

# PEMBUATAN BATA DAN MORTAR DARI ABU TERBANG PLTU SURALAYA

TRISNA SOENARA dan NGURAH ARDHA

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara  
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211  
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373  
e-mail: trisna@tekmira.esdm.go.id; ngurah@tekmira.esdm.go.id

## SARI

Pemanfaatan limbah abu terbang PLTU Suralaya menjadi produk sederhana bata dan mortar dilakukan dengan menambahkan bahan pencampur semen portland dan pasir kali agar abu terbang tersebut mempunyai nilai tambah dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pembuatan percontohan bata dan pengujian kualitasnya dilakukan dengan cara cetak tekan terhadap campuran bahan baku berdasarkan SNI 03-0348-89. Percontohan produk bata yang terbaik diperoleh dari campuran abu terbang dan semen portland pada komposisi volume 85/15 ditambah air 10-12% dalam waktu *curing* terpendek (3 hari) dengan kuat tekan mencapai 120 kg/cm<sup>2</sup>. Pembuatan percontohan mortar dan pengujian kualitasnya dilakukan dengan cara cetak getar terhadap bahan baku berdasarkan pedoman Dept. KimPrasWil-1989. Percontohan produk mortar yang terbaik diperoleh dari campuran abu terbang, pasir kali dan semen portland pada komposisi volume 70/15/15, menghasilkan kuat tekan 156 kg/cm<sup>2</sup>.

Kata kunci: bata, mortar, abu terbang

## ABSTRACT

*The fly ash of Suralaya's power plant is utilized to be simple products of brick and mortar in order to increase added value and to minimize environmental problems due to fly ash. This work was performed by mixing materials of portland cement and sand into the fly ash. Brick preparation and quality tests were employed by pressed mold over the mixed materials based on SNI 03-0348-89. The best produced brick sample is obtained from mixing of the fly ash and portland cement in 85/15 composition by volume with addition of 10-12% water in the shortest curing time of 3 days; the compressive strength attained is 120 kg/cm<sup>2</sup>. Mortar preparation and quality tests were employed in vibrated mold over the mixed materials based on Dept. KimPrasWil-1989 guide. The best produced mortar sample is found from mixing of the fly ash, sand and portland cement in 70/15/15 composition by volume, the compressive strength is 156 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Keywords: brick, mortar, fly ash*

## PENDAHULUAN

Abu terbang sebagai limbah industri PLTU berbahan bakar batubara dikategorikan oleh Bapedal sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3) karena diduga kandungan oksida logam beratnya akan mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Padahal di Amerika Serikat, abu terbang diklasifikasikan sebagai limbah "non-hazardous" yang tidak menyebabkan pencemaran pada air,

kecuali mencemari udara jika penanganannya tidak baik (Wardani, 2008). Secara fisik abu terbang batubara berbutir sangat halus berukuran rata-rata sekitar 10  $\mu$ m, secara kimia mengandung S, NO<sub>x</sub>, dll. Kenyataannya abu terbang yang ditangani dengan baik telah banyak dimanfaatkan oleh banyak negara dan tidak mengganggu kesehatan masyarakat.

Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan

terus meningkat. Berdasarkan data (Anonim, 1997) bahwa jumlah produksi limbah PLTU di seluruh Indonesia pada tahun 2000 sebanyak 1,66 juta ton, sedangkan pada tahun 2006 terdapat limbah abu terbang sekitar 2 juta ton. Ke depan, peranan batubara sebagai penyedia energi nasional hingga tahun 2020 dicanangkan mencapai 39,6% (Wardani, 2008), yang sejalan dengan program pemerintah dalam hal penyediaan energi listrik 10.000 megawatt yang salah satunya menggunakan teknologi PLTU. Oleh karena itu, dapat dipastikan akumulasi abu batubara akan semakin besar dikemudian hari. Jika limbah abu terbang ini tidak dikelola dan tidak dimanfaatkan secara maksimal akan menjadi masalah pencemaran khususnya pencemaran udara.

Pemanfaatan abu batubara dapat dilakukan dalam bentuk kering atau basah. Secara umum abu batubara yang bersifat posolanik sangat baik untuk keperluan pemakaian semen portland (PC), batubata, beton ringan, agregat ringan material konstruksi jalan, pembenah tanah, campuran *grouting* dan/atau mortar yaitu bahan perekat pasangan bata dan plesteran (BMTPC, 2005; Wardani, 2008). Dalam uji coba pemanfaatan abu terbang Suralaya ini di khususkan untuk keperluan pembuatan bata dan mortar yang memiliki nilai tambah lebih tinggi dari pada bahan asalnya. Masalah ini dipilih karena peningkatan jumlah penduduk yang memicu peningkatan jumlah pembangunan konstruksi seperti perumahan sederhana yang membutuhkan banyak bata dan/atau mortar. Pembuatan bata dan mortar dalam percobaan ini sangat sederhana dengan harapan agar masyarakat di dekat PLTU dapat langsung memanfaatkan teknologi praktis ini dan masyarakat dapat membeli bata/mortar kualitas cukup baik dengan harga terjangkau.

