

BAB II

TINJAU PUSTAKA

1.1. Pengertian Umum

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan mix design untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain berfungsi untuk mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Ruang yang tidak ditempati oleh butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang. Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meskipun penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

1.2. Syarat Mutu Beton

Berdasarkan berat satuan menurut SNI 03-2847-2002, yaitu:

- i. Beton ringan : berat satuan $< 1900 \text{ kg/m}^3$.
- ii. Beton normal : berat satuan $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$.
- iii. Beton berat : berat satuan $> 2500 \text{ kg/m}^3$.

Berdasarkan kuat tekan beton menurut SNI 03-6468-2000, yaitu:

- i. Beton mutu rendah : $f_c' < 20 \text{ MPa}$.
- ii. Beton mutu sedang : $f_c' = 21 \text{ MPa} - 40 \text{ MPa}$.
- iii. Beton mutu tinggi : $f_c' > 40 \text{ MPa}$.

1.3. Bahan Susun Beton

Kualitas dan mutu beton ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan beton yang berkualitas baik. Bahan-bahan pokok beton adalah semen, agregat halus, agregat kasar dan air dalam proporsi tertentu. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton sebagai berikut:

A. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-4.75 mm (SNI 1970-2008). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu beton yang dihasilkan.

Agregat halus atau pasir memiliki peranan penting dalam pembuatan mortar dan beton. Kandungan agregat di dalam mortar atau beton berkisar antara 60%-70% dari total bobot beton atau mortar yang dihasilkan. Karena komposisinya yang besar, maka sifat dari agregat yang dipakai perlu diperhatikan juga karena akan mempengaruhi kualitas beton atau mortar yang dihasilkan.

Kualitas agregat halus (pasir) ditentukan dari bentuk, porositas, tekstur, dan kebersihan agregat tersebut. Bentuk agregat halus yang bulat memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan agregat halus dengan bentuk lainnya. Semakin sedikit rongga udara yang ada akan membuat beton yang dihasilkan semakin kuat. Tekstur permukaan agregat yang halus membutuhkan air yang lebih sedikit dalam pengerjaan campuran sehingga kekuatan beton yang dihasilkan akan lebih baik. Kebersihan agregat halus juga akan menentukan kekuatan beton karena agregat yang bersih akan menghindarkan beton dari tercampurnya zat-zat yang dapat merusak beton baik pada saat beton muda maupun ketika sudah mengeras.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- b. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

B. Agregat kasar (Kerikil)

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Sesuai dengan SNI 03 2847 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.

- b. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaian yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- c. Sifat kekal dari agregat kasar dapat diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut : Jika digunakan natrium sulfat (Na_2SO_4), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat. Jika digunakan magnesium sulfat (MgSO_4), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH .
- e. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- f. Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban pengji 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.
- g. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan standard ISO harus memenuhi syarat sebagai berikut.
- h. Besar butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antarabidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas tulangan.

C. Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat

korosi yang mengakibatkan beton menjadi rapuh. Banyak hal lain yang bisa berdampak karena pemakaian air, berikut ini uraiannya :

1. Air tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat atau bisa juga mengembang (pada saat pengecoran karena bercampur dengan air) dan menyusut (pada saat beton mengeras karena air yang terserap lumpur menjadi berkurang).
2. Air tidak mengandung garam lebih dari 15 gram karena resiko terhadap korosi semakin besar.
3. Air tidak mengandung khlorida lebih dari 0,5 gram/liter karena bisa menyebabkan korosi pada tulangan.
4. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter karena dapat menurunkan mutu beton sehingga akan rapuh dan lemah.
5. Air tidak mengandung minyak lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton sebesar 20 %.
6. Air tidak mengandung gula lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton pada umur 28 hari.
7. Air tidak mengandung bahan organik seperti rumput/lumut yang terkadang terbawa air Karena akan mengakibatkan berkurangnya daya lekat dan menimbulkan rongga pada beton.

Syarat air menurut SNI 03 2847 2002 air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton pra-tegang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Dalam proses pemakaian air pada pembuatan campuran harus tepat karena pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air

setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan. Namun, bila terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak sempurna sehingga berpengaruh juga terhadap kekuatan beton yang dihasilkan.

D. Semen

Semen *portland*, merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut SNI 15-2049-2004 semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan dicampur bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis semen portland dibagi menjadi lima yaitu:

1. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Bahan Baku Semen *portland*

Semen portland dibentuk dari oksida-oksida utama yaitu :

1. Kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan Besi (Fe_2O_3). Bahan baku untuk memperoleh oksida-oksida tersebut adalah :
2. Batu kapur kalsium (CaCO_3), setelah mengalami proses pembakaran menghasilkan kapur oksida (CaO).
3. Tanah liat yang mengandung oksida silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3).
4. Pasir kuarsa atau batu silika untuk menambah kekurangan SiO_2 .

