

**PEMANFAATAN FELSPAR DESA PETIR-KECAMATAN BAWANG DAN
DESA WANADRI, KECAMATAN PURWANEGARA, KABUPATEN BANJARNEGARA
UNTUK PEMBUATAN BATA RINGAN**

**USING FELDSPAR FROM PETIR VILLAGE-BAWANG DISTRICT AND
WANADRI VILLAGE, PURWANEGARA DISTRICT, BANJARNEGARA REGENCY
FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE**

Chusni Ansori¹⁾, Gurharyanto²⁾

¹⁾ Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsembung-LIPI,
Jl. Karangsembung Km-19, Kebumen

²⁾ Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang 154-D, Bandung
chus001@lipi.go.id

ABSTRAK

Kabupaten Banjarnegara mempunyai potensi felspar yang berasal dari batuan genes felspar dan sekis felspar dengan kandungan Fe_2O_3 dan CaO tinggi yang saat ini dimanfaatkan sebagai bahan baku industri keramik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan felspar menjadi bahan baku bata ringan.

Penelitian ini mencakup penelitian lapangan, karakterisasi dan preparasi bahan baku, formulasi bahan, pembuatan benda uji, analisis sifat fisik dan XRD benda uji. Contoh felspar diambil dari Desa Petir Kecamatan Bawang dan Desa Wanadri Kecamatan Purwanegara. Preparasi dilakukan pada ukuran fraksi kasar (60 s.d. 80) mesh dan fraksi halus (100 s.d. 150) mesh. Benda uji dibuat dari campuran felspar, abu sekam padi, semen, *alumina powder*, *foam agent* (FA), *water glass* dan NaOH dengan berbagai formula. Karakteristik bata ringan yang diharapkan mempunyai densitas 0,8 gr/cm^3 s.d. 1,0 gr/cm^3 dan kuat tekan sebesar 30 kg/cm^2 s.d. 60 kg/cm^2 .

Benda uji dibuat sebanyak 44 buah menggunakan pencampuran masa tuang dengan gelembung udara secara fisik atau *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*, pencampuran secara kimia atau *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* tanpa *auto clave* dan metode polimer dengan pengeringan pada suhu kamar. Benda uji yang dibuat dengan metode CLC, menghasilkan densitas terendah 1,0 gr/cm^3 sedangkan kuat tekan maksimal 25,9 kg/cm^2 . Benda uji yang dibuat menggunakan metode polimer, densitas terendah 1,5 gr/cm^3 dengan kuat tekan tertinggi 83 kg/cm^2 .

Bata ringan metode CLC lebih cocok dikembangkan di Banjarnegara karena merupakan teknologi yang sederhana. Komposisi ideal bata ringan metode CLC adalah semen dan air dengan perbandingan 3 banding 2, untuk pembentukan pori dapat menggunakan FA di atas 25 gram, perbandingan felspar dengan *silica amorf* (sekam padi) dengan perbandingan 10 banding 1. Tingginya kandungan Al_2O_3 serta tidak terbentuknya *tubermorite* berpengaruh terhadap tingginya densitas dan rendahnya kuat tekan. Peningkatkan kuat tekan dapat dilakukan dengan menambah bahan tambahan (*additive*) berupa *black alumina*, sedangkan untuk menurunkan densitas dapat dilakukan dengan menambah silika amorf dari limbah geothermal maupun organik.

Kata kunci: Banjarnegara, felspar, bata ringan, benda uji

ABSTRACT

Banjarnegara district has enormous potential feldspar that's derived from feldspathic gneiss and and feldspathic schist with a highly content of Fe_2O_3 and CaO . Today's utilization is as a source of silica in the ceramic industry at low prices. This research was conducted with the aim the possibilities to uses feldspar into lightweight concrete.

This research includes field research, characterization and preparation of raw materials, formulation, prototype, XRD analysis and physical properties of specimen. Feldspar samples from Petir Village and Wanadri Village has low content of SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O and high content of Fe_2O_3 . Preparation is done on the size of coarse aggregate (60 to 80) mesh and fine aggregate (100 to 150) mesh. Prototype is made from a mixture of feldspar, rice ash, cement, alumina powder, foam agent, water glass and NaOH with various formulas. Characteristics of lightweight concrete that are expected to have density 0.8 kg/m^3 to 1.0 kg/m^3 and a compressive strength of 30 kg/cm^2 to 60 kg/cm^2 .

It has made 44 pieces proto type using mixing period of castings with air bubbles physically as Cellular Lightweight Concrete (CLC), mixing chemically as Autoclaved Aerated Concrete (AAC) without auto clave and methods of polymer by drying at room temperature. Specimens prepared by the method CLC, resulting the lowest densitas of 1.0 g/cm^3 , while the maximum compressive strength of 25.9 kg/cm^2 . Proto type were made from polymer has lowest densitas 1.5 g/cm^3 and the highest compressive strength 83 kg/cm^2 .

Lightweight concrete with CLC method more suitable to be developed in Banjarnegara, simpler technology at a lower cost. The ideal composition of lightweight concrete of CLC method with proportion of cement : water; 3 : 2, using the Foam Agent over 25 grams, feldspar comparison with amorphous silica (rice ash) = 10 : 1. The high content of Al_2O_3 and without tubermorite mineral affect of high densitas and low compressive strength. Increasing the compressive strength can be done by adding the additive materials (black alumina), while lower densitas can be done by adding amorphous silica from geothermal waste or organic material.

Keyword: Banjarnegara, feldspar, lightweight concrete, prototype

PENDAHULUAN

Kabupaten Banjarnegara mempunyai beberapa potensi sumber daya mineral bukan logam dan batuan, salah satunya adalah feldspar yang terdapat di bagian selatan, meliputi wilayah Kecamatan Pagedongan, Kecamatan Purwonegoro, Kecamatan Bawang dan Kecamatan Mandiraja. Laporan tim eksplorasi umum bahan keramik Pusat Sumber Daya Geologi (2014) menyebutkan bahwa luas keseluruhan sebaran feldspar sekitar 182,5 hektar dengan sumber daya terdapat sebesar 33,6 juta ton. Sebagian besar feldspar tidak bisa digunakan sebagai bahan keramik halus, gelas atau kaca karena tingginya kadar Fe_2O_3 dan CaO , sehingga hanya dimanfaatkan untuk campuran dalam industri keramik.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakterisasi produk serta formula bata ringan berbasis feldspar dengan tujuan dapat mengetahui kemungkinan pemanfaatan feldspar untuk bahan baku bata ringan.

