD) agregat halus, mesin los angeles untuk menguji keausan agregat kasar, pengguncang saringan (*shaker*) untuk mengguncang saringan set, saringan untuk pengujian gradasi agregat dan penyortiran agregat kasar, bekisting untuk mencetak sampel beton, *slump cone* untuk pengujian slump, *mixer* beton (molen) untuk mencampur adonan beton, UTM (*Universal Testing Machine*) untuk memberi tekanan desak pada sampel kuat tarik, CTM (*Compression testing machine*) untuk memberikan tekanan desak untuk kuat tekan dan modulus elastisitas, gelas ukur untuk menakar air, Oven untuk memanaskan agregat pada pengujian material penyusun beton, Piknometer untuk pengujian berat jenis, Timbangan digital untuk menimbang bahan penyusun beton dan sampel beton, alat permeabilitas untuk menguji tingkat permeabilitas beton.

2.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tahapan pada penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu: Tahap I: penyediaan bahan dan persiapan alat bahan penyusun beton seperti semen, agregat halus, agregat kasar ukuran maksimum 20 mm, air, dan mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap II: merupakan tahap pengujian semen, agregat halus, agregat kasar, air, *superplastizer*, dan *fly ash* yang akan digunakan dalam pencampuran adukan beton. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan dasar sesuai Standar Nasional Indonesia. Tahap III: Pada tahap ini dilakukan pembuatan campuran beton sesuai dengan *mix design* SNI 03-6468-2000 dan dilanjutkan uji *slump*. Selanjutnya dilakukan pencetakan benda uji silinder dengan cetakan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah itu beton yang keras di rendam di bak (*curing*) selama 28 hari. Perencanaan campuran dan jumlah pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1
Perencanaan campuran beton

Kebutuhan Bahan	Air (kg/liter)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)
1 m ³	181	383	602
1 silinder	0,96	2,03	3,19

Tabel 2
Lanjutan perencanaan campuran beton

Kebutuhan Bahan	Agregat Kasar (kg)	Fly Ash (kg)	Superplasticizer (kg)
1 m ³	969	128	2,56
1 silinder	5,13	0,68	0,01

Tabel 3
Perencanaan pembuatan benda uji

Ukuran Maksimum Agregat	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel
20 mm	Kuat tekan & modulus elastisitas	5
	Kuat tarik belah	5
	Permeabilitas	3
Jumlah		13

Tahap IV: Pada tahap ini dilakukan pengujian pada benda uji yaitu, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah dan

permeabilitas dengan variasi waktu. Tahap V: Pada tahap ini dilakukan analisa data hasil dari pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah dan permeabilitas. kuat tekan dan kuat tarik belah yang akan dibuat pembahasan dan kemudian disimpulkan hasil dari pengujian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Ikat Awal Semen

Hasil pemeriksaan ikat awal semen pada penelitian ini ditunjukkan Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4
Pengujian ikat awal semen

Waktu (menit)	15	30	45	60	75
Penurunan (mm)	40	37	33	27	14

Tabel 5
Pengujian ikat awal Semen Tiga Roda dengan substitusi fly ash 25%

Waktu (menit)	15	30	45	60	75	90
Penurunan (mm)	40	39	38	35	25	15

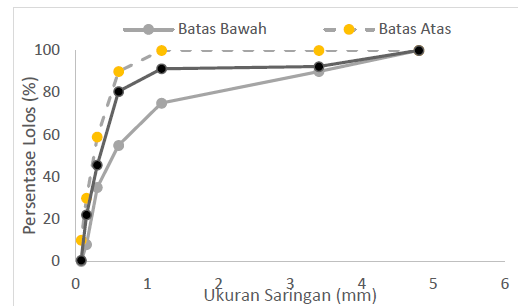
3.2. Pengujian Agregat Halus

Hasil pemeriksaan agregat halus pada penelitian ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6
Pemeriksaan agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Berat Jenuh Kering	2,41	-	Tidak ada ketentuan
Berat Jenis Semu	2,76	-	Tidak ada ketentuan
Kandungan Zat Organik	Kuning kecoklatan no.2	No 1-5	Memenuhi
Kandungan Lumpur	3,91	Maks.5 %	Memenuhi
Penyerapan Air	3,09	Maks.5 %	Memenuhi
Modulus Halus Butir	3,66	1,5-3,8	Memenuhi

