

BAB II DASAR TEORI

2.1 Piropilit

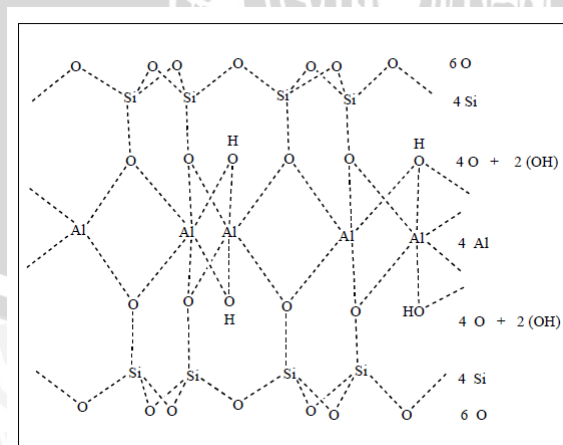
Piropilit berasal dari bahas Yunani *pyt* yang berarti api dan *phyllon* yang berarti daun atau lembaran, sedangkan phylit ditemukan setelah kata *phyllon* yang berarti lembaran retak-retak. Pada saat itu piropilit diperoleh dengan cara menyiramkan air panas pada mineral tersebut dan terkelupas membentuk lapisan-lapisan, yang kemudian diketahui sebagai lapisan alumina silikat (Powell, 1998). Berikut adalah contoh gambar batuan piropilit.



Gambar 2.1 Batuan Piropilit

Sumber : www.nuansamasel.blogspot.com

Piropilit yang mempunyai susunan S-G-S yaitu silikat-gibbsit-silikat mempunyai struktur seperti berikut.



Gambar 2.2 Struktur Polimer Piropilit

Sumber : Deer, et al., 1992

Piropilit terletak pada formasi andesit tua yang memiliki kontrol struktur dan intensitas ubahan hidrotermal kuat. Piropilit terbentuk pada zona ubahan argilik lanjut (*hipogen*) seperti kaolin, namun terbentuk pada temperatur tinggi dan pH asam. Persebarannya di Indonesia adalah Pulau Sumatera, Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB), dan Pulau Sulawesi. Untuk Provinsi Jawa Timur, salah satu tempat persebarannya adalah di Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Kegunaannya dalam kehidupan sehari-hari adalah untuk pakan ternak, industri kertas sebagai pengganti *talk*, dan lain-lain (www.tekmira.esdm.go.id).

Adapun sifat-sifat fisika dari piropilit adalah sebagai berikut.

- Grup mineral: silikat
- Susunan kimia: $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- Sistem kristal: monoklin
- Belahan: sempurna, belahan dalam satu arah
- Kekerasan: 1 sampai 1,5
- Berat jenis: $2,84 \text{ g/cm}^3$
- Kilap: mutiara di atas permukaan belahan, lemak atau kusam
- Warna: putih, kuning pucat, coklat kemerahan
- Gores/cerat: putih

2.1.1 Kandungan mineral

Mineral piropilit Sumbermanjing Malang Selatan mempunyai komposisi kimiawi sebagai berikut: SiO_2 (84,30%), Na_2O (0,64%), Fe_2O_3 (1,56%). Kemungkinan yang 9,41% adalah komponen TiO_2 , juga pengotor lain seperti senyawa-senyawa Cu, Zn dan asam humat yang sering terdapat dalam mineral. Mineral ini bersifat padatan kristalin dengan kandungan kuarsa sebesar 25,5% dan rutil sebesar 0,6%. Mineral piropilit tersebut mempunyai serapan-serapan karakteristik pada bilangan gelombang 950-1250 cm^{-1} untuk vibrasi ulur dari O-Si-O dan Al-O-Al, bilangan gelombang 400-450 cm^{-1} untuk vibrasi tekuk dari O-Si-O dan Al-O-Al, bilangan gelombang 3478 cm^{-1} untuk gugus hidroksil dari air dan pada gelombang 3674,7 cm^{-1} , merupakan spektra spesifik untuk gugus OH^- dari gipsit (Mutrofin, dkk, 2005).

