

PENERAPAN PRODUKSI BERSIH INDUSTRI TAPIOKA UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN

Yuli Retnani

Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan
Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, email: yuli.retnani@yahoo.com

Abstract

Tapioca industry is one of the agroindustries that can be found in many places in Indonesia. The activity of tapioca industry usually creates environmental pollution, due to its solid, liquid and gas wastes. Therefore, it is important to treat the pollution through techniques of cleaner production as an integrated and preventive environmental management strategy to prohibit and reduce wastes in industrial process.

In Tapioca Industries located in Bogor, variables of experience in production, area of production, total labour, job experience of labor and liquid waste volume are statistically significant difference. The largest production of liquid waste was about 96 percent, meanwhile almost 100 percent of it was thrown away to the river.

Almost all of the tapioca industries in Bogor are small scale industries and have not implemented the cleaner production practices yet. Results of the survey showed that careless in discharging process of solid and liquid wastes and the absent of waste treatment caused pollution.

Key words: tapioca industry, pollution, waste.

Pendahuluan

Industri tapioca merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian (*agroindustry*) yang cukup banyak tersebar di Indonesia. Industri tapioca di Pulau Jawa merupakan penghasil tapioca tertinggi yaitu sebesar 6.939.931 ton atau 0,6% dari keseluruhan produksi tapioca Indonesia yang mencapai 11.280.251 ton (Biro Pusat Statistik, 1993). Limbah pabrik tepung tapioka bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air, oleh karena tepung tapioka adalah komponen pati yang hamper murni (Greenfield, 1971).

Kondisi industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan

Comment [u1]: Bahasa Inggris masih perlu diperbaiki agar lebih jelas dan efisien, dan harus menampilkan hasil riset meskipun secara singkat.

Comment [u2]: ..that can be found in... sudah dibetulkan

Comment [u3]: Bisakah disebutkan persentase dari totalnya? 0,6%

industri tersebut, sehingga sudah selayaknya diperhatikan dan dikendalikan. Jika tidak ditangani secara seksama limbah tapioka yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas, berpotensi besar mencemari lingkungan. Apalagi sebagian besar industri tapioka berlokasi dekat permukiman yang padat penduduk dan ditepi sungai, sehingga sering terdengar keluhan dan kritikan dari masyarakat sekitar areal pabrik yang apabila tidak ditanggapi secara serius dapat menimbulkan demonstrasi dan pengrusakan yang tidak diinginkan.

Upaya untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang biasanya dilakukan industri tapioka saat ini hanya merupakan pengolahan limbah pada waktu akhir proses produksi (*end of pipe treatment*). Cara ini masih kurang efektif karena membutuhkan lahan yang lebih luas, waktu dan biaya yang lebih mahal dibandingkan apabila pengendalian limbah tersebut dilakukan secara preventif mulai dari awal proses produksi. *Cleaner production* atau produksi bersih adalah suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terintegrasi untuk mencegah dan atau mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya atau lebih tepatnya pada keseluruhan siklus pembuatan suatu produk. Pengertian strategi produksi bersih bermakna sangat luas karena di dalamnya mencakup upaya pencegahan pencemaran, minimisasi limbah, teknologi bersih, *and of pipe treatment* dan remediasi (Bapedal, 1996).

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan meminimisasi pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh industri tapioka yang selama ini selalu menghasilkan Limbah Padat Industri Tapioka (LIPIT) dan Limbah Cair Industri Tapioka yang mencemari lingkungan.

Comment [u4]: Bisa lebih spesifik dari sekedar ingin mengetahui? Dan meminimisasi

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Bogor dan sekitarnya, guna memperoleh data kualitas dan kuantitas limbah industri tapioka (LIPIT dan LICIT) di seluruh daur proses produksi, juga untuk mengetahui sejauh mana penerapan produksi bersih industri tapioka di lapangan. Lokasi penelitian terdiri dari 4 kecamatan yaitu kecamatan Sukaraja (terdiri atas Desa Cikeas, Cijujung, Pasir Jambu, Cadas Ngampar dan Pasiraja), Kecamatan Citeureup (Desa Kadungmangu), Kecamatan Cibinong (Desa Karadenan dan Kampung Pisang) dan Kecamatan Bogor Utara (Desa Cimahpar).

