

## Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Pabrik Gula Madukismo Dalam Teknologi Beton

Angelina Eva Lianasari<sup>1</sup>, Marthinus<sup>1</sup>, Angrumpaka<sup>1</sup>

Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No.44, Janti, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman,  
Daerah Istimewa Yogyakarta 552811

Email: eva.lianasari@uajy.ac.id

Received 04 April 2022; Revised - ; Accepted for Publication 23 Mei 2022; Published 23 Mei 2022

**Abstract** — The problem in the sugar production process at the factory is the disposal of production waste. Management and disposal of factory waste must pay attention to the environment around the factory. It aims not to pollute the environment. Madukismo Sugar Factory is in a densely populated area; therefore, waste disposal from the production process is of particular concern. Communities around the factory complain that liquid waste pollutes the river and solid waste stack. Therefore, a solution is sought to overcome waste disposal. This report discusses the utilization of solid waste from PG Madukismo in the form of boiler slag. Its utilization is used as a substitute for sand in concrete and concrete bricks. The results obtained that solid waste boiler slag can substitute sand in concrete or concrete bricks. The compressive strength reaches the design target, and the manufacturing cost is lower than ordinary concrete/concrete brick.

**Keywords** — boiler slag Madukismo sugar factory, waste material, compressive of concrete, concrete brick.

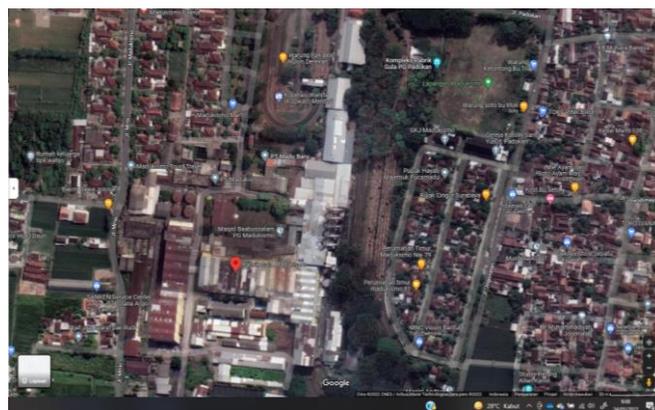
**Abstrak**—Problematika dalam proses produksi dalam suatu pabrik adalah pengolahan dan pembuangan limbah proses tersebut. Pengelolaan dan pembuangan limbah pabrik harus memperhatikan lingkungan sekitar pabrik agar tidak mengganggu dan mencemari lingkungan. Pabrik Gula Madukismo berada pada daerah dengan pemukiman yang padat, oleh karena itu pembuangan limbah proses produksi menjadi perhatian khusus. Adanya keluhan masyarakat sekitar bahwa limbah cair mencemari sungai dan limbah padat menumpuk maka dicari solusi untuk mengatasi hal tersebut. Pengabdian ini membahas tentang pemanfaatan limbah padat buangan PG Madukismo yang berupa terak boiler. Pemanfaatannya adalah digunakan sebagai bahan pengganti sebagian pasir dalam beton dan batako. Hasil diperoleh bahwa limbah padat terak boiler berpotensi sebagai pengganti pasir dalam beton ataupun batako. Kuat tekan mencapai target rencana dan biaya pembuatan lebih rendah dari beton/batako biasa.

**Kata Kunci**—terak boiler pabrik gula, limbah, kuat tekan beton, batako.

### I. PENDAHULUAN

Pabrik Gula Madukismo adalah bagian dari PT Madubaru, berdiri pada tahun 1955 dan merupakan rintisan Sri Sultan Hamengku Buwono IX, dimana awal mula pabrik tersebut bernama Pabrik Gula Pandokan yang hancur di masa penjajahan Belanda. Pabrik Gula Madukismo didirikan dengan tujuan kesejahteraan masyarakat Yogyakarta, baik itu dalam segi serapan tenaga kerja maupun proses produksi bahan baku. Proses produksi gula di PG Madukismo ini melibatkan para petani dalam proses penyediaan bahan baku. Para petani terlibat dalam proses menanam, memelihara tanaman, memanen, dan menyetorkan bahan baku ke PG Madukismo. Pada kondisi sebelum pandemi, PG Madukismo juga menerapkan Wisata Agro Industri dan Edukasi. Pabrik

gula Madukismo berada pada pemukiman warga yang padat (gambar 1).