Mineral piropilit di Sumbermanjing, Malang Selatan mempunyai luas permukaan spesifik sebesar $6,362 \text{ m}^2/\text{g}$, volume pori sebesar $0,008 \text{ cm}^3/\text{g}$ dan jari-jari pori sebesar

24,116 Å. Ini menunjukkan bahwa piropilit tersebut termasuk dalam kelompok mineral mesopori (Mutrofin, dkk, 2005).

2.1.2 Pengaktifan mineral

Aktivasi mineral yang mempunyai kemampuan sebagai adsorben maupun penukar anion dan kation dapat dilakukan dengan kalsinasi (cara fisik) atau dengan menggunakan larutan asam atau basa (cara kimia). Aktivasi dengan larutan asam dimaksudkan untuk mengganti kation-kation yang ada dalam rongga mineral dengan ion H^+ .

Menurut Keren, et al., 1994, gugus fungsi paling reaktif pada permukaan mineral clay adalah gugus hidroksil. Pada piropilit adanya gugus OH^- , terhubung dengan 2 jenis situs yang berperan penting dalam kemampuannya untuk adsorpsi yaitu gugus OH^- , yang terikat pada permukaan lapisan oktahedral (Al(III)) dan gugus OH^- yang terikat pada lapisan tetrahedral (Si(IV)).

Gugus-gugus OH^- yang terikat pada situs Al(III) maupun situs Si(IV) merupakan gugus yang reaktif terhadap perubahan pH. Pada pH rendah OH^- akan berubah menjadi situs asam Lewis sedang pada pH tinggi akan menjadi situs basa Lewis. Secara normal, sebenarnya struktur dari piropilit terdiri dari lapisan-lapisan tetrahedral-oktahedral-tetrahedral yang netral, sehingga untuk meningkatkan perannya dalam mengadsorpsi anion atau kation pengaturan pH sangat menentukan (Keren, et al., 1994; Handoko, 2003).

Pengaktifan piropilit dengan kalsinasi diharapkan dapat mengeluarkan molekul-molekul H_2O dan kemungkinan adanya pengotor yang masih tersisa pada saat aktivasi dengan HCl saja. Pemanasan batuan ini pada suhu yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya proses dehidroksilasi dan transformasi fasa yaitu proses perubahan struktur atau keadaan dari suatu keadaan awal (fasa pertama) menjadi struktur yang berbeda (fasa selanjutnya) dengan perubahan karakteristik dan sifat yang berbeda (www.blog.ub.ac.id/grahita2/2012/06/17/transformasi-fasa). Kalsinasi sendiri mengandung pengertian sebagai proses disosiasi yaitu penguraian suatu zat menjadi beberapa zat lain yang lebih sederhana (www.bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Kimia/0182%20Kim%201-6e.htm). Proses disosiasi yang terjadi

misalnya disosiasi padatan aluminium hidroksida menjadi padatan aluminium oksida dan uap air.

2.2 Semen Portland

Semen Portland adalah zat yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari *caementum* (bahasa Latin), yang artinya "memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan" (www.wikipedia.com). Semen Portland diperoleh dari hasil proses pabrik, dan tergolong sebagai bahan pengikat hidrolis yaitu bila semen dicampur dengan air, maka akan terjadi proses pengerasan. Semen portland merupakan bahan perekat pada adukan, tetapi adukan yang terbuat hanya dari semen portland akan "keras" dan tidak mengalir secara baik pada *cetok* atau di bawah bata, sehingga kapur ditambahkan untuk memberikan kelancaran dan daya kerjanya (Allen, 2005).

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik, karena semen berfungsi sebagai bahan perekat dan mengikat butir-butir agregat menjadi suatu massa yang kompak. Pengertian semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dari proses penghalusan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, dengan gips sebagai bahan tambah (Anonim, 1982).

2.2.1 Jenis semen

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu: (Anonim, 1982).

1. Jenis I, semen portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Jenis II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah.
5. Jenis V, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyarat sangat tahan terhadap sulfat .

Di samping itu ada pula semen khusus, misalnya semen pozolan (semen Portland dicampur dengan bahan pozolan, seperti tras, abu terbang, abu sekam padi, dan lain-lain),

semen bata (*masonry cement*, semen Portland dicampur dengan bubuk batu atau batuan kapur sampai 50%), semen putih (semen Portland dimana bahan-bahan dasarnya mengandung senyawa besi yang rendah), dan semen aluminium (bukan merupakan jenis semen Portland tetapi memiliki sifat dan pemakaian seperti semen Portland).

