

PENGOLAHAN LIMBAH TEMPE DAN KOTORAN SAPI MENJADI BIOGAS DAN PUPUK ORGANIK CAIR DI KAMPUNG CILOKOTOT KABUPATEN BANDUNG

Galu Murdikaningrum¹⁾, Lia Muliati²⁾, Rini Sitawati³⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Insan Cendekia Mandiri

³⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Insan Cendekia Mandiri

Email: galu_murdikaningrum@uicm.ac.id

ABSTRACT

Cilokolot Village, RT 02 RW 02, Margahayu Selatan, Bandung Regency, is a densely populated area where traditional tempeh production occurs. In this village, there are two small-scale tempeh factories involving seven artisans, processing approximately 700 kg of soybeans daily. This study focuses on one factory, which is smaller and utilizes traditional technology, with a production capacity of 200 kg per day and firewood as its fuel source. The tempeh production process consists of boiling, soaking, separating, washing soybeans, fermenting, and packaging, which generates significant volumes of liquid waste. One of the tempeh artisans also has a livestock farm with ten cattle, fifteen goats, and a few turkeys, ducks, and chickens. Waste from tempeh and animal manure is often discharged directly into rivers and vacant land, leading to air, soil, and water pollution, which poses health risks. Biogas energy is produced through microbial processing of organic waste, such as vegetable scraps, fruit peels, leftover rice, livestock manure, and tempeh waste. The main components of biogas are methane and carbon dioxide. The objectives of this study are: 1) to educate artisans on the negative impacts of tempeh waste and livestock manure on the environment; 2) to install a Wastewater Treatment Plant (WWTP) for managing tempeh waste and cattle manure; 3) to provide training and support for processing tempeh waste and animal manure into biogas and Liquid Organic Fertilizer (LOF); and 4) to conduct training on the application of LOF to crops. The methods employed include outreach, training, technology implementation, ongoing support, and evaluation. The results indicate that: 1) artisans actively participated in socialization sessions addressing the negative impacts of tempeh waste and livestock manure; 2) the WWTP for tempeh waste and cattle manure has been successfully installed on land provided by the artisans; 3) training and support for operating the WWTP resulted in the successful production of biogas and LOF, which provide added value and benefits; and 4) training on the application of LOF to demonstration plots has been conducted, with enthusiastic participation from the artisans.

Keywords: *tempeh waste, cattle manure, biogas, Liquid Organic Fertilizer (LOF)*

ABSTRAK

Kampung Cilokolot RT 02 RW 02 Desa Margahayu Selatan, Kabupaten Bandung merupakan pemukiman yang padat penduduk. Di kampung tersebut terdapat dua pabrik tempe berskala rumahan yang melibatkan tujuh pengrajin tempe dengan kapasitas produksi sekitar 700 kg kedelai per hari. Satu pabrik berukuran kecil dan menggunakan teknologi tradisional berkapasitas 200 kg/hari, bahan bakar berupa kayu bakar. Proses pembuatan tempe terdiri dari: perebusan, perendaman, pemisahan, pencucian kedelai, peragian, dan pengepakan. Proses perebusan, perendaman, dan pencucian kedelai menghasilkan limbah cair tidak sedikit. Salah satu pengrajin tempe memiliki peternakan sapi, kambing, kalkun, bebek dan ayam. Sapi yang ditenak saat ini berjumlah sepuluh ekor, kambing lima belas