5. Pasir besi untuk menambah kekurangan Fe_2O_3 .

Sifat Kimia Semen

Susunan oksida yang membentuk semen bisa dilihat pada **Table 2.1**.

Table 2.1. Sifat Kimia Semen

Unsur Kimia	Presentase
CaO	60% - 67%
SiO ₂	17% - 25%
Al ₂ O ₃	3% - 8%
Fe ₂ O ₃	0,5% - 6%
MgO	0,1% - 4%
Alkali (K ₂ O + Na ₂ O)	0,2% - 1,3%
SO ₃	1% - 3%

Sumber: SNI 15-2049-2015

E. *Spent Bleaching Earth* (SBE)

Spent bleaching earth (SBE) merupakan limbah padat dari industri pemurnian minyak nabati, yaitu sisa proses pemucatan *Crude Palm Oil* (CPO). *Spent Bleaching Earth* yang berasal dari pemucatan CPO merupakan campuran antara *Bleaching Earth* dan senyawa organik yang berasal dari CPO. Senyawa organik yang berasal dari CPO sebagian besar merupakan senyawa trigliserida (*fat*) dan komponen organik dalam jumlah relatif kecil adalah digliserida, asam lemak bebas, protein, zat warna alami, dan *wax*. Selain itu dalam *Spent Bleaching Earth* juga masih terkandung komponen asam fosfat. Asam fosfat ini berasal dari proses *degumming* yang dibawa oleh CPO ke unit *bleaching*.

Bleaching earth merupakan nama dari bentonit, yaitu Ca-bentonit. Bentonit mengandung NaO, karena kandungannya tersebut bentonit dapat digunakan sebagai bahan lumpur bor, penyumbat kebocoran bendungan, bahan pencampur cat, bahan baku farmasi, bahan perekat pasir cetak dalam industri pengecoran dan lain sebagainya. Bahan *Spent Bleaching Earth* (SBE) juga telah dianalisa oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di Lampung dengan metode ED-XRF Panalytical Epsilon 3 XLE, No. Order 33/BPTM/AL/2019 dengan kode sebagai “Limbah Minyak Kelapa” dengan hasil pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Hasil XRF SBE

<i>Element</i>			<i>Oxides</i>		
<i>Compound</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>	<i>Compound</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>
Mg	0,65	%	MgO	0,72	%
Al	8,29	%	AL₂O₃	9,92	%
Si	46,71	%	SiO₂	58,61	%
P	5,79	%	P₂O₅	6,72	%
S	1,25	%	SO₃	1,54	%
K	4,38	%	K₂O	2,52	%
Ca	9,29	%	CaO	5,98	%
Ti	2,24	%	TiO	1,62	%
V	506,1	ppm	V₂O₅	377,3	ppm
Cr	193,3	ppm	Cr₂O₃	122	ppm
Mn	0,38	%	MnO	0,21	%
Fe	20,13	%	Fe₂O₃	11,71	%
Cu	252,9	ppm	CuO	116,4	ppm
Zn	821,5	ppm	ZnO	376,2	ppm
Ga	110,3	ppm	Ga₂O₃	54,5	ppm
Rb	566,2	ppm	Rb₂O	225,2	ppm
Sr	0,209	ppm	SrO	898,2	ppm
Y	177,9	%	Y₂O₃	82	%
Zr	0,141	ppm	ZrO₃	691,4	ppm

Sumber: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPi) di Lampung

Proses ini terdiri dari dua bagian utama yaitu ekstraksi minyak dan bagian aktivasi *Bleaching Earth*. Proses untuk Ekstraksi dan aktivasi secara bersamaan kecuali untuk kolom distilasi yang dioperasikan dalam mode kontinyu. Pada bagian ekstraksi, *Spent Bleaching Earth* dan pelarut dimasukkan ke dalam *Extraction Tank* dalam suhu kamar diaduk selama 30 menit. Rasio antara pelarut dan *Spent Bleaching Earth* dijaga pada 4 mililiter pelarut untuk 1 gram *Spent Bleaching Earth*. Setelah 30 menit dari proses ekstraksi, *slurry* dipompa menuju filter press, filtratnya ditampung dalam tangki penampungan dan dipompa ke kolom distilasi untuk

dilakukan pemisahan pelarut dari minyak. Minyak dari pemisahan distilasi dikirim ke tangki penampungan minyak dan pelarut didaur ulang ke tangki pelarut. Campuran kemudian dibuang dari filter untuk kemudian dipindahkan ke pengering *Rotary dryer*.

