

Bata Keramik Suhu Bakar Rendah Sebagai Bahan Bangunan Konstruksi Ringan

Eko Tri Sumarnadi Agustinus

Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI

ABSTRAK Bata keramik sebagai bahan bangunan lebih ditekankan kepada sifat-sifat fisik dan mekanik. Keramik umumnya diproses pada suhu tinggi sehingga bersifat keras, kuat dan stabil pada temperatur tinggi, tetapi keramik juga bersifat getas dan memerlukan biaya operasi tinggi. Agar mampu bersaing dengan jenis bahan bangunan lainnya, maka biaya pembuatan ditekan sebesar mungkin sehingga menjadi relatif murah. Salah satu upaya tersebut dilakukan pembuatan bata keramik yang diproses pada suhu bakar rendah. Bahan baku terdiri dari zeolit dan samod berperan sebagai matriks dan RHC sebagai *filler*, sedangkan *fly ash*, *water glass* dan air, melalui pemanasan suhu 150°C berperan sebagai bahan pengikat (*binder*). Karakter bahan baku didekati melalui analisis kimia dan analisis mineral, sedangkan karakter benda uji didekati melalui pengujian sifat-sifat fisik dan mekanik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji dapat dibentuk dengan baik pada ratio S/L = 3:1 dan ratio WG/Air = 4:1 dicetak pada tekanan 120 - 150 kg/cm² dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 24 jam. Jika ratio S/L dan ratio WG/Air ditingkatkan, nilai bobot isi cenderung turun, sedangkan % penyerapan air meningkat dengan konsekuensi kuat tekan dan kuat lentur menjadi turun. Semakin besar ukuran butir matrik memperlihatkan kecenderungan nilai bobot isi semakin turun sebaliknya kuat tekan dan kuat lentur semakin meningkat. Secara teoritis untuk memperoleh kesetimbangan sifat fisik dan mekaniknya, ukuran butir matrik disusun berdasarkan grafik gradasi ukuran butir menyerupai huruf S.

Mengacu persyaratan mutu bata beton (SNI 03-0691-1996), zeolit sebagai matrik dengan bobot isi berkisar antara (1,3 - 1,4) kg/cm³, % penyerapan air (20 - 25 %), kuat tekan (100 - 150 kg/cm²) dan kuat lentur (10 - 15 kg/cm²) cocok untuk digunakan sebagai pasangan bata untuk pejalan kaki (*trottoar*) atau limpasan air pada kolam renang. Samod sebagai matrik dengan nilai bobot isi sekitar (1,5 - 2 kg/cm³), kuat tekan (600 kg/cm²), kuat lentur (64 kg/cm²) dan % penyerapan air dibawah 10 % dapat digunakan sebagai pasangan bata untuk lapangan parkir. Sedangkan penambahan RHC pada kedua matrik tidak menunjukkan perubahan sifat fisik dan mekanik yang signifikan, jika RHC berperan sebagai *filler* tanpa matrik konsekuensinya sifat fisik dan sifat mekanik cenderung turun, tetapi masih memenuhi syarat sebagai pasangan bata untuk taman atau sejenisnya. Berdasarkan persyaratan mutu bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-91) ketiga jenis bata keramik tersebut memenuhi syarat sebagai pasangan dinding walaupun berbeda kelas.

Kata kunci : *zeolit, samod, matrik, bata keramik, suhu bakar rendah, bahan bangunan, konstruksi ringan*

PENDAHULUAN

Peranan ilmu pengetahuan dan teknologi bahan (*material science and engineering*) semakin disadari menjadi pilar sukses pembangunan. Pemerintah telah mengantisipasi dengan mencantumkan penelitian IPTEK keramik kedalam RPJM. Keramik

dalam pengertian luas merupakan bahan padat anorganik yang non-logam (Surdia T. dan Saito S, 1995). Banyak sekali contoh bahan yang dapat dikelompokkan sebagai keramik, mulai dari semen adukan beton, gerabah, *tile*, gelas, bahan isolasi busi hingga oksida-oksida bahan nuklir (Van Vlack L.H,

dan Djaprie S, 1983). Keramik banyak kontribusinya terhadap industri, kini penggunaannya semakin meluas seperti dalam konstruksi jalan dan gedung-gedung bertingkat tinggi (Hartomo A.J, 1994).

Dalam konteks ini, bata keramik didefinisikan sebagai keramik diperkuat dengan matrik yang diproses pada suhu bakar rendah untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan konstruksi ringan. Bata keramik sebagai bahan bangunan konstruksi ringan, lebih ditekankan kepada sifat-sifat fisik dan mekanik. Bahan baku terdiri dari zeolit dan samod berperan sebagai matriks dan RHC berperan sebagai *filler*, sedangkan *fly ash* (abu terbang), *water glass* dan air melalui proses pemanasan suhu rendah (150°C) dapat berperan sebagai bahan pengikat (*binder*).