2.2.2 Kandungan semen Gresik

Semen yang diproduksi mengacu pada SNI 15-2049-2004, ASTM C 150-02a. Berikut adalah komposisi dari semen berdasarkan hasil pengujian kimia dan fisika.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dan Fisika Semen Gresik

Jenis Pengujian		SNI 15-2049-04	ASTM C 150-02a	Hasil Uji
		PC I	PC I	
Komposisi Kimia:				
Silikon Dioksida	(SiO ₂),%	-	-	20,92
Aluminium Oksida	(Al ₂ O ₃),%	-	-	5,49
Ferri Oksida	(Fe ₂ O ₃),%	-	-	3,78
Kalsium Oksida	(CaO),%	-	-	65,21
Magnesium Oksida	(MgO),%	≤ 6,00	≤ 6,00	0,97
Sulfur Trioksida	(SO ₃),%	≤ 3,50	≤ 3,50	2,22
Hilang Pijar	(LOI),%	≤ 5,00	≤ 3,00	1,35
Kapur Bebas	,%			0,59
Bagian Tidak Larut	,%	≤ 3,00	≤ 0,75	0,43
Alkali (Na ₂ O + 0,685K ₂ O),%		≤ 0,60	≤ 0,60	0,19
Tricalcium Silicate	(C ₃ S),%	-	-	57,82
Dicalcium Silicate	(C ₂ S),%	-	-	16,36
Tricalcium Aluminate	(C ₂ S),%	-	-	8,16
Tetracalcium Aluminate Ferrit	(C ₄ AF),%	-	-	11,50
Pengujian Fisika:				
Kehalusan:				
Dengan Alat Blaine	(M ² /Kg)	≥ 280	≥ 280	320
Waktu Pengikatan dengan alat Vicat:				
Awal	(menit)	≥ 45	≥ 45	148
Akhir	(menit)	≤ 375	≤ 375	245
Kekekalan dengan alat Autoclave:				
Pemuai	(%)	≤ 0,80	≤ 0,80	0,06
Penyusutan	(%)	-	-	-
Kuat Tekan				
3 hari	(Kg/cm ²)	≥ 125	≥ 122	230
7 hari	(Kg/cm ²)	≥ 200	≥ 194	320
28 hari	(Kg/cm ²)	≥ 280	-	410
Pengikatan semu, (False Set):				
Penetrasi Akhir	(%)	50	50	73,79

Sumber : www.semen.web44.net/v.2.0/layanpelanggan/spesifikasi.swf, diakses 11 Desember 2012

2.3 Pasir

Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) dan halus (< 1 mm) (Nurlina, 2008).

Menurut SK SNI 03-6861.1-2002, disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

- Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
- Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pernah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci agar bebas dari lumpur. Pengertian dari lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,06 mm.
- Agregat tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan jenuh NaOH 3%.
- Susunan besar butir agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah butir memenuhi zona 1, 2, 3, atau 4 (SKBI/BS.882) dan harus memenuhi syarat-sarat batas sebagai berikut:
 - Sisa diatas ayakan 4,8 mm harus maksimum 2% dari berat.
 - Sisa diatas ayakan 1,2 mm harus maksimum 10% dari berat.
 - Sisa diatas ayakan 0,3 mm harus maksimum 15% dari berat.
- Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir alkali harus negatif.

Tabel 2.2 Syarat Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100
2.4	60	95	75	100	80	100	95	100
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan :

- Zone 1 = Pasir Kasar
- Zone 2 = Pasir Agak Kasar
- Zone 3 = Pasir Halus
- Zone 4 = Pasir Agak Halus

Sumber : SK SNI 03-6861.1-2002

2.4 Air

Pada pembuatan beton ringan, air diperlukan dalam proses pengadukan untuk melarutkan semen sehingga membentuk pasta semen yang mengikat semua agregat dari yang paling besar sampai yang paling halus dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dalam proses pengadukan, penuangan, maupun pemadatan. Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara air dan semen, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut Faktor Air Semen (FAS). Jumlah air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi porositas beton.