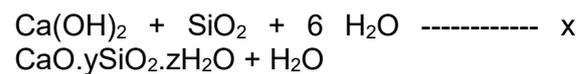
Bata berpori adalah bata yang memiliki berat jenis (*densitas*) lebih ringan daripada bata pada umumnya. Bata berpori disebut juga sebagai bata ringan atau beton ringan alternatif bata (Ngabdurrochman, 2009). Bata berpori dapat dibuat dengan berbagai cara antara lain dengan menggunakan agregat ringan, campuran antara semen, silika, pozzolan dan lain - lain yang dikenal dengan nama *aerated concrete* atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara (dikenal dengan nama *foamed concrete* atau *cellular concrete*).

Bata berpori atau beton ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan untuk mengurangi penggundulan hutan. Bata ringan AAC ini kemudian dikembangkan lagi oleh Joseph Hebel di Jerman pada tahun 1943. Hasilnya berupa bata berpori (ringan) atau beton ringan aerasi. Bata ringan sifatnya kuat, tahan lama, mudah dibentuk, efisien, dan berdaya guna tinggi (Ngabdurrochman, 2009).

Bata normal memiliki densitas sekitar 2,2 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³ dan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran bata (*mix design*). Bata ringan atau beton ringan memiliki densitas <1,8 gr/cm³, kekuatannya sangat bervariasi sesuai dengan pencampuran bahan bakunya. Bata ringan terdiri dari dua jenis, yaitu bata ringan berpori (*aerated concrete*) dan bata ringan tidak berpori (*non aerated concrete*). Bata ringan berpori diproduksi dengan menggunakan agregat ringan seperti batu apung (*pumice*), diatome, skoria, *volcanic cinders* yang dicampur dengan bahan baku dari campuran semen, pasir, gipsum, CaCO₃ dan katalis aluminium. Katalis aluminium akan menimbulkan panas selama terjadinya reaksi hidrasi semen sehingga timbul gelembung-gelembung gas H₂O dan CO₂. Gelembung gas tersebut akan menimbulkan jejak pori dalam bata yang sudah mengeras. Semakin banyak gas yang dihasilkan akan semakin banyak pori yang terbentuk dan bata akan semakin ringan. Pembuatan bata ringan berpori jauh lebih mahal karena menggunakan bahan-bahan kimia tambahan dan mekanisme pengontrolan yang cukup sulit. Pembuatan bata ringan berpori ini pada prinsipnya membuat rongga udara di dalam bata.

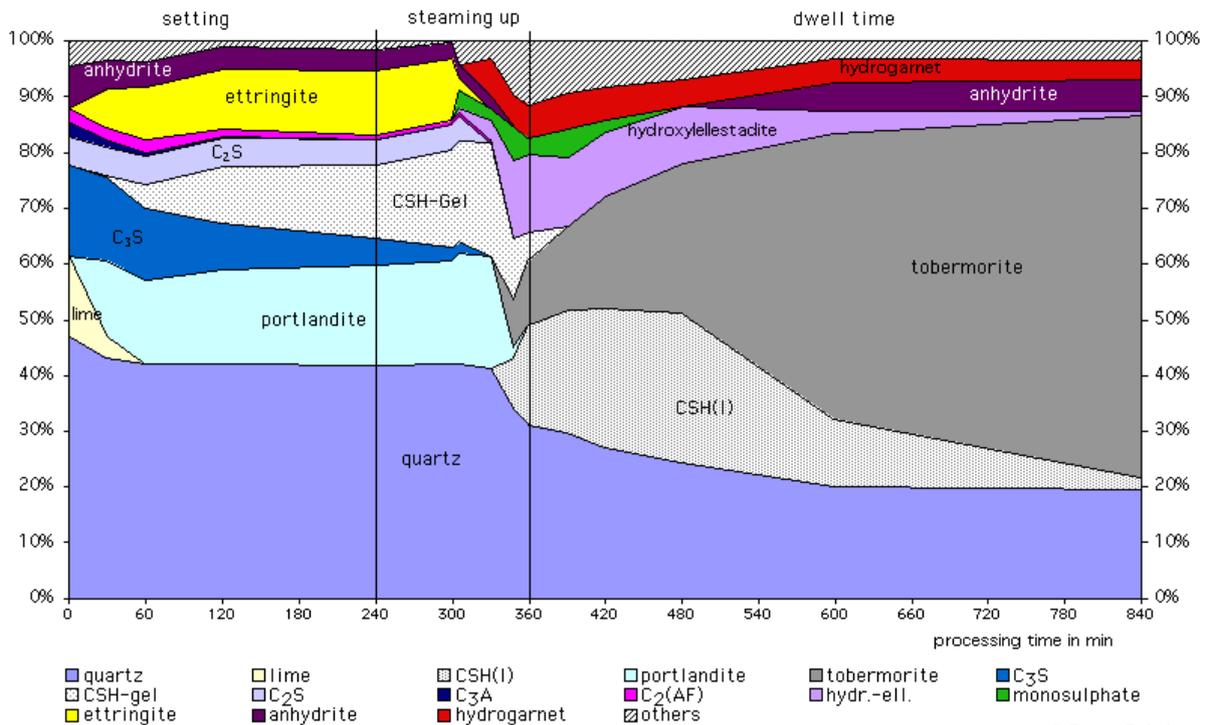
Kekuatan bata ringan tergantung pada struktur dan prosentase terbentuknya *tobermorit*. Struktur pori dibentuk dengan mencampur masa tuang dengan gelembung udara, bisa secara fisik (*Cellular Lightweight Concrete / CLC*) maupun secara kimia (AAC) sehingga volumenya akan mengembang. Karena nilai volumenya bertambah sedangkan

berat masanya tetap maka nilai densitas material pori menurun sehingga menjadi ringan. Gelembung udara harus cukup kuat, tidak mudah pecah dan ukurannya seragam. Untuk mencapai itu perlu pengaturan konsentrasi bahan kimia pembentuk gelembung, kadar prosentase solid dari masa tuang serta metode dan waktu homogenisasi agar gelembung tidak pecah. Walaupun densitas menurun, kekuatan material ringan harus memenuhi kriteria standar teknis tertentu (SII, ASTM atau JIS). Kekuatan material ringan dipengaruhi oleh mineral *tobermorit* yang terbentuk. Untuk meningkatkan dan mempercepat terbentuknya *tobermorit* dilakukan dengan menambahkan bahan aditif sehingga pada proses pengeringan terjadi reaksi-reaksi sekunder sbb:



Reaksi sekunder silika dengan CH/*portlandite* akan membentuk CSH/*tobermorit* dengan struktur yang berbeda dengan CSH pada reaksi primer. Pada temperatur 50°C s.d. 90°C, jenis mineral yang terbentuk pada proses hidrasi adalah *tobermorit*, pada temperatur yang lebih tinggi akan terbentuk *jennite*, *truscotite* (C₇S₁₂H₃), *gyrolite* (C₂S₃H₂) dan *xenolite* (C₆S₆H), (Taylor, 2001). Pada proses hidrasi, bila temperatur dinaikan maka jenis mineral CSH yang terbentuk lebih banyak.

