

STUDI KEMUNGKINAN PEMANFAATAN LIMBAH
MANUSIA YANG DIIRADIASI UN-TUK PAKAN
IKAN

Harsojo, Andini, L.S., Suwirma, S.
dan Hilmy, N.

STUDI KEMUNGKINAN PEMANFAATAN LIMBAH MANUSIA YANG DIIRADIASI UN-TUK PAKAN IKAN*.

HARSOJO**, ANDINI, L.S.** , SUWIRMA, S.** , dan HILMY, N.**

ABSTRAK

STUDI KEMUNGKINAN PEMANFAATAN LIMBAH MANUSIA YANG DIIRADIASI UNTUK PAKAN IKAN. Desinfeksi limbah manusia dan pemanfaatannya telah dilakukan di PAIR-BATAN dan di Balai Benih Ikan DKI. Limbah tersebut diiradiasi dengan dosis 6 kGy dan selanjutnya dibuat pelet. Jumlah total bakteri limbah manusia (*sludge*) padat, cair, dan kotoran ayam sebelum diiradiasi masing-masing sebesar 11×10^7 ; $12,91 \times 10^5$ dan 1×10^6 per g, sedang bakteri *koli* masing-masing sebesar 6×10^4 ; $76,66 \times 10^4$ dan 1×10^6 per g. Protein kasar yang terkandung dalam *sludge* padat, cair, dan kotoran ayam masing-masing sebesar 10,38%; 2,44%; dan 13,31%. Logam berat yang didapatkan masih dibawah batas baku yang diijinkan. Ikan yang digunakan dalam penelitian ini ialah ikan lele dan ikan nila merah. Hasil penelitian menunjukkan pakan ikan lele yang mengandung *sludge* iradiasi dan kepala udang memberikan hasil terbaik dari segi konversi pakan, pertumbuhan relatif, dan kandungan logam berat, sedang pakan ikan nila yang mengandung *sludge* iradiasi, tepung ikan, tepung kedelai, dan dedak memberikan pertambahan berat dan panjang ikan yang lebih baik dibandingkan dengan pakan yang mengandung kepala udang. *Salmonella/Shigella* tidak ditemukan pada semua macam pakan. Kandungan raksa pada ikan lele maupun nila masih dibawah batas baku yang diijinkan.

ABSTRACT

THE POSSIBLE USE OF IRRADIATED HUMAN WASTE FOR FISH FEED. A study on the possible use of irradiated human waste for fish feed had been done. The waste was irradiated at 6 kGy and then pelleting. Catfish and red niloticus fish were used in this experiment. The initial total bacterial counts of unirradiated dewatered *sludge*, liquid *sludge* and chicken manure were 1.1×10^8 ; 1.3×10^6 and 1×10^6 per g, while coliforms were 6×10^4 ; 7.7×10^5 and 1×10^6 per g, respectively. Crude protein contents of

* Dibawakan pada Pertemuan Aplikasi Paket Teknologi Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta, 1 Desember 1992.

** Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Batan, Jakarta.

dewatered *sludge*, liquid *sludge* and chicken manure were 10.38%; 2.44% and 13.31%, respectively. Heavy metal elements were found only in very small amounts. The catfish feed contains irradiated *sludge* and waste shrimp showed better results base on the feed conversion, relative growth of catfish and heavy metal content. The red niloticus feed consists of irradiated *sludge*, fish meal, soybean meal, rice bran and vitamine/mineral give better results base on the weight and length of fish compared with feed consists of waste shrimp. There were no *Salmonella/Shigella* found in all samples. The mercury content in the fish is still in the normal range.

