

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI BIOGAS MENGUNAKAN BIODEGESTER DI INDUSTRI TAHU - KARTASURA

Indah Pratiwi¹⁾

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta¹⁾

Jl. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

Telepon (0271) 717417 ekst 237

e-Mail : indahpratiwi_ums@yahoo.co.id¹⁾

Abstrak

Pabrik tahu di wilayah Purwogondo Kartasura berjumlah 26 pengrajin, menggunakan total bahan baku kedelai 170 kg per hari. Jumlah limbah cair yang dihasilkan sekitar 41.813,2 liter per hari/pabrik. Pemilihan lokasi di dekat bibir sungai untuk menghindari terjadinya bau yang tidak enak, karena pembuangan limbah tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

IPAL biogas digester merupakan hasil penerapan teknologi tepat guna, menggunakan fiber reinforced plastic digester skala rumah tangga, manfaatnya : (1) membantu proses pengolahan air limbah (2) sebagai energi alternatif untuk keperluan rumah tangga dan produksi.

Permasalahan yang muncul saat ini adalah : (1) Semakin langka dan mahalnya bahan bakar (kayu bakar, sekam, berambut, grajen atau minyak tanah) yang digunakan. Kebutuhan bahan bakar untuk memasak 170 kg kedelai adalah 70 kg grajen, harga Rp 3.000/kg maka Rp 210.000,- /hari. (2) Limbah cair belum dimanfaatkan dan langsung dibuang begitu saja ke perairan mengakibatkan pengairan menjadi tercemar, dan simpanan air tanah menjadi kotor dan timbulnya bau menyengat.

Solusi yang ditawarkan : (1) Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), gas-gas lain, dan air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. (2) Biogas adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna dan mudah terbakar. Limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku sumber energi biogas.

Kata Kunci : Limbah cair, Biogas, Biodegester

Pendahuluan

Sentra Industri Tahu Dusun Purwogondo Kelurahan Kartasura Kecamatan Kartasura adalah salah satu sentra industri Tahu yang terkenal di wilayah Kabupaten Sukoharjo. Desa ini terletak kira-kira 13 Km kearah Barat dari Kota Surakarta. Sarana transportasi ke daerah ini cukup mudah dan bisa dilewati hampir semua angkutan umum yang menuju ke Semarang. Letak sentra industri Tahu yaitu tersebar disekitar pinggir jalan utama Solo-Semarang.

Letak yang strategis dan mudah dijangkau membuat tahu Kartasura semakin dikenal dan hal itu membuat konsumen mudah untuk menjangkaunya. Tahu yang dihasilkan di Kelurahan ini sudah terkenal untuk wilayah Surakarta dan sekitarnya karena awet tanpa formalin dan mempunyai citarasa yang khas. Tradisi yang sudah turun temurun membuat Tahu

Kartasura semakin dikenal dan semakin luas jangkauan pasarnya. Dengan mengandalkan pasar yang ada maka produksi Tahu yang ada di desa ini dapat dikembangkan, terutama wilayah Surakarta, Boyolali, Klaten, Wonogiri, dan lain-lain.

Selama ini, bahan baku untuk membuat Tahu berasal dari biji kedelai lokal maupun import. Untuk menghasilkan citarasa yang khas, maka diperlukan campuran antara biji kedelai lokal dengan biji kedelai import dengan komposisi 70:30 atau menurut selera. Biji kedelai lokal didapat dari daerah Wonogiri, Purwodadi, Bojonegoro dan selama ini tidak menjadi kendala mengenai jumlah pasokan, selalu tersedia. Harga yang tidak stabil membuat pengrajin sering membuat variasi pada komposisi campuran biji kedelai.

