

PENGARUH VARIASI VOLUME CAMPURAN LUMPUR IPAL SEWON TERHADAP KUAT TEKAN BATU BATA PRODUKSI DESA TURI, SUMBERAGUNG, BANTUL

Wahyu Handoyo Putro*, Bambang Suwerda**, Sigid Sudaryanto***

* JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, DIY 55293,

email: onimax_kyo@yahoo.com

** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

*** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Abstract

The Waste Water Treatment Plant (WWTP) at Sewon Bantul, produces sludge as the by-product. The sludge is usually dried in the sludge drying bed and only a small part of it is used as fertilizer. Each year the sludge can be yielded as much as 3300 m³ and may have negative impact i.e. supporting the existence of disease insect vector and other annoying animals. One effort for utilizing the sludge is use it as a mixture of red brick production. The aim of the study was to know the influence of the mixture variations between sludge and clay, i.e. 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4, on the pressure strength of the bricks by conducting an experiment using post-test with control group design. As the brick control were those made in Turi Village. From each mixture variation and control, 10 bricks were measured for their pressure strength in the construction laboratory. Descriptively, the control bricks had the highest pressure strength, meanwhile among the treatment groups, bricks made from mixture ratio of 3:1 were the highest but had 16,9 % reduction compared with the controls. The results of analysis by using independent t-test at 95 % significance level, showed that the pressure strength among bricks of four mixture variations were significantly different. However, the bigger the sludge was added the lower the pressure strength will be gained. Since the highest strength among the sludged bricks had not yet fulfilled the standard issued by SII-0021-78 i.e. 25 kg/cm², it is recommended that the bricks made of waste water sludge not to be used for heavy or high pressure building or dwelling construction.

Keywords : waste processing sludge, brick pressure strength

Intisari

Instalasi pengelolaan limbah cair (IPAL) di Sewon Bantul, menghasilkan produk samping berupa lumpur. Selama ini lumpur tersebut dikeringkan di bak pengering dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai pupuk. Lumpur yang dihasilkan mencapai 3300 m³ per tahun. Dampak negatif dari keberadaan lumpur tersebut adalah dapat mendukung kehidupan serangga vektor penyakit dan binatang pengganggu lainnya. Salah satu upaya untuk memanfaatkan lumpur tersebut adalah menggunakannya sebagai campuran dalam pembuatan batu bata. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi campuran tanah liat dan lumpur, yaitu 3:1, 2:2, 1:3 dan 0:4, terhadap kuat tekan batu bata yang dihasilkan melalui eksperimen dengan rancangan post-test with control group. Adapun sebagai pembanding adalah batu bata yang dibuat oleh pengrajin. Dari masing-masing variasi campuran dan pembanding, diukur kuat tekan 10 batubata di laboratorium konstruksi. Secara deskriptif, batu bata kelompok kontrol kuat tekannya paling tinggi, sedangkan di antara kelompok perlakuan, perbandingan 3:1 kuat tekannya tertinggi namun turun 16,9 % dibanding batubata kontrol. Hasil analisis dengan uji t-test bebas pada derajat kepercayaan 95 % menunjukkan bahwa kuat tekan di antara ke empat variasi campuran berbeda secara signifikan, tetapi semakin banyak campuran lumpur yang digunakan, kuat tekannya akan semakin rendah. Karena kuat tekan batu bata yang tertinggi di antara kelompok perlakuan masih belum memenuhi standar SII-0021-78 yaitu 25 kg/cm², maka disarankan agar batu bata yang dibuat dengan campuran lumpur ini tidak digunakan untuk bangunan yang berpenghuni atau bangunan yang memiliki berat atau tekanan yang tinggi.

Kata Kunci : lumpur pengolahan limbah, kuat tekan batubata

PENDAHULUAN

Instalasi Pengelolaan Limbah Cair Dinas PUP-ESDM Provinsi Daerah Isti-

mewah Yogyakarta yang lebih dikenal sebagai IPAL Sewon, merupakan instalasi pengelolaan limbah cair khususnya limbah domestik atau limbah cair rumah

tangga. Pengolahan limbah cair di IPAL Sewon ini menghasilkan lumpur aktif sebagai sisa proses penguraian zat organik. Lumpur aktif sebagai padatan dalam air limbah ini akan mengalami sedimentasi (pengendapan) yang terkumpul di dasar kolam.

