



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202138167, 11 Agustus 2021

Pencipta

Nama : **Daniel Christianto, Tavio dkk**
Alamat : Jl. KHM Mansyur No.171, RT/RW:003/002, Jembatan Lima, Tambora,
Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11250
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas
Tarumanagara**
Alamat : Jl. Letjen. S. Parman No. 1, Grogol, Jakarta Barat, DKI JAKARTA,
11440

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Karya Ilmiah**

Judul Ciptaan : **FORMULASI SIZE EFFECT PADA KUAT GESER BALOK
BETON TANPA AGREGAT KASAR**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 10 Juli 2021, di Jakarta
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali
dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000264510

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

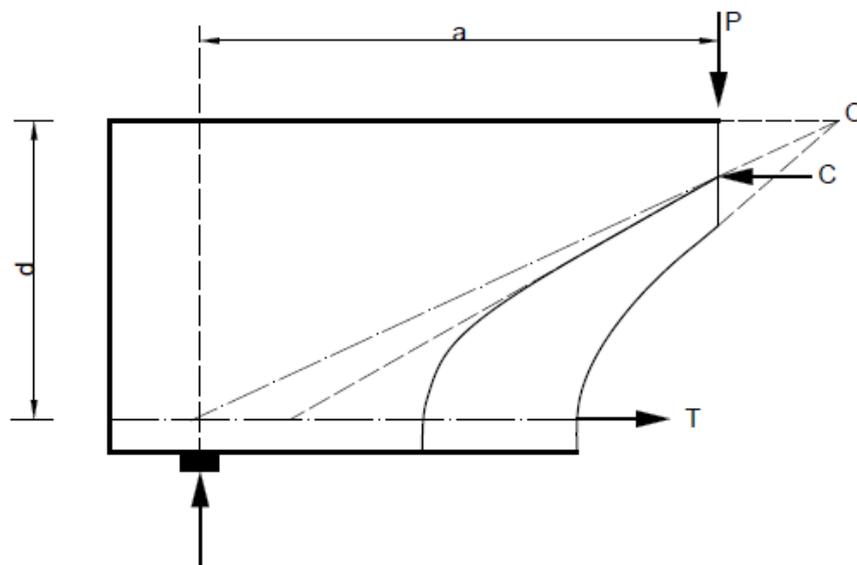
LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Daniel Christianto	Jl. KHM Mansyur No.171, RT/RW:003/002, Jembatan Lima, Tambora
2	Tavio	Jl. Kencanasari Timur 10/J-42 RT/RW 005/007, Gunungsari, Dukuh Pakis
3	Yenny Untari Liucius	CITRA 1 Blok C-6 No.17 RT/RW:003/016, Kalideres



**FORMULASI *SIZE EFFECT* PADA KUAT GESER BALOK BETON
TANPA AGREGAT KASAR**

**DISUSUN OLEH:
DANIEL CHRISTIANTO
TAVIO
YENNY UNTARI LIUCIUS**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TARUMANAGARA
2021**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas pembuatan hak cipta tentang “FORMULASI *SIZE EFFECT* PADA KUAT GESER BETON TANPA AGREGAT KASAR”. Formula ini didasari oleh pelaksanaan penelitian yang berkaitan dengan beton tanpa agregat kasar dan dilaksanakan di laboratorium Konstruksi dan Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara.

Di masa mendatang dunia akan menuju kepada beton mutu tinggi (*high performance concrete*), dimana untuk itu tidak lagi menggunakan agregat kasar dan cenderung mengembangkan material yang berbentuk serbuk. Hal ini dikarenakan pasta (campuran bahan – bahan serbuk seperti semen, *silicafume*, serbuk kwarsa dan serbuk marmer) dan bahan tambahan seperti *superplasticizer* akan menghasilkan mutu yang lebih tinggi daripada agregat kasar, sehingga untuk mendapatkan mutu beton tinggi, agregat kasar menjadi titik terlemah. Untuk mengatasi hal ini dan untuk meningkatkan mutu beton yang tinggi, maka agregat kasar harus dihilangkan.