Pembuatan bata yang berkategori ringan menurut referensi terbaru dilakukan oleh Subari dan Rachman (2008), Namun percobaannya menggunakan abu terbang hanya sedikit (sekitar 20%), bahan lainnya menggunakan campuran berupa pasir kuarsa halus 25%, perlit 30%, kapur tohor 12%, PC 8%, *silica fume* 5% dan beberapa gram *foaming agent*. Anonim (2006) membuat bata kalsium silikat dari abu terbang tipe-F hasilnya kurang baik. Tetapi dengan menambahkan sedikit PC kuat tekan bata menjadi tinggi. Karaman et al (2008) membuat bata dari batu apung ditambah PC, sifat-sifat batu apung yang telah digerus relatif sama dengan abu terbang, hasilnya semakin banyak penggunaan batu apung dapat menurunkan kuat tekan bata dan meningkatkan daya serap air. Andoyo (2006) membuat mortar dari abu terbang dan PC yang mendapatkan pengetahuan

bahwa penambahan abu terbang maksimum 30% dapat menurunkan daya serap air mortar dari 12% menjadi 9%. Uji coba pembuatan bata dalam makalah ini difokuskan untuk memanfaatkan sebanyak mungkin abu terbang dan mamakai sedikit mungkin PC, Sedangkan untuk pembuatan mortar, selain menggunakan abu terbang dan PC juga menggunakan tambahan pasir kali. Pekerjaan ini diharapkan lebih murah, mudah diaplikasikan oleh pengrajin kecil dan menjadi salah satu alternatif mengurangi penumpukan abu terbang.

Secara kimia abu terbang merupakan material oksida inorganik mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada suhu tinggi, secara fisik berukuran halus (rata-rata 6  $\mu\text{m}$ ), bentuknya membulat dan kadang berpori. Mineral-mineralnya adalah kuarsa sintesis dan mulit. Bersifat aktif yaitu dapat bereaksi dengan kapur dalam suasana lembap hingga menjadi komposit kalsium-silikat-hidrat yang kuat yang sering disebut dengan geopolimer. Ada 2 tipe abu terbang yaitu tipe-C mengandung  $\text{CaO} > 20\%$ , mempunyai sifat *pozzolanic*, *self cementing* yaitu kemampuan untuk mengeras dan menambah kuat tekannya apabila bereaksi dengan air. Tipe-F mengandung  $\text{CaO} < 10\%$  yang juga bersifat *pozzolanic* relatif lemah, untuk mendapatkan sifat *cementing* yang baik harus ditambahkan kapur padam (*hydrated lime*) dan/atau PC (Wardani, 2008).

Abu batubara dari PLTU Suralaya yang digunakan dalam percobaan ini mengandung  $\text{CaO}$  sekitar 4%, berarti termasuk kategori abu terbang tipe-F. Mengingat penyimpanan abu terbang yang kurang baik, mungkin sifat reaktifitasnya menjadi relatif kurang optimal meskipun ditambahkan kapur padam. Untuk dapat bersifat *cementing* kuat dan dicetak sebagai bata atau mortar diputuskan untuk ditambahkan PC dalam jumlah tertentu. Penambahan PC dalam uji coba pembuatan bata dan mortar dari abu terbang Suralaya ini, selain pengerjaannya mudah diaplikasikan, juga diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan dan memperkecil daya serap air.

## METODOLOGI

### Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bata dan mortar adalah: abu terbang batubara dari PLTU Suralaya, pasir kali (PK) dan PC yang dipasarkan di Bandung.

**Peralatan**

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan bata dan mortar adalah pencampur adonan (*mixer*), cetakan tekan hidrolik (*hydrolic press*) berkekuatan tekan 300 kg/cm<sup>2</sup> untuk bata dan cetakan getar untuk mortar.

**Batasan Pengujian Sifat Percontoh Bata dan Mortar**

Pengujian hasil pembuatan percontoh bata dan mortar hanya dilakukan terhadap kuat tekannya saja menurut. SNI 03-0348-89 dan menurut Pedoman Pembuatan Mortar Kering Siap Pakai Dalam Kemasan, Dept. KimPrasWil, Anonim, 1989).

**Prosedur Percobaan Pembuatan Bata dan Uji Kuat Tekannya**

Bata dibuat berdasarkan komposisi Tabel 1 (dalam % volume agar lebih mudah aplikasinya), kemudian dilakukan uji laboratorium kuat tekan dari tiap komposisi. Prosedur percobaan dan uji kuat tekannya adalah:

- Abu terbang dan PC serta air (Tabel 1) dicampur merata di dalam *mixer*. Dibuat komposisi bata A, bata B dan bata C dengan perbandingan volume masing-masing yaitu 80/20, 85/15 dan 90/10 serta air sekitar 10-12%.

Tabel 1. Komposisi bahan bata berdasarkan volume

Bahan	Bata A	Bata B	Bata C
Abu terbang Suralaya	80	85	90
Semen (PC)	20	15	10
Air	10 – 12%		

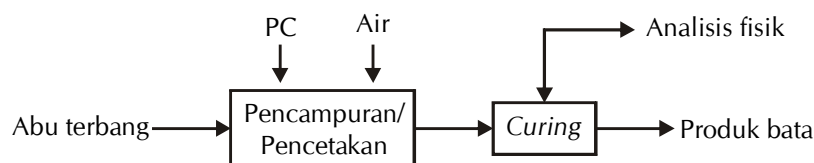
- Campuran yang sudah merata diayak dengan saringan 2 mm untuk membuang partikel-partikel kasarnya (jika ada).
- Cetak dengan alat press hidrolik dengan beban 7,5 ton atau *equivalent* dengan 300 kg/cm<sup>2</sup>.