Udara panas dari pengering ini dimanfaatkan untuk memanaskan bubur adonan pada proses distilasi. *Bleaching Earth* yang sudah kering kemudian ditransfer ke tangki penyimpanan untuk proses aktivasi selanjutnya. Pada bagian aktivasi 10% asam sulfat digunakan. Aktivasi dilakukan pada titik didih campuran (sekitar 1030°C) dalam reaktor. Reaktor dipanaskan menggunakan penukar kalor dari panas buang *dryer*. Rasio antara air dan *Bleaching Earth* (WCR) dijaga pada nilai 5 mililiter air untuk 1 gram *Bleaching Earth* sisa. Setelah 20 menit reaksi, bubur adonan dipompa melalui filter press. Filtrat kemudian didaur ulang ke tangki residu larutan asam. Campuran dibuang dari filter press kemudian dipindahkan ke pengering *rotary dryer* kemudian dikeringkan menggunakan udara panas. *Bleaching Earth* yang telah diaktifkan dihaluskan dengan pengiling dan disimpan dalam tangki penyimpanan.

F. Foaming Agent

Berdasarkan informasi dari CV.Citra Additive Mandiri, *Foaming agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan sulfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara didalam beton. Ada 2 macam *foaming agent* yaitu :

- i. Bahan sintetis dengan kepadatan diatas 1000 kg/m³.
- ii. Bahan protein dengan kepadatan 400-1600 kg/m³.

Foaming agent berbahan dasar sintetis dapat mengembang sekitar 25 kali. *Foaming agent* jenis ini sangat stabil untuk bata dengan kepadatan diatas 1000 kg/m³. *Foaming agent* ini dapat bertahan hingga 16 bulan dalam keadaan tertutup. Perbandingan konsentrasi *foaming agent* 1:19, contohnya 1 liter Noaite SA-1 + 19

liter air = 20 liter *foaming agent*. 20 liter *foaming agent* dapat mengembang menjadi sekitar 500 liter *foaming agent* yang stabil.

Foaming agent berbahan dasar protein yang didapat dari bahan-bahan alami dapat mengembang sekitar 12,5 kali. *Foaming agent* ini relatif lebih stabil dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *foaming agent* sintetis. Tetapi *foaming agent* ini hanya dapat bertahan hingga 12 bulan dalam keadaan terbuka. Perbandingan konsentrasi foaming agent dapat berkisar antara 1:33 sampai 1:39, contohnya 1 liter Noraite PA-1 + 39 liter air = 40 liter foaming agent. 40 liter foaming agent dapat mengembang menjadi sekitar 500 liter foaming agent yang stabil.

Dalam pembuatan beton komposisi pada foam agent dapat berkisar antara 1:40 sampai 1:80, contohnya 1 liter foam agent + 40 liter air. Dengan penggunaan normal berkisar 1:60 untuk mendapatkan perbandingan kekuatan dengan kerapatan pada beton.

1.4. Hasil Penelitian Sebelumnya

Analisis penelitian yang pernah dilakukan berdasarkan penggunaan limbah dan *foaming agent* pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

No.	Peneliti	Judul	Kesimpulan
1.	Boby Dean Pehlevi tahun 2013	Lumpur sidoarjo bakar, fly ash sebagai substitusi semen dan kapur untuk campuran beton ringan dengan menggunakan bubuk alumunium sebagai bahan pengembang	1. Lumpur sidoarjo dan fly ash dapat digunakan sebagai substitusi semen dalam pembuatan beton ringan. 2. Pasta ringan yang didapat dari hasil kuat tekan optimum yaitu 25,96 MPa. 3. Berat sampel yang di dapat yaitu 1013 kg/m ³ dan 966 kg/m ³ .
2.	Bayu Prio Nugroho tahun 2013	Tinjauan kuat tekan dan kuat lentur balok tanpa tulangan beton ringan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar dengan bahan tambah kapur dan alumunium pasta	1. Nilai kuat tekan beton normal sebesar 8,205 MPa, sedangkan alumunium pasta 3,339 MPa. 2. Nilai kuat lentur beton normal sebesar 2,695 MPa, sedangkan alumunium pasta 1,145 MPa.