Analisis Situasi

Usaha pembuatan Tahu ini sudah dilakukan sejak tahun 1960-an, dan dilakukan secara turun temurun. Dalam perkembangannya, saat ini terdapat 26 pengrajin yang tergabung dalam Paguyuban „Sumber Rejeki“ yang khusus membuat Tahu dengan berbagai variasi, yaitu : Tahu putih, Tahu kuning, Tahu keras dan Tahu goreng. Setiap pengrajin setiap harinya mampu menggiling 150-200 kg biji kedelai dengan memperkerjakan 4-5 orang. Semua pengrajin dalam memproduksi masih menggunakan sistem pesanan yang diambil oleh pengepul untuk disetorkan ke pasar-pasar tradisional di wilayah Surakarta dan sekitarnya. Oleh karena semakin langka dan mahalnya harga bahan bakar (kayu bakar, sekam, berambut, grajen, atau minyak tanah) untuk memasak dalam proses produksi, maka rata-rata pengrajin hanya mampu memenuhi permintaan daerah Surakarta, dengan penghasilan bersih rata-rata Rp 2.000.000 setiap pengrajin per bulan. Sementara itu masih banyak daerah yang membutuhkan pasokan Tahu dari daerah Kartasura ini.

Industri pengolahan Tahu tersebut selain menghasilkan produk utama berupa Tahu dalam berbagai bentuk, juga menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat banyak dimanfaatkan untuk pakan ternak dan tempe gembus. Sedangkan limbah cair belum dimanfaatkan sama sekali dan langsung dibuang begitu saja ke perairan. Akibatnya perairan menjadi tercemar, begitu pula dengan simpanan air tanah yang ditandai oleh kotornya wilayah perairan dan timbulnya bau menyengat. Teknologi pengolahan pembuatan tahu perlu diimbangi dengan penghematan penggunaan bahan bakar untuk proses produksi. Limbah cair yang dihasilkan oleh kelompok industri kecil Tahu dapat diolah menjadi biogas dan biogas yang dihasilkan diharapkan mampu mencukupi penggunaan bahan bakar untuk proses produksi.

Latar Belakang Masalah

Pengrajin rata-rata menggunakan total bahan baku kedelai 170 kg per hari, dengan output Tahu yang cukup banyak tentu diikuti juga dengan jumlah limbah cair yang dikeluarkan sekitar 41.813,2 liter per hari¹. Industri Tahu Kartasura hampir semua berlokasi di bibir sungai, pemilihan lokasi di dekat bibir sungai atas dasar pertimbangan pembuangan limbahnya untuk menghindari terjadinya bau yang tidak enak.

Sebagian besar industri Tahu di Kartasura membuang limbahnya langsung ke bibir sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Namun ada 2 unit IPAL komunal terpadu yang telah sadar akan kelestarian lingkungan yaitu dengan mengolah air limbah sisa proses produksinya dengan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biogas atas bantuan dari Kementerian Lingkungan Hidup. IPAL biogas merupakan hasil penerapan teknologi tepat guna. IPAL

menggunakan *fiber reinforced plastic digester* skala rumah tangga jenis ini selain memberikan manfaat dalam membantu proses pengolahan air limbah produksi juga memberi manfaat berupa energi alternatif yang dapat dipergunakan bagi keperluan rumah tangga dan produksi.

PERMASALAHAN

Permasalahan yang muncul pada industri Tahu Kartasura, adalah :

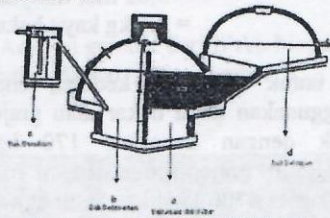
1. Semakin langka dan mahalnya bahan bakar (kayu bakar, sekam, berambut, grajen atau minyak tanah) yang digunakan. Kebutuhan bahan bakar untuk memasak 170 kg kedelai per hari rata-rata 70 kg grajen dengan harga Rp 3.000/kg adalah Rp 210.000,-
2. Limbah cair belum dimanfaatkan sama sekali atau langsung dibuang begitu saja ke perairan mengakibatkan pengairan menjadi tercemar, begitu pula dengan simpanan air tanah yang ditandai oleh kotornya wilayah perairan dan timbulnya bau menyengat. Limbah cair yang dihasilkan tiap pengrajin adalah 170 kg x 9,46 liter/kg = 1.608,2 liter per hari, dan 41.813,2 liter/hari untuk 26 pengrajin.
3. Kesenjangan teknologi pada penerapan teknologi untuk pengolahan limbah cair. Pelatihan untuk pengembangan teknologi pengolahan limbah cair Tahu yaitu pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biogas pernah dilakukan berupa 2 unit dengan sistem komunal bantuan dari Kementerian Lingkungan Hidup, namun masih perlu ditingkatkan, dan investasi tambahan untuk penerapan teknologi IPAL biogas menggunakan *fiber reinforced plastic digester* skala rumah tangga sangat terbatas.
4. Akses hemat bahan bakar untuk pemasakan proses produksi dan kebutuhan rumah tangga, dimana dengan pembuatan teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biogas limbah cair dari industri Tahu diubah menjadi biogas bahan bakar minyak untuk keperluan masak di rumah tangga dan industri.
5. Keterbatasan Modal, penghasilan tiap hari yang diterima oleh pengrajin sekitar Rp 70.000,- dan ini hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup. Hal ini menyebabkan tidak ada pemikiran dan usaha untuk melakukan teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biogas.