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh prototipe bata keramik suhu bakar rendah sebagai bahan bangunan konstruksi ringan. Permasalahan yang dihadapi adalah sampai sejauh manakah pengaruh penambahan zeolit, samod dan RHC sebagai matrik dan *filler* terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik bata keramik suhu bakar rendah? Sejauhmanakah hasil penelitian bata keramik dapat diaplikasikan kepada masyarakat industri? Untuk menjawab permasalahan tersebut metoda penelitian dilakukan melalui eksperimentasi di laboratorium dengan melibatkan parameter kimia, fisik dan mekanik. Karakter bahan baku dan benda coba, didekati melalui analisis kimia (AAS), mineral (XRD dan mikroskopis) dan bentuk kristal (SEM), sedangkan sifat-sifat fisik dan mekanik benda uji didekati melalui pengujian uniaxial, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data yang disajikan baik dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil penelitian diharapkan dapat diperoleh prototipe produk bata keramik suhu bakar rendah yang dapat diaplikasikan kepada pemangku kepentingan (*stakeholder*) masyarakat industri bahan bangunan.

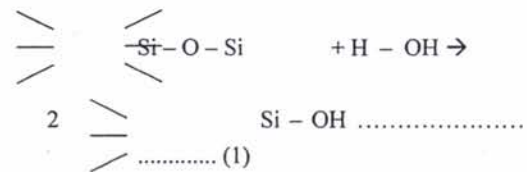
DASAR TEORI

Keramik seperti kebanyakan produk yang terbuat dari bahan padat perlu dipahami gaya-gaya yang mengikat antara atom yang satu dengan atom yang lainnya. Secara umum keramik menjadi keras dan kuat disebabkan oleh adanya ikatan kimia pada proses pembakaran (pemanasan). Ikatan kimia atau ikatan antar atom dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan logam dan ikatan *van der wals*. Keramik pada umumnya mempunyai ikatan ion, ikatan kovalen dan ikatan antara keduanya. Ikatan ion disebabkan oleh gaya tarik menarik elektrostatis atau bertambahnya elektron pada atom. Sedangkan ikatan kovalen adalah ikatan atom yang memakai elektron secara bersama. Kedua ikatan ini memberikan sifat yang mengarah pada kekuatan dan membentuk struktur kristal yang tidak sederhana. Ikatan kovalen sangat

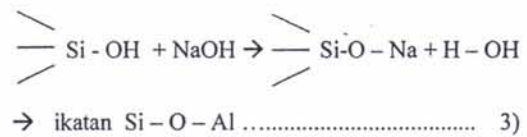
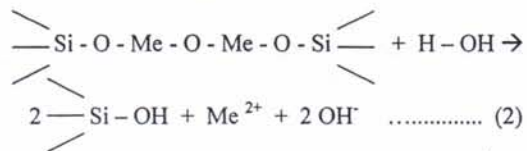
kuat sehingga kristalnya bersifat sangat keras. Baik ikatan ion maupun ikatan kovalen dapat memberikan sifat mekanik yang kuat dan keras (Surdia T dan Saito S, 1995).

Zeolit dan samod yang termasuk golongan mineral alumino silikat dan *fly ash* sisa pembakaran batubara sangat kaya akan unsur logam aluminium (Al) dan Silikon (Si). Mencampur kedua jenis bahan tersebut dengan *water glass* akan membentuk badan keramik yang kuat, karena selain terbentuk ikatan fisik juga terbentuk ikatan kimia terutama terbentuknya ikatan Si-O-Al. Sementara reaksi pembentukannya dapat dijelaskan melalui persamaan berikut (Priyatama H, 1996) :

1. Ikatan Si-O tanpa kation :



2. Ikatan Si-O dengan kation :



Ikatan Si-O dari bahan yang akan direkat bereaksi dengan H-OH dari perekat dan akan membentuk ikatan silanol Si-OH. Ikatan Si-OH ini melepaskan ion H⁺ dan digantikan oleh ion Na⁺ dari NaOH (perekat) membentuk Si-ONa (pertukaran kation), dengan cara yang sama Al dari *fly ash* membentuk ikatan Si-O-Al yang keras sehingga badan keramik menjadi kuat.

Kekuatan keramik pada umumnya sangat sensitif terhadap struktur. Faktor utama yang mempengaruhi struktur keramik dan kekuatannya adalah kehalusan permukaan, volume dan bentuk pori, ukuran dan bentuk butir, jenis dan bentuk fasa batas butir dan cacat yang disebabkan oleh tegangan terkonsentrasi (Reed J.S, 1989). Kekuatan keramik dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-b\sqrt{p}) \dots \dots \dots (4)$$

dimana : σ = kekuatan, σ_0 = Kekuatan pada keporusan nol, b = konstanta, dan \sqrt{p} = keporusan.

Sedangkan hubungan antara diameter butir terhadap kekuatan seperti dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\sigma = \sigma_{\infty} + kd^{-1/2} \dots\dots\dots (5)$$

dimana : σ = kekuatan, k = kontanta dan d = diameter butir.