Lumpur yang dihasilkan oleh IPAL Sewon, menurut data laporan tahun 2001 dari Muharini adalah 3300 m³ per-tahun. ¹⁾ Sekitar 10 % dari lumpur tersebut dimanfaatkan untuk pemupukan taman di komplek IPAL Sewon, sedangkan sisa lumpur lainnya dikeringkan di bak pengering lumpur yang ada.

Pemanfaatan lumpur di atas masih belum optimal karena sebagai pupuk, lumpur tersebut belum banyak diminati orang dan belum diproduksi secara khusus oleh pengelola IPAL Sewon. Padahal, penumpukan lumpur dapat menjadi tempat perkembangan biakan serangga vektor penyakit dan binatang pengganggu lainnya. Semakin bertambahnya jumlah pelanggan IPAL berbanding lurus dengan jumlah limbah cair yang akan dikelola, dan selanjutnya akan menambah jumlah lumpur yang dihasilkan.

Karakteristik lumpur IPAL Sewon adalah kering secara fisik, halus, lembut, ringan, menggumpal bila kering, dan berpasir. Tekstur lumpur tersebut termasuk dalam kategori lempungan dengan kadar lempung sebanyak 58.67 %, debu 8.59 %, dan pasir 32.74 %. ¹⁾

Dalam pengelolaan limbah dikenal istilah *reuse* (memakai kembali) dan *recycle* (mendaur ulang). Salah satu contoh penerapannya adalah yang dilakukan oleh Wijaya pada tahun 2011 ²⁾ berupa pembuatan batako dengan menambahkan limbah *styrofoam*, dan pembuatan batu bata dengan pencampuran abu sekam padi yang dilakukan oleh Masthura di tahun 2010 ³⁾. Pembuatan batu bata yang dilakukan oleh Masthura adalah dengan mencampur tanah liat dengan abu sekam padi dengan perbandingan prosentase sebesar 100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 75:25; 70:30; 65:35; dan 60:40. ³⁾

Hal tersebut di atas, selain bermanfaat untuk mengurangi kuantitas limbah, juga berarti mengubah limbah

yang tidak memiliki nilai ekonomis menjadi memiliki nilai ekonomis dengan dibuat sebagai bahan bangunan.

Mengacu pada contoh di atas, penelitian ini juga mencoba memanfaatkan lumpur kering IPAL Sewon sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata. Batu bata akan dibuat dengan beberapa perbandingan prosentase tanah liat dengan lumpur, yaitu: 75:25; 50:50; 25:75; dan 0:100; atau dalam bentuk yang lebih sederhana yaitu: 3:1, 2:2, 1:3, dan 0:4.

Asal dari tanah liat dan batubata yang digunakan sebagai pembanding adalah batu bata yang dibuat oleh pengrajin batu bata di Desa Turi, Sumberagung, Bantul. Adapun parameter yang digunakan untuk menilai kualitas batubata yang dihasilkan adalah berdasarkan kuat tekannya.

METODA

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian eksperimen dengan rancangan *post-test with control group*.⁴⁾ Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan secara analitik menggunakan uji t-test bebas (*independent sample t-test*) dari program komputer *SPSS versi 19 for windows*.

Jumlah total sampel benda uji adalah sebanyak 50 buah batu bata merah dengan tiap-tiap proporsi perbandingan terdiri dari 10 buah batu bata merah ditambah 10 buah batu bata pembanding atau kontrol.

Penelitian telah dilakukan pada bulan Mei 2012. Secara garis besar jalannya penelitian terdiri dari: 1) tahap persiapan yang meliputi: mengurus perijinan, menyiapkan alat dan bahan, dan mengambil lumpur IPAL Sewon; 2) tahap pelaksanaan yang meliputi: persiapan tanah liat, lumpur IPAL, dan air; serta pembuatan batubata.

Pembuatan adonan batu bata sesuai dengan variasi perbandingan antara tanah liat dan lumpur kering yang sudah ditetapkan. Masing-masing adonan dibasahi dengan air, sambil di aduk menggunakan cangkul hingga tercampur rata dan dieramkan selama 2 x 24

jam. Setelah diaramkan, masing-masing adonan diperciki air sedikit sambil diaduk hingga rata. Setelah itu masing-masing adonan dicetak menggunakan cetakan yang kayu yang sudah ada.