ekor, sedangkan kalkun, bebek dan ayam ditenak dalam jumlah yang tidak banyak. Limbah tempe dan kotoran hewan dibuang begitu saja di sungai dan lahan kosong, sehingga menimbulkan polusi udara, tanah dan air serta mengganggu kesehatan. Energi biogas merupakan energi hasil pengolahan dengan bantuan mikroba terhadap limbah organik, seperti sisa sayur-sayuran, kulit buah, sisa nasi, kotoran ternak, limbah tahu dan tempe serta limbah lainnya. Penyusun utama biogas adalah gas metana dan gas karbon dioksida. Tujuan dari kegiatan ini adalah: 1) Mengedukasi pengrajin akan dampak negatif limbah tempe dan kotoran hewan terhadap lingkungan; 2). Mengadakan IPAL tempe dan kotoran sapi; 3). Melaksanakan pendampingan dan pelatihan pengolahan limbah tempe dan kotoran hewan menjadi biogas dan POC; 4). Melakukan pelatihan aplikasi POC ke dalam tanaman tanaman. Metode pengabdian yang dilakukan adalah melalui sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi. Hasil dari pengabdian ini: 1). Mitra antusias dalam mengikuti sosialisasi penanganan dampak negatif limbah tempe dan kotoran hewan terhadap lingkungan; 2). IPAL tempe dan kotoran sapi telah terpasang di lahan yang disediakan mitra; 3). Pelatihan dan pendampingan operasional IPAL telah berhasil menghasilkan biogas dan POC yang memiliki nilai tambah dan bermanfaat; 4). Pelatihan aplikasi POC ke dalam plot tanaman telah dilakukan dan diikuti oleh mitra dengan penuh antusias.

Kata Kunci: limbah tempe, kotoran sapi, biogas, POC,

PENDAHULUAN

Kampung Cilokolot RT 02 RW 02 Desa Margahayu Selatan, Kecamatan Margahayu, Kabupaten Bandung merupakan pemukiman yang padat penduduk. Di kampung tersebut terdapat tujuh pengrajin tempe berskala rumahan yang melibatkan sepuluh kepala keluarga dengan kapasitas produksi sekitar 700 kg kedelai per hari. Tujuh pengrajin tersebut melakukan kegiatan pembuatan tempe di dua pabrik skala rumahan. Kedua pabrik berjarak kurang lebih 50 m. Satu pabrik sudah memanfaatkan teknologi semi modern dan digunakan oleh lima orang anggota berkapasitas sekitar 500 kg/hari dan satu pabrik lagi berukuran lebih kecil berkapasitas 200 kg/hari, bahan bakar berupa kayu bakar. Salah satu pengrajin tempe memiliki peternakan sapi, kambing, kalkun, bebek dan ayam. Sapi yang ditenak saat ini berjumlah sepuluh ekor, kambing lima belas ekor, sedangkan kalkun, bebek dan ayam ditenak dalam jumlah yang tidak banyak. Limbah cair pembuatan tempe dan kotoran hewan langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu, sehingga menimbulkan bau menyengat. Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 memperlihatkan proses perebusan kedelai, alat pemisah kulit kedelai, hewan ternak sapi, dan sungai tempat pembuangan limbah cair pembuatan tempe.



Gambar 1. Tangki Perebusan kedelai modern dan tradisional dan Alat Pemisah kulit kedelai



Gambar 2 Hewan Ternak Sapi



Gambar 3. Sungai Buangan Limbah Tempe

Proses pembuatan tempe ada beberapa tahapan, yaitu: perebusan, perendaman, pemisahan, pencucian kedelai, peragian, dan pengepakan. Proses perebusan, perendaman, dan pencucian kedelai memerlukan air dalam jumlah yang tidak sedikit. Hasil penelitian di Kawasan Semanan diperoleh data bahwa pengolahan 1 kg kedelai mejadi tempe memerlukan air sebesar 13,3 liter dan menghasilkan 12,2 liter air limbah (Pakpahan dkk, 2021), dan analisa limbah cairnya menghasilkan parameter BOD5 805,79 – 2383,81 mg/L, COD 26764,3 – 53849,33 mg/L, TSS 123,67 – 1162,33 mg/L (Pakpahan dkk, 2021). Hasil analisa tersebut jauh melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan dalam Permen No. 5 Tahun 2014, yaitu: kadar BOD, COD, TSS berturut-turut adalah 150 mg/L, 300 mg/L, dan 100 mg/L, pH limbah dalam rentang 6 – 9 dan kuantitas air limbah paling tinggi 10 m³/ton bahan baku untuk pengolahan kedelai (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Satu ekor sapi dapat menghasilkan 20-30 kg limbah padat dan 100-150 liter limbah cair setiap harinya (Fidela dkk, 2024). Limbah ternak bisa mengakibatkan timbulnya masalah higienis yang diklasifikasikan dalam tiga jenis masalah, yaitu adanya produksi gas noxious, terjadinya kontaminasi tanah akibat kandungan kotoran ternak yang berlebih, dan polusi air. Oleh karena itu, sangat penting peternak memperhatikan pengelolaan limbah ternaknya (Fidela dkk, 2024).

Berdasarkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah tempe dan limbah ternak, maka limbah tersebut diolah menjadi biogas dan pupuk organik cair (POC). Biogas merupakan bahan bakar hasil pengolahan limbah organik, seperti sisa sayur-sayuran, kulit buah, sisa nasi, kotoran ternak, limbah tahu dan tempe serta limbah lainnya dengan bantuan mikroba. Penyusun utama biogas adalah gas metana dan gas karbon dioksida. Manfaat pengolahan limbah menjadi biogas di antaranya bisa digunakan untuk memasak dan sebagai bahan bakar generator listrik serta mengurangi gas rumah kaca. Kementerian ESDM mencatat (Pertamina Gas, 2024), di seluruh Indonesia biogas rumah tangga yang telah terpasang sebanyak 47505 unit yang menghasilkan biogas sebesar 75044,2 m³/hari atau sekitar 36,72 juta m³/tahun. Kementerian ESDM menargetkan sampai dengan tahun 2025 sebanyak 5,5 GW energi yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) (Pertamina Gas, 2024). Hasil samping biodigester adalah *bioslurry* yang bisa dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair (POC). Sebagai sumber mikroorganisme pada pengolahan limbah, digunakan EM-4 yang berisi kumpulan kultur mikroorganisme menguntungkan yang bersifat fermentif, terdiri dari: jamur fermentasi, ragi, bakteri fotosintetik, dan bakteri asam laktat. Mikroorganisme tersebut berfungsi menguraikan senyawa organik dan menangkap gas penyebab bau seperti H₂S, amonia, dan lain lain (Badrah dkk, 2021). Penggunaan EM4 yang memberikan tekanan biogas terbesar diperoleh pada konsentrasi 1 % (Muzakki dkk, 2021). Nutrisi sangat berpengaruh dalam pengembangbiakan mikroorganisme. Pemberian nutrisi gula sebesar 1 % terhadap bahan baku menghasilkan biogas dengan konsentrasi terbesar, yaitu 53,8 % pada hari ke 18

Ada tiga tahapan pembuatan biogas, yaitu:

1. Pelarutan. Pada tahapan ini bahan tidak larut seperti lemak, polisakarida dan selulosa dihidrolisa menjadi bahan larut di air seperti asam lemak dan karbohidrat yang berlangsung pada suhu 25 °C (Seoprijanto dkk, 2022).
2. Pengasaman. Senyawa rantai pendek hasil proses hidrolisis diubah menjadi asam asetat, hidrogen dan karbondioksida oleh bakteri anaero dan menghasilkan gas metan. Reaksi samping selain pembentukan asam asetat adalah perubahan senyawa rantai pendek menjadi alkohol, karbondioksida, asam amino, hidrogen sulfida dan metana dalam jumlah sedikit.
3. Gasifikasi. Pada proses gasifikasi, asam asetat hasil pengasaman diubah oleh bakteri *methanobacterium* menjadi gas metana dan karbondioksida dengan reaksi :