Oleh karena itu, semakin kecil ukuran butir akan semakin meningkatkan kekuatan keramik, karena dengan ukuran butir keramik yang semakin kecil akan memperkecil ukuran retakan yang terdapat didalamnya.

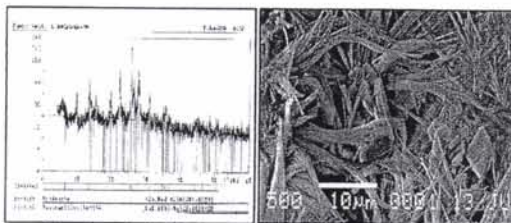
3EKSPERIMENTASI

Bahan eksperimen

Bahan eksperimen terdiri dari zeolit alam sebagai matriks, diperoleh dari Desa Cikancra, Kecamatan Cibalong, Tasikmalaya. Bahan matrik lainnya digunakan samod, berupa serpihan bahan tahan api atau pecahan genteng dan abu sekam padi (Rice Husk Carbon) yang juga dapat berfungsi sebagai *filler*. Sedangkan *fly ash* diambil dari limbah padat PLTU Suralaya, jika bahan tersebut dicampur dengan *water glass* dan air dapat berperan sebagai bahan pengikat (binder). Hasil analisis kimia bahan disajikan pada Tabel 1, memperlihatkan sebagian besar bahan baku didominasi oleh SiO₂ dan Al₂O₃ kecuali RHC yang kaya akan alkali.

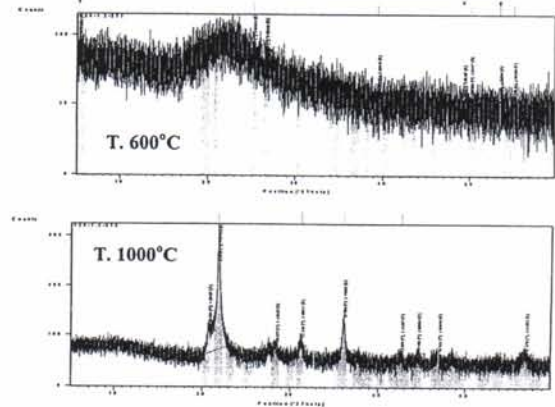
Tabel 1. Hasil analisis kimia bahan baku

| No. | Jenis oksida | Kadar (% berat) | | |
|-----|--------------------------------|-----------------|---------|-------|
| | | Zeolit | Fly Ash | RHC |
| 1 | SiO ₂ | 66.81 | 53,15 | 85.75 |
| 2 | TiO ₂ | 0.07 | 1,50 | 0.59 |
| 3 | P ₂ O ₅ | 0.04 | - | 0.27 |
| 4 | Al ₂ O ₃ | 11.23 | 28,19 | 1.15 |
| 5 | Fe ₂ O ₃ | 1.12 | 3,86 | 0.27 |
| 6 | MgO | 0.44 | 5,78 | 0.16 |
| 7 | CaO | 0.49 | 3,92 | 0.05 |
| 8 | Na ₂ O | 1.54 | 1,25 | 0.07 |
| 9 | K ₂ O | 1.61 | 0,45 | 2.06 |
| 10 | H ₂ O ⁻ | 5.55 | - | - |
| 11 | H ₂ O ⁺ | 3.55 | - | - |
| 12 | LOI | 16.48 | 0,50 | 6.00 |



Gambar 1. Difraktogram XRD dan SEM Zeolite

Melengkapi karakter bahan tersebut, seperti diperlihatkan pada Gambar 1, merupakan hasil analisis XRD zeolit yang menunjukkan komposisi mineralnya didominasi oleh mineral mordenit dan hasil analisis SEM zeolit memperlihatkan mikrografi bentuk mineral berstruktur menjarum, diharapkan berperan sebagai bahan serat. Sedangkan Gambar 2 memperlihatkan hasil analisis XRD abu sekam padi (*Rice Husk Carbon*). Pada suhu pembakaran 600°C abu sekam padi memperlihatkan mineral silika dalam bentuk amorf, sedangkan pada suhu 1.000°C telah berubah menjadi bentuk kristal (tridimite).



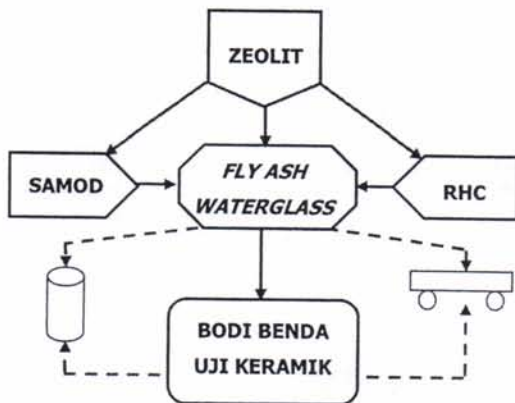
Gambar 2. Difraktogram XRD abu sekam padi pada suhu 600 dan 1.000°C

Metoda :

Metoda penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan dan eksperimentasi di laboratorium dengan melibatkan parameter kimia, fisika dan mekanika.