Comment [u5]: Metode penelitian belum menjelaskan siapa, kapan, dimana, bagaimana dst proses studi dijalankan. Bagaimana memilih lokasi dan subyek studi? Apakah studi ini bersifat kualitatif → studi kasus? Atau kuantitatif? Penjelasan ini perlu untuk menguji validitas studi sekaligus konstruk studi tsb. Sudah ditambahkan

Data diperoleh dengan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi dan lokasi industri tapioka yang meliputi: (1) pengkajian proses produksi dan teknologi yang diterapkan

oleh industri tapioca, (2) identifikasi bahan kimia yang digunakan dan klasifikasinya menurut potensi pencemaran, (3) identifikasi metode atau cara penyimpanan, pemindahan, dan penggunaan bahan-bahan kimia yang berpotensi dan berbahaya terhadap lingkungan maupun bagi kesehatan, (4) identifikasi sumber dan karakteristik limbah, (5) identifikasi cara-cara minimisasi limbah yang telah dijalankan oleh industri tapioka, evaluasi efektivitas, masalah, hambatan, keuntungan, kerugian dari cara-cara minimisasi limbah yang dijalankan oleh industri tapioka.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

A. Lokasi

Industri tapioca berada di daerah lembah (lebak) yang ada aliran sungainya dan areal terbuka. Pemilihan lokasi semacam ini mempunyai keuntungan, yaitu mempermudah pemenuhan kebutuhan air dan secara tidak langsung kebisingan mesin tidak mengganggu ketenangan penduduk. Dengan pemilihan lokasi daerah lembah, maka air akan mengalir dengan lancar tanpa bantuan tenaga untuk memompa. Air biasanya didapatkan dari sumber mata air melalui pipa bambu, sedangkan sungai merupakan tempat pembuangan limbah cair dari proses pencucian umbi dan proses pengendapan. Areal terbuka dimaksudkan untuk memperoleh sinar matahari yang cukup banyak sebagai sumber panas untuk pengeringan.

Di daerah Bogor telah banyak berdiri pabrik-pabrik pengolahan singkong menjadi tepung tapioka. Pabrik pengolahan singkong ini masih bersifat industri rumah tangga dengan cara pengolahan tradisional. Pabrik pengolahan singkong menjadi tepung tapioka termasuk dalam lingkungan Dinas Pertanian karena industri ini diklasifikasikan dalam pengolahan pangan. Pada umumnya industri tapioka di daerah Bogor belum mempunyai ijin mendirikan perusahaan dari Dinas Pertanian, sehingga jumlahnya belum bias diketahui dengan pasti. Dari 34 kecamatan yang berada di Kabupaten Bogor hamper 80% dari keseluruhan industri tapioca berada di daerah Kedunghalang, sedangkan 20% sisanya menyebar di kecamatan lain.

Penelitian lapang dilakukan di 4 kecamatan yang merupakan daerah industri tapioca yaitu kecamatan Sukaraja, Citeureup, Cibinong dan Bogor Utara (Kotamadya Bogor) yang meliputi 9 desa dengan mengambil 46 industri. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ternyata keadaan industri tapioca di daerah Bogor semuanya merupakan industri kecil yang mempunyai skala usaha kurang lebih 1-2 ton bahan baku singkong per hari.

B. Keadaan Industri Tapioka di Daerah Bogor

Tipe bangunan industri yang digunakan sebagian besar bangunan permanen yang terbuat dari dinding dan atap genteng (94%) dan semi permanen yang terbuat dari bambu dan beratap genteng (6%), semua industri kecil tapioka ini memiliki tempat penampungan limbah padat (onggok), tetapi tidak mempunyai seksi lingkungan, penanganan limbah maupun pengawas produksi.