Catatan : percontoh bata untuk keperluan uji kuat tekan berbentuk silinder berukuran diameter 5 cm, tinggi 10 cm.

- Bata hasil tekan diperam selama sekitar 24 jam dengan cara diselimuti lembaran plastik. Diatas permukaan plastik dibasahi air agar suasananya lembap.
- Rendam bata hasil peraman dalam air selama sekitar 48 jam.
- Bata hasil rendaman disimpan dengan cara susun berdiri dan ditumpuk bersilangan pada jarak tertentu untuk memberikan udara yang bebas keluar sambil diselimuti lembaran plastik untuk proses pelembapan (*curing process*). Lama proses pelembapan ini ditentukan berdasarkan standar (SNI) yaitu 3 hari, 14 hari dan 28 hari.

Pengujian kuat tekan bata

- Percontoh bata berbentuk silinder hasil proses pelembapan yang telah mencapai waktu *curing* 3, 14 dan 28 hari, masing-masing diuji kuat tekannya, jumlah percontoh yang diuji sebanyak 6 benda uji untuk masing-masing waktu *curing* dari masing-masing komposisi bata.
- Hasil uji kuat tekan diambil nilai rata-ratanya.
- Nilai kuat tekan bata mengacu pada SNI 03-0348-89 yaitu:
  1. Bata beton mutu B25 adalah bata beton pejal (padat keras) yang kuat tekannya tidak kurang dari 25 kg/cm<sup>2</sup>.
  2. Bata beton mutu B40 adalah bata beton pejal yang kuat tekannya tidak kurang dari 40 kg/cm<sup>2</sup>.
  3. Bata beton mutu B70 adalah bata beton pejal yang kuat tekannya tidak kurang dari 70 kg/cm<sup>2</sup>.
  4. Bata beton mutu B100 adalah bata beton pejal yang kuat tekannya tidak kurang dari 100 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 1. Bagan alir pembuatan bata

**Prosedur Percobaan Pembuatan Mortar dan Uji Kuat Tekannya**

Agregat berupa pasir kali dan abu terbang harus dalam keadaan kering dengan kadar air kurang dari 0,1% (menurut Pedoman Dept. KimPrasWil, Anonim, 1989). Dalam percobaan ini disusun bahan-bahan sbb:

- Abu terbang berkadar air < 0,1%
- Pasir kali (ukuran < 4 mm), kadar air < 0,1%
- PC yang ada di pasaran.

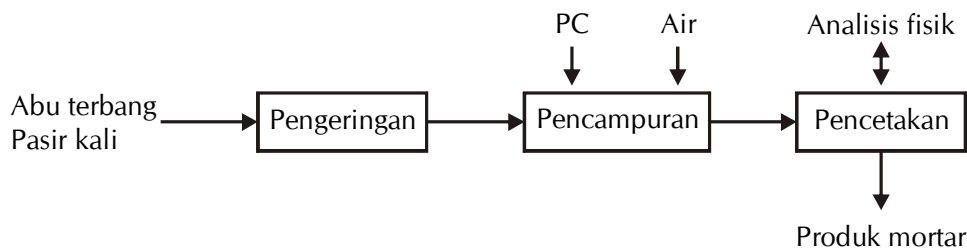
Ketiga bahan tersebut dicampur merata dalam keadaan kering. Dimasukkan ke dalam kantong kemasan khusus. Kantong pengemas mortar kering tersebut harus kedap udara dan dibubuhi tanda komposisinya. Komposisi bahan-bahan mortar tersebut berdasarkan volume seperti pada Tabel 2. Untuk mengetahui campuran yang terbaik dari mortar yang dibuat menurut komposisinya perlu di uji kuat tekannya dengan prosedur berdasarkan Pedoman Dept. KimPrasWil (Anonim, 1989).

minyak tanah). Bahan yang sudah dicetak digetarkan diatas meja getar sekitar 3 menit (tidak di tekan/press).

- Diamkan selama ± 24 jam hingga diperoleh massa padat/keras dalam cetakan. Selanjutnya keluarkan massa padat dari cetakan dengan membuka baut cetakan.
- Benda uji yang diperoleh diperam selama ± 24 jam dengan cara diselimuti lembaran plastik yang diatasnya dibasahi air.
- Benda uji yang selesai diperam, direndam dalam air selama ± 48 jam.
- Selanjutnya dibiarkan sampai berumur 28 hari.
- Uji kuat tekannya hanya untuk campuran berumur 28 hari saja.
- Nilai kuat tekan mortar mengacu pada pedoman

Tabel 2. Komposisi bahan mortar berdasarkan volume

Bahan-Bahan	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Abu terbang	70	60	50	70	60	50	70	60	50
Pasir kali	20	30	40	15	25	35	10	20	30
PC	10	10	10	15	15	15	20	20	20