Desain dan prosedur eksperimen :

Desain eksperimen seperti diperlihatkan pada bagan alir Gambar 3, zeolit, samod dan RHC masing-masing atau kombinasinya diformulasikan dengan *fly ash*, *water glass* dan air dibentuk bodi bata keramik, dipanaskan pada suhu rendah (150°C) dan selanjutnya diuji sifat-sifat fisik dan mekaniknya.



Gambar 3. Bagan alir metoda eksperimentasi

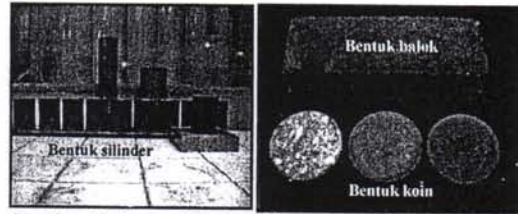
Formulasi Benda Uji

Benda uji diformulasikan berdasarkan hasil penelitian pendahuluan (Estiaty L. M dan Sumarnadi E.T, 2003) , yaitu terdiri dari padatan berupa zeolit sebagai matrik dicampur *fly ash* dengan perbandingan (ratio) tertentu. Rencana percobaan berdasarkan formulasi yang mencerminkan komposisi dan ratio solid (S)/liquid (L), ukuran besar butir zeolit (matrix), sebagai pembanding jika matriknya berupa samod, dan penambahan RHC serta perlakuan perendaman. Hasil formulasi selanjutnya dibuat benda uji untuk dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan mekaniknya.

Pembentukan dan Pengujian Benda Uji

Benda uji dicetak dalam bentuk koin berdiameter 5 cm dan tebal 1 cm untuk pengujian % penyerapan air, bentuk silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10 cm untuk pengujian kuat tekan, sedangkan untuk pengujian kuat lentur benda uji dicetak dalam bentuk balok berukuran panjang 22 cm, lebar 4 cm dan tebal 3 cm. Prosedur percobaan, water glass diencerkan dengan menggunakan air, campuran dikocok hingga terbentuk cairan yang homogen. Padatan (matrik dan filler) dicampur dengan cairan (*water glass* dan air) dengan perbandingan tertentu, kemudian diaduk hingga benar-benar membentuk adonan yang homogen, selanjutnya siap untuk dicetak. Pencetakan benda uji dilakukan dengan menggunakan alat tekan semi hidrolis dengan tekanan bervariasi : 120 hingga 200 kg/cm². Hasil pencetakan benda uji (Gambar 4) dibiarkan dalam ruang terbuka selama 24 jam. Masing-masing contoh (benda uji) ditimbang untuk mengetahui beratnya, dipanaskan dalam oven pada suhu 150°C selama 24 jam. Untuk pengujian % penyerapan, benda uji direndam dalam air selama 24 jam dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110° C. Timbang benda uji

untuk mengetahui beratnya dan siap untuk dilakukan pengujian sesuai dengan keperluan pengujian.



Gambar 4. Contoh benda uji bentuk silinder, koin dan balok

Analisis dan penyajian data

Analisis sifat-sifat fisik, antara lain mengenai nilai bobot isi, % penyusutan, tingkat presisi benda uji. Analisis sifat-sifat mekanik, yaitu kuat tekan dan kuat lentur. Selanjutnya analisis mikro struktur dengan menggunakan mikroskop. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel, grafik maupun gambar.

HASIL DAN DISKUSI

Pengaruh Komposisi, *Ratio S/L dan Ratio WG/AIR*.

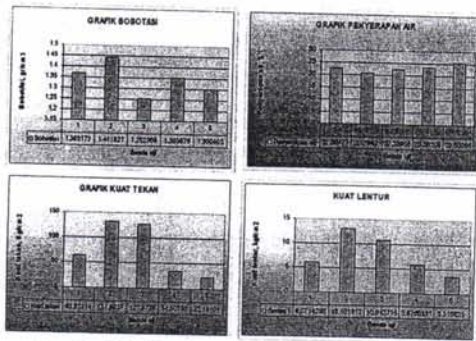
Untuk mengetahui sejauhmana pengaruh komposisi, ratio solid (S)/liquid (L) dan ratio *water glass* (WG)/air desain eksperimen seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Zeolit berukuran besar butir (-35 + 65 #) dicoba untuk digunakan sebagai matrik. Perlakuan terhadap benda uji yang dicetak dengan tekanan 150 kg/cm² dan suhu pemanasan 150°C selama 24 jam dipilih sebagai kondisi tetap dalam eksperimen ini. Hasil pengujian sifat fisik (bobot isi dan % penyerapan air) dan sifat mekanik (kuat tekan dan kuat lentur) disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.