Karena air mempunyai peranan penting dalam pencampuran beton, maka air tidak dapat ditambahkan sembarangan saat pengadukan mortar, tetapi harus disesuaikan dengan kebutuhan dalam kemudahan pengerjaan serta mutu beton yang diinginkan. Sesuai dengan persyaratan SNI 03-6817-2002, air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut:

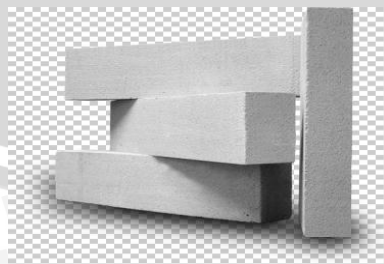
- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak, yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi, yaitu:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.5 Bata beton ringan

Bata beton ringan atau dikenal dengan nama lain yakni bata berpori merupakan bata yang memiliki nilai bobot atau berat jenis yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan batu bata lainnya, sehingga dalam pelaksanaannya dapat menjadi lebih mudah sebab bobot yang ringan. Tidak seperti bata biasa, berat bata beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat bata beton ringan berkisar antara $600-1600 \text{ kg/m}^3$. Akibat dari bobot yang cukup ringan tersebut maka bata beton ringan ini banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi yang tinggi, dan konstruksi bangunan tahan gempa sebab dalam perhitungan gempa menurut SNI-1726-2002 besarnya beban gempa antara lain tergantung dari berat bangunan, jenis tanah, dan lokasi bangunan.

Bata beton ringan ini kemudian dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman pada tahun 1943. Hasilnya bata berpori (ringan) atau beton ringan aerasi ini dianggap sempurna, termasuk material bangunan yang ramah lingkungan, karena dibuat dari sumber daya alam yang berlimpah. Sifatnya kuat, tahan lama, mudah dibentuk, efisien, dan berdaya guna tinggi. Di Indonesia sendiri bata berpori (beton ringan) mulai dikenal sejak tahun 1995, saat didirikannya PT. Hebel Indonesia di Kerawang Timur, Jawa Barat (Ngabdurrochman, 2009).

Bata (beton) normal diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu bata normal dan bata beton ringan. Bata normal tergolong bata yang memiliki densitas sekitar $2,2-2,4 \text{ gr/cm}^3$ dan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran bata (mix design). Sedangkan untuk bata beton ringan atau beton ringan memiliki densitas $< 1,8 \text{ gr/cm}^3$, begitu juga dengan kekuatannya sangat bervariasi dan sesuai dengan penggunaan dan pencampuran bahan bakunya. Jenis dari bata beton ringan ada dua, yaitu tipe AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) dan tipe CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Berikut adalah contoh bata beton ringan.



Gambar 2.3 Bata Beton Ringan

Sumber : www.gadgetgalileo.com, di akses pada tanggal 15 Desember 2012

Berikut ini adalah tabel perbandingan 2 tipe bata beton ringan yaitu tipe AAC dan tipe CLC.

Tabel 2.3 Perbandingan Bata Beton Ringan Tipe AAC & Tipe CLC

Sl.No.	Parameter	CLC			AAC	
		Cellular Lightweight Concrete			Autoclaved Aerated Concrete	
1.	Bahan Dasar	Fly ash, Pasir, Semen Busa senyawa, air			Semen, Kapur, Pasir, Compound Aerasi, fly ash, Energi	
2.	Proses Produksi & Setup	Dapat diproduksi di lokasi proyek dengan menggunakan biasa beton mixer dan generator busa			Hanya diproduksi di pabrik yang mahal dilengkapi dengan ketel uap dan Autoclaves	
3.	Kepadatan Kering kg/m³	400-600	800-1000	1200-1800	650	750
4.	Kekuatan tekan (28 hari) kg/m³	10-15	25-35	60-250	40	40
5.	Penggunaan	Isolasi	Partisi Non-beban bantalan	Beban bantalan	Mengingat beban non-blok	Diperkuat panel
6.	Ukuran Blok pracetak	500x250x90/190mm Setiap bentuk & ukuran dalam rentang kepadatan 400-1800 kg/m ³			625x250x100/200mm Tidak Layak	
7.	Penuaan	Kekuatan keuntungan dengan usia			Tidak ada	
8.	Konduktivitas termal Unit (W/mk)	0,098 untuk 400 kg/m ³ 0,151 untuk 700 kg/m ³ 0,238 untuk 1000 kg/m ³			0,132-0,151 untuk 650 kg/m ³	
9.	Isolasi Suara	Unggul			Unggul	
10.	Mudah bekerja	Dapat dipotong, dipaku, dibor sebagai kayu			Dapat dipotong, angsa, dipaku, dibor sebagai kayu	
11.	Eco-ramah	Bebas polusi dengan proses Energi minimal: persyaratan juga mengkonsumsi limbah fly ash			Bebas polusi proses dengan kebutuhan energi tinggi	