Gambar 2. Bagan alir pembuatan mortar

**Pengujian kuat tekan mortar**

- Percontoh mortar kering yang dikemas dalam kantong khusus, ditambahkan air 16-20%, diaduk merata hingga berbentuk ½ pasta yaitu kondisi kalau dikepal-kepal muncul sebagian kecil air.
- Pencetakan dilakukan dengan ukuran cetakan 5 x 5 x 5 cm (sebelumnya cetakan dibasahi dengan

pembuatan mortar kering siap pakai dalam kemasan yang dikeluarkan oleh Dept. Permukiman dan Prasana Wilayah (Anonim, 1989), bahwa ada 3 tipe mortar untuk pekerjaan pasangan maupun plesteran yaitu:

1. Mortar tipe N adalah mortar untuk pekerjaan pasangan dengan persyaratan normal dengan kuat tekan pada umur 28 hari minimum 5,2 MPa.

2. Mortar tipe S adalah mortar untuk pekerjaan pasangan dengan kekuatan lebih tinggi yaitu kuat tekan pada umur 28 hari minimum 12,4 MPa.
3. Mortar tipe M adalah mortar untuk pekerjaan pasangan dengan kekuatan paling tinggi yaitu kuat tekan pada umur 28 hari minimum 17,2 Mpa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bahan Baku

Karakteristik kimia abu terbang batubara dari PLTU Suralaya adalah seperti terlihat pada Tabel 3, bahwa abu terbang tersebut mengandung  $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3 = 89,4\%$ , komposisi kimia yang baik untuk bahan bata/mortar kandungan  $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$  minimum 70% (Anonim, 2006), jadi berdasarkan komposisi kimia abu terbang Suralaya untuk bata/mortar sudah memenuhi syarat. Walaupun dalam makalah ini tidak diuji kandungan silika amorf-nya, namun menurut Anonim (1997) abu terbang Suralaya ini sudah berkategori posolanik.

Mineral-mineral yang dominan terdapat dalam abu terbang adalah kuarsa dan mulit (Gambar 3a), tergantung dari jenis batubara yang dibakar. Silika, alumina dan hematit serta kalsium merupakan komponen yang utama dalam pembuatan bata. Komponen kapur (CaO) yang cukup (4%) dalam abu terbang Suralaya ini, yang dikategorikan sebagai abu terbang kelas F seharusnya mampu bereaksi dengan silika aktif jika ditambah air. Namun tidak demikian halnya; contoh abu terbang Suralaya yang diambil dan dibawa ke laboratorium, kandungan kapurnya relatif kurang berfungsi sebagai pereaksi komponen aktif, yang mungkin disebabkan karena sifat posolanik abu terbang sudah berkurang akibat dari masalah

penanganan, waktu penyimpanan yang agak lembap, atau karena berjalannya waktu, dimana komponen reaktifnya mungkin sudah teroksidasi membentuk senyawa stabil yang tidak reaktif. Walaupun demikian untuk keperluan pembuatan bata, abu terbang yang kurang posolanik dapat diganti dengan penambahan sejumlah perekat PC (Anonim, 2006). PC yang digunakan sebagai perekat adalah semen untuk membuat bangunan yang beredar di pasaran Bandung. Karakteristik PC tidak diuji, demikian pula karakteristik pasir kali untuk bahan pencampur mortar tidak diuji.

Abu terbang PLTU Suralaya berukuran partikel rata-rata ( $d_{50}$ )  $6,22 \mu m$ , ukuran yang sangat halus ini berbentuk bulat seperti Gambar-gambar 3b dan 3c (Ngurah dan Muchtar 2007). Dari ukuran halus ini diharapkan porositas dan daya serap air bata/mortar yang dihasilkan menjadi sekecil mungkin. Porositas dan daya serap air tidak diuji, karena percobaan ini diarahkan pada penelitian praktis berdasarkan hanya pada kekuatan bata/mortar yang dihasilkan dan langsung dapat diaplikasikan.