Pencetakan batubaya dilakukan di atas tanah yang rata dan terbuka. Setelah agak kering dan kaku, batu bata mentah ditempatkan pada tempat pengeringan dengan ditumpuk bersap ke atas hingga lebih kurang ada 12 lapis batu bata mentah. Selanjutnya bila batu bata mentah telah kering, dimasukkan ke dalam lokasi pembakaran yang terbuat dari tungku agar proses pembakarannya dapat berjalan dengan baik. Pembakaran di tungku menggunakan potongan-potongan kayu dan sekam padi sebagai bahan bakarnya.

Setelah kering atau jadi, batu bata diujikan di Laboratorium Konstruksi Balai Pengujian Informasi Permukiman dan Bangunan dan Pengembangan Jasa Konstruksi Yogyakarta atau BPIPBP JK dengan menggunakan mesin penguji beton.

HASIL

Hasil pengukuran kuat tekan batu bata baik dari kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel 1 di bawah dapat diketahui bahwa angka rata-rata kuat tekan paling tinggi dimiliki oleh batu bata kontrol dengan 22,57 kg/cm² dan berkisar antara 21,67 dan 23,37 kg/cm². Adapun dari kelompok perlakuan, diketahui bahwa kuat tekan rerata batu bata dengan perbandingan 3:1 adalah yang paling tinggi, yaitu sebesar 18,74 kg/cm² dan berkisar antara 18,10 dan 19,43 kg/cm²; dan perbandingan 0:4 adalah yang paling rendah dengan rerata 0 kg/cm².

Berdasarkan data pada Tabel 1, pada Tabel 2 disajikan data selisih kuat tekan antara batu bata kelompok kontrol dengan batu bata kelompok perlakuan pada semua perbandingan campuran. Dari tabel tersebut diketahui bahwa dibandingkan dengan batubata kontrol yang dibuat oleh pengrajin, kuat tekan

batu bata dengan perbandingan campuran 3:1, turun antara 2,24 hingga 5,06 kg/cm² dengan rerata 3,82 kg/cm²; atau dalam bentuk prosentase turun antara 10,3 % hingga 21,9 % dengan rerata 16,9 %.

Tabel 1.
Hasil pengukuran kuat tekan batu bata

Ulangan ke	Kuat tekan (kg/cm ²)				
	Kontrol	Perbandingan tanah liat dan lumpur			
		3:1	2:2	1:3	0:4
1	22.52	18.99	15.01	11.04	0
2	22.10	19.21	15.90	11.48	0
3	21.89	18.32	14.79	10.38	0
4	23.16	18.10	15.67	11.26	0
5	22.95	18.32	15.23	10.38	0
6	22.31	18.54	14.57	11.70	0
7	21.67	19.43	15.67	10.82	0
8	22.74	18.77	15.9	11.26	0
9	23.37	19.21	14.79	11.04	0
10	22.95	18.54	15.01	11.48	0
jumlah	225.66	187.43	152.54	110.84	0
rerata	22.57	18.74	15.25	11.08	0

Batubata pada perlakuan perbandingan campuran lumpur 2:2, dibanding batubata kontrol, kuat tekannya turun mulai 6,00 hingga 8,58 kg/cm² dengan rata-rata 7,31 kg/cm², atau jika dalam bentuk prosentase, turun antara 27,7 % hingga 36,7 % dengan rerata 32,4 %.

Dari tabel yang sama juga terlihat bahwa batubata pada perlakuan perbandingan campuran lumpur 1:3, dibandingkan dengan batubata kontrol kuat tekannya turun lebih banyak lagi, yaitu rata-rata 7,31 kg/cm², dengan kisaran mulai 10,61 hingga 12,57 kg/cm², atau jika dalam bentuk prosentase, turun antara 47,6 % hingga 54,8 % dengan rerata 50,9 %.

Adapun untuk batubata yang dibuat sepenuhnya dari lumpur IPAL, atau dengan kata lain perbandingan campuran antara tanah liat dan lumpur yang digunakan 0:4, kuat tekannya semua adalah 0 kg/cm², sehingga selisih kuat tekannya dengan batubata kontrol adalah 100 %.