CLC adalah bata ringan yang dibuat dengan menggunakan *foam agent*, secara fisik mencampur busa dengan mortar (adonan semen dan bahan yg berukuran halus) dan proses pengeringannya dilakukan pada temperature ruangan. Sedangkan AAC adalah bata ringan yang dibuat dengan menggunakan *alumina powder* dan Ca (kalsium) secara kimiawi. Gelembung udara dihasilkan dari proses kimia antara alumina dan Ca, sedangkan proses pengeringannya menggunakan *autoclave*. Pembuatan bata ringan menggunakan metode AAC proses waktu produksinya lebih cepat (5 s.d. 7) hari, sedangkan CLC hingga 28 hari.



Gambar 1. Mineralisasi pada proses hidrasi semen dengan terbentuknya *tobermorite* (Scoeber, 2005)

METODOLOGI

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah penelitian lapangan, analisis laboratorium dan pembuatan benda uji.

Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan berupa pengamatan singkapan dan pengambilan conto felspar.

Analisis Laboratorium

Analisis kimia dan besar butir bahan baku

Analisis kimia felspar untuk mengetahui kandungan oksida utama dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometer*). Analisis besar butir menggunakan ayakan pada ukuran >60 mesh, 60 s.d. 80 mesh, 100 mesh s.d. 150 mesh dan lebih dari 150 mesh.

Pengujian benda uji

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan formula terbaik bahan bangunan yang dihasilkan. Adapun analisis dan pengujian laboratorium meliputi:

- Analisis sifat fisik batuan, untuk mengetahui kuat tekan dan densitas
- Analisis *XRD*, untuk mengetahui komposisi material baru yang telah terbentuk.

Metode pembuatan benda uji

Bahan baku yang digunakan meliputi:

- Felspar dari Banjarnegara (60% s.d. 80%)
- Semen
- Abu sekam padi
- Air
- Foam agent* dan *alumina powder* teknis
- Gypsum teknis dan
- Kalsium dari Padalarang, Bandung.

Peralatan yang digunakan meliputi:

- Peralatan preparasi (*mill* dan ayakan getar)
- Mixer*
- Alat cetak benda uji
- Alat timbangan
- Foam generator*
- Oven

Proses pembuatan meliputi beberapa langkah:

- Felspar Banjarnegara dan sekam padi dilakukan Analisis kimia untuk mengetahui komposisi oksida utamanya.
- Preparasi felspar dan sekam padi meliputi proses penghancuran pada *crusher* dan pengayakan untuk mendapatkan keseragaman ukuran butir.
- Felspar dan sekam padi yang sudah di preparasi dicampur/diaduk merata secara kering dengan semen portland sehingga membentuk mortar (adonan semen dengan material halus).
- Setelah bahan tercampur homogen maka dilakukan penambahan air dan *foam agent* yang kemudian dilakukan pencampuran secara basah hingga homogen. Busa yang dihasilkan dari kompressor sebaiknya tidak mudah pecah sehingga tetap akan menghasilkan bata berpori.
- Setelah itu dilakukan pencetakan sesuai ukuran yang dikehendaki dan kemudian dikeringkan pada suhu ruangan.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Banjarnegara dan Pekalongan (WH. Condon dkk., 1996), daerah penelitian masuk dalam kelompok batuan gresak (Kts). Gresak (Kts), serpentin (Kose), batuan basa, ultra basa dan sedimen laut dalam (Kog), sekis dan filit (Km) merupakan komponen batuan yang mengambang pada lempung hitam bersisik dalam Komplek Melange Luk Ulo (KTI). *Melange* Luk Ulo dicirikan oleh struktur yang kacau, adanya percampuran bongkah batuan sedimen, beku dan metamorf dengan masa dasar lempung bersisik.

Bongkah-bongkah batuan dalam unit ini berupa *exotic* dan *native block* berukuran beberapa centimeter hingga ratusan meter, mengambang di dalam matrik halus yang tersusun dari lempung hitam bersisik.

Komponen *Melange* Luk Ulo meliputi :

- Batuan Metamorfik (Km), merupakan batuan tertua yang dijumpai dan terdiri dari genes, sekis hijau, sekis mika, sekis biru, filit, *amphibolite*, eklogit dan marmer. Pengukuran radiometric K-Ar pada sekis mika menunjukkan umur 117 Ma, Ketner, et.al (1976).
- Batuan beku, berupa batuan mafik dan ultra mafik (Kog) yang merupakan seri batuan ofiolit dijumpai sangat bagus. Peridotit, *harsburgit* terserpentinisasi, serpentin, *lersolit hornblende*, gabro dan basalt termasuk kelompok batuan ofiolit. Basalt berstruktur bantal umumnya berasosiasi dengan sedimen laut dalam.
- Sedimen laut dalam (Kog) berupa selang seling rijang dengan lempung merah atau lempung merah gampingan.
- Batuan sedimen, umumnya berupa perselingan batuan pelitik dengan batupasir, disamping itu dijumpai gresak (Kts) dan *metagreywacke* yang sering membentuk struktur *boudinage*

Berdasarkan penanggalan radiometrik K-Ar maka umur metamorfisme sekitar Kapur Akhir (117 Ma), sedangkan dari fosil radiolaria menghasilkan Kapur Awal hingga Akhir (Wakita et al,1991). Berdasarkan nano fosil dari sedimen di atas *Melange*, ditemukan percampuran fauna Paleosen dengan Eosen, maka diduga umur Komplek *Melange* berkisar Kapur Akhir hingga Paleosen (Asikin,1992 dan Sapri, H., dkk.,1998).