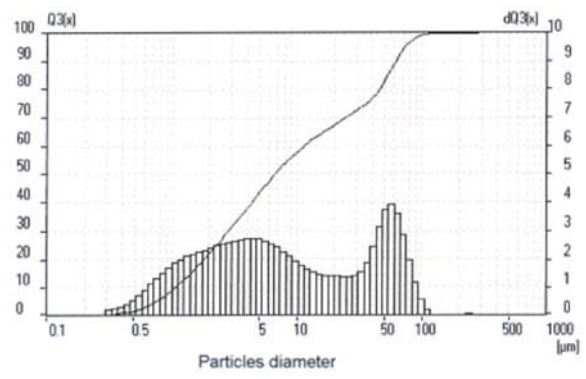
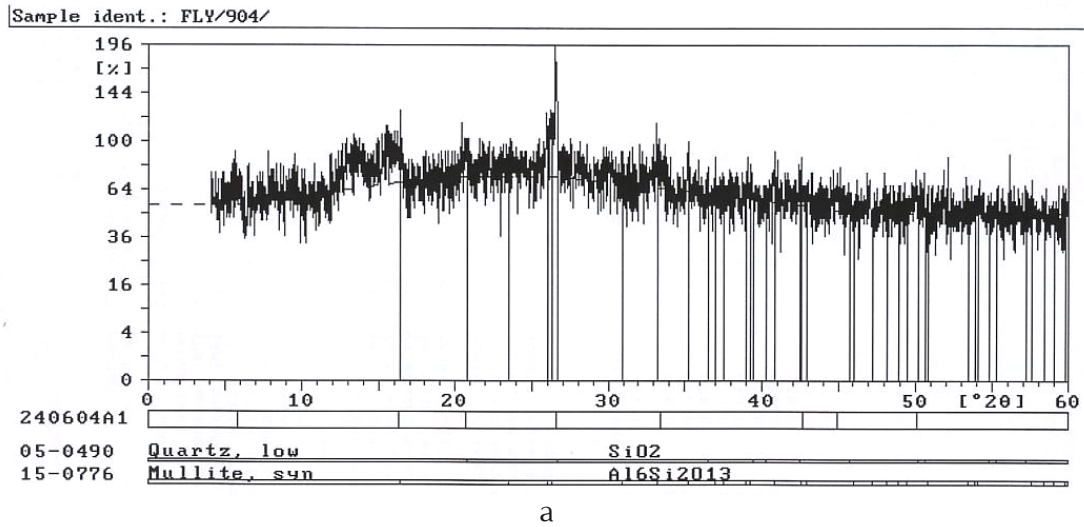
### Hasil Uji Kuat Tekan Bata

Hasil uji kuat tekan dari beberapa jenis campuran antara abu terbang dengan PC adalah seperti Tabel 4 dan Gambar 4 serta Gambar 5. Tabel 4 dan/atau Gambar 4 menunjukkan bahwa pengaruh waktu *curing* (3, 14 dan 28 hari) terhadap kuat tekan untuk tiap percontoh bata terlihat berfluktuasi, tetapi secara umum perbedaan kuat tekan setiap tingkatan waktu *curing*, cukup signifikan yaitu semakin lama waktu *curing* semakin tinggi kuat tekannya hingga maksimum mencapai hampir  $217 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini jelas disebabkan karena proses reaksi *cementing* semakin sempurna dalam waktu yang lebih lama hingga mencapai maksimal.

Tabel 3. Komposisi Abu Terbang dari PLTU-Suralaya

Komponen Kimia	Kadar (%)	Komponen Kimia	Kadar (%)
$Al_2O_3$	30.8	$SO_3$	0.23
CaO	4.0	$SiO_2$	54.0
$Fe_2O_3$	4.6	$TiO_2$	-
$K_2O$	0.18	Fe + Si + Al	89.4
MgO	1.9	CaO bebas	< 0.06
$Na_2O$	1.3	LOI	< 0.5
$P_2O_5$	-	$D_{50}$ -mm	$6,22 \mu m$



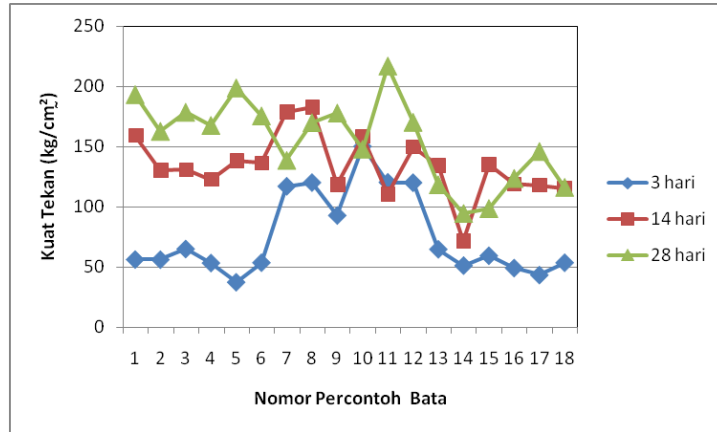


Gambar 3. Data XRD, bentuk partikel dan distribusi ukuran abu terbang Suralaya (Ngurah dan Muchtar 2007)

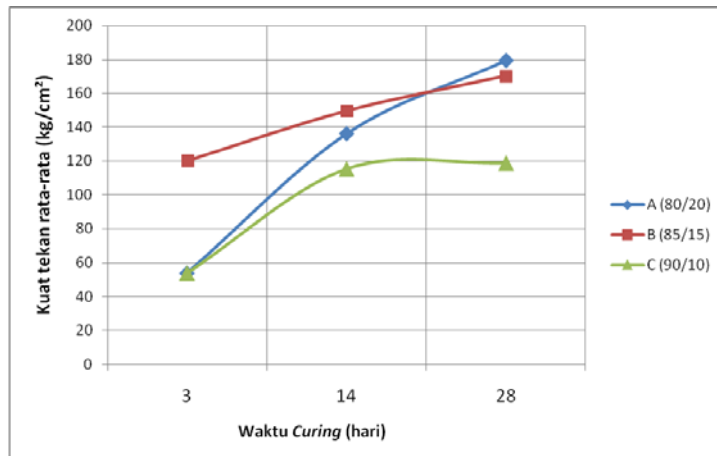
Tabel 4. Data hasil uji kuat tekan bata (kg/cm<sup>2</sup>)

