

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

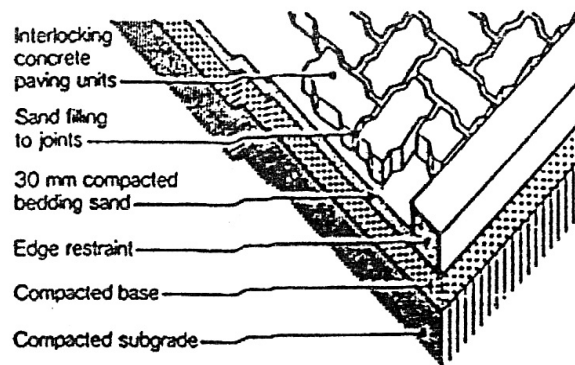
### 2.1. *Paving Block*

#### Definisi *Paving Block*

*Paving block* (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03 – 0691 – 1996).







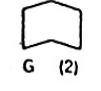
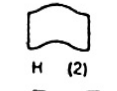

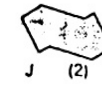


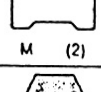
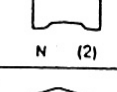
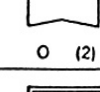
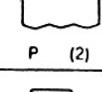
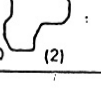

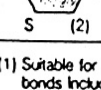
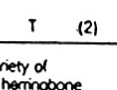
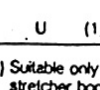
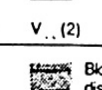

#### Persyaratan Bentuk dan Mutu *Paving Block*

*Paving block* banyak ditemui di pasaran dengan beraneka bentuk dan ketebalan. Biasanya *paving* dibuat dengan panjang diantara 200-250 mm, dengan lebar antara 100-112 mm. Ketebalan *paving* biasanya berkisar antara 60-100 mm, walaupun *paving block* dengan ketebalan 50 mm atau 150 mm adakalanya dipakai. Bagian-bagian yang terpenting dari perkerasan *paving block* dapat kita lihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bagian-bagian yang terpenting dari perkerasan *paving block* (Shackel,1990)

Secara umum terdapat beberapa bentuk *paving block*, yaitu *horizontally interlocking blocks*, *vertically interlocking blocks* dan *grass stones and grids*. Namun yang paling banyak digunakan adalah tipe *horizontally interlocking blocks*, karena relatif sederhana dan murah untuk diproduksi serta mudah dalam pemasangannya. Adapun bentuk-bentuk *paving block* yang sering dijumpai di pasaran dapat dilihat pada gambar 2.2.

CATEGORY A						
	A (1)	B (1)	C (1)	D (1)	E (1)	F (1)
CATEGORY B						
						
	G (2)	H (2)	I (2)	J (2)	K (2)	L (2)
	M (2)	N (2)	O (2)	P (2)	Q (2)	R (1)
CATEGORY C						
	S (2)	T (2)	U (1)	V (2)		
NOTES	(1) Suitable for a variety of bonds including herringbone		(2) Suitable only for stretcher bond		 Blocks known to have had load-distribution studies or traffic tests	

Gambar 2.2. Klasifikasi bentuk *paving block* (Shackel, 1990)

## 2.2. Persyaratan di Indonesia

Persyaratan tentang *paving block* di Indonesia diatur dalam SNI 03 – 0691 – 1996 yang diterbitkan oleh Dewan Standardisasi Nasional (DSN). Mengacu pada peraturan tersebut, mutu *paving block* (bata beton) diklasifikasikan menjadi:

Bata beton mutu A, digunakan untuk jalan

Bata beton mutu B, digunakan untuk pelataran parkir

Bata beton mutu C, digunakan untuk pejalan kaki

Bata beton mutu D, digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Untuk sifat tampak *paving block* harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. *Paving block* itu sendiri harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi  $\pm 8\%$ . Adapun persyaratan kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Pelataran parkir yang dimaksudkan dalam klasifikasi penggunaan bata beton mutu B, merupakan pelataran parkir pada area perumahan.