LANDASAN TEORI

Bak equalisasi merupakan bak penampungan sementara, fungsinya menampung inlet dari proses produksi sebelum dialirkan melalui bak sedimentasi. Bak sedimentasi mempunyai fungsi memisahkan padatan terendapkan dari limbah yang kemudian diteruskan ke bak anaerobik filter. Pada proses bak anaerobik fermentasi hakekatnya adalah proses yang

¹ Kapasitas limbah cair = 9,46 liter/kg x 170 kg biji kedelai x 26 pengrajin = 41.813,2 liter/hari

terjadi karena aktivitas mikroba dengan menggunakan saringan anaerobik.



Gambar 1 : Instalasi IPAL Biogas

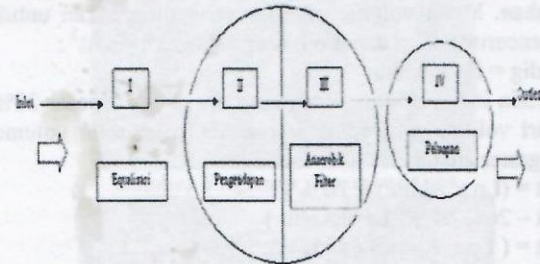
Produk akhir dari proses ini adalah gas metana. Produk akhir dari fermentasi menghasilkan asam-asam volatile dengan serat molekul rendah seperti asetat, laktat dengan jumlah yang bervariasi. Asam-asam volatile dan alkohol tersebut digunakan sebagai sumber energi dengan jumlah yang bervariasi atau sumber karbon oleh beberapa bakteri yang bersifat obligat anaerobik seperti halnya bakteri metana. Bakteri tersebut dalam proses metabolismenya akan menghasilkan gas metana. Penggunaan saringan anaerobik guna menangani limbah telah digunakan untuk jenis limbah terlarut yang encer dan media filter ditempatkan dalam suatu tangki dan limbah yang akan disaring dilakukan dari arah bawah. Pada prinsipnya metode ini menggunakan sifat pertumbuhan mikroba yang mampu tumbuh pada bagian permukaan media atau bagian alas media dan juga celah-celah yang ada pada wadah sehingga menyerupai lubang-lubang pada suatu ketebalan tertentu. Mikroba dapat berkembangbiak hingga menyelubungi media penyaring. Gelembung udara yang terbentuk di tempat yang terdapat endapannya menyebabkan partikel-partikelnya akan berpindah tempat, termasuk sel-sel mikroba yang ada dan pemisahannya dapat dilakukan karena pertumbuhan sel pada wadah yang bercelah tersebut. Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah pemisahan sel yang relatif mudah dan waktu proses yang singkat. Selanjutnya luapan dari bak anaerobik ditampung pada bak peluapan.

Berdasarkan pengamatan, tata letak (*lay out*) areal industri yang dipakai telah mampu menampung peralatan produksi, bahan baku, hasil produksi, dan sarana pendukung lainnya. Penerangan dan ventilasi bangunan memadai pada tempat proses produksinya dari mulai perendaman sampai dengan proses penggumpalan, juga tidak tercium bau yang kurang sedap di dalam ruang produksi. Tidak tersedia sarana pencegah serangga seperti kawat kasa karena desain bangunan tidak berbentuk ruangan melainkan lahan lahan yang diberi atap.

Tata letak ruangan diatur menurut aliran proses produksi, dengan tujuan produksi dapat berjalan lancar dan resiko pencemaran bahan baku atau produk dapat ditekan serendah mungkin.