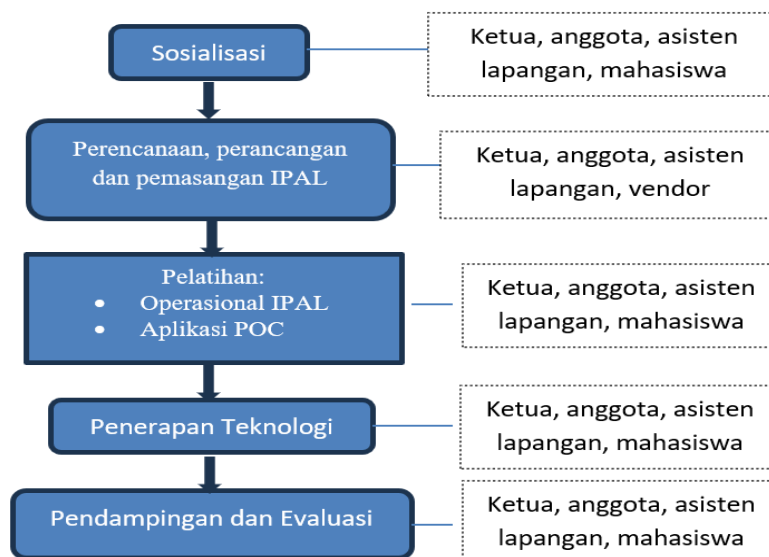
Biogas yang dihasilkan mengandung 50-70 % metana, 30-40 % karbondioksida dan gas lainnya dalam jumlah yang kecil.

METODE

Tahapan pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh tim pelaksana terdiri dari:

1. Sosialisasi mengenai dampak negatif limbah tempe dan kotoran hewan terhadap lingkungan.
2. Perencanaan, perancangan dan pemasangan instalasi pengolahan limbah (IPAL) tempe dan kotoran sapi.
3. Pelatihan mengenai operasional IPAL dan aplikasi POC ke tanaman. Operasional IPAL dilakukan sambil praktik pembuatan biogas dan POC. Bahan baku yang diperlukan: limbah cair tempe, kotoran sapi, EM-4 sebagai sumber mikroorganisme, gula merah sebagai sumber makanan *mikroorganisme*.
4. Penerapan teknologi yang dilaksanakan adalah teknologi pengolahan limbah tempe dan kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik cair (POC)
5. Pendampingan dan evaluasi. Kegiatan ini dilakukan oleh tim pelaksana dan mahasiswa. Pendampingan produksi biogas dari limbah tempe dan kotoran sapi di dalam biodigester dilakukan selama 45 hari dan dievaluasi terhadap keberhasilan produk.

Diagram alir kegiatan pengabdian, peran ketua, anggota tim, mahasiswa, vendor, asisten lapangan dalam kegiatan disajikan pada Gambar 4.



Acti'

Gambar 4. Diagram Alir Kegiatan Pengabdian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan yang dilaksanakan tim pelaksana beserta mahasiswa dibagi dalam beberapa tahapan dengan hasil sebagai berikut:

1. Sosialisasi Penanganan Dampak Limbah Cair Tempe dan Kotoran Sapi terhadap lingkungan dilaksanakan tanggal 29 Juni 2024 di Masjid Al-Fathonah Kampung Cilokotot. Kegiatan diikuti dua puluh orang yang terdiri dari tim pelaksana, mahasiswa, dan pengrajin tempe kampung Cilokotot. Materi sosialisasi meliputi, sosialisasi dampak negatif limbah tempe dan kotoran sapi terhadap lingkungan, pengolahan limbah tempe dan kotoran sapi menjadi biogas dan POC, serta aplikasi POC pada tanaman. Hasil kegiatan ini berupa peningkatan kesadaran para pengrajin tempe terhadap dampak negatif limbah tempe terhadap lingkungan dan diperolehnya pengetahuan bahwa limbah tempe dan ternak bisa diolah menjadi gas dan POC. Gambar 5 memperlihatkan kegiatan sosialisasi yang telah dilaksanakan.



Gambar 5. Sosialisasi Solusi Penanganan Dampak Limbah Cair Tempe dan Kotoran Sapi terhadap Lingkungan.