Sumber : www.bataringanindonesia.blogspot.com, diakses tanggal 5 januari 2013

Dalam pembuatan bata ringan diperlukan komposisi yang sesuai agar dapat diperoleh hasil yang maksimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Subari & Racman, 2008) didapatkan hasil dari pembuatan bata ringan ini yang memiliki hasil paling baik dan telah memenuhi syarat dengan perbandingan antara komposisi bahan yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 2.4 Komposisi Campuran Bata Beton Ringan

Bahan	Jumlah (Dari berat total)
Kuarsa Halus	25 %
Kapur Tohor	12%
Semen Portland	8%
Abu Terbang	20%
Silica fume	5%
Perlit	30%
Foamer Agent type F292	10 gram
Air	400 cc

Sumber : Pembuatan Bata Beton Ringan untuk diterapkan di IKM Bahan Bangunan, Subari dan Abdul Rachman (hal 3)

Hasil yang didapatkan dengan menggunakan campuran tersebut adalah sebesar $106,87 \text{ kg/cm}^2$ dan berat jenis sebesar $1,15 \text{ gram/cm}^3$. Berdasarkan peraturan yang berlaku mengenai bahan bangunan berupa bata ringan ini mengacu pada peraturan ASTM C 1386-*Standart Spesification for Precast Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Wall Construction Unit* dan ASTM C 1452-*Standart Spesifiastion for Reinforced Autoclaved Aerated Concrete Elemen*.

Dari hasil penelitian sebelumnya yang diterapkan di IKM Bahan Bangunan, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2.5 Spesifikasi Teknis Bata Ringan Jurnal

No.	Data Uji	Bata Ringan Percobaan	Bata Ringan PT Bata Super	Bata Ringan PT TMBA
1	Penyerapan Air	24,10 %	26,45 %	19,57
2	Berat jenis	1,12 gram/cm ³	0,79 gram/cm ³	0,84 gram/cm ³
3	Kuat Tekan	40,15 kg/cm ²	42,49 kg/cm ²	51,20 kg/cm ²
4	Penampakan Warna	Abu-abu krem	Abu-abu muda	Abu-abu tua

Sumber : Pembuatan Bata Beton Ringan untuk diterapkan di IKM Bahan Bangunan, Subari dan Abdul Rachman (hal 4)

Standar yang berlaku untuk perencanaan *Lightweight Concrete Masonry Unit* (Bata Beton Ringan) adalah:

Tabel 2.6 Persyaratan Pembuatan Bata Beton Ringan (*Lightweight Concrete Masonry Unit*)

No.	Variabel	Nilai (Imperial)	Nilai (Metric)	Sumber
1.	Kekuatan	>1700 Psi	119,51 kg/cm ²	ASTM C 90
2.	Berat Jenis	<105 Lb/cu.ft	1,681 kg/cm ³	ASTM C 140

Dari hasil yang ada dalam peraturan yang ada bahwa dengan kombinasi rencana pembuatan bata ringan (hebel) adalah untuk nilai berat jenis sebesar 1,15 gram/cm³ (ASTM C 140 = 1,681 kg/cm³) telah sesuai standar sedangkan untuk kuat tekan belum masuk standar 106,87 kg/cm² (>119,51 kg/cm²).