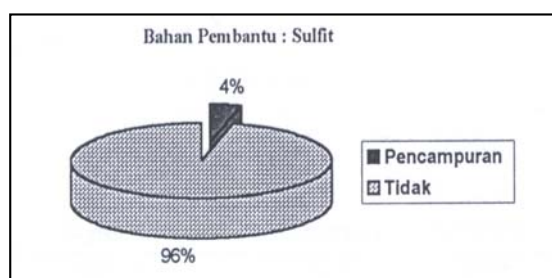
Comment [u6]: Bisa dijelaskan atau digambarkan definisi "permanen" dan "semi permanen" tsb? Sudah di jelaskan

Pada umumnya lokasi industri berada di perkampungan penduduk (78%) dan sekitar 22% berada di perkampungan penduduk yang dekat dengan aliran sungai. Menurut penilaian subjektif oleh pemilik industri tapioka, lokasi tersebut kondisi lingkungannya tidak tercemar (91%) dan lingkungan sekitar cukup mendukung keberadaan industri tapioka (89%) (Tabel 1).

Tabel 1. Gambaran karakteristik Usaha Industri Tapioka di Daerah Bogor

Karakteristik Usaha	Jumlah Industri	Persen (%)
Tipe bangunan : Permanen	43	94
Semi Permanen	3	6
Lokasi : Perkampungan penduduk	36	78
Perkampungan penduduk dekat aliran sungai	10	22
Lokasi Industri (menurut responden) : Tercemar	4	9
Tidak tercemar	42	91
Dukungan Lingkungan (menurut responden) : Mendukung	41	89
Tidak mendukung	5	11

Semua perusahaan yang ada melakukan pembelian singkong langsung dari petani. Perusahaan yang melakukan pemilihan terhadap singkong yang dibeli dari petani sebesar 80% dan perusahaan yang hanya menerima singkong dari petani tanpa bahan pembantu yang dipakai sebagai pemutih adalah sulfit yang dicampurkan dengan bahan olahan singkong yang akan diproduksi. Perusahaan yang melakukan pencampuran tersebut hanya 4% (2 perusahaan dan sisanya 96% tidak melakukannya (Gambar 1).

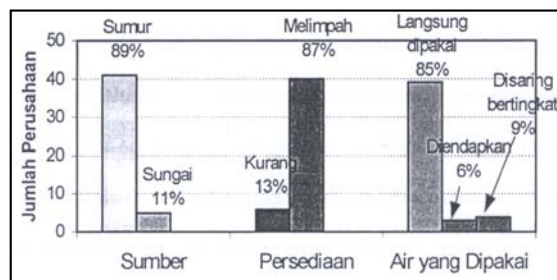


Gambar 1. Persentase Perusahaan yang Melakukan Pencampuran Bahan Pembantu

Perusahaan melakukan teknik pengupasan kulit singkong dengan pengerikan kulit singkong sebesar 26% dan pengupasan kulit singkong (menggoreskan pisau) paling banyak dilakukan sebesar 72%, serta 2% yang tidak melakukan pengupasan. Pada waktu pengupasan

singkong, perusahaan melakukan pemilihan bahan baku yang baik disortasi sekitar 61%, perusahaan yang kadang-kadang melakukan 6% dan tidak sama sekali 33%.

Pada proses pengupasan kulit singkong, akan terdapat limbah padat berupa kulit singkong dan kotoran. Perusahaan yang lebih banyak menghasilkan kulit sekitar 74%, sedangkan sisanya 26% perusahaan yang limbahnya berupa kulit dan kotoran.



Gambar 2. Distribusi Industri Tapioka Berdasarkan Air Pencucian, Persediaan Air, Cara Pemakaian Air

Pencucian singkong yang telah dikupas, masih dilakukan secara manual oleh semua perusahaan dengan menggunakan sumber air yang berasal dari sumur (89%) dan sungai (11%). Air yang dipakai untuk pencucian singkong maupun alat-alat, dibuang langsung oleh semua perusahaan (100%) tanpa didaur ulang, dimanfaatkan kembali ataupun diolah sebelum dibuang.