Pada peraturan ACI 318M 2019, terdapat formula geser *size effect* yang berlaku untuk beton normal (beton dengan agregat kasar). Dan agregat kasar ini memberikan kontribusi kuat geser melalui mekanisme *aggregate interlock*. Sedangkan pada penelitian ini membuat beton tanpa agregat kasar untuk memformulasi fenomena *size effect* pada geser.

Penulis menyadari masih banyak penelitian lanjutan yang harus dilaksanakan dan berharap mendapatkan masukan/saran dari berbagai pihak. Akhir kata penulis berharap agar formula ini dapat berguna bagi rekan – rekan peneliti lain dan para praktisi di dunia konstruksi.

Jakarta, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar

Daftar isi

Daftar notasi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

BAB I DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.2 Ruang lingkup

1.3 Pengertian

BAB II *SIZE EFFECT*

BAB III PERSYARATAN - PERSYARATAN

BAB IV FORMULASI *SIZE EFFECT* PADA KUAT GESER

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

a	: bentang geser, jarak dari beban terpusat ke perletakan (mm)
a/d	: rasio bentang geser terhadap kedalaman efektif
A_s	: luas tulangan longitudinal (mm ²)
b	: lebar penampang balok (mm)
d	: kedalaman efektif balok (mm)
d_0	: konstanta dengan dimensi panjang (mm)
d_a	: diameter agregat maksimum (mm)
f'_c	: mutu beton (MPa)
l_c	: panjang kantilever balok (mm)
v	: tegangan geser (MPa)
V_u	: gaya geser akibat beban luar (kN)
β	: <i>brittleness number</i>
ρ	: rasio tulangan longitudinal
λ	: faktor beton bobot ringan; faktor <i>size effect</i> secara umum
v_{uji}	: gaya geser dari hasil pengujian
v_{se}	: gaya geser dari formulasi <i>size effect</i>
V_c	: Kuat geser yang dikontribusi oleh beton

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Tegangan Geser saat Kegagalan (V_u) terhadap a/d untuk Balok Beton dengan Kedalaman Bervariasi (Kani, 1967: 131).....	7
Gambar 2. Pemodelan Benda Uji Balok	11

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jarak Pemodelan Benda Uji Balok.....	11
Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Silinder dan Gaya Geser Balok.....	12
Tabel 3. Rekapitulasi Perbandingan Nilai Kuat Geser pengujian dan formula Kuat Geser <i>Size Effect</i>	13

BAB I

DESKRIPSI

1.1. Maksud dan Tujuan

1.1.1. Maksud

Maksud dari formulasi ini adalah untuk digunakan menganalisis *size effect* pada kuat geser balok beton tanpa agregat kasarsebagai salah satu acuan bagi para perencana.

1.1.2. Tujuan

Tujuan tata cara ini adalah untuk mendapatkan *size effect* pada kuat geser balok beton tanpa agregat kasar.

1.2. Ruang Lingkup

Tata cara ini meliputi persyaratan - persyaratan umum serta ketentuan - ketentuan teknis beton tanpa agregat kasar untuk mutu mencapai 100 sampai 120 MPa.