Tabel 2
Selisih kuat tekan batu bata kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan

Ulangan ke	Kontrol	Selisih kuat tekan dengan kontrol (kg/cm ²)			
		Perbandingan tanah liat dan lumpur			
		3:1	2:2	1:3	0:4
1	22.52	3.53 (15,7%)	7.51 (33,4%)	11.48 (50,5%)	22.52 (100%)
2	22.10	2.89 (13,1%)	6.20 (28,1%)	10.62 (48,1%)	22.10 (100%)
3	21.89	3.57 (16,3%)	7.10 (32,4%)	11.51 (52,6%)	21.89 (100%)
4	23.16	5.06 (21,9%)	7.49 (32,3%)	11.90 (51,4%)	23.16 (100%)
5	22.95	4.63 (20,2%)	7.72 (33,6%)	12.57 (54,8%)	22.95 (100%)
6	22.31	3.77 (16,9%)	7.74 (34,7%)	10.61 (47,6%)	22.31 (100%)
7	21.67	2.24 (10,3%)	6.00 (27,7%)	10.85 (50,1%)	21.67 (100%)
8	22.74	3.97 (17,5%)	6.84 (30,1%)	11.48 (50,5%)	22.74 (100%)
9	23.37	4.16 (17,8%)	8.58 (36,7%)	12.33 (52,8%)	23.37 (100%)
10	22.95	4.41 (19,2%)	7.94 (34,6%)	11.47 (50,0%)	22.95 (100%)
X	22.57	3.82 (16,9%)	7.31 (32,4%)	11.48 (50,9%)	22.57 (100%)

Adanya selisih kuat tekan antara batubata pembanding yang dibuat oleh pengrajin dengan batubata yang dibuat dengan penambahan lumpur hasil pengolahan limbah, menunjukkan bahwa kualitas batu bata yang disebut terakhir adalah lebih rendah.

Secara deskriptif terlihat bahwa semakin banyak jumlah lumpur yang ditambahkan, maka akan semakin banyak penurunan kuat tekannya, bahkan untuk batubata yang dibuat sepenuhnya dari lumpur, kuat tekannya adalah 0 kg/cm². Atau dengan kata lain, semakin banyak lumpur yang ditambahkan maka kualitas batubata yang dihasilkan akan semakin rendah.

Untuk menguji apakah kuat tekan di antara kelompok perlakuan memang berbeda, dilakukan analisis secara statistik dengan uji t-test bebas. Uji statistik tersebut digunakan karena dari hasil uji menggunakan Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai p=0,114 yang berarti data

terdistribusi secara normal dan oleh karenanya selanjutnya dapat menggunakan uji statistik parametrik.

Dari hasil uji t terhadap perbedaan kuat tekan di antara batubata yang sudah dibuat, baik dari kelompok kontrol maupun perlakuan, diperoleh nilai p semuanya untuk tiap pasangan pengujian lebih kecil dari 0,001, sehingga dapat dikatakan bahwa kuat tekan di antara kelompok batu bata memang berbeda secara bermakna atau signifikan.

PEMBAHASAN

Salah satu prinsip pengelolaan limbah 3 R (*reduce, reuse, dan recycle*) dapat dilaksanakan dalam penelitian ini, yaitu *recycle* atau mendaur ulang limbah berupa lumpur sisa pengolahan yang telah dikeringkan menjadi sesuatu yang berguna yaitu batu bata sebagai bahan utama untuk mendirikan bangunan.

Untuk membuat batubata dibutuhkan lumpur IPAL Sewon sebanyak 10 bagian yang diambil dengan menggunakan ember plastik sedang bervolume 10 liter. Tanah liat juga diambil dengan menggunakan ember plastik sedang sebanyak 10 bagian.

Selanjutnya dari 10 bagian lumpur dan 10 bagian tanah liat dibuat lima buah adonan batubata, masing-masing untuk perbandingan 4:0 (atau kontrol), 3:1, 2:2, 1:3, dan 0:4. Hasil akhir adonan ditempatkan dalam empat bagian ember yang mampu menghasilkan 15 buah batu bata berukuran 220 mm x 105 mm x 5 mm.

Pemanfaatan lumpur IPAL Sewon sebagai bahan campuran pembuatan batu bata dapat mengurangi penggunaan tanah liat yang biasanya diambil dari lahan produktif yang masih dapat digunakan untuk pertanian yang dapat menyebabkan kerusakan lahan pertanian itu sendiri.