Skema Alur IPAL, dari tempat produksi, limbah dialirkan menuju IPAL melalui selokan yang tertutup. Limbah kemudian memasuki bak equalisasi diteruskan ke bak pengendapan selanjutnya diteruskan

ke bak anaerobik fermentasi, luapan bak anaerobik diteruskan pada bak peluapan kemudian langsung keluar dialirkan langsung ke sungai karena letaknya di pinggir sungai.



Gambar 2 : Proses Alur Pengolahan Limbah Pabrik Tahu

SOLUSI YANG DITAWARKAN

Menurut hasil penelitian Basuki dalam Raliby Oesman dkk (2008)², limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH₄), karbondioksida (CO₂), gas-gas lain, dan air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. Biogas adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna dan mudah terbakar. Limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku sumber energi biogas.

1. Kapasitas Limbah Cair Tahu

Pada sentra pengrajin Tahu di Desa Kartasura berdasarkan identifikasi kebutuhan biji kedelai setiap pengrajin mencapai 170 kg/hari. Jadi kapasitas limbah cair yang dihasilkan dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas limbah cair} &= \text{koefisien limbah} \times \text{jumlah} \\ & \text{kedelai yang diolah} \\ &= 9,46 \text{ liter/kg} \times 170 \text{ kg/hari} \\ &= 1.608,2 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

2. Pemenuhan Kebutuhan Bahan Bakar

Pengolahan limbah cair dari kapasitas 1,6082 m³/hari tersebut, dapat diperoleh gasbio setara dengan 2,550 m³/hari. Hal ini dihitung berdasarkan interpolasi tiap kg biji kedelai menghasilkan 15 liter gasbio, sehingga kapasitas gasbio mencapai 2,550 m³/hari. Sedangkan kebutuhan energi untuk memasak bagi keluarga dengan anggota 4-5 orang, diperlukan 1,5 m³/hari, sehingga gasbio hasil fermentasi dari limbah cair Tahu cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga atau mendukung proses produksi.

² Raliby Oesman, Retno, Imron., 2008, Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Industri Pengolahan Tahu, Laporan Penelitian Balitbang Jateng (tidak dipublikasikan)

3. Kemampuan Digester

Hal pertama yang harus diperhatikan dalam membangun digester adalah jumlah bahan yang tersedia tiap hari dan lama proses untuk mencerna bahan. Maka volume digester yang dibutuhkan untuk mencerna bahan dapat dihitung sebagai berikut³ :

$$V_{dig} = Lp \times Abhn$$

Selain itu diperhitungkan ruang untuk gas sebesar 20% dari volume total biodegester. Sehingga total volume digester adalah :

$$V_t = (Lp \times Abhn) + 20\% V_t$$

$$V_t - 20\% V_t = (Lp \times Abhn)$$

$$V_t = (Lp \times Abhn) / 80\%$$

Dimana V_{dig} = volume digester (liter)

V_t = volume total digester (liter)

Lp = lama proses (hari)

$Abhn$ = aliran bahan (liter/hari)

Sehingga $V_t = (Lp \times Abhn) / 80\%$

$$V_t = (8 \times 1.608,2) / 80\% = 1.608 \text{ liter} = 1,608 \text{ m}^3$$

4. Lama Waktu Fermentasi

Secara reguler waktu yang diperlukan untuk memfermentasi limbah cair Tahu menjadi gasbio mencapai 3 minggu tergantung pada kualitas limbahnya. Dengan penambahan stater dalam hal ini EM4 dengan komposisi 0,5%, proses pembentukannya menjadi satu minggu lebih cepat. Dalam percobaan di laboratorium dengan penambahan stater 1,5% waktu yang diperlukan untuk fermentasi mencapai 8 hari.

5. Efektivitas Pembentukan Biogas

Bahan bakar yang digunakan penduduk desa pada umumnya adalah minyak tanah dan kayu bakar. Kebutuhan energi untuk memasak didapat dari konsumsi energi untuk memasak di pedesaan Indonesia/kapita/tahun menurut Hadi⁴ (1979) sebagai berikut (Tabel 1) :

Tabel 1 : Konsumsi Energi untuk Memasak di Pedesaan Indonesia/Kapita/Tahun

Bahan Bakar	Jml (kg)	Jml	Nilai Kalor (10^3 kkal)	Effisiensi (%)	Kebutuhan Energi Memasak (10^3 kkal)
Kayu Bakar	879,3	1758 m ³	3077,5	22,4	689,36
Semak dan nabati lain	162,4	0,325 m ³	568,5	22,4	127,34
Jumlah	1041,7	2083	3645,9		816,70
Minyak Tanah		19,074 liter	186,9	35	65,13
Jumlah			3832,92		882,13