Tabel 2. Desain eksperimen pengaruh komposisi, Ratio S/L dan Ratio WG/AIR

| KODE | KOMPOSISI | | | | RATIO | |
|------|-----------|-----|----|-----|-------|--------|
| | ZEO | FYA | WG | AIR | S/L | WG/AIR |
| FZA | 10 | 5 | 3 | 1 | 15/4 | 3/1 |
| FZB | 10 | 5 | 4 | 1 | 15/5 | 4/1 |
| FZC | 19 | 5 | 5 | 1 | 24/6 | 5/1 |
| FZD | 10 | 6 | 3 | 1 | 16/4 | 3/1 |
| FZE | 12 | 8 | 4 | 1 | 20/5 | 4/1 |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa memperlihatkan nilai bobot isi berkisar antara 1,25 - 1,45 kg/cm³, % penyerapan air 20 - 25,5 %, kuat

tekan diatas 23 - 131 kg/cm² dan kuat lentur 3,5 - 13,1 kg/cm² atau sekitar 1/10 kuat tekannya. Komposisi No. 2 (FZB) dengan ratio S/L = 15/5 dan ratio WG/AIR = 4/1, memperlihatkan hasil cukup baik dengan nilai kuat tekan (131 kg/cm²) dan kuat lentur (13,1 kg/cm²) paling tinggi, walaupun dengan konsekuensi nilai bobot isi tinggi (1,44 kg/cm³) dan % penyerapan air rendah (20 %), untuk eksperimen selanjutnya ratio WG/AIR = 4/1 dipilih sebagai kondisi tetap.



Gambar 5. Hasil pengujian pengaruh komposisi, Ratio S/L dan Ratio WG/AIR

Pengaruh ukuran besar butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1

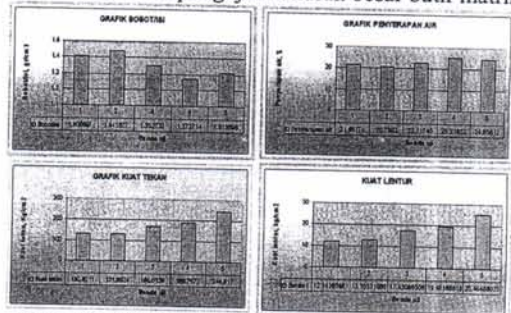
Untuk mengetahui sejauhmana pengaruh ukuran besar butir pada ratio water glass/air = 4/1, desain eksperimen disajikan pada Tabel 3. Zeolit tetap dipilih sebagai matrik dan ratio WG/AIR = 4/1 tetap dipertahankan. Walaupun demikian, perubahan ukuran butir juga berpengaruh terhadap ratio S/L. Benda uji dicetak pada tekanan 120 kg/cm² dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 24 jam, perlakuan benda uji tersebut dipilih sebagai kondisi tetap eksperimen.

Tabel 3. Desain eksperimen ukuran besar butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1

| KODE | KOMPOSISI | | | RATIO S/L | UKURAN BUTIR (#) |
|------|-----------|-----|-----|-----------|------------------|
| | ZEO | RHC | FYA | | |
| FZK | 10 | 0 | 5 | 15/5 | - 65 + 100 |
| FZL | 10 | 0 | 5 | 15/5 | - 35 + 65 |
| FZM | 10 | 1 | 5 | 16/5 | -20 + 35 |
| FZN | 10 | 1 | 5 | 16/5 | - 8 + 20 |
| FZO | 10 | 2 | 5 | 17/5 | - 4 + 8 |

Hasil pengujian sifat fisik (bobot isi dan % penyerapan air) dan sifat mekanik (kuat tekan dan kuat lentur) disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 6. Semakin kasar atau besar ukuran butir matrik, nilai bobot isi cenderung turun (1,27 kg/cm³) sedangkan nilai kuat tekan (244,6 kg/cm²) dan kuat lentur (25 kg/cm²), serta % penyerapan air (25,2 %) cenderung meningkat.

Gambar 6. Hasil pengujian ukuran besar butir matrik



pada ratio WG/AIR = 4/1

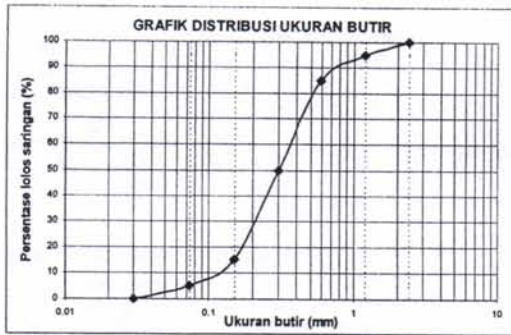
Pengaruh variasi ukuran butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1

Untuk mengetahui sejauhmana pengaruh variasi ukuran butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1, desain eksperimen disajikan pada Tabel 4. Zeolit tetap dipilih sebagai matrik dan ratio WG/AIR = 4/1. Benda uji dicetak pada tekanan 120 kg/cm² dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 24 jam, masih diperlakukan sebagai kondisi tetap.