2.6 Porositas

Porositas suatu bahan adalah perbandingan volume rongga-rongga kosong terhadap volume total seluruh bahan. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen dan disebut porositas. Besarnya porositas suatu material bervariasi mulai dari 0% hingga 90% tergantung dari jenis dan aplikasi material tersebut. Ada dua jenis porositas yaitu porositas terbuka dan porositas tertutup. Porositas tertutup umumnya sulit ditentukan karena pori tersebut berupa rongga yang terjebak dalam padatan dan serta tidak ada akses keluar permukaan luar, sedangkan porositas terbuka masih ada akses keluar permukaan, walaupun rongga-rongga tersebut berada

ditengah-tengah padatan. Porositas suatu bahan umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka dengan rumus (Van Vlack, Lawrence H., 1989) :

$$\text{Porositas} = \frac{M_s - D}{V} \times 100\%$$

Dengan : $V = \text{Exterior Volume}$

$M_s = \text{Massa Basah (Saturated Mass)}$

$D = \text{Massa Kering (Dry Mass)}$

$V = M_s - S$

$S = \text{Massa Tercelup (Suspended Mass)}$

Bata beton ringan yang merupakan bata beton berpori memiliki rongga-rongga udara yang dihasilkan dengan mengalirkan udara, pencampuran foam dan juga kombinasi dari keduanya. Porositas bata beton ringan tipe Cellular Lightweight Concrete dapat mencapai 80% dengan ukuran pori 50-500 μm , sedangkan bata beton ringan modern (AAC) memiliki porositas 60-90 % dari total volume bahan (Narayan, Ramamurthy, 2000).

2.7 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Tolak ukur dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang sebagai akibat dari tegangan yang diberikan. Semakin tinggi nilai kuat tekan suatu bahan semakin tinggi pula nilai modulus elastisitasnya. Modulus elastisitas bahan berubah-ubah menurut kekuatan dan tergantung pada umur bahan, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis semen dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1985).

Regangan (*strain*) adalah nilai perubahan relative terhadap panjang yang diperoleh dari besarnya perubahan panjang di bagi dengan panjang semula. Rasio tegangan terhadap regangan disebut modulus elastisitas. Karena regangan (*strain*) tidak memiliki satuan maka nilai modulus elastisitas dinyatakan dalam satuan yang sama dengan tegangan (*stress*) yaitu MPa atau kg/cm^2 .

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Modulus elastisitas statis dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dengan perubahan bentuk persatuan panjang akibat tegangan yang diberikan. Secara umum persamaan modulus elastisitas statis beton diberikan sebagai berikut:

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dengan: E_s = Modulus elastisitas statis (MPa)
 σ = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan
 ΔL = Perubahan panjang (mm)
 L = Panjang awal (mm)

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Mutrofin (2005) meneliti tentang material piropilit Sumbermanjing Malang Selatan. Diketahui bahwa ternyata piropilit mengandung silika yang cukup besar (85% dari total unsur penyusun piropilit) dan sangat bagus digunakan sebagai *filler* mengingat ukuran butirannya sesuai dengan ukuran butiran *filler*.
2. Anggraini, dkk (2006) mencoba memanfaatkan piropilit sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving stone*. Dengan penambahan 10% mineral piropilit, maka menghasilkan kekuatan yang meningkat sampai kurang lebih 20% dari kekuatan awal.
3. Anggraini (2007) penggunaan piropilit sebagai bahan tambahan pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 42% pada variasi piropilit 15%. Semen adalah bahan yang bisa memacu proses aktivasi mineral piropilit inilah yang meningkatkan kuat tekan yang terjadi.
4. Satryo (2011) meneliti pengaruh penggunaan piropilit dan variasi jenis semen pada porositas paving didapatkan hasil terjadi penurunan paling minimum porositas pada kadar 20% dengan jenis semen tertentu.
5. Yanuar (2012) meneliti pengaruh piropilit dengan variasi semen terhadap kuat tekan dan porositas batako didapatkan hasil pada penggunaan piropilit 20% memiliki kuat tekan paling tinggi dengan nilai porositas paling kecil.

6. Novianto (2012) dari penelitian modulus elastisitas didapatkan hasil penambahan piropilit berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton pada umur 56 hari akibat panas hidrasi semen yang mengaktifasi mineral piropilit.

2.9 Hipotesis Penelitian

Beberapa hipotesa yang akan dibuktikan dalam penelitian di sini adalah:

1. Penambahan piropilit dalam bata beton ringan akan mempengaruhi porositas dan modulus elastisitas setelah proses pembakaran.
2. Peningkatan yang signifikan dan optimal terhadap porositas dan modulus elastisitas bata beton ringan akan terjadi dengan penambahan piropilit sebesar 20% setelah proses pembakaran.