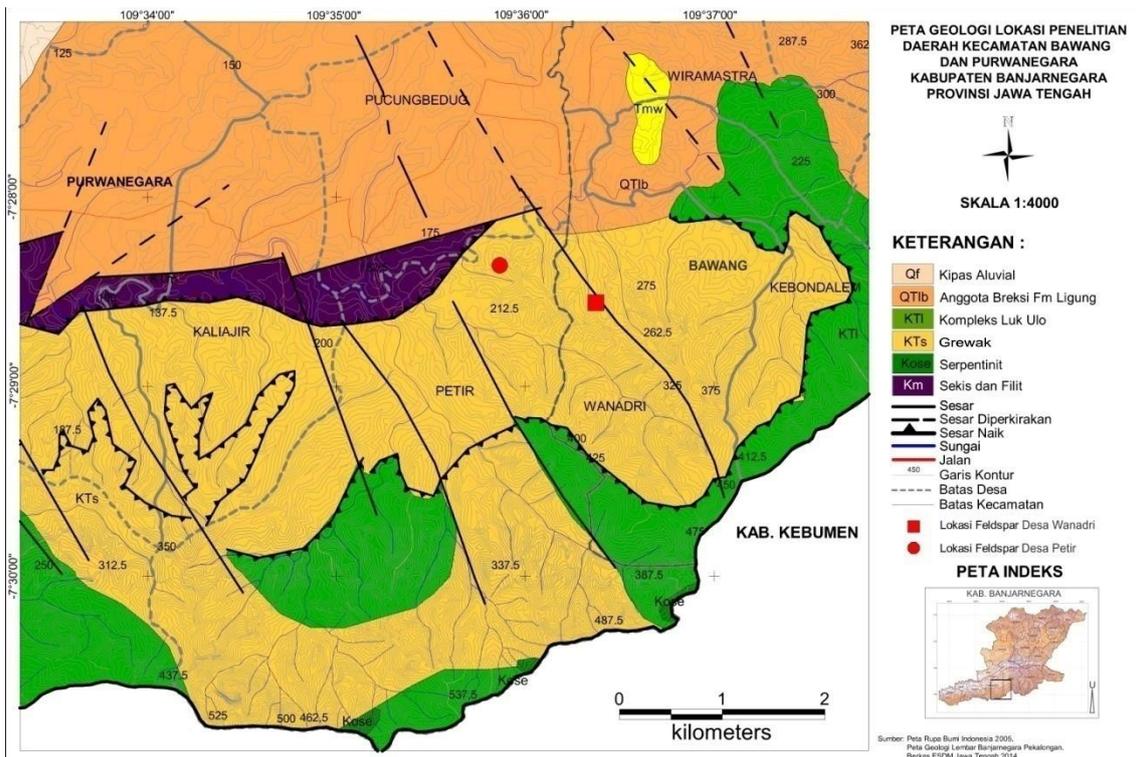
HASIL PENELITIAN

Hasil Penelitian lapangan

Penelitian lapangan dilakukan pada dua (2) lokasi masing-masing berada di Desa Petir Kecamatan Bawang dan Desa Wanadri Kecamatan Purwanegara.

Lokasi-1, Desa Petir, Kecamatan Bawang

Lokasi ini berada di selatan Kali Sapi pada posisi $07^{\circ} 28' 21,5''$ LS dan $109^{\circ} 35' 51,9''$ BT. Di lokasi ini dijumpai singkapan batuan meta grewak dan genes felspar. Batuan berwarna abu-abu muda hingga abu-abu kecoklatan, struktur *gneissic*, tekstur granoblastik yang didominasi oleh mineral granular felspar dan mineral pipih berupa mika dan klorit. Batuan pada lokasi ini termasuk dalam batuan genes (Gambar 3).



Gambar 2. Peta geologi daerah Kecamatan Bawang dan Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara



Gambar 3. Lokasi pengambilan bahan baku felspar yang merupakan singkapan batuan genes yang ditambang masyarakat di Desa Petir.

Lokasi-2, Desa Wanadri, Kecamatan Purwanegara

Lokasi-2 berada di posisi 07° 28' 33,4" LS dan 109° 36' 22,5" BT. Litologi berupa genes kaya felspar berwarna abu-abu kekuningan dan kebiruan. Struktur foliasi *gneissic* dengan komposisi berupa plagioklas, kuarsa, mika dan klorit. Selain itu juga dijumpai sekis kaya felspar berwarna abu-abu kecoklatan dengan mineral minor berupa mika dan klorit. Pada beberapa bagian dijumpai singkapan Filit berwarna hitam, struktur *slaty cleavage* dengan mineral grafit dan sedikit mika.

Hasil Analisis Laboratorium Analisis kimia bahan baku

Analisis kimia dilakukan terhadap felspar maupun abu sekam padi lokal (Tabel 1).

Analisis besar butir

Bahan baku felspar dan sekam padi di preparasi terlebih dahulu untuk mereduksi dan menyeragamkan ukuran butir, kemudian dilakukan pengayakan ukuran agregat kasar (60 s.d. 80) mesh dan ukuran agregat halus (100 s.d. 150) mesh (Tabel 2).

Formulasi Bahan Baku

Benda uji yang berupa bata berpori dengan berbagai formulasi diharapkan bisa mendapatkan benda uji dengan densitas < 1 gr/cm³ serta kuat tekan mencapai > 30 kg/cm². Proses pembuatan benda uji ini dilakukan melalui 3 cara yaitu:

- Pencampuran masa tuang dengan gelembung udara secara fisik (CLC). Proses ini dilakukan dengan cara mencampur agregat felspar dan abu sekam dengan semen dan air yang kemudian ditambahkan gelembung udara melalui proses pengadukan secara fisik. Setelah proses

pengadukan mencapai homogen, material tuang dilakukan pencetakan. Proses kristalisasi dan kompaksi material dilakukan pada suhu kamar hingga mengeras selama 28 hari. Pada pembuatan menggunakan sistim CLC, bahan padat berupa felspar, abu sekam padi, semen, *foam agent* dan air.

- Pembuatan bata ringan secara kimia (AAC). Pada proses pembuatan ini pori-pori yang dihasilkan bukan berasal dari gelembung udara namun dihasilkan dari proses kimia pencampuran *alumina powder* dan Ca (kalsium). Pada pembuatan menggunakan sistim AAC, bahan padat berupa felspar, abu sekam padi, semen, kapur, alumina powder dan air. Pada penelitian kali ini, pembuatan secara kimia (AAC) tidak menggunakan *auto clave* namun proses pengerasan memakai suhu kamar.
- Pembuatan bata ringan menggunakan polimer felspar, dilakukan memakai pencampuran aditif bahan cair berupa NaSi (*water glass*), ditambah natrium hidroksida (NaOH) sebagai pereaksi dan air. Bahan cair tersebut dicampurkan dengan bahan padat berupa felspar, abu sekam padi dan semen. Proses pengerasan bahan tuang ini melalui proses polimerisasi, bukan proses hidrasi seperti pada metode CLC dan AAC.

Komposisi bahan yang digunakan sebagai parameter tidak tetap (variabel) berupa: air, felspar, semen, kalsium oksida dan alumina powder. Desain karakteristik bata ringan adalah mempunyai densitas (0,8 s.d. 1,0) dan kuat tekan sebesar (30 s.d. 60) kg/cm². Perbandingan maksimum felspar dan abu sekam padi 1 banding 6 hingga 1 banding 10. Jumlah air ditentukan berdasarkan jumlah semen. Sedangkan komposisi bahan baku pembuatan bata ringan seperti terlihat pada Tabel 4.