Air dari sumur dan sungai langsung dipakai oleh sekitar 39 perusahaan (85%), sebagian ada yang mengendapkannya terlebih dahulu sebanyak 3 perusahaan (6%) dan ada yang disaring bertingkat sebanyak 4 perusahaan (9%). Menurut 87% perusahaan, air yang tersedia cukup melimpah dan sisanya (13%) merasa kekurangan air (Gambar 2).

Untuk pamarutan umumnya sudah menggunakan mesin, yaitu sekitar 91% (42 perusahaan) dan yang masih manual 7%, sedangkan sisanya menggunakan mesin dan manual (2%). Teknik pengaturan singkong dalam mesin parutan dilakukan dengan tangan pada perusahaan-perusahaan yang menggunakan mesin. Hasil parutan yang halus lebih banyak pada perusahaan yang menggunakan mesin (91%) dan yang kasar sekitar 9% perusahaan. Untuk jenis singkong yang berbeda, pamarutan dilakukan di tempat terpisah oleh hamper semua industri (98%), yang hasil parutannya tidak dicampur dan di tempat yang sama sekitar 2% (Tabel 2). Hal ini berarti bahwa industri tapioka di kota Bogor lebih banyak menggunakan

alat mesin dengan kerja secara manual (tangan), jenis pengolahan secara terpisah dan hasil parutan diperoleh dengan tekstur yang halus.

Tabel 2. Distribusi Industri Tapioka Berdasarkan Proses Pamarutan Singkong

	Aspek	Jumlah Industri	Persen (%)
Alat yang dipakai	: Mesin	42	91
	Manual	3	7
	Keduanya	1	2
Pengaturan mesin	: Tangan	42	91
Tempat untuk 2 jenis singkong	: Terpisah	45	98
	Sama	1	2
Hasil Parutan	: Halus	42	91
	Kasar	4	9
Hasil parutan yang berbeda	: Dicampur	45	98
	Tidak dicampur	1	2

Comment [u7]: Bisakah diberikan penonjolan thdp nilai persen yang dominan? Sudah di jelaskan

Sumber air yang digunakan untuk pemerasan umumnya berasal dari sumur (89%) dan sungai (11%). Setelah proses pemerasan, air yang digunakan langsung dibuang ke lingkungan oleh semua perusahaan (100%), tidak dipakai ataupun tanpa perlakuan lebih lanjut. Limbah yang dihasilkan berupa ongkok . Pada umumnya perusahaan menjual limbah tersebut (98%) dan hanya 2% yang membuangnya. Alat yang dipakai dalam proses pemerasan adalah kain, sedangkan alat saringan goyang dan saringan putar tidak digunakan (Tabel 3).

Tabel 3. Distribusi Industri Tapioka Berdasarkan Proses Pemerasan Pati

	Aspek	Jumlah Industri	Persen (%)
Sumber air	: Sumur	41	89
	Sungai	5	11
Air Setelah Pemakaian	: Dibuang ke lingkungan	46	100
Limbah yang dihasilkan	: Ongkok	46	100
	Pemanfaatan Limbah	: Dibiarkan saja	1
Teknologi	: Dijual	45	98
	: Kain	46	100

Produk yang dihasilkan dalam pengeringan pati umumnya kasar berwarna putih didapatkan pada 96% perusahaan dan hanya terdapat 4% perusahaan yang produknya halus warna putih. Pengemasan produk tapioka dimasukkan dalam karung pada semua perusahaan tapioka. Limbah yang dihasilkan pada proses pengeringan pati umumnya berupa bau (gas) pada 94% perusahaan dan hanya 2% berupa debu serta 4% yang berupa bau dan debu.