1.3. Pengertian

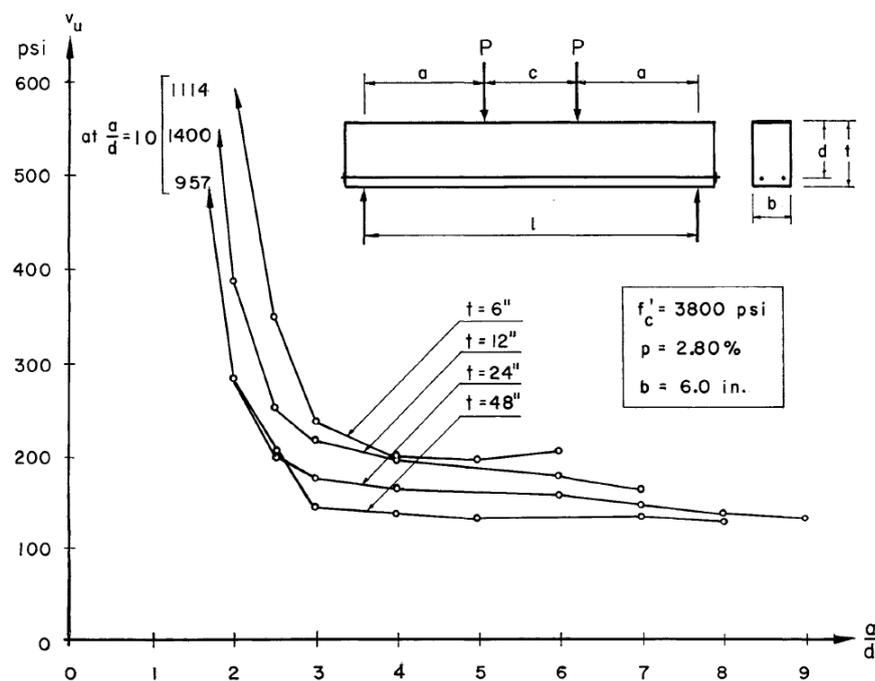
Yang dimaksud dengan:

- 1) Kuat geser adalah kapasitas beton memikul gaya geser yang bekerja
- 2) Beton (tanpa agregat kasar) adalah campuran antara semen portland (*type 1*), agregat halus dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat;
- 3) agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara 'alami' dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 0.075 mm;
- 4) kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 100 mm, tinggi 200 mm);

BAB II

SIZE EFFECT

Kani (1967) telah menunjukkan adanya *size effect* yang sangat signifikan pada kekuatan geser komponen struktur tanpa tulangan transversal (lihat Gambar 2.8). Pada tahun 1989, Shioya dkk., dengan pengujian balok skala besarnya, menunjukkan tegangan geser rata-rata yang menyebabkan kegagalan balok terbesar adalah sekitar sepertiga tegangan geser rata-rata yang menyebabkan kegagalan balok terkecil.



Gambar 1. Grafik Tegangan Geser saat Kegagalan (V_u) terhadap a/d untuk Balok Beton dengan Kedalaman Bervariasi (Kani, 1967: 131)

Ada kesepakatan umum bahwa alasan utama untuk *size effect* ini adalah lebar retak diagonal yang lebih besar dalam balok yang lebih besar. Namun, ada pertentangan pada bagaimana cara terbaik untuk memodelkan fenomena ini. Beberapa peneliti percaya bahwa konsekuensi paling utama dari retakan yang lebih lebar adalah tegangan tarik residual tereduksi dan sebagai hasilnya, mengajukan penggunaan faktor reduksi ukuran

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{d}{d_o}}}$$

berdasarkan pada mekanika fraktur nonlinear dengan d_o adalah parameter empiris. Peneliti lain percaya bahwa konsekuensi paling penting dari retakan yang lebih lebar adalah kemampuan tereduksi untuk menyalurkan tegangan geser *interface* retakan. Ketika spasi retakan digunakan untuk menentukan tegangan geser *interface* retakan pembatas adalah fungsi dari kedalaman spesimen, tidak ada faktor khusus yang diperlukan untuk memperhitungkan *size effect*. Mungkin argumen paling kuat untuk pendekatan ini adalah bahwa itu mengarah ke perlakuan komponen struktur yang konsisten dengan pengaturan tulangan longitudinal yang berbeda.

Bazant, dkk. (2007) menunjukkan bahwa kode desain (*design code*) yang mengabaikan *size effect* untuk balok dengan $d < 1$ m akan menyebabkan probabilitas kegagalan balok tinggi dengan $d = 1$ m kira-kira sebesar 1000 kali lebih besar daripada balok kecil dengan $d = 200$ m. Beberapa peneliti berpendapat bahwa kegagalan geser pada balok dengan tulangan transversal, minimum atau lebih, tidak menunjukkan fenomena *size effect*. Dengan menggunakan analisis statistik yang sesuai, Bazant, dkk. (2007) menunjukkan bahwa kesimpulan ini tidak benar. Dia menunjukkan keuntungan yang disediakan oleh tulangan transversal minimum (pada pengujian di Toronto) adalah mengubah reduksi V_c akibat *size effect* dari 23,8% menjadi 59% kekuatan rata-rata *database* balok kecil. Meskipun hal ini membantu, namun reduksi ini tidak dapat diabaikan. Tulangan transversal tidak mengeliminasi *size effect*, namun hanya memitigasi *size effect*.