Gambar 4. Lokasi penambangan yang tersusun oleh batuan genes, sekis dan filit, Desa Wanadri

Tabel 1. Hasil Analisis kimia abu sekam dan Felspar

No	Unsur Kimia	Abu Sekam (%)	Felspar LP-1 (%)	Felspar LP-2 (%)
1	SiO ₂	94,60	63,68	67,62
2	Al ₂ O ₃	-	16,93	15,562
3	Fe ₂ O ₃	1,20	3,50	3,087
4	CaO	-	0,03	0,01
5	MgO	-	0,12	0,11
6	Na ₂ O	1,45	1,69	2,27
7	K ₂ O	1,60	7,53	5,426
8	LOI		4,30	5,00

Tabel 2. Hasil Analisis ayak felsdpar

No	Ukuran Butir (mesh)	Tertahan (wt.%)	Lolos (wt.%)
1	< 60	00,00	100,00
2	(60 s.d. 80)	01,80	96,85
3	(80 s.d. 100)	02,70	94,10
4	(100 s.d. 150)	08,20	85,70
5	>150		85,70

Tabel 3. Hasil Analisis ayak abu sekam padi

No	Ukuran Butir (mesh)	Tertahan (wt.%)	Lolos (wt.%)
1	< 60	1,50	98,20
2	(60 s.d. 80)	67,80	31,00
3	(80 s.d. 100)	16,00	14,50
4	(100 s.d. 150)	9,00	5,20
5	>150		5,20

Tabel 4. Perbandingan jumlah air, semen, abu dan felspar

No	Sampel	Semen: Air		Semen : Agregat		(Agregat) Abu Sekam Padi : Felspar	
1	C	1	4	1	5	1	6
2	B	3	10	1	5	1	8
3	A	3,5	10	1	5	1	10

Kegiatan pembuatan benda uji dilakukan dengan cara kering yang kemudian dilakukan homogenisasi masa tuang dengan cara basah. Setelah itu dilakukan pencetakan sistem tuang, setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Secara visual tampak perubahan pori yang terbentuk untuk konsentrasi gelembung udara yang berbeda. Proses pencampuran

benda uji akan menghasilkan unsur silika amorf yang akan bereaksi dengan semen sehingga membentuk calcium silikat hydrate/CSH secara terus menerus hingga

terbentuk CSH yang optimal. Hasil pembuatan benda uji dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pembuatan benda uji dan formula bata ringan berbasis felspar Banjarnegara

NO	NAMA	BAHAN PADAT (gram)					BAHAN CAIR (cc)			KETERANGAN
		FEL	ASP	SMN	KAPUR	ALM/FA	Na.Si	Na.OH	AIR	
CLC										
1	MFA-1.1	400	40	100		15 FA			100	Masa tuang encer, benda uji kekuatannya rendah, komp no.3 jadi (MFA-1.3) lainnya cacat struktur dan bentuk
2	MFA-1.2	400	40	100		20 FA			100	
3	MFA-1.3	400	40	100		25 FA			100	
4	MFA-1.4	400	40	100		30 FA			100	
5	MFA-2.1	400	50	100		15 FA			200	Masa tuang lebih kental, benda uji kekuatannya lebih rendah, semua cacat struktur dan bentuk
6	MFA-2.2	400	50	100		20 FA			200	
7	MFA-2.3	400	50	100		25 FA			200	
8	MFA-2.4	400	50	100		30 FA			200	
9	MFA-3.1	400	40	125		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatan rendah, komp no.11 jadi (MFA-3.3), lainnya cacat struktur dan bentuk
10	MFA-3.2	400	40	125		20 FA			100	
11	MFA-3.3	400	40	125		25 FA			100	
12	MFA-3.4	400	40	125		30 FA			100	
13	MFA-4.1	400	50	125		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya rendah, semua cacat struktur dan bentuk
14	MFA-4.2	400	50	125		20 FA			100	
15	MFA-4.3	400	50	125		25 FA			100	
16	MFA-4.4	400	50	125		30 FA			100	
17	MFA-5.1	400	40	150		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya sedang, komp no 18(MFA-5.2), 19 (MFA-5.3), 20 (MFA-5.4) jadi, komp no 17 (MFA-5.1) cacat struktur/retak rambut
18	MFA-5.2	400	40	150		20 FA			100	
19	MFA-5.3	400	40	150		25 FA			100	
20	MFA-5.4	400	40	150		30 FA			100	
21	MFB-1.1	400	40	150		15 FA			100	Masa tuang kental, benda uji kekuatannya sedang, komp no. 23 (MFB-1.3) dan 24 (MFB-1.4) jadi, sedangkan komp no 21,22 cacat struktur (retak rambut)
22	MFB-1.2	400	40	150		20 FA			100	
23	MFB-1.3	400	40	150		25 FA			100	
24	MFB-1.4	400	40	150		30 FA			100	
25	MFA-6.1	400	40	175		25 FA			100	Masa tuang kental, cacat struktur (retak)/ terlalu peka pada perubahan temp
26	MFA-6.2	400	40	175		30 FA			100	sama
27	MFB-6.3	400	40	175		30 FA			100	sama

Dari kegiatan di atas menunjukkan bahwa, komposisi ideal masa tuang berbahan baku felspar Banjarnegara adalah, semen/air = 3/2, kemudian untuk pembentukan pori menggunakan FA jumlah foam di atas 25 gram, perbandingan felspar dengan silica amorf (sekam padi) = 10:1. Untuk meningkatkan kekuatan dan menurunkan densitas bisa dilakukan dengan menambah bahan kimia penguat beton untuk membantu mentreatment air (banyak mineral Ca-Al-Si-H lihat XRD). Kalau dilakukan dengan menambah semen, pada saat pengeringan banyak terbentuk retakan-retakan kecil/halus sehingga benda uji mengalami cacat struktur. Sering terjadi saat dikeluarkan dari cetakan benda uji menjadi rusak atau mengalami cacat bentuk, terbelah menjadi beberapa bagian.

AAC

1	MF A-7.1	400	40	100	50 kpr	1,0 AL			100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya rendah,
2	MF A-7.2	400	40	100	50 kpr	1,5 AL			100	
3	MF A-7.3	400	40	100	50 kpr	2,0 AL			100	
4	MF A-8.1	400	40	125	50 kpr	1,0 AL			100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya lebih baik
5	MF A-8.2	400	40	125	50 kpr	1,5 AL			100	
6	MF A-8.3	400	40	125	50 kpr	2,0 AL			100	
7	MF A-9.1	400	40	150	50 kpr	1,0 AL			100	Masa tuang kental, benda uji jadi dan berpori, kekuatannya lebih baik lagi
8	MF A-9.2	400	40	150	50 kpr	1,5 AL			100	
9	MF A-9.3	400	40	150	50 kpr	2,0 AL			100	
10	MF A-10.1	400	40	150	25 kpr	2,0 AL			100	Masa tuang kental, benda uji jadi tetapi padat, kekuatannya lebih baik lagi