Dalam Petunjuk Pelaksanaan DME⁵, diketahui bahwa :

³ Meynell, 1976, Methane : Planning a digester, Prism Press, Great Britain

⁴ Hadi, Burhaman, Hartoyo, 1979, Penggunaan Kayu Bakar dan Limbah Pertanian di Indonesia (Laporan Perkembangan), Departemen Pertanian, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor, Indonesia

⁵ Petunjuk Pelaksanaan Desa Mandiri Energi, 2008, Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Pengembangan Biogas

1 m³ biogas setara dengan = 0,4 kg Gas LPG
= 0,62 liter minyak tanah
= 3,5 kg kayu bakar

6. Efisiensi

Selama ini untuk memasak kedelai, energi yang dipakai menggunakan kayu bakar atau grajen. Untuk sekali masak dengan kapasitas 170 kg kedelai diperlukan 0,35 m² grajen setara dengan 70 kg grajen dengan nilai kalori 4700 kkal/kg. Sehingga kebutuhan kalori yang diperlukan untuk memasak kedelai setara dengan 329.000 kkal. Berdasarkan penelitian 170 kg kedelai menghasilkan gasbio 2,550 m³/hari atau setara dengan 2.550 liter gasbio dengan nilai kalor 4,785 kkal/liter. Sehingga panas dari gasbio yang dihasilkan mencapai 12.201,75 kkal.

Effisiensi dengan penggunaan gasbio sebagai pengganti grajen adalah :

$$\text{Effisiensi} = \left\{ \frac{329.000 - 12.201,75}{329.000} \right\} \times 100\% = 96,29\%$$

Deskripsi Program Pelaksanaan Kegiatan

Tahapan kegiatan :

1. Penengalan dan pelatihan kepada para UMKM tentang penggunaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biogas menggunakan *fiber reinforced plastic* digester skala rumah tangga untuk menghemat bahan bakar proses produksi dan mengurangi pencemaran lingkungan.
2. Penerapan teknologi modern yaitu, pembuatan IPAL Biogas menggunakan *fiber reinforced plastic* digester skala rumah tangga bekerjasama dengan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sukoharjo.
3. Pemberian bantuan peralatan untuk pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biogas.
4. Evaluasi dan monitoring untuk melakukan perbaikan dan modifikasi biodigester jika diperlukan baik dalam bidang peningkatan mutu produk, mengaktifkan paguyuban, maupun strategi pemasaran.

Teknologi Proses Penerapan Teknologi IPAL Biogas

Sistem IPAL Biogas Industri Tahu memiliki skala rumah tangga dengan digester menggunakan bahan *fiber reinforced plastic* dengan bagian :

- a. Digester, dengan spesifikasi : berbentuk tabung, berbahan fiber, ukuran diameter 180 cm dan tinggi 190 cm, volume ruang 4,476 m³, luas penampang 2,543 m², dan HRT 49 hari.
- b. Plastik penampung gas, dengan spesifikasi : bahan plastik polyethylene, volume 2000 liter/2m³.
- c. Kompor Biogas, bahan plat.
- d. Pengaman gas, bahan PVC dan fiber

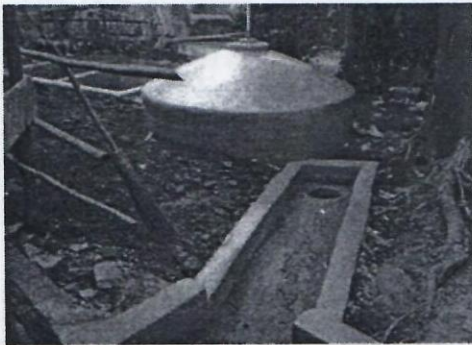
Limbah Ternak dan Pengembangan Desa Mandiri Berbasis Jarak Pagar, Direktorat Jendral Pengolahan Dan Pemasaran Hasil Pertanian