Gambar 1. Denah peta situasi Pabrik Gula Madukismo

Dalam proses produksi gula, terdapat 3 jenis limbah yang dihasilkan yaitu limbah padat, cair, dan gas. Proses produksi pada pabrik gula Madukismo potensi emisi CO<sub>2</sub> masih cukup tinggi, sumber emisi berasal dari penggunaan bahan bakar pada boiler dan pada proses pengolahan limbah padat serta cair.[1] Dalam proses produksi, bahan bakar boiler selain menggunakan solar dan LPG juga memanfaatkan sisa proses industrinya yaitu ampas tebu yang diperoleh dari proses penggilingan sebesar 22-25% berat tebu.[2] Ampas tebu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler adalah yang memiliki kandungan air 45% sehingga dapat meningkatkan efisiensi boiler sampai dengan 70%. [3]

PG Madukismo terletak di tempat dengan banyak pemukiman maka harus memperhatikan proses pengelolaan limbah produksi. Akibat limbah yang dihasilkan pada proses produksi gula, terjadi dampak pada lingkungan yaitu tercemarnya DAS (Daerah Aliran Sungai) Kabupaten Bantul akibat limbah cair. Kesehatan masyarakat menjadi terpengaruh dan timbulnya penyakit yang menimpa penduduk desa khususnya Desa Tirtonirmolo, Kabupaten Bantul. [4]. Marizka dan Faidati (2020), dalam penelitiannya menyarankan perusahaan melakukan kegiatan monitoring dan evaluasi rutin kondisi lingkungan dan masyarakat yang terdampak akibat aktivitas produksi pabrik gula. Membangun keterbukaan komunikasi dan menjanjikan laporan secara detail sesuai skala prioritas sehingga relasi dapat terbangun secara berkesinambungan. Disarankan adanya SOP yang terstruktur dan melakukan pemetaan yang baik.

Sedangkan limbah lain pada proses produksi selain limbah cair adalah limbah gas dari proses boiler dan limbah padat hasil bakar ampas tebu. Limbah bakar terdiri dari abu ampas tebu dan limbah padat yang menggumpal dan

mengeras di dinding boiler. Limbah yang menempel pada dinding boiler akan mengurangi efisiensi pertukaran panas pada proses pembakaran pada boiler. Penyebab penggumpalan dan pengerasan adalah akibat adanya tekanan gas yang berbeda pada setiap bahan bakar akibatnya percikan pijaran api dan partikel ringan dapat melekat pada dinding boiler dan lama kelamaan akan mengeras. Limbah padat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Sedangkan abu ampas tebu banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik serta digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Limbah padat terak boiler agar tidak mencemari lingkungan maka perlu dicarikan solusi berkaitan dengan pemanfaatan limbah tersebut yang akan memberikan nilai tambah dan solusi pencegahan pencemaran lingkungan.



Gambar 2. Boiler pabrik gula Madukismo

## II. METODE PENGABDIAN

Metode pelaksanaan pengabdian dan penelitian ini adalah dengan cara melaksanakan eksperimen secara langsung, dengan menggunakan sumber limbah padat terak boiler pabrik gula Madukismo. Pengujian secara langsung diterapkan dengan pembuatan sample benda uji. Pengujian yang direncanakan adalah pengujian kuat tekan dan serapan air. Target kuat tekan beton direncanakan 25 MPa dengan nilai perbandingan air semen (fas) 0,435. Dalam pembuatan beton direncanakan dengan beberapa variasi penggantian pasir dengan limbah padat boiler pabrik gula Madukismo. Penggantian pasir sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40% serta dikombinasikan dengan penambahan *fly ash* sebesar 10%.

Pengujian dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari. Saat beton masih dalam kondisi belum mengeras dilakukan pengujian workability (sifat mudah dikerjakan). Dari hasil pengujian akan ditarik kesimpulan yang berkaitan dengan kelayakan limbah padat boiler pabrik gula Madukismo sebagai pengganti pasir. Jika pengujian kekuatan dan serapan air memenuhi persyaratan maka limbah padat tersebut berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengganti Sebagian pasir pada produksi batako masyarakat sekitar Pabrik Gula Madukismo, yaitu desa Padokan Tritonirmolo, Kabupaten Bantul.

Bahan susun beton sebelum dipergunakan diuji kelayakannya terlebih dahulu yaitu kadar air, kandungan organik dan kimiawi, modulus halus butir, serta berat jenisnya. Perencanaan bahan susun beton seperti tertera pada tabel 1. Tujuan penelitian dan pengabdian ini adalah adanya alternatif

solusi penanggulangan limbah pabrik gula secara umum dan limbah padat boiler secara khusus.