Pemeriksaan gradasi agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm sesuai dengan SNI 03-2834-2000 dilihat pada Gambar 1.

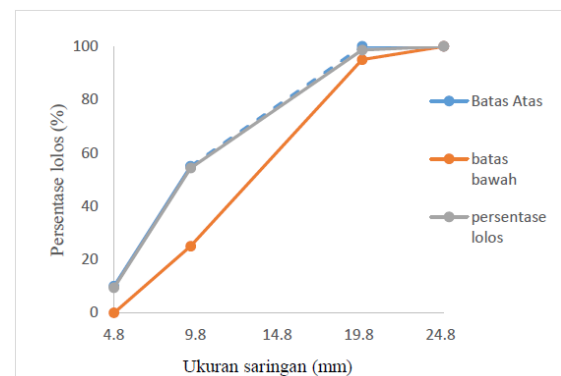


Gambar 1 Grafik gradasi agregat halus

3.3. Pengujian Agregat Kasar

Tabel 7
Pemeriksaan agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Keausan	34,80	Di bawah 40%	Memenuhi
Berat Jenis Kering	2,43	-	-
Berat Jenis Semu	2,46	-	-
Baerat Jenis Bulk	2,41	-	-
Penyerapan Air	0,78	Maks.5 %	Memenuhi
Modulus Halus Butir	8,08	5,5-8,5	Memenuhi



Gambar 2 Grafik gradasi agregat kasar

3.4. Pengujian Slump

Pemeriksaan slump bertujuan untuk mengetahui nilai kekentalan beton segar dan kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Hasil dari pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8
Pemeriksaan slump

Pengujian	Ukuran Maksimum	Nilai Slump
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	20 mm	41
Kuat Tarik	20 mm	41
Permeabilitas	20 mm	47

Tabel 9
Pemeriksaan slump lanjutan

Pengujian	Slump Rencana (mm)	Keterangan
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	25-50	Memenuhi
Kuat Tarik	25-50	Memenuhi
Permeabilitas	25-50	Memenuhi

3.5. Pemeriksaan Berat Isi Beton

Pemeriksaan berat isi beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari setelah beton direndam dengan melewati masa pengeringan udara selama kurang lebih satu hari. Pemeriksaan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui klasifikasi beton terhadap berat isi beton menurut SNI 03-2847-2002 dengan berat volume beton masuk di antara 2200-2500 kg/m³. Hasil dari pemeriksaan berat isi beton disajikan pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10
Pemeriksaan berat isi beton

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)
Sampel 1	0.00530	11.34
Sampel 2	0.00530	12.20
Sampel 3	0.00530	12.38
Sampel 4	0.00530	12.32
Sampel 5	0.00530	12.37
Sampel 6	0.00530	12.06
Sampel 7	0.00530	11.77
Sampel 8	0.00530	11.55
Sampel 9	0.00530	11.73
Sampel 10	0.00530	12.31

Tabel 11
Pemeriksaan berat isi beton lanjutan

Sampel	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata-rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel 1	2139.06	
Sampel 2	2301.28	
Sampel 3	2335.23	
Sampel 4	2323.91	
Sampel 5	2333.35	2264,12
Sampel 6	2274.87	
Sampel 7	2220.17	
Sampel 8	2178.67	
Sampel 9	2212.62	
Sampel 10	2322.03	

3.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM) dengan pemberian beban sampai beton hancur. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12
Kuat tekan beton