POLIMER FELSPAR

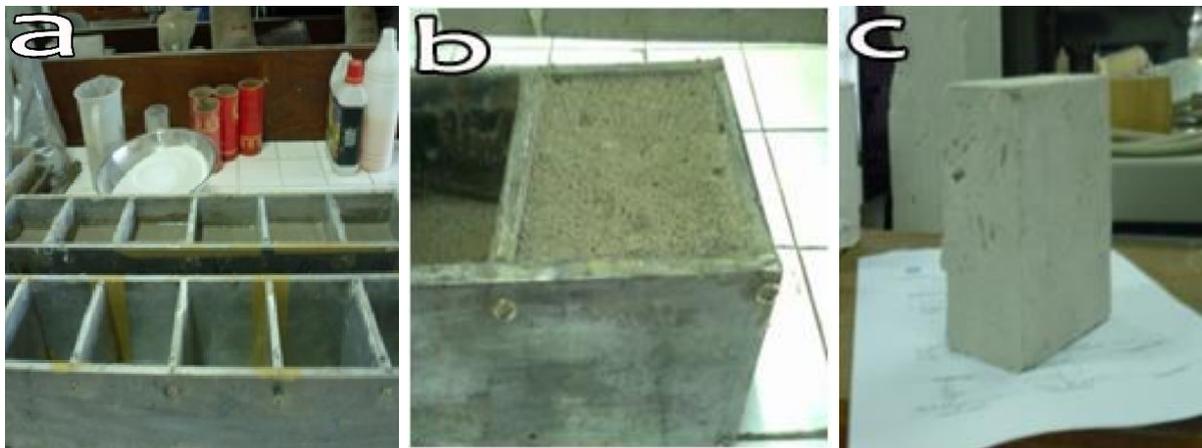
1	MFP-a	700	60	50		25 FA	132	60	50	Masa tuang kental, benda uji jadi tetapi padat, kekuatan terbesar komposisi no.3
2	MFP-b	700	60	50		25 FA	100	30	50	
3	MFP-c	700	60	50		25 FA	66	15	50	
4	MFP-d	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	Masa tuang kental, benda uji jadi, berpori (vol bertambah) kekuatannya belum diuji
5	MFP-e	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	
6	MFP-f	700	60	50		2,0 AL	66	15	50	

Keterangan:

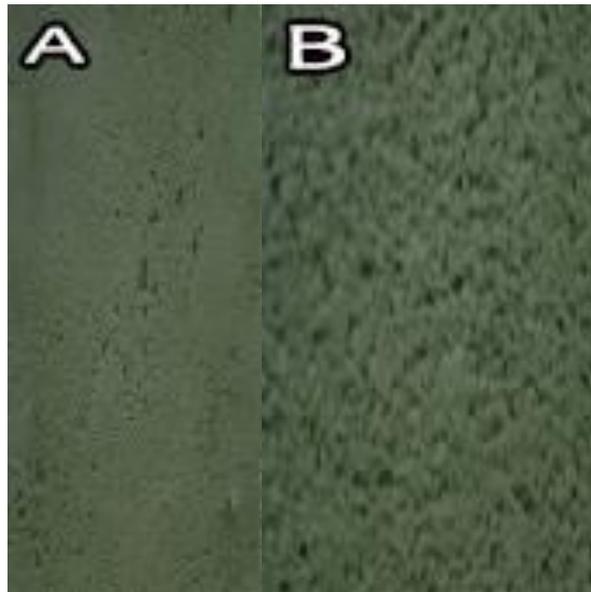
FA	: Foam Agent	FEL	: Felspar
NaSi	: Waterglass	ASP	: Abu Sekam Padi
NaOH	: Pereaksi	SMN	: Semen
AGR	: Agregat	ALM	: Alumina Powder

Catatan :

- Pembuatan 43 (empat puluh tiga) benda uji pada skala laboratorium
- Cetak tebal, dilakukan uji sifat fisik material bahan tambang



Gambar 5. a) mencetak benda uji, b) benda uji berumur 1 hari, c) benda uji berumur 7 hari



Gambar 6. Struktur permukaan benda uji dengan perbedaan konsentrasi gelembung 10 gr (A) dan 20 gr (B)

Analisis Benda Uji

Benda uji yang dibuat sebanyak 44 buah, menggunakan formula A, B atau C (lihat Tabel 4) dengan menggunakan metode CLC, AAC ataupun polimer felspar. Sebanyak 13 benda uji berhasil dibuat dan diuji, dengan densitas dan kuat tekan yang bervariasi. Sedangkan lainnya tidak memungkinkan karena banyak mengalami retak rambut sehingga tidak akan

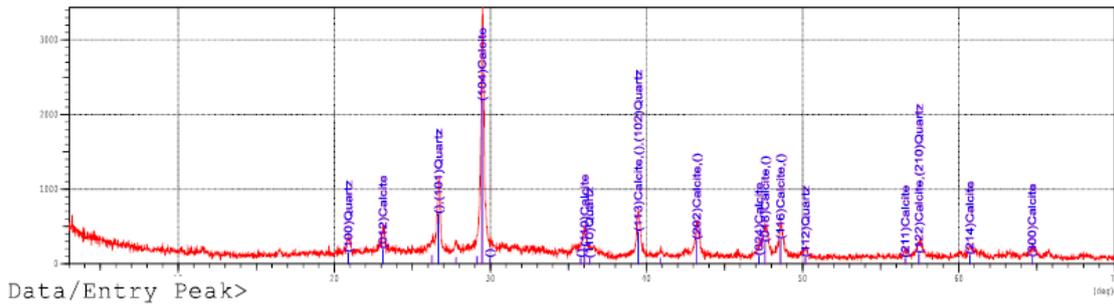
memberikan hasil pada saat analisis sifat fisik material. Retak rambut ini kemungkinan terjadi akibat proses pengeringan yang tidak optimal. Hasil analisis benda uji dari masing-masing formula yang ada dapat dilihat pada Tabel 6. Analisis XRD juga telah dilakukan pada benda uji no 24 (MFB-1.4) dengan pola grafik seperti terlihat pada Gambar 8, dimana mineral *tobermorit* atau *calcium silikate hydrate* (CSH) tidak terbentuk.