Tabel 1. Proporsi Bahan Susun *Sample* Beton

Kode sample	% terak boiler	Semen (kg)	terak boiler (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)	fly ash (kg)
BN	0	425,1	0,00	618,82	1201,21	184,9	0
BN10	10%	425,1	45,32	556,75	1201,21	184,9	0
BN20	20%	425,1	90,65	494,89	1201,21	184,9	0
BN30	30%	425,1	135,97	433,03	1201,21	184,9	0
BN40	40%	425,1	181,29	371,17	1201,21	184,9	0
BN10FA	10%	382,6	45,32	556,75	1201,21	184,9	42,51
BN20FA	20%	382,6	90,65	494,89	1201,21	184,9	42,51
BN30FA	30%	382,6	135,97	433,03	1201,21	184,9	42,51
BN40FA	40%	382,6	181,29	371,17	1201,21	184,9	42,51



(a) sebelum dipecahkan/utuh



(b) setelah dipecahkan

Gambar 3. Terak boiler pabrik gula Madukismo



Gambar 4. Fly ash

Tabel 2. Kandungan kimia *fly ash* [5]

Kandungan kimia	% massa
SiO <sub>2</sub>	34,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,5
SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	63,6
CaO	1,4
Na <sub>2</sub> O	0,09
K <sub>2</sub> O	0,5
MgO	1,25
SO <sub>3</sub>	0,3

*Fly ash* digunakan sebagai campuran beton bertujuan untuk mengurangi penggunaan semen, menambah kerapatan beton, dan meningkatkan kekuatan beton. Kandungan kimiawi

seperti pada tabel 2 menunjukkan jenis *fly ash* yang digunakan adalah tipe C [6].

Benda uji kuat tekan beton menggunakan silinder standar diameter 150mm tinggi 300mm, sedangkan untuk pengujian serapan air menggunakan silinder ukuran diameter 70mm dan tinggi 140mm. Pengujian serapan air dengan menggunakan oven,



Gambar 5. Pengujian kuat tekan beton



Gambar 6. Pengujian serapan air dengan oven

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Agregat

Agar beton memenuhi kualitas standar dilakukan pengujian agregat kasar dan halus, sesuai persyaratan ASTM C33/C33M-08 sehingga dapat dipastikan diperoleh beton dengan mutu yang baik. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 3 berikut dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan sehingga layak digunakan sebagai bahan penyusun beton.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat

Agregat	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar	Keterangan
Pasir dari sungai Progo	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> ) SSD	2617,8	> 2300	termasuk bj normal
	Kandungan Lumpur (%)	1%	< 5%	Memenuhi persyaratan
	Zat Organik	No. 5	No.5	mengandung sedikit zat organik
	Gradasi Pasir	Daerah II	Daerah III	gradasi agak kasar
Kerikil dari Clereng	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> ) SSD	2726,5	> 2400	termasuk bj normal
	Gradasi Kerikil (mhb)	7,67	5 ≤ dan ≤ 8	Kerikil memenuhi syarat MHB
	Keausan	26,64%	< 50%	Kerikil memenuhi syarat
terak boiler	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> ) SSD	1,9108	-	
	visual	tajam dan keras	mirip pasir	

#### B. Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dengan menggunakan pengujian *slump* untuk mengetahui sifat mudah dikerjakan dari adukan beton normal maupun beton dengan substitusi sebagian pasir dengan limbah boiler. Hasil pengujian workability beton segar menunjukkan sesuai target rencana yaitu berkisar antara 75mm-150mm. Standarisasi pengujian sesuai dengan SNI 1972:2008 [7].



Gambar 7. Pengujian *slump*

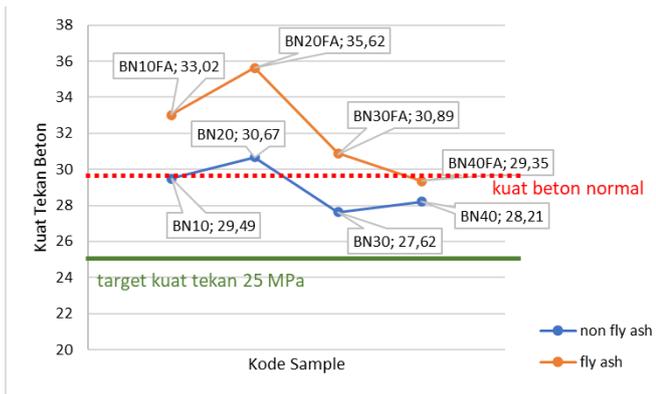
#### C. Kuat Tekan Beton

Hasil pemeriksaan kuat tekan beton menunjukkan dengan menggantikan sebagian pasir dengan terak boiler pabrik gula Madukismo kuat tekan beton sedikit lebih rendah namun perbedaan kuat tekan tidak signifikan (selisih maksimal lebih rendah 7%). Kuat tekan target 25MPa tercapai untuk seluruh beton. Tambahkan substitusi sebagian semen dengan *fly ash* menyebabkan beton menjadi lebih rapat sehingga diperoleh hasil kuat tekan lebih tinggi mencapai 19,9%. Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam tabel 4 dan gambar 8.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan kuat tekan beton