Tabel 4. Desain eksperimen variasi ukuran butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1

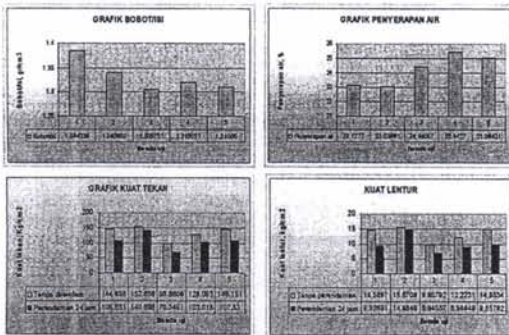
| KODE | KOMPOSISI | | | VARIASI UKURAN BUTIR |
|------|-----------|-----|-----|---------------------------------|
| | ZEO | RHC | FYA | |
| FZP | 10 | 0 | 5 | 4(-12), 1(-20), 2(-65), 3(-100) |
| FZQ | 9 | 1 | 5 | 3(-12), 1(-20), 2(-65), 3(-100) |
| FZR | 10 | 1 | 4 | 4(-12), 1(-20), 2(-65), 3(-100) |
| FZS | 9 | 2 | 4 | 3(-12), 1(-20), 2(-65), 3(-100) |
| FZT | 10 | 2 | 3 | 4(-12), 1(-20), 2(-65), 3(-100) |

Variasi ukuran besar butir matrik tersebut agar diperoleh sifat-sifat fisik dan mekanik secara optimal, maka komposisi ukuran butir matrik perlu mengacu pada komposisi ideal yaitu gradasi ukuran butir menyerupai bentuk S seperti diperlihatkan pada grafik distribusi ukuran butir (Gambar 7).



Gambar 7. Gradasi ukuran butir secara ideal menyerupai kurva bentuk huruf S.

Hasil pengujian disajikan pada Gambar 8, memperlihatkan bahwa jika ratio S/L ditingkatkan dan ratio WG/AIR = 4/1 tetap dipertahankan, maka untuk ukuran butir zeolit bervariasi dengan menambahkan RHC sebagai filler menunjukkan nilai bobot isi, % penyerapan air, kuat tekan dan kuat lentur yang berfluktuasi pula.



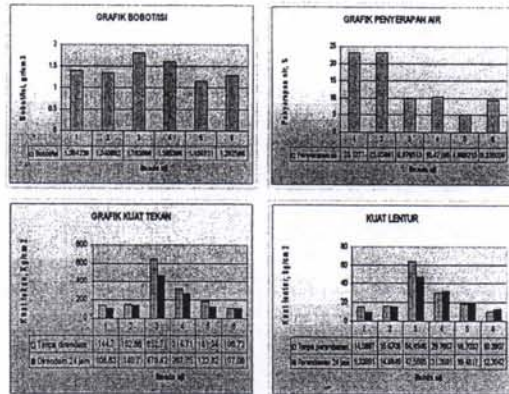
Gambar 8. Hasil pengujian variasi ukuran butir matrik pada ratio WG/AIR = 4/1

Pengaruh jenis bahan matrik dan filler pada ratio WG/AIR = 4:1

Untuk mengetahui sejauhmana pengaruh bahan matrik dan filler pada ratio WG/AIR = 4:1 desain eksperimen disajikan pada Tabel 5. Dua jenis matrik (zeolit dan samod) dan filler (RHC) diperbandingkan, benda uji dicetak pada tekanan 120 kg/cm² dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 24 jam dipilih sebagai kondisi tetap.

Tabel 5. Disain eksperimen pengaruh jenis matrik dan filler pada ratio WG/AIR = 4:1

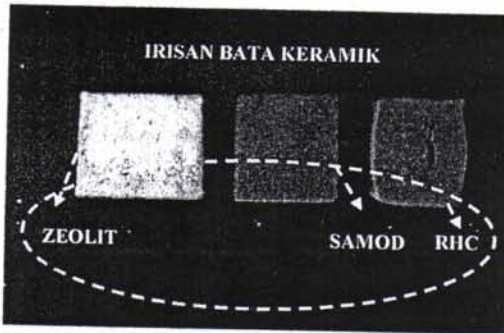
| KODE | KOMPOSISI | | | FYA | VARIASI Matrik/FILLER |
|------|-----------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | ZEO | SAM | RHC | | |
| FZU | 10 | 0 | 0 | 5 | Zeolite |
| FZV | 9 | 0 | 1 | 5 | Zeolite dan RHC |
| FSW | 0 | 16 | 0 | 5 | Samod |
| FSX | 0 | 9 | 1 | 5 | Samod dan RHC |
| FRY | 0 | 0 | 3 | 5 | RHC |



Hasil pengujian sifat fisik (bobot isi dan % penyerapan air) dan sifat mekanik (kuat tekan dan kuat lentur) disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9. Hasil pengujian pengaruh jenis matrik dan file pada ratio WG/AIR = 4:1