Sampel	D (mm)	L (mm)	Luas Bidang (mm ²)
Sampel 1	150	300	17662.5
Sampel 2	150	300	17662.5
Sampel 3	150	300	17662.5
Sampel 4	150	300	17662.5
Sampel 5	150	300	17662.5

Tabel 13
Kuat tekan beton lanjutan

Sampel	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Fc' Rata-rata (Mpa)
Sampel 1	780000	44.16	
Sampel 2	880000	48.12	
Sampel 3	870000	48.69	47,62
Sampel 4	890000	50.39	
Sampel 5	785000	44.44	

Tabel 14
Kuat tekan beton lanjutan

Sampel	Fc' Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel 1		
Sampel 2		
Sampel 3	50,00	4,77
Sampel 4		
Sampel 5		

3.7. Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas merupakan nilai dari perbandingan kuat tekan beton setiap pembacaan 20 kN dengan penurunan sampel beton silinder berdiameter 15 cm dan panjang 30 cm pada arah longitudinal dengan tingkat ketelitian 0.01 mm. Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 15 dan 16.

Tabel 15
Modulus elastisitas

Sampel	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Validasi ACI (MPa)
Sampel 1	20 mm	22149.44	28962.73
Sampel 2	20 mm	23491.64	30334.37
Sampel 3	20 mm	24188.92	30200.84
Sampel 4	20 mm	26835.48	30467.15
Sampel 5	20 mm	20538.91	29033.33

Tabel 15
Modulus elastisitas lanjutan

Sampel	Ec Perhitungan Rata-rata (MPa)	Rata-rata Validasi ACI (MPa)
Sampel 1		
Sampel 2		
Sampel 3	23441	29800
Sampel 4		
Sampel 5		

Hasil dari penelitian ini mendapatkan hasil modulus elastisitas yaitu 23411 MPa, jika dibandingkan dengan nilai validasi ACI 363-62 dengan nilai 29800 MPa Hasil yang cukup baik antara hasil penelitian dengan nilai validasi.

3.8. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari setelah beton melalui proses perendaman. pengujian dilakukan menggunakan mesin desak *Compression Testing Machine* (CTM) untuk menekan benda uji dengan posisi melintang dengan desakan untuk menekan benda uji sampai terbelah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 16 dan Tabel 17.

Tabel 16
Kuat tarik belah

Sampel	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Luas (mm ²)
Sampel 1	150	300	141371.67
Sampel 2	150	300	141371.67
Sampel 3	150	300	141371.67
Sampel 4	150	300	141371.67
Sampel 5	150	300	141371.67

Tabel 17
Kuat tarik belah lanjutan

Sampel	Beban Maksimu m (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Rerata Kuat Tarik (MPa)
Sampel 1	390	5.52	
Sampel 2	385	5.45	
Sampel 3	440	6.22	5.33
Sampel 4	340	4.81	
Sampel 5	330	4.67	

Hasil pengujian kuat tarik belah beton mendapatkan nilai rata 5,33 MPa, jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan mendapatkan selisih 11,19% nilai kuat tarik belah dan nilai kuat tekan tidak berbanding lurus. Bahwa nilai kuat tarik berkisar 9-15% dari nilai kuat tekannya (Dipohusodo, 1996).

3.9. Pengujian Permeabilitas Beton

Pengujian ini dilakukan dengan pemberian tekanan selama lima hari pengujian dengan tekanan 1 kg/cm² selama 48 jam, 3 kg/cm² selama 24 jam dan 7 kg/cm³ selama 24 jam. Pengecekan dilakukan berkala untuk mengetahui rembesan air yang telah masuk kedalam beton dapat dilihat pada pembacaan penurunan pada tabung air pada alat permeabilitas. Setelah itu sampel beton dibelah menjadi 2 bagian untuk mengetahui luas rembesan air di dalam beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13