Batu bata merah adalah unsur penting yang digunakan untuk membuat suatu bangunan. Bahan bangunan untuk membuat batu bata merah berasal dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain yang kemudian di-

bakar pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam dalam air.⁵⁾

Parameter yang dapat menentukan kualitas batu bata, salah satunya adalah pengukuran kuat tekan. Kuat tekan adalah kemampuan beton dalam menahan tekanan hingga terjadinya patahan pertama.⁶⁾ Parameter tersebut diuji menggunakan mesin "indo test".

Pembuatan batu bata kontrol oleh pengrajin pada penelitian ini adalah dengan mengambil tanah liat yang berasal dari salah satu lahan persawahan yang masih produktif untuk pertanian. Tahap awal pembuatan batu bata dilakukan dengan mengambil tanah tersebut kemudian diberi air secukupnya sampai berbentuk seperti adonan yang kemudian dibiarkan selama dua hari.

Dari proses pencetakan adonan batubata pada semua kelompok penelitian dengan cetakan kayu terdapat perbedaan daya lengket adonan. Pada adonan kontrol serta adonan perbandingan 3:1 dan 2:2, daya lengket tanah liat masih ada dan masih banyak yang lengket pada tangan pembuat, sedangkan pada perbandingan 1:3, daya lengket pada tangan berkurang atau hanya sedikit lengket, dan pada adonan perbandingan 0:4, daya lengketnya sangat sedikit sekali, bahkan bisa dikatakan hampir tidak lengket.

Proses pencetakan adonan dengan perbandingan 1:3 susah dilakukan karena pada saat penarikan cetakan, setengah bagian dari adonan masih menempel pada cetakan. Pada adonan dengan perbandingan 0:4, pencetakannya semakin sangat sulit dilakukan.

Setelah batubata selesai dicetak, kemudian dikeringkan. Setelah agak kering pada sebelah bawah hasil cetakan kemudian dibersihkan dengan cara dikerik dengan pisau. Batubata lalu disusun dengan aturan penyusunan mengikuti bangunan candi dan dibiarkan kering selama 2 minggu.

Batubata yang sudah kering kemudian siap untuk dibakar. Dalam hal ini, batu bata yang diuji kuat tekannya adalah batu bata yang sudah jadi atau sudah dibakar.

Dari hasil pengujian di laboratorium konstruksi, terlihat bahwa kuat tekan tertinggi dari batubata yang dibuat dengan pencampuran lumpur dan tanah liat, masih belum memenuhi standar baku mutu SII-0021-78 yaitu 25 kg/cm². Hal ini dapat terjadi karena umur pengeringan batu bata yang dilakukan masih kurang sempurna sebelum dilakukan pembakaran.

Proses pengeringan pada minggu pertama penelitian kurang didukung oleh cuaca. Hal tersebut berbeda dengan minggu selanjutnya di mana cuaca baik untuk proses pengeringan. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas kuat tekan batu bata karena lama atau umur pengeringan batu bata pada suhu yang optimal akan berpengaruh pada peningkatan kualitas kuat tekan batu bata. Pengeringan selama 28 hari, nilai kuat tekannya adalah yang paling bagus.⁷⁾

Pencetakan sebagai proses selanjutnya juga akan berpengaruh terhadap kualitas kuat tekan batu bata, karena batubata yang dicetak secara manual atau menggunakan tenaga manusia, akan berbeda kualitasnya dibandingkan batubata yang dicetak dengan menggunakan alat *press* yang menghasilkan batubata dengan kuat tekan yang lebih tinggi.

Selanjutnya, proses pencetakan yang dilakukan di tempat yang terbuka dan di atas tanah yang tidak rata akan berpengaruh pula pada tidak ratanya hasil cetakan. Hasil cetakan yang permukaannya tidak rata tersebut, selanjutnya akan berpengaruh pada kualitas kuat tekan batu bata karena pemeriksaan kualitas kuat tekan batu bata yang diteliti adalah memberikan tekanan per satuan luas hingga batubata itu pecah.⁸⁾

Batu bata dari kelompok perlakuan perbandingan 3:1, dalam penelitian ini adalah yang paling efektif karena menghasilkan kuat tekan dengan rerata sebesar 18,74 kg/cm², atau berselisih 3,82 kg/cm² atau 16,88 % dengan kuat tekan dari kelompok kontrol.

Adapun batu bata yang dihasilkan oleh kelompok perlakuan perbandingan 0:4 menghasilkan rata-rata kuat te-

kan 0 kg/cm^2 , di mana terhadap batu-bata-batubata tersebut tidak dilakukan pengujian, karena hanya dengan dipegang saja oleh tangan, batu bata tersebut hancur.