No.	Komposisi Abu terbang/PC	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> ) dalam waktu <i>curing</i>		
		3 hari	14 hari	28 hari
1	A (80/20)	56.36	159.06	193.27
2		56.25	130.16	162.73
3		65.08	130.67	178.59
4		53.47	122.51	167.63
5		37.54	138.32	198.74
6		53.73	136.14	175.55
	Total	322.43	816.86	1076.51
	Rata-rata	53.74	136.14	179.42
7	B (85/15)	117.08	178.59	138.64
8		120.14	182.57	169.93
9		92.87	118.33	177.91
10		150.17	158.14	147.91

No.	Komposisi Abu terbang/PC	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> ) dalam waktu <i>curing</i>		
		3 hari	14 hari	28 hari
11		120.38	110.23	216.94
12		120.07	149.58	170.27
	Total	720.71	897.44	1021.6
	Rata-rata	120.12	149.57	170.27
13	C (90/10)	64.83	134.11	118.33
14		51.37	71.44	110.48
15		59.53	134.68	98.61
16		49.3	118.68	123.64
17		43.49	117.87	145.94
18		53.7	115.36	116.2
	Total	322.22	692.14	713.2
	Rata-rata	53.70	115.36	118.87



Gambar 4. Pengaruh waktu *curing* (3,14,28 hari) terhadap kuat tekan tiap percontoh bata



Gambar 5. Pengaruh komposisi abu terbang/PC terhadap kuat tekan rata-rata percontoh bata

Jika dilihat dari komposisi bahan (Gambar 5) diketahui bahwa penggunaan abu terbang yang banyak (90 bagian) dan PC yang sedikit (10 bagian) atau dengan simbol C (90/10), kuat tekan rata-rata paling rendah yaitu berkisar antara 53,7 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 3 hari) hingga mencapai 116,2 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 28 hari). Hal ini sesuai dengan pendapat Tutunlu and Atalay (2001), bahwa terlalu banyak abu terbang, kuat tekan bata menjadi rendah yang diakibatkan oleh berkurangnya plastisitas adukan saat pencampuran bahan. Mungkin juga ada pengaruh dari bentuk partikel abu terbang yang membulat yang menimbulkan banyak pori diantara partikel bulat tersebut. *Trend* kenaikan kuat tekan rata-rata terlihat seperti berhenti pada waktu *curing* 14 hari hingga 28 hari yang ditunjukkan oleh arah grafik asimptotis.

Sebaliknya jika menggunakan semen PC lebih tinggi dengan perbandingan 80 bagian abu terbang dan 20 bagian PC, komposisi A (80/20), ternyata kuat tekan rata-rata awal relatif sama yaitu berkisar antara 53,74 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 3 hari) dan meningkat tajam hingga 179,42 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 28 hari). Selain itu, sepertinya komposisi yang terbaik adalah pada komposisi B (85/15) yaitu 85 bagian abu terbang dan 15 bagian PC, dengan hasil kuat tekan rata-rata antara 120,12 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 3 hari) hingga 170,27 kg/cm<sup>2</sup> (untuk *curing* 28 hari). Dalam percobaan ini, hal-hal yang diperhitungkan adalah pemakaian abu terbang sebanyak mungkin, kuat tekan setinggi mungkin, waktu *curing* secepat mungkin. Oleh karena itu, dari ketiga arah garis grafik (Gambar 5) dapat ditarik kesimpulan bahwa komposisi B (85/

15) pada waktu *curing* 14 hari merupakan komposisi dan waktu *curing* bata terbaik.

Jika berpatokan pada SNI 03-0348-89, yaitu bata pejal mutu paling tinggi adalah mutu B100 sebagai bata pejal yang kuat tekannya tidak kurang dari 100 kg/cm<sup>2</sup>. Jadi, komposisi B (85/15) dengan waktu peram 1 hari, waktu rendam 2 hari, waktu *curing* 3 hari, dengan kuat tekan tidak kurang dari 120,12 kg/cm<sup>2</sup> sudah termasuk bata mutu tinggi, terlebih lagi jika dibandingkan dengan bata merah tradisional yang memiliki kuat tekan hanya sekitar 15 – 20 kg/cm<sup>2</sup> (anonim, 2006). Tetapi, jika tujuan dari percobaan ini adalah untuk memanfaatkan abu terbang sebanyak mungkin untuk konstruksi rumah sederhana, maka komposisi C(90/10) dengan waktu peram 1 hari, waktu rendam 2 hari, waktu *curing* 3 hari, sudah langsung dapat dijual dengan kuat tekan cukup baik sekitar 53,7 kg/cm<sup>2</sup>.

Daya serap air hasil uji coba produk bata dengan bahan baku abu terbang + PC ini tidak dilakukan pengetesannya. Secara teoritis empiris telah diketahui (Karaman et al, 2008) bahwa semakin banyak penggunaan abu terbang dan/atau batu apung semakin tinggi daya serap airnya. Korelasi empiris untuk kuat tekan bata versus jumlah batu apung adalah  $CS = 22,192 - 0,157P$  (yaitu CS adalah *compressive strength* dan P adalah *pumice* identik dengan abu terbang). Korelasi empiris untuk daya serap air oleh bata versus jumlah batu apung adalah  $WA = 8,146 + 0,1P$  (yaitu WA adalah *water adsorption*). Dari korelasi-korelasi linier tersebut jelas bahwa CS menjadi lebih besar jika P kecil dan tentunya dengan P kecil WA menjadi kecil. Oleh karena itu, perlu dibuat bata dengan kuat tekan lebih tinggi agar daya serap airnya rendah.