Tabel 12
Hasil uji penetrasi

Sampel	Kedalaman penetrasi (m)	L rata-rata (m)
Sampel 1	15.0	
Sampel 2	2.0	7,7
Sampel 3	6.0	

Tabel 13
Hasil uji penetrasi lanjutan

Sampel	Syarat SK SNI S-36-1990-03	
	Syarat agresif kuat (40 mm)	Syarat agresif kuat (50 mm)
Sampel 1		
Sampel 2	memenuhi	memenuhi
Sampel 3		

Tabel di atas menunjukkan nilai dengan rata-rata 7.7 mm, dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai penetrasi memenuhi persyaratan sesuai dengan SK SNI S-36-1990-03 dengan nilai agresif kuat 40 mm dan nilai agresif

sedang 50 mm, maka berdasarkan hasil pengujian penetrasi di atas menunjukkan bahwa beton dengan ukuran maksimum agregat kasar 20 mm merupakan beton yang kepadat air.

Tabel 13
Nilai pengujian koefisien

Sampel	K (m/dt)	K (m/dt) rata - rata
Sampel 1	$2.4807.10^{-6}$	
Sampel 2	$3.02361.10^{-7}$	$1.283.10^{-6}$
Sampel 3	$1.06555.10^{-6}$	

Tabel 14
Nilai pengujian koefisien lanjutan

Sampel	Syarat ACI 301-729 (1975) $1,5.10^{-11}$ m/dt
Sampel 1	tidak memenuhi
Sampel 2	
Sampel 3	

Tabel di atas menunjukkan nilai koefisien rata-rata yaitu $1,283.10^{-6}$ sedangkan persyaratan nilai maksimum koefisien berdasar pada ACI 301-729 (1975) adalah $1,5.10^{-11}$. Maka, nilai koefisien beton mutu tinggi ukuran agregat maksimum 20 mm tidak memenuhi syarat.

3.10. Pengaruh penggunaan ukuran maksimum agregat 20 mm dengan 12,5 mm

Pengaruh penggunaan ukuran agregat akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh saudari Nadia Puspa Rini, perbandingan meliputi hasil pengujian antara lain kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, permeabilitas dan pengaruh penggunaan semen. Hasil dari perbandingan disajikan dalam Tabel 14, 15 dan 16.

Tabel 14
Kuat tarik belah

Pengujian	Agregat Maksimum 12,5 mm
kuat tekan (MPa)	50.19
modulus elastisitas (MPa)	21968
kuat tarik belah (MPa)	5.84
permeabilitas Penetrasi (mm)	8.00
Koefisien (m/dt)	$1,2195 \times 10^{-6}$
pengaruh penggunaan semen (kg)	374.82

Tabel 15
Kuat tarik belah lanjutan

Pengujian	Agregat Maksimum 20 mm
kuat tekan (MPa)	47.62
modulus elastisitas (MPa)	23411
kuat tarik belah (MPa)	5.33
permeabilitas Penetrasi (mm)	7.66
Koefisien (m/dt)	1.2828×10^{-6}
pengaruh penggunaan semen (kg)	383.28

Tabel 16
Kuat tarik belah lanjutan

Pengujian	Selisih (%)
kuat tekan (MPa)	5,12
modulus elastisitas (MPa)	6,71
kuat tarik belah (MPa)	8,73
permeabilitas Penetrasi (mm)	4,25
Koefisien (m/dt)	2,59
pengaruh penggunaan semen (kg)	0,54