PENDAHULUAN

Limbah kotoran manusia berupa *sludge* dan kotoran ayam diketahui dapat digunakan kembali sebagai pakan tambahan atau sebagai pupuk kerana di dalamnya masih mengandung bahan organik yang mengandung unsur nitrogen, fosfor dan kalium (1-4). Selain itu, *sludge* maupun kotoran ayam dapat pula digunakan sebagai *soil conditioner*. Selain mengandung mikro nutrisi, dalam limbah tersebut juga mengandung bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Shigella* atau *Escherichia coli* dan lain-lain serta logam berat seperti kadmi-um, timah hitam, raksa dan lain sebagainya yang dapat terakumulasi di dalam tanah dan terserap oleh tanaman. Salah satu cara untuk menggunakan limbah tersebut dengan aman ialah melakukan dekontaminasi bakteri patogen yang dapat dilakukan dengan berbagai macam cara seperti klorinasi, pasteurisasi, pengomposan, radiasi pengion (5-7) atau perlakuan kombinasi antara pengeringan dengan bantuan sinar matahari dan iradiasi sinar gamma (8).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan nutrisi, logam berat, distribusi mikroba pada *sludge* dan kotoran ayam sebelum dan setelah diiradiasi dengan sinar Gamma dari ^{60}Co serta menguji *sludge* iradiasi sebagai pakan tambahan ikan dengan campuran lain misalnya dengan kepala udang dan lain-lain.

BAHAN DAN METODE.

Limbah *sludge* yang digunakan diperoleh dari tempat pengolahan air kotor/tinja di Pulo Gebang, Jakarta Timur, sedang kotoran ayam diperoleh dari peternakan ayam di sekitar Ciputat, Tangerang. *Sludge* cair dengan kadar air antara 70-90% diletakkan dalam suatu bak semen untuk diangin-anginkan selama 3 hari, kemudian dikeringkan

dengan bantuan sinar matahari selama ± 4 hari, sampai mencapai kadar air $\pm 20\%$. Pengeringan kotoran ayam dilakukan seperti diatas dan setelah kering masing-masing sampel diaduk sampai rata dan selanjutnya dibungkus dalam kantong plastik polietilen dengan ketebalan 0,1 mm. Kemudian diiradiasi dengan kobalt-60 di IRPASENA dan disimpan pada suhu kamar ($30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Pada sludge cair, sampel tersebut diletakkan dalam drum (100 l) dan selanjutnya diiradiasi di IRPASENA sambil dikocok (300 rpm). Penyimpanan dilakukan seperti pada *sludge* padat/kotoran ayam.

Sampel *sludge* padat setelah kering kemudian diiradiasi dengan dosis 6 kGy. Kepala udang yang dipakai diperoleh dari Pengolahan Hasil Perikanan Tradisional, Muara Karang, Jakarta Utara. Tepung ikan, dedak, tepung kedelai dan vitamin/mineral diperoleh dari pasar di Jakarta. Ikan lele (*Clarias gariepinus*) dan ikan nila (*Oreochromis sp.*) diperoleh masing-masing dari Balai Benih Ikan DKI Ciganjur dan Balai Benih Ikan DKI Kalideres. Penelitian dengan ikan lele dilakukan di Balai Benih Ikan Ciganjur dengan menggunakan bak sedang penelitian dengan ikan nila dilakukan di Balai Benih Ikan Kalideres dengan menggunakan jaring terapung.

Pengukuran Kadar Air. Kadar air diukur dengan metoda toluol dan *moisture determination balance*.

Pengukuran pH. 10 g sampel ditambahkan 25 ml air suling dan dikocok. pH diukur dengan *Karl kolb pH meter type 113*.

Pengukuran Kandungan Total N. Total N diukur dengan metode *Kjeldahl*.

Pengukuran Kandungan *Trace Element* dan Logam Berat. Pengukuran kandungan *trace element* dan logam berat dilakukan seperti pada penelitian terdahulu (9).

Determinasi Total Bakteri, Bakteri Koli, *Salmonella*. Determinasi bakteri tersebut dilakukan seperti pada penelitian terdahulu (9).

Pembuatan Pelet Ikan Lele. Pelet dibuat 2 macam. Pelet yang pertama (pelet A) merupakan campuran dari *sludge* iradiasi dengan kepala udang (1:3). Kemudian dicampur dengan adonan tepung beras dan tepung kanji dengan perbandingan 3:2. Setelah tercampur rata dalam air sebanyak 1 l dimasukkan dalam gilingan daging dan selanjutnya dikeringkan dalam alat pengering.