Teknologi yang dipakai oleh semua perusahaan tapioka di Bogor untuk menghasilkan produk pati adalah pengendapan dengan sistem bak yaitu sistem pengendapan dalam kotak penampungan. Macam limbah akhir berupa limbah padat, cair, dan gas. Sekitar 98% perusahaan terdapat ketiga jenis limbah tersebut, dan 2% perusahaan yang limbahnya padat dan cair. Limbah yang paling banyak dihasilkan berupa limbah padat dan cair, sekitar 96% perusahaan dan 2% pada perusahaan yang limbahnya cair serta 2% yang limbahnya padat,

Comment [u8]: Bisa dijelaskan sepiantas bagaimana sistem ini bekerja. Sudah dijelaskan

cair dan gas. Untuk meminimisasi limbah padat, perusahaan melakukan pemanfaatan kembali yaitu pada 44 perusahaan (96%) dan sekitar 4% perusahaan melakukan daur ulang, sedangkan terhadap limbah cair yang dihasilkan, semua perusahaan melakukan pembuangan langsung ke badan air, baik sungai maupun lewat selokan yang berhubungan langsung dengan sungai. Aliran sungai yang digunakan untuk pembuangan limbah adalah Sungai Ciliwung dan Sungai Cikeas.

Apabila bukan musim hujan dan matahari bersinar, maka kegiatan minimisasi limbah padat lebih menguntungkan, karena dapat dilakukan pengeringan secara langsung di bawah matahari. Limbah padat ini dikeringkan dan dijual sebagai campuran kerupuk dan lem yang ditemui pada 96% perusahaan dan hanya 4% perusahaan yang merasa dampak minimisasi limbah padat ini merugikan, dengan alasan lebih senang dan lebih mudah membuang limbah padat ke badan perairan. Selain itu, alasan lainnya adalah karena tidak adanya lahan dan cukup waktu untuk mengeringkan limbah padat.

Perusahaan umumnya memiliki saluran pembuangan limbah cair dan limbah padat yang sama yaitu 96% perusahaan dan hanya 4% yang memiliki pembuangan yang berbeda. Hampir semua perusahaan melakukan sanitasi dengan cara penguyuran dengan air yang ditemui pada sekitar 93% dan sisanya 7% tidak melakukan sanitasi (Tabel 4).

Tabel 4. Distribusi Industri Tapioka Berdasarkan Produk Tapioka, Limbah yang Dihasilkan dan Kegiatan Sanitasi

	Aspek	Jumlah Industri	Persen (%)
Produk tapioca	: Kasar warna putih	46	100
Pengepakan produk	: Dengan karung	46	100
Jenis limbah	: Padat dan cair	1	2
	: Padat, cair dan gas	45	98
Limbah yang paling banyak	: Cair	1	2
	: Padat dan cair	44	96
	: Padat, cair dan gas	1	2
Limbah cair	: Dibuang langsung	46	100
Kegiatan Sanitasi	: Melakukan	3	7
	: Kadang-kadang	43	93

Pemilik industri tapioka yang tidak mempunyai ijazah/sertifikat atau tidak pernah mengikuti seminar/pelatihan dalam penanganan limbah tapioka yaitu sekitar 98% orang, dan hanya 2% yang pernah mengikuti pelatihan penanganan limbah. Penghasilan yang diterima paling banyak berkisar antara Rp. 600.000 – Rp. 750.000 per bulan (37%), sekitar 22% yang menerima penghasilan antara Rp. 450.000 – Rp. 600.000 per bulan, sebesar 19.5% yang menerima penghasilan antara Rp. 750.000 – Rp. 1.000.000 per bulan, sebesar 19.5% yang menerima penghasilan lebih dari Rp. 1.000.000 per bulan, dan sisanya 2% menerima penghasilan antara Rp. 300.000 – 450.000 per bulan.

Comment [u9]: Kenapa? Sudah dijawab

Comment [u10]: Apakah minimnya pelatihan penanganan limbah ini menjadi penyebab mereka tidak menangani limbah dgn baik dan benar? Bisa dimasukkan ke hipotesa studi.