Tabel 2.1. Sifat – sifat fisika (SNI 03 – 0691 – 1996)

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks.
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

### 2.3. Persyaratan di Australia

Untuk pemilihan tipe *block* dan ketebalan dari *paving* harus ditinjau dari klasifikasi lalu-lintas daerah masing-masing :

- Tipe T1, digunakan untuk tempat parkir, halaman rumah serta daerah yang hanya dilewati sekitar 0 – 15 kendaraan (yang mempunyai berat kotor 3 ton) per hari nya.
- Tipe T2, digunakan untuk daerah perumahan serta daerah yang hanya dilewati sekitar 15 – 45 kendaraan (yang mempunyai berat kotor 3 ton) per hari nya.
- Tipe T3, digunakan untuk daerah perumahan dan mall serta daerah yang hanya dilewati sekitar 45 – 150 kendaraan (yang mempunyai berat kotor 3 ton) per hari nya.
- Tipe T4, digunakan untuk jalan kecil, daerah perkotaan dengan kecepatan minimum kendaraan 60 km/jam, daerah industri serta daerah yang hanya dilewati sekitar 150 – 450 kendaraan (yang mempunyai berat kotor 3 ton) per hari nya.
- Tipe T5, digunakan untuk jalan besar, daerah perkotaan dengan kecepatan minimum kendaraan 60 km/jam, jalan bus, daerah industri, jalan yang dilewati truk serta daerah yang hanya dilewati sekitar 450 – 1500 kendaraan (yang mempunyai berat kotor 3 ton) per harinya.

Sedangkan untuk bentuk *paving block* itu sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sedangkan untuk persyaratan pemilihan tipe *block*, ketebalan dan *laying pattern* dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Pilihan tipe *block*, ketebalan dan *laying pattern* (Shackel,1990).

Anticipated Traffic Loading				Required Paving units			
Traffic Classification	No. of vehicles Per day >3t gross	Tot Equivalent standard axle repetitions after 20 years service	Example of usage	Shape Type	Minimum Thickness	Laying pattern	Strenght Grade (Mpa)
T1	0 -15	0-4.5x10 <sup>4</sup>	<i>Multi dwelling driveways, car parks, cul-de-sacs. Mall not accepting delivery vehicles</i>	A	60 mm	H/S	35
				B	60 mm	S	35
				C	75 mm	H/S	35
T2	15 -45	4.5x10 <sup>4</sup> – 1.4x10 <sup>5</sup>	<i>Minor residential streets subject to garbage vehicles commercial carparks</i>	A	60 mm	H/S	35
				B	80 mm	S	35
				C	80 mm	H	35
T3	45 -150	1.4x10 <sup>5</sup> – 4.5x10 <sup>5</sup>	<i>Residential streets, malls accepting vehicular traffic</i>	A	60 mm	H	35
				B	80 mm	S	35
				C	100 mm	H	35
T4	150 – 450	4.5x10 <sup>5</sup> – 1.4x10 <sup>6</sup>	<i>Minor through roads etc. in urban areas with 60 km/h limit. Industrial Hardstanding</i>	A	80 mm	H	45
T5	450-1500	1.4x10 <sup>6</sup> – 4.5x10 <sup>6</sup>	<i>Major through roads in urban areas within 60 km/h limit. City streets, bus interchanges. Industrial Hardstandings subject To truck traffic only</i>	A	80 mm	H	45

Notes:

1. *H = Herringbone*  
*S = Stretcher bond or basket weave*
2. *80mm units may be required to cope with high point loads associated with fire lighting equipment, etc.*
3. *For malls laid over sound existing pavements 75mm cobblestones or 60mm Type B units may be suitable.*
4. *Excluding areas where straddle carries shipping containers are in use.*  
(Shackel,1990)

#### **2.4. Mix design Paving Block**

Berdasarkan pengalaman di Amerika, *mix design* untuk pembuatan *paving* dengan ketebalan 60 mm menggunakan perbandingan semen : agregat = 1:6. Sedangkan untuk *paving* dengan ketebalan 80 mm, digunakan perbandingan semen : agregat = 1:5,5 (Shackel, 1990).