2. Pelatihan dilakukan sebanyak dua kali, yaitu: 1). Pelatihan operasional IPAL tempe dan kotoran sapi, meliputi : cara dan resep penginputan limbah tempe, kotoran sapi, EM-4 sebagai sumber mikroorganismen dan gula sebagai sumber makanan mikroorganismen, membaca manometer, dan cara menyalakan kompor biogas; 2). Pelatihan aplikasi POC ke tanaman, meliputi: pengenceran POC, jadwal dan cara pemberian POC ke tanaman. Hasil dari kegiatan ini para pengrajin mampu melakukan secara mandiri pengolahan limbah tempe dan ternak serta mengaplikasikan hasil POC untuk menyuburkan tanaman sesuai arahan dari pelaksana pengabdian. Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan kegiatan pelatihan yang telah dilaksanakan bersama para pengrajin tempe dan masyarakat di sekitarnya.



Gambar 6. Pelatihan Operasional Biodigester (Penginputan limbah ternak dan tempe, serta EM-4 ke Bak Kontrol)



Gambar 7. Pelatihan Aplikasi POC ke dalam tanaman

3. Pada tahapan penerapan teknologi, diawali dengan observasi volume limbah tempe dan kotoran hewan yang dihasilkan setiap harinya, dilanjutkan dengan rancangan dan penempatan instalasi biodigester, bak inlet/kontrol, bak outlet, saluran dari buangan limbah ke bak inlet, saluran gas dari digester ke kompor biogas. Setelah *lay-out* instalasi disepakati dengan mitra, maka peralatan difabrikasi dan dipasang. Penggalian tanah mulai dilakukan tanggal 21 Agustus 2024 dan selesai tanggal 26 Agustus 2024. Pengiriman digester beserta perlengkapannya pada tanggal 29 Agustus 2024 dan pemasangan instalasi dilaksanakan tanggal 31 Agustus 2024 sampai dengan tanggal 02 September 2024. Ukuran digester 2 m³, bak inlet 0,4 m³, dan bak outlet sebesar 1 m³. Setelah instalasi dan peralatan semua terpasang, maka dilakukan penginputan limbah cair tempe, kotoran hewan dan EM-4 sebagai sumber mikroorganisme serta gula sebagai sumber makanan mikroorganismenya. Penginputan kotoran sapi, EM-4, dan gula dimulai tanggal 06 September 2024. Setiap harinya limbah tempe yang dimasukkan ke dalam digester kurang lebih 30 liter, kotoran sapi 40 liter dan EM-4 350 mL dan gula merah 250 gram. Setelah dilakukan penginputan selama delapan hari, yaitu tanggal 13

September 2024, telah keluar gas dari saluran gas dan barometer yang terpasang menunjukkan angka 4 kPa. Namun ketika kompor dinyalakan tidak menghasilkan api. Hal ini menunjukkan bahwa gas yang dihasilkan sebagian besar kandungannya adalah gas CO₂ yang bersifat mematikan api. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa tujuh hari pertama akan terjadi reaksi yang menghasilkan gas CO₂. Pada tanggal 14 September 2024, delapan hari setelah penginputan telah diperoleh luaran di bak outlet. Luaran ini bisa digunakan sebagai POC. Pada tanggal 22 September 2024 dilaksanakan pelatihan aplikasi POC pada tanaman. POC hasil pengolahan yang tertampung di bak outlet memiliki pH 5 (asam). Oleh karena itu sebelum disiramkan ke tanah, maka POC diencerkan dahulu sepuluh kalinya (pH sekitar 6). Penginputan limbah tempe dan kotoran sapi ke dalam biodigester dilakukan secara terus menerus sampai dengan 42 hari, namun biogas yang dihasilkan masih belum bisa menyala. Setelah penginputan dihentikan selama 3 hari, biogas yang dihasilkan berhasil menyala. Gambar 9 menunjukkan nyala api dari biogas.