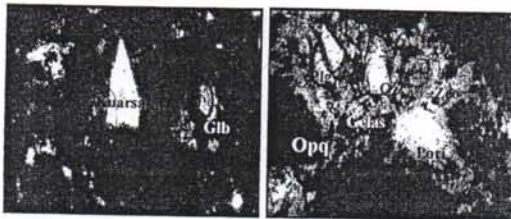
Gambar 9. Jika dibandingkan dengan samod dan RHC atau kombinasinya sebagai matrik, memperlihatkan bahwa zeolit sebagai matrik mempunyai nilai bobot isi berkisar antara (1,3 - 1,4) kg/cm³, % penyerapan air (20 - 25 %), kuat tekan (100 - 150 kg/cm²) dan kuat lentur (10 - 15 kg/cm²). Samod sebagai matrik mempunyai nilai bobot isi lebih tinggi yaitu sekitar (1,5 - 2 kg/cm³), demikian pula kuat tekan (600 kg/cm²) dan kuat lentur (64 kg/cm²) tetapi % penyerapan air dibawah 10 %. Sedangkan penambahan RHC pada kedua matrik tidak banyak menunjukkan perubahan, tetapi jika RHC berdiri sendiri dapat menurunkan bobot isi tetapi diikuti dengan penurunan sifat fisik dan mekaniknya. Setelah mengalami perendaman selama 24 jam dan ditiriskan pada temperatur kamar pada umumnya kuat tekan dan kuat lentur cenderung mengalami penurunan.

Guna mendukung data tersebut telah dilakukan pula analisis mikroskopis pada sayatan tipis dari ketiga jenis irisan bata keramik :



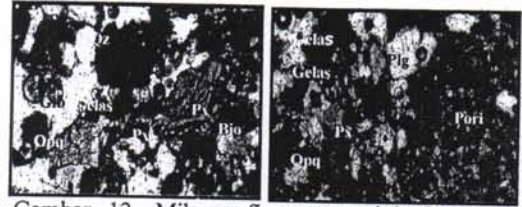
Gambar 10. Irisan penampang bata keramik

Analisis sayatan zeolit sebagai matrik bata keramik : Kenampakan dibawah mikroskop sayatan tipis benda uji dimana zeolit sebagai matrik memperlihatkan bahwa butiran pecahan kristal mineral dan gelas yang berukuran agak kasar mengambang dalam masa dasar yang terdiri dari butiran kristal mineral yang sangat halus, lempung dan gelas hasil lelehan. Porositas dapat dijumpai di dalam masa dasar berupa gelembung – gelembung terisolir berukuran halus hingga agak kasar, disamping itu porositas yang relatif menerus dan saling berhubungan terlihat diantara butiran-butiran penyusun (Gambar 11).



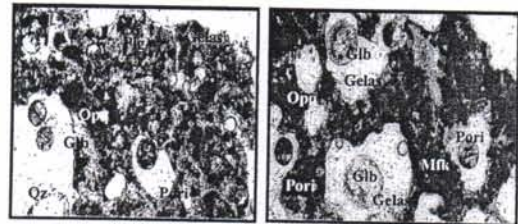
Gambar 11. Mikrografi sayatan tipis benda uji zeolit sebagai matrik bata keramik

Analisis sayatan samod sebagai matrik bata keramik: Kenampakan dibawah mikroskop sayatan benda uji dimana samod sebagai matrik memperlihatkan bahwa : Butiran pecahan kristal mineral dan gelas berukuran pasir halus hingga agak kasar, berbentuk agak menyudut hingga agak membulat. Butiran pecahan kristal mineral dan gelas nampak saling bersinggungan dan saling mengunci dan disemen oleh butiran lempung dan gelas lelehan. Porositas kasar dapat teramati berupa gelembung terisolir disela-sela butiran dan porositas halus nampak diantara butiran yang saling bersinggungan (Gambar 12).



Gambar 12. Mikrografi sayatan tipis benda uji samod sebagai matrik bata keramik

Analisis sayatan RHC sebagai *filler* bata keramik : Kenampakan dibawah mikroskop dimana RHC sebagai filler memperlihatkan bahwa : Butiran pecahan kristal mineral dapat terlihat sebagai kuarsa, plagioklas felspar, piroksen dan opak. Gelas akibat pelelehan terlihat mengisi ruang antar butiran dan mengandung cukup banayak gelembung-gelembung yang saling lepas, hal ini membuat porositas masa besar namun permeabilitas kecil, karena rongga-rongga yang dibentuk oleh gelembung lelehan tidak saling berhubungan satu dengan lainnya sebagai filter bata keramik (Gambar 13)