Pengelompokan Industri Kecil Tapioka di Bogor

Pengelompokan industri tapioka di Bogor memperlihatkan 2 kelompok industri. Kedua kelompok ini masih tergolong sebagai industri berskala kecil, karena kemampuan produksinya kurang dari 5 ton bahan baku per hari (Bapedal, 1996). Kelompok I terdiri dari 5 industri dan kelompok II terdiri dari 41 industri.

Dari uji beda nilai tengah antara 2 kelompok itu, ada 5 peubah yang berbeda nyata yaitu pengalaman produksi perusahaan (tahun) dan luas lahan produksi (m^2), jumlah tenaga kerja (orang), jumlah limbah cair (m^3) dan pengalaman kerja responden (tahun).

Kelompok I lebih berpengalaman dalam memproduksi (28 tahun) dibandingkan kelompok II (10.4 tahun). Hal itu sesuai dengan pengalaman kerja responden, pada kelompok I (28 tahun) dan kelompok II (10.7 tahun). Luas lahan produksi 1902.8 m^2 (kelompok I) dan 524.2 m^2 pada kelompok II. Luasnya lahan berdampak pada jumlah tenaga kerja dan jumlah limbah cair yang besar. Jumlah limbah cair pada kelompok I sebesar 63.8 m^3 sedangkan kelompok II sebesar 26.72 m^3 . Jumlah singkong dalam sekali produksi, jumlah limbah padat, jumlah hari kerja setiap bulan dan volume produksi tapioka dalam sekali proses produksi yang tidak berbeda antara kelompok I dan II menunjukkan tidak efisiennya industri kecil tapioka, terutama dalam hal efisiensi produksi serta jumlah tenaga kerja. Pada kelompok I jumlah tenaga kerja rata-rata 16.2 orang dan kelompok II rata-rata 7.7 orang.

Limbah padat yang dihasilkan kelompok I sebesar 0.18 ton dan kelompok II sebesar 0.2 ton (tidak berbeda). Jumlah produksi tapioka untuk sekali proses produksi kelompok I rata-rata 0.52 ton dan kelompok II sebesar 0.49 ton (tidak berbeda). Jumlah hari kerja per bulan tidak berbeda, rata-rata 25.2 hari (kelompok I) dan 24.8 hari (kelompok II). Volume air yang dipakai dalam proses pengendapan pada kelompok I rata-rata 44.56 m^3 dan 27.49 m^3 pada kelompok II (tidak berbeda). Lama pengendapan pati juga tidak berbeda, yaitu 4 jam (kelompok I) dan 3.6 jam (kelompok II). Persentase tapioka yang dihasilkan dalam satu kali produksi, sejalan dengan persentase limbah padat yang dihasilkan. Pada kelompok I, persentase tapioka yang dihasilkan rata-rata 26%, sedangkan pada kelompok II persentase tapioka yang dihasilkan rata-rata 26.35% (Tabel 5).

Tabel 5. Peubah-Peubah dalam Analisis Gerombol Industri Kecil Tapioka di Bogor

Peubah	Rataan	
	Kelompok Industri I	Kelompok Industri II
Pengalaman produksi perusahaan (tahun)*	28.00	10.45
Luas lahan produksi (m^2)*	1902.80	524.18
Jumlah tenaga kerja (orang)*	16.20	7.68

Comment [u11]: Hasil ini penting, sehingga harus disampaikan di Kesimpulan.