BAB III

PERSYARATAN-PERSYARATAN

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut :

- 1) Formula ini dibentuk berdasarkan penelitian pada campuran beton tanpa agregat kasar.
- 2) Mutu beton pada saat penelitian berkisar dari 90-125 Mpa.
- 3) Beton (tanpa agregat) yang dibuat harus menggunakan bahan - bahan normal dengan bahan pozzolan (serbuk kwarsa / serbuk marmer) sebagai tambahan serta cairan *additif*.
- 4) Ukuran agregat maksimum adalah 0,6 mm

BAB IV

FORMULASI *SIZE EFFECT* PADA KUAT GESER

Formula geser *size effect* yang berlaku untuk beton normal (beton dengan agregat kasar) telah terdapat pada ACI 318M-2019. Agregat kasar sendiri memberikan kontribusi terhadap kuat geser melalui *aggregate interlock*. Sedangkan pada penelitian ini membuat beton tanpa agregat kasar untuk memformulasi fenomena *size effect* pada geser.

Size effect pada kuat geser balok beton tanpa agregat kasar adalah sebagai berikut :

$$v_{se} = 2,6\rho^{1/3}\sqrt{f'_c}(1 + \beta)^{-0,5}$$

$$\beta = d/(25d_a)$$

Dimana:

v = kuat geser beton

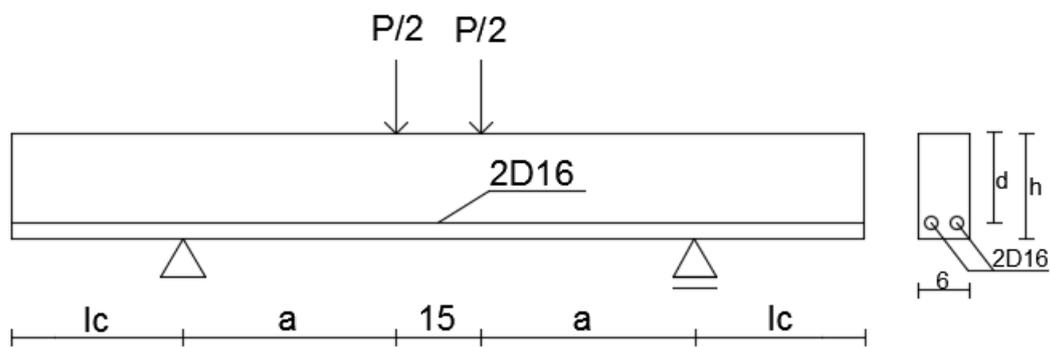
f'_c = mutu beton

β = *brittleness number*

d_a = ukuran agregat maksimum = 0,6 mm

LAMPIRAN

Berikut ini adalah studi kasus balok diatas dua perletakan dengan 5 ukuran benda uji serta variasi jarak pemodelan yang bisa dilihat pada Tabel 1. Hasil uji kuat tekan silinder dan gaya geser balok pada 5 benda uji dapat dilihat pada Tabel 2. Dari data tersebut, dapat dilihat perbandingan antara nilai kuat geser hasil pengujian v_{uji} dan formula kuat geser *size effect* v_{se} .