Tabel menunjukkan hasil kuat tekan agregat maksimum 12,5 mm mendapat nilai 50,19 MPa sedangkan agregat maksimum dengan nilai 47,62 MPa ada selisih 5,12%. Hasil pengujian modulus elastisitas penggunaan agregat 20 mm lebih tinggi dengan nilai 23411 MPa dan agregat 12,5 mm dengan nilai 21968 MPa, pengujian kuat tarik belah agregat 20 mm lebih rendah 8,73% dengan nilai 5,33 MPa, sedangkan penggunaan agregat 12,5 mm dengan nilai 5,84 MPa. Pengujian Permeabilitas penetrasi keduanya lolos dalam spesifikasi Syarat SK SNI S-36-1990-03, dan keduanya tidak lolos dalam uji koefisien permeabilitas sesuai syarat ACI 301-729, pada pengaruh penggunaan semen agregat 20 mm 2,26% lebih banyak dibanding pada penggunaan agregat 12,5 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian beton mutu tinggi ukuran maksimum agregat 20 mm, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Pengujian kuat tekan terdapat penurunan sebesar 4,77% dari nilai kuat tekan rencana dan sebesar 5,12% dari penggunaan agregat 15 mm, adanya pengaruh terhadap kuat tekan yang disebabkan ukuran maksimum agregat 20 mm yang mana nilainya tidak terlalu besar.

- Sedangkan pada nilai modulus elastisitas menunjukkan nilai 23411 MPa, jika dibandingkan dengan nilai validasi ACI dengan nilai 29800 MPa dan 21968 MPa dari penggunaan agregat maksimum 15 mm.
2. Nilai kuat tarik belah rata-rata beton mendapatkan nilai 5,33 MPa, nilai ini cukup baik jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan 47,62 MPa dengan selisih sebesar 11,19%. Sedangkan dengan kuat tekan dari penggunaan agregat 15 mm senilai 5,84 mendapatkan selisih 8,73%.
 3. Hasil pengujian penetrasi permeabilitas beton penggunaan agregat 20 mm mendapatkan kedalaman rata-rata 7,7 mm, lebih kecil dari penggunaan agregat 15 mm dengan nilai 8 mm. keduanya masuk kedalam beton kedap air jika ditinjau dari standar pada SK SNI S-36-1990-03 dengan nilai agresif kuat 40 mm dan agresif sedang 50 mm. sedangkan pada pemeriksaan koefisien permeabilitas agregat 20 mm mendapatkan nilai $2,4807 \cdot 10^{-6}$ m/dt, sedangkan agregat 15 mm dengan nilai $1,2195 \cdot 10^{-6}$, yang mana nilai tersebut tidak lolos pada spesifikasi sebesar $1,5 \cdot 10^{-11}$ m/dt dari ACI 301-729.
 4. Penggunaan semen pada penelitian ini menyatakan lebih banyak 2,26% dibanding beton mutu tinggi dengan ukuran maksimum agregat 15 mm. dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar ukuran maksimum agregat maka semakin banyak semen yang digunakan.

Adapun saran yang harus diperhatikan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, antara lain: pada saat pengambilan data ketika proses pengujian pastikan alat dalam keadaan baik dan teliti pada pencatatan hasil di laboratorium. Pada pemilihan agregat bahan penyusun beton mutu tinggi harus diperhatikan dan sesuai spesifikasi. Ketika pembuatan sampel pastikan beton masuk kedalam silinder dalam keadaan padat sempurna untuk meminimalisir rongga udara dan perhatikan permukaan sampel agar rata karena bisa memengaruhi hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C-469. *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. ASTM C-469 Commite Report.
- ACI 301-729. *Specification For Structural Concrete*. ACI 301-729 Committee Report.

- Anonim. 1974. SK SNI S-36-1990-03. *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2000. SNI 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2000. SNI 03-6468-242000. *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2002. SNI 03-2847-2002. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2003. SNI 03-6827-2003. *Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen Potrland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2013. SNI 2834:2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dipohusodo. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Prajitno, Handi. 2007. Sika Viscocrete sebagai disperan sebagai compacting concrete. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*.
- Larrad, De. 1990. A Method For Proportioning High Strength Concrete. *Cement Concrete and Aggregate*. Vol.12 No,2 1990, pp.47-52.