Jumlah limbah cair (m ³)*	63.84	26.72
Pengalaman bekerja responden (tahun)*	28.00	10.70
Jumlah singkong per hari (ton)	2.00	1.83
Jumlah hari kerja per bulan (hari)	25.20	24.76
Jumlah limbah padat (ton)	0.18	0.20
Jumlah limbah padat pada proses pemerasan (ton)	0.19	0.15
Lama pengendapan pati (jam)	4.00	3.61
Volume air yang dipakai dalam pengendapan (m ³)	44.56	27.49
Persentase tapioca yang dihasilkan per hari	26.00	26.35
Persentase limbah padat yang dihasilkan (%)	8.52	8.70
Karakteristik umur responden (tahun)	55.00	49.00
Jumlah anggota rumah tangga responden (orang)	5.40	5.85

Keterangan: *berbeda nyata pada taraf 5%

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kesimpulan

Industri kecil tapioca di daerah Bogor mencemari lingkungan berupa limbah padat (LIPI) dan limbah cairnya (LICIT), serta belum menerapkan produksi bersih. Hasil survei lapangan memperlihatkan terjadinya proses pencemaran lingkungan akibat kurang hati-hati dalam pembuangan LIPIT dan LICIT (*careless in discharging process of solid and liquid waste*) dan tidak adanya sarana penanganan LIPIT dan LICIT (*no waste treatment*). Dari uji beda nilai tengah antara 2 kelompok itu, ada 5 peubah yang berbeda nyata yaitu pengalaman produksi perusahaan (tahun) dan luas lahan produksi (m²), jumlah tenaga kerja (orang), jumlah limbah cair (m³) dan pengalaman kerja responden (tahun).

Industri tapioka di daerah Bogor mempunyai pengalaman memproduksi, luas lahan produksi, jumlah tenaga kerja, pengalaman kerja responden dan jumlah limbah cair yang dihasilkan berbeda nyata.

Semua industri tapioka di daerah Bogor belum menerapkan produksi bersih. Hasil survei lapangan memperlihatkan terjadinya proses pencemaran lingkungan berupa pembuangan limbah padat dan limbah cair industri tapioka akibat kurang hati-hati dalam cara pembuangan (*careless in discharging process of solid and liquid waste*), dan tidak adanya sarana penanganan limbah padat dan limbah cair (*no waste treatment*).

Comment [u12]: Masih kurang lengkap, termasuk menjabarkan tujuan penelitian yang ingin mengetahui pencemaran akibat industri tapioka. Hasil-hasil observasi juga harus disebutkan lagi secara garis besar di kesimpulan ini. Selain itu, harus ada saran penelitian lanjutan yang perlu dilakukan. **Sudah ditambahkan**

Daftar Pustaka

- Bapedal. 1996. Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia. Jakarta.
- Biro Pusat Statistik. 1993. Produksi Tanaman Bahan Makanan di Indonesia. Jakarta.
- Greenfield, R. E., 1971. Starch and Starch Product. p. 121-131. Academic Press. New York.
- Schoettger, R. A. 1970. Toxicology of Thiodan in Several Fish and Aquatic Invertebrates. United State Development of Interior. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Washington DC. P. 31.

BIOGRAFI PENULIS

Dr. Ir. Yuli Retnani Rachbini, MSc. Lahir di Mojokerto, Jawa Timur pada tanggal 24 Juli 1964. Penulis adalah dosen di Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan (INTP), Fakultas Peternakan IPB. Gelar Sarjana diraihinya pada program studi Ilmu Nutrisi Makanan Ternak, Fakultas Peternakan IPB pada tahun 1986, sedangkan gelar Magister of Science di bidang Poultry Science di Faculty of Animal Science, Central Luzon State University Filipina diraih tahun 1989, serta Doctor pada program studi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan IPB pada tahun 1999. Sejak tahun 1990 sampai sekarang, penulis mengajar dan membimbing program studi S0 dan S1 di Departemen INTP, Fakultas Peternakan AIP, serta S2 dan S3 pada program studi PTK dan PSL IPB. Beberapa mata kuliah yang diajarkan adalah Industri Makanan Ternak, Manajemen Industri Makanan Ternak, Pemrosesan Bahan Baku di Pabrik Pakan, Teknik Industri Pakan, Ekonomi Sumberdaya Peternakan, Pengelolaan Limbah, Manajemen Lingkungan dan Sumberdaya Peternakan serta beberapa mata kuliah lainnya.