Gambar 2. Pemodelan Benda Uji Balok

Tabel 1. Jarak Pemodelan Benda Uji Balok

Ukuran Benda Uji	d (cm)	a (cm)	lc (cm)
1 B	4,4	12,07	35,43
1,5 B	7,4	20,3056	27,1944
2 B	10,4	28,5376	18,9624
2,5 B	13,4	36,7696	10,7304
3 B	16,4	45	2,5

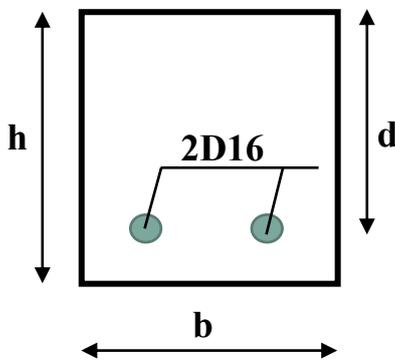
Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Silinder dan Gaya Geser Balok

Ukuran Benda Uji	Benda Uji Silinder (Ø10 cm x 20 cm)		Benda Uji Balok	
	Gaya (kN)	f'c (N/mm ²)	Gaya (kN)	Jenis Kegagalan
Balok 1 B (6 x 6 x 110 cm ³)	752,5	95,82	37,02	Geser
	707,6	90,1	37,62	Geser
	Rata-rata	92,96	37,32	
Balok 1,5 B (6 x 9 x 110 cm ³)	783,8	99,8	37,02	Geser
	727,1	92,57	37,78	Geser
	Rata - rata	96,185	37,4	
Balok 2 B (6 x 12 x 110 cm ³)	459,6	58,51	35,03	Geser
	541,2	68,91	52,76	Geser
	Rata - rata	63,71	43,895	
Balok 2,5 B (6 x 15 x 110 cm ³)	723,7	92,15	49,26	Geser
	708,7	90,24	45,86	Geser
	Rata - rata	91,195	47,56	
Balok 3 B (6 x 18 x 110 cm ³)	466,8	59,44	31,74	Geser
	612,1	77,94	48,61	Geser
	Rata - rata	68,69	40,175	

Tabel 3. Rekapitulasi Perbandingan Nilai Kuat Geser pengujian dan formula Kuat Geser *Size Effect*

No.	Tinggi Balok (mm)	f'_c (MPa)	V_u (kN)	v_{uji} (Mpa)	v_{se} (Mpa)	Persentase Perbandingan (%)
1.	60	92,96	18,6769	7,0746	6,7504	4,5831
2.	90	96,185	18,736	4,2198	4,7011	11,4062
3.	120	63,71	22,0098	3,5272	2,9540	16,2517
4.	150	91,195	23,8756	2,9696	2,9025	2,2580
5.	180	68,69	20,2236	2,0552	2,1486	4,5436

Analisis untuk Balok 1 B



Diketahui:

Dimensi balok: $b = 60 \text{ mm}$; $h = 60 \text{ mm}$

Tulangan bawah = 2D16

Mutu beton (f'_c) = 92,96 Mpa

V_u = 18,6769 kN

Ukuran agregat maksimum (d_a) = 0,6 mm

Jawab:

Perhitungan v_{uji}

- $$v_{uji} = \frac{V_u}{b \times d} = \frac{18,6769 \times 1000}{60 \times 44} = 7,0749 \text{ Mpa}$$

Perhitungan v_{se}

- Luas Tulangan

$$A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 402,124 \text{ mm}^2$$

- Jarak Dari Tepi Beton Ke Titik Berat Tulangan

$$\begin{aligned} d &= h - 16 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm} - 16 \text{ mm} = 44 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Rasio Tulangan Longitudinal

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{402,124}{60 \times 44} = 0,1523$$

- Brittleness Number

$$\beta = \frac{d}{25d_a} = \frac{44}{25 \times 0,6} = 2,933$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} v_{se} &= 2,6\rho^{1/3}\sqrt{f'_c}(1 + \beta)^{-0,5} \\ &= 2,6(0,1523)^{1/3}\sqrt{92,96}(1 + 2,9333)^{-0,5} = 6,7504 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Persentase Perbandingan Nilai v_{uji} dan v_{se}

- % Perbandingan = $\left| \frac{6,7504 - 7,0746}{7,0746} \right| \times 100\% = 4,5831 \%$