Gambar 8. IPAL: Bak inlet/kontrol, biodigester, bak outlet, saluran gas, dan manometer



Gambar 9. Nyala biogas

4. Pendampingan dan evaluasi.

Pendampingan dilakukan pada saat penginputan limbah cair tempe, kotoran sapi, EM-4, dan gula merah, pengukuran tekanan, dan penyalaaan kompor biogas. Dari hasil

pendampingan diperoleh bahwa biodigester telah beroperasi dengan baik, terbukti dengan dihasilkannya POC yang mampu menyuburkan tanaman ketika diaplikasikan dengan pengenceran 10 kali ke dalam demplot tanaman. Biogas yang dihasilkan telah menyala pada hari ke 45 setelah dilakukan pemeraman tiga hari (biodigester tidak diisi umpan limbah tempe dan kotoran sapi). Dari kegiatan ini, tim menyimpulkan bahwa perlu dilakukan pemeraman limbah di dalam biodigester selama 3 hari agar menghasilkan biogas dengan kandungan metana yang cukup untuk menyala.

KESIMPULAN

Sosialisasi dan pelatihan yang dilakukan berdampak kuat terhadap peningkatan kesadaran dan keterampilan para pengrajin tempe dalam pengolahan limbah tempe dan ternak menjadi biogas dan POC. IPAL tempe dan kotoran sapi yang telah terpasang di lahan yang disediakan oleh mitra beroperasi dengan baik, POC yang dihasilkan telah terbukti bisa menyuburkan tanaman, dan biogas yang dihasilkan telah menyala dan dimanfaatkan oleh mitra.

SARAN

- 1) Diperlukan pemasangan tangki penampung limbah untuk memberikan kesempatan biodigester pemeram limbah selama tiga hari agar bisa menghasilkan biogas dengan kandungan metane yang cukup untuk menyala.
- 2) Pupuk organik cair bisa lebih ditingkatkan lagi kualitasnya, sehingga bisa menjadi produk komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, ijinkan kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak, di antaranya:

- 1) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi c.q. Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana pengabdian dengan No Kontrak Induk DRTPM-LLDikti No. 126/E5/PG.02.00/PM.BARU/2024 dan No. Kontrak Turunan LLDikti-UICM dengan No. 040/SP2H/PPM/LL4/2024.
- 2) Ibu Yulianti Nurjamilah (Ketua Kelompok Pengrajin Tempe Kampung Cilokotot), LPMI UICM, dosen dan mahasiswa Prodi Teknik Kimia UICM yang telah membantu pada tahapan pengajuan proposal, pelaksanaan dan penyusunan Laporan kemajuan dan Laporan Akhir kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrah, S., Aidina, R. P., & Anwar, A. (2021). Pemanfaatan Effective Microorganisms 4 (EM4) menggunakan media biofilm untuk menurunkan amonia dan fosfat pada limbah cair rumah sakit. *Faletehan Health Journal*, 8(2), 102–108. Tersedia pada: <https://www.journal.lppm-stikesfa.ac.id/ojs/index.php/FHJ>
- Fidela, W., Putri, D. N., Ayu, D., Sari, J. K., Regina, & Berlian, T. (2024). Pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas sebagai upaya pengendalian limbah peternakan. *Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains*, 5(2), 186–192. <https://doi.org/10.55448/em>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup. Tersedia pada: <https://www.menlhk.go.id>
- Muzakki, J. A., & Probolinggo, M. (2021). Pengaruh penambahan bioaktivator EM-4 terhadap produksi biogas dari limbah cair industri tahu. *Cermin: Jurnal Penelitian*, 5(2).
- Pakpahan, M. R. R. B., Ruhayat, R., & Hendrawan, D. I. (2021). Karakteristik air limbah industri tempe (Studi kasus: Industri tempe Semanan, Jakarta Barat). *Jurnal Bhuwana*, 11 Desember, 164–172.
- Pertamina Gas. (2021). Energi biogas, dari limbah menjadi berkah. Pertamina Gas. Diakses 26 Maret 2024, dari <http://www.pertagas.pertamina.com/Portal/Content/Read/48>
- Soeprijanto, Suprpto, H., Puspita, N. F., Pudjiastuti, L., & Setiawan, B. (2022). Pembuatan biogas dari kotoran sapi menggunakan biodigester di Desa Jumput, Kabupaten Bojonegoro. *Sewagati*, 1(1), 17–25. Tersedia pada: <https://journal.its.ac.id/index.php/sewagati/article/view/294>