3.	Randy Factsha tahun 2013	Studi untuk bahan mortar mutu normal	1. Hasil penelitian nilai kuat tekan rerata umur 28 hari mortar normal dengan penambahan albumin yaitu 26,773 MPa, sedangkan kuat tekan mortar normal yaitu 30,323 MPa. 2. Berat mortar rerata yaitu 0,275 Kg, sedangkan memakai albumin beratnya yaitu 0,259 Kg.
4.	Nadia Krisanti dan Anita Tansajaya tahun 2008	Studi pembuatan cellular lightweight concrete (CLC) dengan menggunakan beberapa foaming agen	1. Kuat tekan CLC sangat dipengaruhi oleh densitasnya, semakin tinggi densitas maka kuat tekan akan semakin tinggi. Selain itu kuat tekan CLC juga meningkat seiring dengan pertambahan umur beton. 2. Foaming agent tipe SL 100 memiliki kestabilan bentuk gelumbung lebih baik dibandingkan tipe lainnya. Foaming agent tipe SLF 20 tidak sesuai digunakan dalam pembuatan CLC dengan densitas rencana 800 kg/m³ sebab hasil kuat tekan yang diperoleh sangat rendah
5.	Lilik Sri Widodo tahun 2015	Pengaruh foam agent dan serbuk gypsum terhadap kualitas bata ringan	1. Penambahan foam agent 0,7 lt/m³, 0,9 lt/m³, 1,1 lt/m³, dan serbuk gypsum 5% pada beton ringan hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur maksimal didapat pada penambahan foam agent 0,7 lt/m³ dan serbuk gypsum 5%. 2. Untuk bata beton normal kuat tekan dan kuat lentur lebih besar dari bata ringan fascon dan duracon, pada penambahan foam agent 0,7 lt/m³, 0,9 lt/m³, 1,1 lt/m³ dan serbuk gypsum 5% mengalami penurunan, tetapi kuat tekan dan kuat lentur bata beton ringan lebih besar dari bata ringan fascon dan duracon.

6.	Deri Arita dan Alex Kurniawandy tahun 2017	Tinjauan kuat tekan bata ringan menggunakan bahan tambahan foaming agent	1. Nilai kuat tekan rata-rata pengujian dengan compression machine 0,667 Mpa atau sebesar 67% dari kuat tekan rencana 1Mpa. 2. Dari pengujian SEM dapat disimpulkan sifat fisik dari beton mempunyai rongga pori sebesar 36%, sedangkan dari EDX didapatkan OK dan CAK mempunyai proporsi terbesar. 3. Dari uji akustik terhadap bata ringan didapatkan bahwa bata ringan sanggup meredam bunyi sampai 3%. 4. Bata ringan yang dimasukan dalam furnace, kemudian di diamkan selama 1 jam pada suhu 250°C tidak mengalami keretakan, di suhu 500°C mengalami keretakan, dan di suhu 750°C mengalami keretakan. Dari hasil tersebut di simpulkan bata ringan bisa digunakan sampai suhu 500°C.
8.	Syukur Sebayang tahun 2011	Perbandingan Mutu paving block Produksi manual dengan Produksi Masinal	1. Mutu kuat tekan yang dihasilkan oleh industri mesin lebih stabil nilai kuat tekannya dibandingkan dengan buatan industri manual untuk setiap hasil cetakan yang dibuat. 2. Dari hasil penelitian bahwa mutu Paving Block yang dibuat secara Manual atau Masinal dapat memenuhi spesifikasi mutu seperti Karya Indah (Industri Manual) dengan kuat tekan rata-rata 21,26 Mpa (Mutu III), dan ANIS (Industri Masinal) dengan kuat tekan 23,07 Mpa (Mutu III). 3. Biaya produksi yang dibutuhkan oleh industri masinal lebih mahal sebesar 32.9 % dibandingkan dengan industri manual, dalam tiap produksinya.

9.	Luqman Ashari tahun 2017	Pemanfaatan limbah padat SBE sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton	1. Pada dasarnya penggunaan SBE sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton dapat di terima terlihat dengan hasil pengujian analisa gradasi ASTM C33. 2. Berdasarkan hasil uji kuat tekan umur 28 hari, beton normal dan campuran limbah SBE 10%, 20%, 30%, dan 40% memiliki nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 41,32 MPa; 34,16 MPa; 29,06 MPa; 19,06 MPa; dan 8,49 MPa. Beton dengan komposisi SBE 10%, 20%, 30%, dan 40% mengalami penurunan kuat tekan terhadap beton normal berturut-turut sebesar 17,32%; 29,67%; 53,87%; dan 79,45 %. Beton dengan campuran SBE yang memenuhi kuat tekan rencana (28,5 MPa) adalah beton SBE 10% dan SBE 20% dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 34,16 MPa dan 29,06 MPa.
----	--------------------------------	---	--