Kode sample	Kuat Tekan (Mpa)	Terhadap Beton Normal
BN	29,71	0,0%
BN10	29,49	-0,7%
BN20	30,67	3,2%
BN30	27,62	-7,0%
BN40	28,21	-5,0%
BN10FA	33,02	11,1%
BN20FA	35,62	19,9%
BN30FA	30,89	4,0%
BN40FA	29,35	-1,2%

Selisih kekuatan tekan beton yang di bawah beton standar (normal) maksimal adalah 7% menunjukkan potensi pemanfaatan limbah padat tersebut menjadi pengganti pasir. Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan standar SNI 1974-2011 [8].



Gambar 8. Pengujian kuat tekan beton

Penambahan fly ash membuat beton menjadi lebih rapat dikarenakan terjadinya reaksi sekunder yang mendukung pertambahan kuat tekan beton. Reaksi yang terjadi adalah  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  yang menyebabkan beton bertambah keras dan kuat (dihasilkannya CSH) [9].

#### D. Pengujian Berat Jenis Beton

Penggunaan limbah terak boiler Pabrik Gula Madukismo menyebabkan berat jenis beton sedikit menurun, karena bj yang di bawah bj pasir alam. Berikut hasil pengujian berat jenis beton (tabel 5). Dalam tabel tertera penurunan berat jenis maksimal mencapai 6,1%, namun secara keseluruhan hasil pengujian berat jenis beton, disimpulkan bahwa seluruh beton berat jenis masuk dalam kategori beton normal (2200 -2400  $\text{kg/m}^3$ ).

Tabel 5. Hasil pemeriksaan kberat jenis beton

Kode sample	Berat beton ( $\text{kg/m}^3$ )	terhadap beton normal
BN	2423,96	0,0%
BN10	2408,6	-0,6%
BN20	2377,23	-1,9%
BN30	2359,33	-2,7%
BN40	2320,23	-4,3%
BN10FA	2363,88	-2,5%
BN20FA	2368,96	-2,3%
BN30FA	2336,76	-3,6%
BN40FA	2277,11	-6,1%

#### E. Pengujian Serapan Air

Pengujian serapan air berdasarkan SNI S - 36 - 1990 - 03. (1990). Hasil pengujian untuk 24 jam diperoleh hasil serapan air yang cukup tinggi di atas 6,5% sehingga tidak dapat dikatakan sebagai beton yang kedap air [10]. Tetapi sample beton dengan penambahan fly ash memberikan hasil yang berbeda dimana beton lebih rapat dan serapan air sangat rendah di bawah 6,5% sehingga dapat dikategorikan sebagai beton kedap air (tabel 6).

Tabel 6. Hasil pemeriksaan berat jenis beton

Kode sample	penyerapan air	keterangan
BN	7,84%	>6,5% tidak kedap air
BN10	8,25%	>6,5% tidak kedap air
BN20	8,3%	>6,5% tidak kedap air
BN30	8,96%	>6,5% tidak kedap air
BN40	9,61%	>6,5% tidak kedap air
BN10FA	1,01%	<6,5% kedap air
BN20FA	1,33%	<6,5% kedap air
BN30FA	1,76%	<6,5% kedap air
BN40FA	2,09%	<6,5% kedap air

#### F. Perbandingan Harga

Perbandingan harga beton disesuaikan dengan harga bahan di tahun 2022, diperoleh selisih harga yang cukup tinggi untuk per-m kubiknya. Perbandingan harga beton dengan mengabaikan proses pencampuran dan tenaga pekerja seperti yang tertera pada tabel 7 di bawah ini. Disajikan pula dalam tabel 8, harga untuk produksi batako dengan menggantikan sebagian pasir 40% dengan terak boiler dan menggantikan semen 10% dengan fly ash. Menilik hasil tersebut agar menjadi inspirasi bagi masyarakat sekitar pabrik untuk memanfaatkan limbah terak boiler sebagai bahan penyusun beton/batako yang telah terbukti memenuhi persyaratan kekuatan tekan.