Pelet yang kedua (pelet B) merupakan campuran antara *sludge* iradiasi dengan pelet buatan COMFEED dengan perbandingan 1:2. Cara pembuatannya sama dengan pembuatan pakan pertama.

Pembuatan Pelet Ikan Nila. Pelet dibuat 2 macam. Pelet yang pertama (A) merupakan campuran dari kepala udang, tepung ikan, tepung kedelai, dedak, dan vitamin/mineral. Kemudian dicampur dengan tepung kanji sebagai pengikat. Setelah tercampur rata dalam air dimasukkan dalam gilingan daging dan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 20 jam.

Pelet yang kedua (B) merupakan campuran antara *sludge*

iradiasi dengan tepung ikan, tepung kedelai, dedak, dan vitamin/mineral. Sebagai pengikat digunakan tepung kanji. Prosedur selanjutnya seperti pada pembuatan pelet A. Pelet A maupun B mempunyai kandungan protein yang sama seperti pelet komersial (C) yaitu sebesar 27%.

Pemberian Pakan Ikan Lele. Pakan yang diberikan pada ikan lele (*Clarias gariepinus*) adalah sebanyak 3 macam yaitu pelet A, B, dan C. Pelet C merupakan pelet jadi/komersial yang diperoleh dari toko makanan ternak dengan merk COMFEED buatan dalam negeri. Sebelum ikan lele diberi perlakuan terlebih dulu kolam ikan yang akan digunakan direndam larutan PK 1 ppm selama sehari dan ikan-ikan tersebut diadaptasikan sesuai dengan pakan yang akan diberikan. Setelah itu ikan lele ditebar ke kolam. Masing-masing kolam berisi 25 ekor ikan dan dengan berat serta panjang badan rata-rata 6,68 g dan 9,11 cm. Pemberian pakan dilakukan sehari 3 kali sebanyak 5% dari berat badan. Pengamatan pertambahan berat dan panjang ikan dilakukan setiap minggu sekali sebelum diberi pakan pagi.

Pemberian Pakan Ikan Nila. Masing-masing perlakuan pakan menggunakan ikan sebanyak 100 ekor yang dipelihara pada jaring apung dalam kolam dengan menggunakan sistim air mengalir. makanan yang diberikan kepada Nila Merah terdiri dari 3 macam pakan (A, B, dan C) di atas yang diberikan sebanyak 3 kali per hari dengan takaran sebanyak 3% per hari dari berat total ikan yang ada pada jaring apung tersebut. Pada percobaan ini dilakukan analisis

kualitas air, pengukuran berat dan panjang ikan serta kandungan *Salmonella/Shigella* dalam pakan, kandungan logam berat pada ikan.

Pengukuran Kualitas Air. Parameter kualitas air yang diukur di Ciganjur ialah suhu, kadar oksigen terlarut dan pH. Ketiga parameter tersebut diukur dengan menggunakan alat **Water Quality Checker** type WQT-1A.

Parameter kualitas air yang diukur di Kalideres ialah suhu, logam berat, dan pH. Suhu diukur dengan termometer biasa dan pH diukur dengan kertas pH. Kandungan logam berat ditentukan dengan AAS seperti pada penelitian terdahulu (9).

Pengukuran Berat dan Panjang Ikan. Berat badan dan panjang ikan lele diukur seminggu sekali, sedang pada ikan nila diukur setiap 2 minggu sekali.

Penentuan Logam Berat Dalam Ikan. Kandungan logam berat pada ikan dilakukan seperti pada penelitian terdahulu (9 dan 10).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan kandungan mineral dan logam berat pada *sludge* padat, cair dan kotoran ayam.