- e. Selang serat instalasi dan pipa 1/5", panjang 20 meter

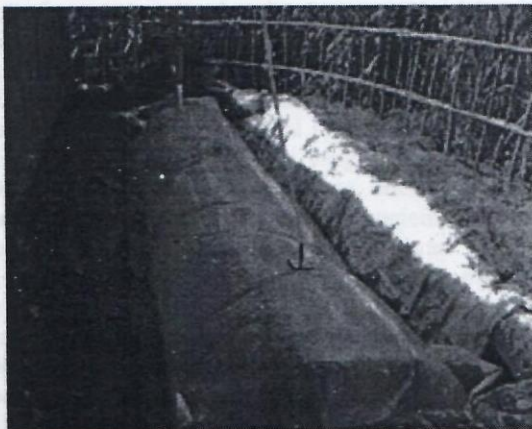
Adapun gambar dari IPAL biogas skala rumah tangga dapat dilihat pada gambar 3 – gambar 7 di bawah ini:



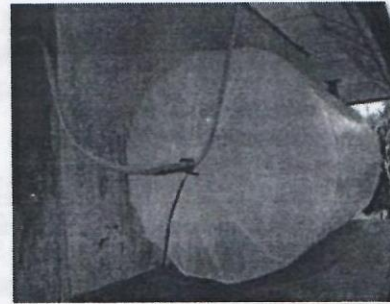
Gambar 3 : Air sungai tercemar limbah cair tahu berwarna keruh



Gambar 4 : Digester berbahan fiber model *fixed dome*



Gambar 5 : Digester berbahan *fiber reinforced plastic*



Gambar 6 : Plastik penampung gas



Gambar 7 : Kompor biogas dengan bahan plat

TARGET LUARAN

Tujuan utama kegiatan ini adalah penerapan teknologi dan pengolahan limbah cair untuk produksi biogas, serta penghematan penggunaan bahan bakar minyak untuk rumah tangga dan industri, sedangkan target luaran yang diharapkan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat :
 - (a) dapat terjaga kesehatan lingkungannya terutama dari sumber-sumber air yang tercemar dan bau busuk yang ditimbulkan.
 - (b) dapat memanfaatkan biogas yang dihasilkan sebagai alternatif bahan bakar yang dapat digunakan untuk kebutuhannya sehari-hari
2. Bagi pengrajin terutama industri pengolah tahu,
 - (a) dapat mengurangi biaya produksi dengan memanfaatkan limbah cair sebagai biogas, dengan demikian harga jual tahu tidak terlalu tinggi, dan dapat dinikmati oleh seluruh lapisan masyarakat.
 - (b) menumbuhkan kegiatan ekonomi daerah sekitar sentra Tahu Kartasura.
 - (c) optimalisasi sumber daya manusia, terutama para pengrajin Tahu.
 - (d) meningkatnya kesejahteraan pengrajin dan keluarganya dengan penghematan penggunaan bahan bakar minyak.
 - (e) terwujudnya kelompok usaha bersama UMKM paguyuban Tahu dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menerapkan manajemen usaha yang berkelanjutan.
3. Bagi pemerintah, dapat turut membantu meningkatkan Pendapatan Asli Daerah, dengan

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2010 Bidang Teknik Industri

semakin berkembangnya kuantitas maupun kualitas industri pengolahan tahu di wilayahnya.

4. Bagi institusi,
 - (a) mendekatkan peran LPPM dalam pengembangan UMKM di wilayah Kartasura, Sukoharjo.
 - (b) menjalin hubungan kerjasama pembinaan UMKM dengan lembaga/Dinas terkait.

REFERENSI

- Hadi, Burhaman, Hartoyo, 1979, *Penggunaan Kayu Bakar dan Limbah Pertanian di Indonesia (Laporan Perkembangan)*, Departemen Pertanian, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor, Indonesia
- Meynell, 1976, *Methane : Planning a digester*, Prism Press, Great Britain
- Raliby Oesman, Retno, Imron., 2008, *Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Industri Pengolahan Tahu*, Laporan Penelitian Balitbang Jateng (tidak dipublikasikan)
- Petunjuk Pelaksanaan Desa Mandiri Energi, 2008, *Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Pengembangan Biogas Limbah Ternak dan Pengembangan Desa Mandiri Berbasis Jarak Pagar*, Direktorat Jendral Pengolahan Dan Pemasaran Hasil Pertanian