*Bulk density* rata-rata bata hasil uji coba adalah 2,37 yang berarti bata yang dibuat memiliki densitas < 2,50 sudah berkategori bata agak ringan atau *light weight brick* (Tutunlu and Atalay, 2001). Gambar 6 adalah percontoh bata yang dibuat menyerupai bata komersial dengan campuran komposisi abu terbang/PC = 85/15 bagian volume, dengan waktu peram 1 hari, waktu rendam 2 hari, waktu *curing* 3 hari, dengan kuat tekan sekitar 120 kg/cm<sup>2</sup>.

### Hasil Uji Kuat Tekan Campuran Mortar

Hasil uji kuat tekan mortar setelah massa padat berumur 28 hari dapat dilihat seperti pada Tabel 5 dan Gambar 7, bahwa penambahan PC semakin banyak sampai 0,2 bagian memberikan kenaikan kuat tekan mortar yang sangat signifikan. Semakin sedikit penambahan PC semakin rendah nilai kuat tekannya.

Jika ditinjau dari perbandingan jumlah abu terbang dibagi pasir kali (FA/PK) terlihat bahwa semakin banyak pemakaian pasir kali (FA/PK < <) untuk pemakaian PC = 0,1 menunjukkan kuat tekan yang relatif rendah. Semakin dikurangi jumlah PK atau semakin banyak abu terbang, semakin tinggi kuat tekannya. Untuk pemakaian PC yang moderat (0,15) semakin dikurangi jumlah PK atau semakin banyak abu terbang, kenaikan kuat tekannya tidak terlalu signifikan bahkan cenderung asimptotis. Sebaliknya untuk pemakaian PC yang cukup banyak (PC = 0,2) ternyata terjadi fenomena berbeda yaitu semakin dikurangi jumlah PK atau semakin banyak abu terbang, kuat tekannya cenderung menurun drastis. Hal ini cocok dengan hasil uji coba Tutunlu and Atalay (2001) bahwa terlalu banyak abu terbang, kuat tekan bata menjadi rendah yang diakibatkan oleh berkurangnya plastisitas adukan saat pencampuran



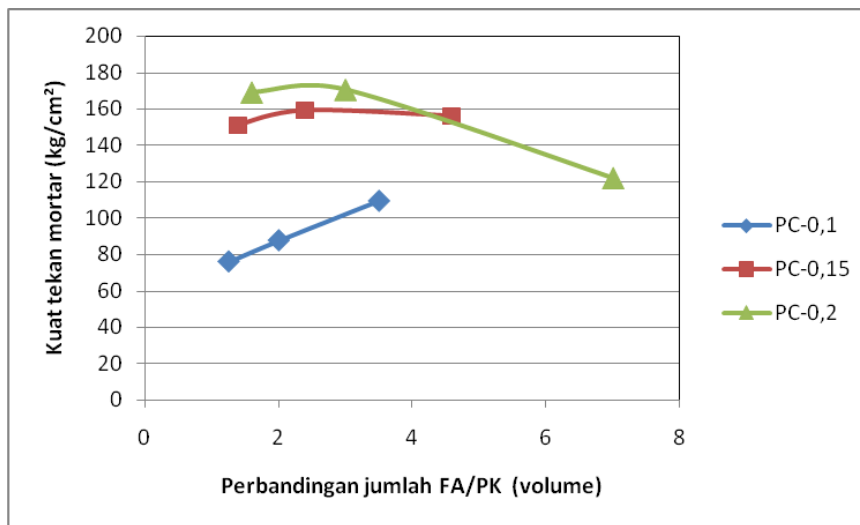
Gambar 6. Percontoh produk bata hasil uji coba, abu terbang/PC = 85/15 bagian volume



Tabel 5. Data hasil uji kuat tekan mortar dari 9 (sembilan) percontoh

Kode		Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Komposisi FA/PK/PC	Perbandingan FA/PK
I	A	109,51	0,7/0,2/0,1	3,5
II	B	87,62	0,6/0,3/0,1	2
III	C	75,90	0,5/0,4/0,1	1,25
IV	A	156,05	0,7/0,15/0,15	4,6
V	B	159,13	0,6/0,25/0,15	2,4
VI	C	151,07	0,5/0,35/0,15	1,4
VII	A	121,72	0,7/0,1/0,2	7
VIII	B	170,39	0,6/0,2/0,2	3
IX	C	168,97	0,5/0,3/0,2	1,6

Catatan: FA = abu terbang PLTU Suralaya; PK = pasir kali; PC = semen *portland*



Gambar 7. Kuat tekan mortar berdasarkan perbandingan FA/PK untuk tiap jumlah PC

bahan. Dari pengaruh ketiga bahan baku (FA/PK/PC) secara umum dapat disimpulkan bahwa pembuatan mortar dengan kuat tekan terbaik diperoleh pada penambahan PC = 0,2 bagian dan dengan perbandingan FA/PK = 0,6/0,2 = 3 dengan perolehan kuat tekan sebesar 170,4 kg/cm<sup>2</sup> (Tabel 5, kode VIII-B).