Tabel 7. Harga beton

	Beton Normal	Pasir dikurangi 40%	Pasir (40%) semen (10%) dikurangi
pasir	Rp. 70.857	Rp. 42.500	Rp. 42.500
kerikil	Rp. 128.070	Rp. 128.070	Rp. 128.070
semen	Rp. 531.375	Rp. 531.375	Rp. 478.250
Harga	Rp. 730.302	Rp. 701.946	Rp. 648.821
selisih		Rp. 28.357	Rp. 81.482
penurunan		3,88%	11,16%

Dalam perencanaan batako digunakan perbandingan 1:8, berikut ditampilkan perkiraan harga dengan proses produksi 1 zak semen. Penggunaan 1 zak semen dapat dihasilkan sekitar 80 batako ukuran standar.

Tabel 8. Harga batako untuk produksi dengan 1 zak semen

	Batako Normal	Batako pasir dikurangi 40%	Pasir (40%) dan semen (10%) dikurangi
semen	Rp50.000	Rp50.000	Rp45.000
pasir	Rp36.641	Rp21.985	Rp21.985
fly ash	Rp0	Rp0	Rp1.300
harga	Rp86.641	Rp71.985	Rp68.285
harga 1 batako	Rp1.083	Rp900	Rp854

Tabel 8 daftar harga berdasar anggapan tahun 2022, semen dengan berat 40kg seharga Rp. 50.000,- pasir 1 kubik Rp. 300.000,-. Berdasarkan harga jual batako tahun 2022 seharga Rp. 3500,- maka keuntungan yang diperoleh per 1 batako cukup tinggi namun sebagai catatan harga di atas belum memperhitungkan upah pekerja.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan penelitian dan pengabdian ini dapat disimpulkan bahwa limbah padatan yang berupa terak boiler dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan semen ataupun batako. Dalam hal ini akan mengurangi limbah buangan dan memiliki nilai tambah bahwa harga batako/beton menjadi lebih rendah. Diusulkan oleh penulis bahwa pemanfaatan limbah ini akan lebih mudah diterapkan sebagai pengganti sebagian pasir pada batako.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yani, M., Purwaningsih, I., & Munandar, M. N. (2012). "Penilaian Daur Hidup (Life Cycle Assessment) Gula Pada PT PG Rajawali II Unit PG Subang". *Jurnal Agroindustri Indonesia*, vol 1 no 1, 60–67.
- [2] Solikin & Batutah, Arief (2019). "Metode Pengeringan Ampas Tebu (Bagasse) Dengan Pemanfaatan Kembali Panas Gas Buang Boiler Di Pg. Pradjean Bondowoso". *Journal of Research and Technology*.vol 5 no 1.
- [3] Nugroho, G., Fuchoiroh, I., -, M., Subiyanti, H., & Wardhani, R. (2021). "Analisa Ampas Tebu sebagai Bahan Bakar Boiler pada Produksi Gula Tahun 2018 di PG Kerebet Baru II Malang". *Jurnal Nasional Aplikasi Mekatronika, Otomasi Dan Robot Industri (AMORI)*, 2(1). <https://doi.org/10.12962/j27213560.v2i1.9131>
- [4] Marizka, Gina dan Faidati, N. (2020). "Analisis Dampak Lingkungan Aktivitas Produksi Industri Gula Bagi Kesehatan Masyarakat Di Desa Tirtonirmolo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta ( Studi Kasus PT Madubaru PG-PS Madukismo)" *Journal of Social Politics and Governance*, 2(2), 166–176.
- [5] Lianasari, A. E., Lisantono, A., & Sudjati, J. J. (2021). "Shear behavior of fly ash-based geopolymer R/C beam with bauxites as coarse aggregates: Experimental program." *International Journal of GEOMATE*, 20(79), 155–160. <https://doi.org/10.21660/2021.79.j2039>
- [6] Lianasari, A. E., & Siahaan, R. P. (2019). "Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang High Volume Fly Ash (Hvfa) Dengan Variasi Ukuran Butir Maksimum Agregat". *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 91–98.
- [7] SNI 1972:2008 (2009). "Cara uji slump beton" *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*.
- [8] SNI1974-2011. (2011). "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder". *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 20.
- [9] Lianasari, A. E., Tansia, N., (2017). "Peningkatan Kinerja Beton High Volume Fly Ash Dengan Variasi Ukuran Butir Maksimum Agregat". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, Universitas Udayana*, 55-61
- [10] SK SNI S - 36 - 1990 - 03. (1990). Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air. *Badan Standardisasi Nasional*, 2914.