Untuk pembuatan *paving* dengan ketebalan 85 mm, dalam sebuah penelitian di Filipina menggunakan perbandingan semen : agregat = 1: 3,5 dan 1:4,30 (Pagbilao, Agron, Martinez, 2000).

#### **2.5 Bahan Sisa Bangunan**

*Construction and demolition waste (C&D waste)* merupakan hasil dari pembongkaran bangunan. Umumnya *C&D waste* terdiri dari puing beton, batu bata, ubin, pasir, kayu, plastik dan logam. Puing-puing beton (*concrete rubbles*) dan bongkahan dinding biasanya merupakan bagian terbesar dari *C&D waste*. Puing-puing beton tersebut setelah dipisah dan disaring, biasanya dipakai sebagai pengganti *coarse aggregate* pada beton maupun sebagai *sub-base layer* pada perkerasan. Tipe material inilah yang kemudian dikenal dengan istilah *recycled aggregate*.

Terdapat istilah lain yang digunakan untuk hasil pembongkaran bangunan yang berupa bongkahan dinding, yaitu *crushed brick specimen (CBS)*. *Crushed brick specimen* itu sendiri terdiri dari batu bata dan spesi (Herlambang, 2008).

Di Hong Kong terdapat banyak sekali C&D *waste* pada tiap tahunnya. Pembuangan dari C&D *waste* tersebut kemudian menjadi masalah sosial dan lingkungan. Sehingga kemungkinan untuk mendaur ulang hasil buangan konstruksi tersebut dirasakan sangat penting. Selain itu bertambah juga *environmental benefits* dalam mengurangi permintaan lahan untuk hasil buangan tersebut. Daur ulang C&D *waste* juga dapat membantu penghematan material alam (Poon, Kou, Lam, 2002).

Begitu pula halnya dengan Liverpool. Dalam kurun waktu antara 2001 – 2006, *The Liverpool Housing Action Trust (LHAT)* telah menghancurkan 52 gedung dari 72 gedung di Liverpool. Pada Gambar 2.3, menunjukkan proses penghancuran salah satu gedung di Liverpool. Dan puing-puing hasil penghancuran gedung tersebut seperti terlihat pada Gambar 2.4, kemudian dapat disortir dan dipakai sebagai *recycled aggregate* (Tang, 2006).



Gambar 2.3. Penghancuran *The Kenley Tower* di Liverpool



Gambar 2.4. Puing-puing hasil penghancuran *The Kenley Tower*

Spesi yang terdapat pada dinding batu bata umumnya terbuat dari campuran semen dan pasir tanpa menggunakan agregat kasar, atau ada juga memakai kapur sebagai kombinasi bahan tambahannya. Secara umum di Surabaya untuk tipe perumahan memakai jenis semen tipe I (OPC), sedangkan komposisi campuran spesi tergantung dari fungsi dan kegunaan dinding yang akan dibuat (Herlambang, 2008).

#### Penggunaan bahan sisa bangunan

Pada umumnya penggunaan *recycled aggregate* dapat dipakai langsung untuk berbagai aplikasi, diantaranya:

- Sebagai bahan urugan
- *Bank protection* (pelindung pinggir sungai)
- *Base* atau urugan untuk struktur drainase
- Konstruksi jalan
- *Noise barriers & embakment*

(Portland Cement Association, 2008)

## 2.6. Penelitian pembuatan *paving block* dari *recycled aggregate*

Penelitian yang diadakan oleh *The Hong Kong Polytechnic University*, bertujuan untuk mengembangkan teknik penggunaan *recycled aggregate* dalam pembuatan *concrete bricks* dan *paving blocks*.