Namun demikian, mengingat tujuan dari pada percobaan ini adalah untuk memanfaatkan abu terbang sebanyak mungkin agar menghasilkan kuat tekan yang tinggi, maka komposisi terbaik adalah komposisi IV-A yaitu komposisi FA = 0,7 bagian + PK = 0,15 bagian + PC = 0,15 bagian menghasilkan kuat tekan 156,05 kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 15,3 Mpa. Jadi mortar yang dihasilkan sudah melebihi mortar tipe S bahkan mendekati mortar tipe M.

Daya serap air hasil uji coba produk mortar dengan bahan baku abu terbang + pasir kali + PC ini tidak dilakukan, alasan penulis sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terhadap produk bata bahwa Karaman et al, (2008) membuat korelasi linier matematis empiris yang mendapatkan jika kuat tekan lebih tinggi, daya serap air menjadi lebih rendah. Andoyo, 2006 menyatakan hal yang relatif sama bahwa penambahan abu terbang dari 0% hingga 30% pada bahan ikat PC membuat mortar memiliki nilai serapan air menurun dari 13% menjadi sekitar 9% dengan kuat tekan meningkat, tetapi dengan penambahan abu terbang 40% nilai serapan airnya malahan naik menjadi 11% dan kuat tekannya menurun. Oleh karena itu, perlu dibuat mortar dengan kuat tekan lebih tinggi agar daya serap airnya lebih rendah.

## KESIMPULAN

Dari serangkaian hasil uji coba dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Abu terbang dari limbah PLTU Suralaya dapat dimanfaatkan sebagai bata maupun sebagai mortar kering siap pakai dengan kualitas baik.
- Komposisi bahan pembuatan bata adalah abu terbang + PC dengan perbandingan volume 85/15 + air 10-12%. Dicetak dengan alat press hidrolik kekuatan 300 kg/cm<sup>2</sup>. Menghasilkan bata kualitas melebihi standar B100 yaitu dengan kuat tekan mencapai 120 kg/cm<sup>2</sup>. dalam waktu *curing* hanya 3(tiga) hari. Ini berarti setelah dicetak perlu diperam 1 hari, lalu di rendam 2 hari dan di *curing* 3 hari, jadi total 6 hari langsung bisa dijual.
- Komposisi bahan pembuatan mortar kering adalah abu terbang + pasir kali + PC, dengan perbandingan volume 70/15/15. Komposisi bahan ini diaduk merata dalam kondisi kering (kadar air < 0,1%). Dalam pemakaiannya tinggal menambahkan air sekitar 16 – 20% langsung digunakan sebagai bahan adukan untuk pasangan atau untuk plesteran. Setelah 28 hari pasangan tersebut merekat dengan kekuatan daya tekan 156,05 kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 15,3 MPa, sudah melebihi mortar tipe S.
- Hasil penelitian ini perlu diuji coba pada skala *pilot*, kemudian dihitung keekonomian prosesnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andoyo, 2006. Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Mortar, *Skripsi Jurusan Teknik Sipil*, Universitas Negeri Semarang.
- Anonim, 2006. Pemanfaatan Abu Terbang PLTU Amamapare PT. Freeport Indonesia Untuk Semen Portlan Posolan dan Bata Kalsium Silikat, *Laporan Hasil Uji Coba*, Kerjasama Puslitbang tekMIRA dan PT. Freeport Indonesia.
- Anonim, 1997. Pengelolaan Abu Terbang dan Abu Dasar Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia, *Laporan Teknik*, PT. PLN (Persero) dan PT. Kema Technology Indonesia.
- Anonim, 1989. *Pedoman Pembuatan Mortar Kering Siap Pakai dalam Kemasan*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- BMTPC, 2005. Fly ash: A Resource Material for Innovative Building Material, A Technical Report of Building Materials and Technology Promotion Council, Ministry of Urban Poverty Alleviation, Govt. of India. [www.bmtpc.org/pubs/papers.htm](http://www.bmtpc.org/pubs/papers.htm), browsing 31/3/2008.
- Karaman S., Gunal H. and Ersahin S., 2008. Quantitative Analysis of Pumice Effect on Some Physical and Mechanical Properties of Clay Bricks, *Journal of Applied Sciences*, 8(7), p. 1340 – 1345.
- Ardha, N. and Azis, M., 2007. Study of Utilizing Fly Ash for Castables Refractory, *Indonesian Mining Journal*, Vol. 10, No. 07, February.
- SNI 03-0348-89, Standar Mutu Bata Beton Pejal.
- Subari dan Rachman A., 2008. Pembuatan Bata Beton Ringan Untuk Diterapkan di IKM Bahan Bangunan, *Jurnal Bahan Galian Industri*, Vol.4, No.10, April.
- Tutunlu F. and Atalay U., 2001. Utilization Of Fly Ash In Manufacturing Of Building Brick, *International Ash Utilization Symposium*, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky.
- Wardani S.P.R, 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil, *Pidato pengukuhan Guru besar*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, pdf.