Gambar 13. Mikrografi sayatan tipis benda uji RHC

Prospek hasil eksperimen sebagai bahan bangunan

Mengacu kepada persyaratan mutu setiap jenis bata beton menurut SNI 03-0691-1996 seperti diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan mutu bata beton (SNI 03-0691-1996)

| Jenis | Kuat Tekan mPa | | Ketahanan Aus | | Penyerapan Air Rata rata Max | Klasifikasi |
|-------|-------------------|------|---------------|-------|---------------------------------------|---------------------|
| | Rata rata | Min | Rata rata | Min | | |
| A | 40 | 35 | 0,090 | 0,103 | 3 | Jalan |
| B | 20 | 17 | 0,130 | 0,149 | 6 | Pelataran parkir |
| C | 15 | 12,5 | 0,160 | 0,184 | 8 | Pejalan kaki |
| D | 10 | 6,5 | 0,219 | 0,251 | 10 | Taman |

Zeolit sebagai matrik dengan bobot isi berkisar antara (1,3 – 1,4) kg/cm³, % penyerapan air (20 – 25 %), kuat tekan (100 - 150 kg/cm²) dan kuat lentur

(10 - 15 kg/cm²), sementara hasil analisis mikroskopis menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara pori yang satu dengan pori yang lain sehingga mampu meloloskan air, maka cocok untuk digunakan sebagai pasangan bata untuk pejalan kaki (*trotoar*) atau limpasan air pada kolam renang. Samod sebagai matrik dengan nilai bobot isi sekitar (1,5 - 2 kg/cm³), kuat tekan (600 kg/cm²), kuat lentur (64 kg/cm²) dan % penyerapan air dibawah 10 %, walaupun terdapat pori namun tidak saling berhubungan atau terisolir maka dapat digunakan sebagai pasangan bata untuk lapangan parkir. Sedangkan penambahan RHC pada kedua matrik tidak menunjukkan perubahan sifat fisik dan mekanik yang signifikan, jika RHC berperan sebagai *filler* tanpa matrik konsekuensinya sifat fisik dan sifat mekanik cenderung turun, tetapi masih memenuhi syarat sebagai pasangan bata untuk taman atau sejenisnya. Berdasarkan persyaratan mutu bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-91) ketiga jenis bata keramik tersebut memenuhi syarat sebagai pasangan dinding walaupun berbeda kelas.

KESIMPULAN

1. Secara umum komposisi bata keramik dapat dibentuk dengan baik pada ratio pada ratio S/L = 3:1 dan ratio WG/Air = 4:1 dicetak pada tekanan 120 - 150 kg/cm² dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 24 jam.
2. Secara teoritis untuk memperoleh hasil yang seimbang antara sifat fisik dan mekanik, sebaiknya ukuran butir matrik disusun berdasarkan grafik gradasi ukuran butir menyerupai huruf S.
3. Zeolit sebagai matrik bata keramik cocok untuk digunakan sebagai pasangan bata untuk pejalan kaki (*trotoar*) atau limpasan air pada kolam renang.
4. Samod sebagai matrik bata keramik dapat digunakan sebagai pasangan bata untuk lapangan parkir.
5. Penambahan RHC pada kedua matrik tidak menunjukkan perubahan sifat fisik dan mekanik yang signifikan, jika RHC berperan sebagai *filler* tanpa matrik konsekuensinya sifat fisik dan sifat

mekanik cenderung turun, tetapi masih memenuhi syarat sebagai pasangan bata untuk taman atau sejenisnya.

6. Berdasarkan persyaratan mutu bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094-91) ketiga jenis bata keramik tersebut memenuhi syarat sebagai pasangan dinding walaupun berbeda kelas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Sdr. Atet Saepuloh dan Ir Sudarsono yang telah banyak membantu dalam eksperimen maupun analisis serta dukungan dari rekan-rekan di Bidang Sarana Penelitian khususnya Laboratorium Kimia Mineral dan Laboratorium Geomekanik, Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1991), Bata Beton, SNI : 03-0691-1996, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim (1991), Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding, SNI : 15-2094-91, Badan Standardisasi Nasional
- Estiaty L.M dan Sumarnadi E.T (2003), Zeolit Alam Sebagai Matriks Pembuatan Lantai Keramik : Penelitian Pendahuluan, Riset Geologi dan Pertambangan,, Jilid 13 No 1 Tahun 2003, ISSN 0125-9849, Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI, Bandung, hal : 65 -75.
- Hartomo A.J (1994), Mengenal Keramik Modern, Penerbit Andi Offset, Cetakan Pertama, ISBN: 979-533-191-4, Yogyakarta.
- Prijatama H (1996), Beton Keramik, Paten Indonesia, No. ID. 0001240.
- Surdia T. dan Saito S (1995), Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan ketiga, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, hal : 285-336.
- .Reed J.S (1989), *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*, John Wiley & Sons, (SEA) Ptc. Ltd, Singapore.
- Van Vlack H. L dan Djaprie S (1983), Ilmu dan Teknologi Bahan (*Elements of Materials Science and Engineering*), Penerbit Erlangga, Jakarta, hal : 303 - 34