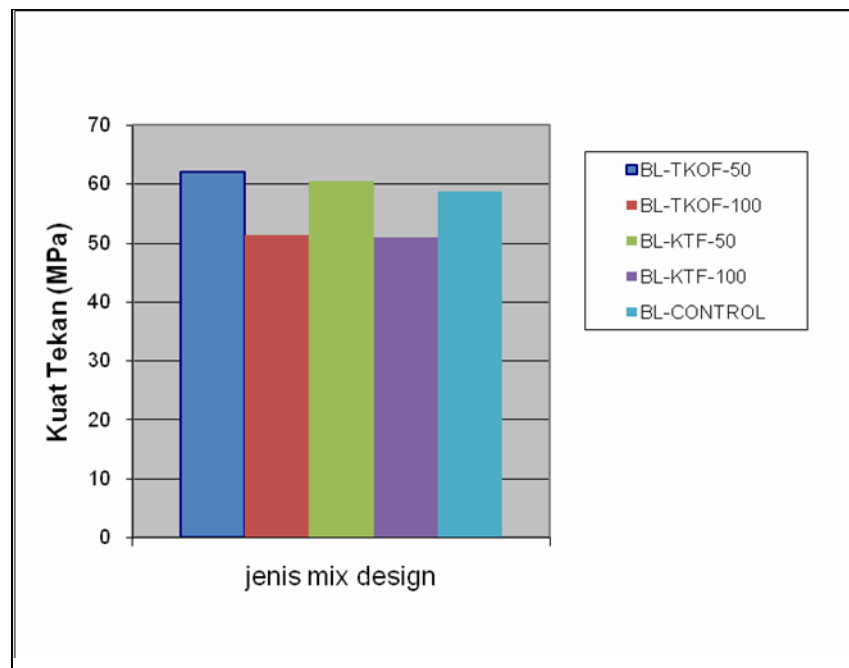
Adapun dimensi *paving block* yang dibuat dalam penelitian ini adalah 225 x 105 x 75 mm. *Recycled aggregate* yang dipakai dalam penelitian tersebut diambil dari *Tseung Kwan O* dan *the old Kai Tak* airport di Hong Kong (Poon, Kou, Lam, 2002).

Dalam penelitian tersebut, terdapat beberapa jenis *mix design* yang dipersiapkan. Diantaranya pembuatan *paving block* dengan memanfaatkan *recycled aggregate*, dimana untuk tiap *mix design* juga menggunakan presentase penggantian agregat alam dengan *recycled aggregate* yang beragam.

Pada pembuatan *paving* ini juga dibuat *control mixture* memakai 100% *natural aggregate* dan 4 campuran lainnya menggunakan *recycled aggregate* dengan penggantian *natural aggregate* mencapai 50 dan 100% perbandingan berat. Untuk campuran-campuran tersebut, dipersiapkan kebutuhan semen dan agregat dengan perbandingan berat 670 kg : 3030 kg.

Hasil tes menunjukkan bahwa penggantian *natural aggregate* pada level 25% dan 50 % mempunyai efek kecil terhadap kuat tekan *paving*. Namun penggantian *natural aggregate* dengan *recycled aggregate* dalam jumlah yang besar akan mengurangi kuat tekan *paving* tersebut.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan kuat tekan yang dihasilkan dalam penelitian yang diadakan oleh *The Hong Kong Polytechnic University*.



Gambar 2.5. Hasil pengujian kuat tekan dari penelitian yang diadakan oleh *The Hong Kong Polytechnic University*

Notasi BL-KTF-50, BL-KTF-100, BL-TKOF-50 dan BL-TKOF-100 pada grafik diatas, menunjukkan bahwa presentase *recycled aggregate* yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah 50% dan 100%. Dimana KTF menunjukkan bahwa *recycled aggregate* yang dipakai diambil dari *The Old Kai Tak Airport* di Hongkong. Sedangkan TKOF menunjukkan bahwa *recycled aggregate* yang dipakai diambil dari *Tseung Kwan O*. Dan notasi BL-CONTROL, menunjukkan hasil kuat tekan *paving* yang dihasilkan dengan *natural aggregate* 100% (Poon, Kou, Lam, 2002).