Tabel 6. Hasil Analisis sifat fisik benda uji dari berbagai komposisi bahan uji

NO BENDA UJI	NAMA BENDA UJI	BAHAN PADAT (gram)					BAHAN CAIR (cc)			DENSITAS (gr/cm ³)	KUAT TEKAN (kg/cm ²)
		FEL	ASP	SMN	KAPUR	ALM/FA	Na.Si	Na.OH	AIR		
CLC											
3	MF A-1.3	400	40	100		25 FA			100	1,10	18,0
11	MF A-3.3	400	40	125		25 FA			100	1,21	18,5
18	MF A-5.2	400	40	150		20 FA			100	1,35	24,0
19	MF A-5.3	400	40	150		25 FA			100	1,30	22,3
20	MF A-5.4	400	40	150		30 FA			100	1,23	18,8
23	MF B-1.3	400	40	150		25 FA			100	1,1	25,9
24	MF B-1.4	400	40	150		30 FA			100	1,0	21,3
AAC											
3	MF A-7.3	400	40	100		50	2 ALM		100	1,1	14,2
6	MF A-8.3	400	40	125		50	2 ALM		100	1,1	15,0
9	MF A-9.3	400	40	150		50	2 ALM		100	1,2	16,4
POLIMER FELSPAR											
1	MFP-a	700	60	50		25 FA	132	60	50	1,5	54,6
2	MFP-b	700	60	50		25 FA	100	30	50	1,7	71,2
3	MFP-c	700	60	50		25 FA	66	15	50	1,9	83,0

Keterangan:

- FEL : Felspar
- FA : Foam agent
- Na.Si : Waterglass
- Na.OH : Pereaksi
- ALM : Alumina powder
- ASP : Abu sekam padi
- SMN : Semen
- AGR : Agregat



Gambar 8. Data XRD benda uji no 24 (MF B-1.4)

Berdasarkan data XRD tersebut, maka mineral yang terbentuk pada bata ringan meliputi :

- Kalsium Karbonat (CaCO_3)
- Kalsium Oksida (CaO)
- Silikon Oksida (SiO_2)
- *Calcium Aluminium Silicate Hydrate/CASH*

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kimia felspar yang berukuran -100 mesh (Tabel 1), menunjukkan bahwa conto felspar Banjarnegara didominasi oleh silika, alumina dan potasium. Komposisi kimia tersebut menunjukkan bahwa felspar Banjarnegara memungkinkan untuk dibuat bata ringan berbasis semen maupun polimer karena kadar SiO_2 berada di atas 60%. Kandungan unsur lain yang nilainya cukup tinggi adalah Al_2O_3 hingga 16%. Kandungan alumina yang tinggi perlu mendapat perhatian, karena dalam proses pembuatan beton ringan menggunakan unsur kalsium (Ca), demikian juga untuk proses polimer yang dasarnya menggunakan bahan baku alumino-silikat. Batasan untuk kandungan unsur alumina tidak spesifik, tetapi perlu dipertimbangkan karena berpengaruh di dalam proses sehingga akan mempengaruhi perilaku proses dan kualitas produk.

Kualitas produk bata ringan tergantung pada berat jenis dan kuat tekan (*compressive strenght*). Kedua faktor tersebut sangat berpengaruh di dalam pemanfaatannya. Bahan bangunan yang dibuat dari bahan campuran berbasis semen maupun polimer kekuatannya

dipengaruhi oleh komposisi bahan campuran, seperti jumlah bahan perekat (semen). Oleh karena itu jumlah bahan perekat menjadi salah satu faktor variabel di dalam proses.

Dalam kegiatan penelitian ini jumlah komposisi bahan perekat/semen untuk metode CLC dan AAC adalah 100,125, 150 dan 175 gram (lihat Tabel 5), sedangkan untuk polimer perbandingan komposisi pereaksi ($\text{NaSi} : \text{NaOH}$) = 132 cc : 60 cc, 100 cc : 30 cc, dan 66 cc : 15 cc.

Sifat ringan pada bata atau benda uji disebabkan karena bentuk struktur berpori yang dibentuk dengan cara mencampur gelembung udara dengan masa tuang. Oleh karena itu densitas benda uji tergantung pada jumlah gelembung udara yang digunakan, bila dilakukan secara fisik tergantung pada jumlah *foam agent* atau bila dilakukan secara kimia tergantung pada jumlah alumina dan kalsium yang digunakan. Pengaturan jumlah gelembung udara yang digunakan atau unsur pengembang sering menjadi permasalahan, semakin banyak unsur pengembang yang digunakan, benda uji akan semakin ringan tetapi kekuatannya semakin rendah. Untuk mendapatkan kekuatan yang memenuhi ketentuan standar, dapat dilakukan dengan percobaan berulang (*trial and error*) sampai diperoleh densitas di bawah nilai 1,0. Setelah dilakukan percobaan berulang-ulang, pembuatan benda uji menggunakan bahan baku felspar (*densitas powder* : 2,1), prosentase solid masa tuang (campuran felspar, asap sekam padi, semen dan atau kapur) 80% s.d. 85%, *foam agent* antara

20 gr, 25 gr, 30 gr, dengan jumlah *alumina powder* 1 gr s.d. 2 gr sehingga diperoleh densitas bata yang mendekati nilai 1,0 kg/m³ (Tabel 6). Dalam proses pembuatan benda uji bata ringan yang telah dilakukan, diperoleh benda uji yang memenuhi syarat (tidak cacat fisik/retak) sebanyak 13 benda uji dari 43 contoh komposisi dengan berbagai variabel berupa bahan perekat, dan bahan pengembang (Tabel 6).

Pada pembuatan bata ringan metode CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) menggunakan bahan perekat semen, menghasilkan 7 conto benda uji dengan kode benda uji MFA dan MFB. Conto bahan uji tersebut terdiri dari campuran bahan padat berupa felspar 400 gr, abu sekam padi 40 gr, semen bervariasi antara 100 gr s.d. 150 gr, *foam agent* antara 20 s.d. 30 gr, dengan komposisi air 100 gr. Bata ringan yang terbentuk mempunyai kisaran densitas 1,0 gr/cm³ s.d. 1,35 gr/cm³ dengan kuat tekan berkisar 18,5 kg/cm² s.d. 25,9 kg/cm². Kuat tekan terbaik (25,9 kg/cm²) dengan densitas 1,1 gr/cm³ didapatkan pada benda uji 23 (MF B-1.3) yang dihasilkan dari percampuran 400 gr felspar, 40 gr abu sekam, 150 gr semen, 25 gr *foam agent* dengan 100 gr air.

Pada pembuatan bata ringan dengan formula AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) yang menggunakan campuran 50 gr kapur dan 2 gr aluminium powder terlihat bahwa 3 benda uji yang ada mempunyai kisaran densitas 1,1 gr/cm³ s.d. 1,2 gr/cm³ serta kuat tekan antara 14,2 kg/cm² s.d. 16,4 kg/cm². Rendahnya kualitas yang dihasilkan disebabkan karena proses pengeringan tidak menggunakan *Auto Clave*, sehingga proses ini sebenarnya juga sama menggunakan CLC namun tidak menggunakan *Foam Agent*.

Pada pembuatan bata ringan menggunakan bahan perekat polimer yang dibuat dari campuran *water glass* (Na.Si) dengan Na OH, dapat dihasilkan 3 benda uji (benda uji no. 1 s.d. 3) dengan kisaran densitas 1,5 gr/cm³ s.d. 1,9 gr/cm³ serta kuat tekan yang sangat bagus yaitu antara

54,6 kg/cm² s.d. 83,0 kg/cm². Terlihat bahwa semakin tinggi densitas, maka kuat tekannya juga semakin tinggi. Campuran dengan perekat polimer nampaknya memberikan bata dengan kuat tekan terbaik, namun densitasnya belum seperti yang diharapkan.