Penurunan kuat tekan batubata terjadi karena tekstur tanah IPAL Sewon terdiri dari lempung, debu dan pasir. Kadar pasir yang terlalu banyak dapat mengurangi sifat plastis dari tanah liat, sehingga menyebabkan penurunan kualitas batubata yang dihasilkan.⁹⁾

Kualitas batu bata dari masing-masing kelompok perlakuan masih belum memenuhi nilai kuat tekan menurut SII-0021-78, sehingga batu bata yang dibuat dari campuran lumpur IPAL tidak dapat digunakan untuk membangun bangunan yang dihuni oleh manusia dan bangunan yang memiliki berat atau tekanan yang tinggi, misalnya untuk membuat pagar, taman, tempat duduk di taman, kolam ikan dan sebagainya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi penambahan lumpur hasil pengolahan limbah IPAL Sewon berpengaruh terhadap kuat tekan, sebagai parameter kualitas batu-bata yang dihasilkan. Namun pengaruh tersebut sifatnya negatif, atau dengan kata lain, penambahan lumpur akan menurunkan kualitas batubata yang dihasilkan.

Batubata yang dibuat dengan pencampuran satu bagian lumpur dengan tiga bagian tanah liat, merupakan batu-bata yang paling tinggi kuat tekannya, walaupun masih dibawah standar yang ditetapkan dalam SII-0021-78 yaitu sebesar 25 kg/cm^2 .

SARAN

Walaupun masih belum memenuhi kualifikasi yang ditetapkan oleh SII, lumpur hasil pengolahan limbah di IPAL Sewon dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran tanah liat dalam pembuatan batubata. Namun, karena keterbatasannya, batubata yang dihasilkan sebaiknya tidak digunakan untuk pembuatan

bangunan yang akan berpenghuni serta bangunan yang membutuhkan berat atau tekanan yang tinggi

Bagi masyarakat pemanfaatan lumpur IPAL Sewon sebagai bahan tambahan dalam pembuatan batu bata, dapat menambah jumlah produksi batu bata tetapi sekaligus dengan mengurangi penggunaan tanah liat. Sementara bagi pengelola IPAL Sewon, pemanfaatan lumpur dapat mengurangi timbunan yang ada sekaligus mengurangi efek negatif, khususnya terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat, yang dapat ditimbulkan oleh keberadaan lumpur tersebut.

Adapun penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah berkaitan dengan mencari perbandingan atau rasio penambahan lumpur yang paling efektif, yaitu di bawah 3:1, yang dapat memberikan hasil yang paling memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Muharini, A., dkk. 2001. *Studi Karakterisasi Migrasi Fosfat Lumpur IPAL Yogyakarta dalam Tanah Menggunakan Perunut*. Jurnal Teknik Lingkungan: Universitas Gajah Mada.
2. Wijaya, T. I., 2011. *Pengaruh Penambahan Styrofoam terhadap Kuat Tekan dan Beban Tekan Batako yang Diproduksi Di Pilahan Kelurahan Rejowinangun Kotagede*. Yogyakarta: Karya Tulis Ilmiah tidak diterbitkan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes, Yogyakarta.
3. Masthura, 2010. *Karakterisasi Batu Bata dengan Campuran Abu Sekam Padi*, Skripsi tidak diterbitkan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan,
4. Notoatmodjo, S., 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Rineka Cipta, Jakarta.
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1978. *Bata Merah sebagai Bahan Bangunan (NI-10- 1978)*, Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung.
6. Departemen Pekerjaan Umum, 1978. *Mutu dan Uji Bata Merah Pejal (SII-*

- 0021-1978), Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan, Bangunan.
7. Siregar, N., 2010. *Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu dan Tanah Liat pada Pembuatan Batu Bata*. Skripsi tidak diterbitkan, Universitas Sumatera Utara, Medan.
 8. Rochadi dan Irianta, G., 2007. *Kualitas Bata Merah dari Pemanfaatan Tanah Bantaran Sungai Banjir Kanal Timur*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
 9. Julianto, E. N. *Pengaruh Campuran Pasir Sungai Penggaron terhadap Kualitas Hasil Pembuatan Bata*, Skripsi tidak diterbitkan, Univeritas Negeri Semarang; Semarang.