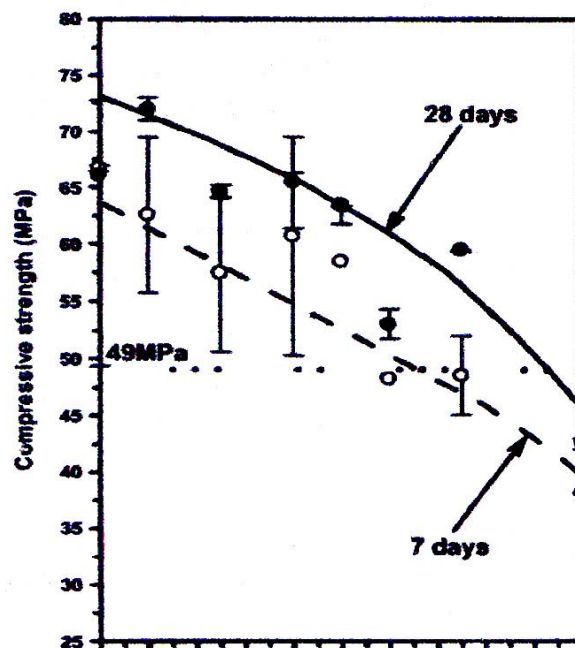
Dari grafik diatas terlihat bahwa penggantian *natural aggregate* dengan *recycled aggregate* dalam jumlah 100% akan mengurangi kuat tekan *paving* tersebut. Adapun penurunan kuat tekan dari *mix design* dengan 50% *recycled aggregate* dan 100% *recycled aggregate*, sekitar 15% - 17%. Sedangkan apabila membandingkan hasil pengujian kuat tekan antara *paving* dengan 100% *natural aggregate* dan *paving* dengan 100% *recycled aggregate*, maka didapatkan *paving* dengan 100% *natural aggregate* mempunyai kuat tekan sekitar 13% lebih baik dibandingkan *paving* dengan *recycled aggregate*.

Pada penelitian di Liverpool, tiap campuran menggunakan kadar semen 230 kg/m<sup>3</sup> dan meningkat hingga mencapai 380 kg/m<sup>3</sup>. Dalam *mix design paving block* yang dibuat, digunakan *recycled aggregate* untuk menggantikan *coarse aggregates* dan *fine aggregates*. Dimana presentase penggantian *coarse aggregates* dan *fine aggregates* beragam, mulai dari 25%, 50%, 75% dan 100% penggantian (Tang, 2006).

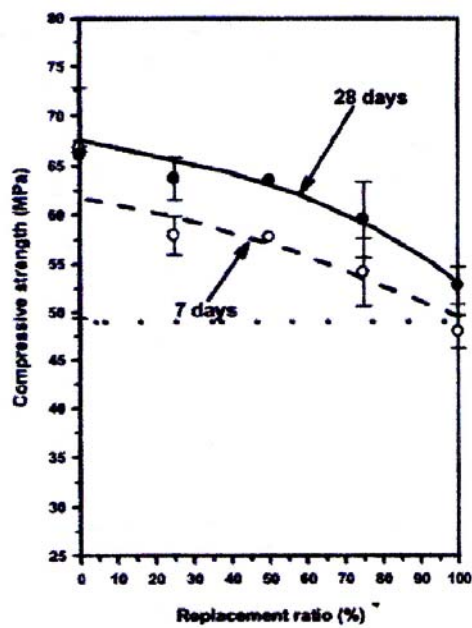
Adapun *recycled aggregate* yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari pondasi *multi-storey building*. Ukuran *recycled aggregate* yang digunakan adalah 6 mm.

Hasil tes menunjukkan bahwa *recycled demolition aggregate* tidak menyebabkan pengurangan yang signifikan pada kuat tekan *paving* tersebut, apabila presentase pengantiannya tetap dijaga pada presentase rendah.

Berikut ini adalah grafik presentase penggantian *natural aggregate* dengan kuat tekan yang dihasilkan dalam penelitian di Liverpool.



Gambar 2.6. *Compressive strength versus % replacement level of limestone aggregate with COARSE CONCRETE derived aggregates (All mixes had 380 kg/m<sup>3</sup> of cement)*



Gambar 2.7. Compressive strength versus % replacement level of limestone aggregate with FINE CONCRETE derived aggregates (All mixes had  $380 \text{ kg/m}^3$  of cement)