Hasil Analisis fisik ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa untuk bata ringan yang menggunakan bahan perekat semen yang diproses secara fisik dan kimia, densitas terendah yang bisa dicapai sebesar 1,0 gr/cm³ dengan kuat tekan sebesar 21,3 kg/cm² (benda uji no 24). Kekuatan bata ringan tersebut setara dengan bata merah kelas B yang densitasnya (2,0 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³). Sedangkan pada benda uji bata ringan yang diproses secara kimia memakai metode AAC (menggunakan *alumina powder*) berat jenisnya berkisar 1,1 s.d. 1,2 gr/cm³ dengan kuat tekan yang lebih rendah (14 s.d. 16) kg/cm². Pada proses pembentukan struktur porus yang menggunakan *foam agent* 25 gram (Tabel 6) atau *alumina powder* 2 gram, belum mampu mengembangkan masa tuang polimer yang prosentase solidnya mencapai 95%. Tetapi pada pembuatan benda uji yang menggunakan bahan perekat semen (berbasis semen) dengan prosentase solid 80% s.d. 85% penggunaan bahan pengembang tersebut sudah mampu mengembangkan masa tuang.

Jika mengacu pada pengertian umum bahwa bata normal (bata merah) memiliki densitas 2,2 gr/cm³ s.d. 2,4 gr/cm³ maka sebenarnya semua benda uji sudah termasuk dalam kategori bata ringan karena densitas tertinggi adalah 1,9 gr/cm³ sedangkan densitas terendah mencapai 1 gr/cm³. Sedangkan berdasarkan pengertian umum yang berkembang pada industri, kuat tekan bata ringan adalah 20 kg/cm² s.d. 40 kg/cm² sehingga benda uji no. 18, 19, 23, 24 (CLC) dan benda uji no. 1, 2, 3 polimer telah masuk dalam kriteria bata ringan. Target yang diharapkan untuk mendapatkan bata ringan dengan densitas <1 gr/cm³ serta kuat tekan antara 30 kg/cm²

s.d. 60 kg/cm² belum tercapai, namun secara umum bata ringannya sudah bisa diwujudkan.

Scoeber (2005) menyatakan bahwa demineralisasi akan terjadi bila benda uji dikeringkan dengan menggunakan *autoclave* (Gambar 1). Setelah proses berlangsung selama 360 menit, mineral *tobermorit* atau *calcium silicate hydrate* (CSH) terbentuk secara signifikan sehingga kekuatannya meningkat. Berdasarkan data analisis XRD, mineral *Calcium Silicate Hydrate* (CSH) atau sering disebut sebagai *Tobermorite* belum terbentuk yang menandakan bahwa proses demineralisasi belum berjalan maksimal sehingga berpengaruh terhadap kuat tekan benda uji. Reaksi antara silika-kalsium-air dalam proses hidrasi hanya menghasilkan kalsium karbonat dan kalsium alumina silikat hidrat. Kemungkinan penyebabnya adalah kelebihan air pada proses hidrasi (lihat reaksi kimia) pada suhu rendah (30°C). Komposisi benda uji atau proses pengeringan yang kurang tepat menjadikan *tobermorite* tidak terbentuk.



Proses demineralisasi akan berjalan lebih maksimal jika benda uji tersebut dilakukan pemanasan dengan *Auto Clave* pada temperatur 220°C dan tekanan 12 Bar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan di atas, felspar di daerah penelitian dapat digunakan untuk pembuatan bata ringan karena kandungan SiO₂ di atas 60%, namun tingginya kadar Al₂O₃ berpengaruh terhadap densitas bata. Pembuatan bata ringan dengan metode CLC menggunakan bahan perekat semen, densitas terendah mencapai 1,0 gr/cm³ sedangkan kuat tekan maksimal 25,9 kg/cm². Bata ringan menggunakan metode polimer, densitas terendah 1,5 gr/cm³ dengan kuat tekan tertinggi 83 kg/cm². Bata ringan metode CLC lebih cocok dikembangkan dengan teknologi sederhana. Komposisi ideal

pembuatan bata ringan metode CLC berbahan baku felspar dengan perbandingan semen dan air yakni 3 banding 2, menggunakan FA di atas 25 gram untuk pembentukan pori, perbandingan felspar dengan sekam padi yakni 10 banding 1. Untuk meningkatkan kuat tekan bata ringan dilakukan dengan menambah bahan kimia penguat beton dan air dengan komposisi tertentu, sedangkan untuk menurunkan densitas dapat dilakukan dengan menambah silika *amorf*. Tingginya kandungan alumina oksida dan tidak terbentuknya *tobermorite* pada pembuatan bata ringan menjadikan densitas bata >1 gr/cm³ serta kuat tekan bata tidak maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada Kepala Dinas Pengelolaan Sumber Daya Alam Energi Sumber Daya Mineral (PSDA ESDM) Kabupaten Banjarnegara dan Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2014; Laporan Eksplorasi Umum Bahan Keramik di Desa Kalitengah dan Sekitarnya, Kabupaten Banjarnegara; Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi; Bandung
- Asikin, S., dkk., 1992; Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa, Skala 1: 100.000; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung.
- Condon, W.H., dkk.; 1996; Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa, Skala 1:100.000; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi; Bandung.
- Kardiyono Tjokrodimuljo, 2003, Pemanfaatan Breksi Batu Apung Asal Pleret Untuk Pembuatan Bata Beton Ringan Sebagai Pengganti Bata Merah Pejal, Media Teknik No.4 Tahun XXV Edisi November 2003, hal 27-34

- Kerr PF.,1959. Optical Mineralogy, mc. Graw Hill Book Company Inc; New York,Toronto, London.
- Schober G., 2005. The Most Important Aspects of Microstructure Influencing Strength of AAC. In AAC, Taylor & Francis, p. 145-153.
- Sapri, H., Djoehanah, S., Mulyadi, D., 1998; Nanoplanton paleogen dari sedimen olistostrome di daerah Luk Ulo Jawa Tengah; Laporan hasil penelitian Puslitbang Geoteknologi - LIPI, Bandung.
- Taylor FW, 2001. Etringgite in Hydration of Portland Cement Concrette and its Occurrence in Mature Concrette. <http://share.pdfonline.com>.
- Ngabdurrochman., 2009. Makalah Teknologi Beton Ringan, diakses 15 april 2014 dari <http://gie713.blogspot.com>
- Wakita, K., et al., 1991; Nature And Age of Sedimentary Rocks of Luk Ulo Melange Complex in Karangsembung Area, Central Java, Indonesia; Symposium on Dynamic of Subduction and Its Product, Yogyakarta.

Diterima	: 24 Mei 2016
Direvisi	: 1 Juli 2016
Disetujui	: 26 Agustus 2016