Kandungan protein kasar tertinggi didapatkan pada kotoran ayam yaitu 13,31% dan terendah pada *sludge* cair yaitu 2,44%. Pada kotoran ayam mengandung protein yang tinggi disebabkan pada kotoran ayam tercampur dengan sisa-sisa

pakan ayam yang tidak habis dikonsumsi. Bila kandungan nutrisi dan *trace element* pada sampel tersebut dibandingkan dengan hasil penelitian SMITH dkk (1) ternyata hasilnya tidak jauh berbeda.

Kandungan logam berat pada *sludge* padat, cair dan kotoran ayam yang didapat jauh lebih rendah hasilnya dibandingkan dengan hasil penelitian SMITH dkk (1). Pada *sludge* cair kandungan timah hitam (24,04 ug/g) paling tinggi dibandingkan dengan *sludge* padat maupun kotoran ayam, tetapi tetap masih lebih kecil dibandingkan dengan hasil yang diperoleh SMITH dkk (1). Menurut SMITH dkk (1), *sludge* tersebut di Amerika masih diijinkan untuk digunakan sebagai pakan tambahan hewan atau pupuk.

Jumlah total bakteri pada *sludge* padat, cair dan kotoran ayam yang tidak diiradiasi masing-masing sebesar 11×10^7 ; $12,91 \times 10^5$ dan 1×10^6 per g, sedang jumlah bakteri koli masing-masing sebesar 6×10^4 ; $76,66 \times 10^4$; dan 1×10^6 per g (Tabel 2 dan 3). Pada dosis iradiasi 4 kGy, jumlah total bakteri dan bakteri koli menurun sebesar 1 - 3 desimal.

Kehadiran *Salmonella* pada *sludge* padat, cair dan kotoran ayam dapat dilihat pada Tabel 4. *Salmonella* didapatkan pada semua sampel dan setelah diiradiasi dengan dosis 4 kGy tidak didapatkan *Salmonella*.

Suhu air yang digunakan dalam percobaan ikan lele di Ciganjur berkisar antara 23° - 27° C. Menurut GREENWOOD yang

dikutip dari SUMINAR (11), kisaran tersebut masih dalam batas-batas yang menunjang kehidupan dan pertumbuhan ikan lele karena ikan lele dapat hidup dalam perairan dengan kisaran suhu antara 22° - 28° C. Menurut HASTINGS dalam SUMINAR (11), suhu optimum untuk golongan ikan lele (*Clarias*) di Canada adalah 23° C. bila suhu turun akan menyebabkan semua aktivitas organisme hidup terhambat. Suhu mempunyai peranan yang sangat penting pada kecepatan pertumbuhan dalam hal cara makan dan jumlah pakan yang dibutuhkan. Kenaikan suhu mengakibatkan kebutuhan pakan untuk pemeliharaan kondisi tubuh bertambah sehingga pakan yang diperlukan lebih banyak (11).

Kadar oksigen terlarut dalam kolam percobaan sebelum dan sesudah ikan ditebar berkisar antara 4.0-5,6 ppm. Hasil ini hampir sama pada percobaan SUMINAR (11). Kisaran tersebut cukup baik untuk menunjang kelangsungan hidup pertumbuhan ikan lele. Pada ikan lele bila kandungan oksigen terlarut lebih kecil dari 5 ppm masih memungkinkan untuk hidup. Hal ini disebabkan ikan lele mempunyai alat pernafasan tambahan (12).

pH air kolam pada percobaan mempunyai kisaran antara 6,8-7,1. Menurut SWINGLE dalam SUMINAR (11), kisaran pH yang cocok untuk pertumbuhan ikan adalah 6,5 - 9,0. Dengan demikian pH kolam tersebut menunjang pertumbuhan ikan. Air kolam setiap seminggu sekali diganti dengan air yang baru. Hal ini perlu dilakukan karena pada percobaan ini air dalam kolam tersebut tidak mengalir sehingga sisa-sisa

pakan yang tidak habis dikonsumsi, ikan selama seminggu dapat meracuni ikan dan merupakan media yang baik untuk pertumbuhan parasit. Ikan lele tidak mempunyai sisik sehingga bila terjadi luka maka parasit akan lebih mudah menyerang ikan yang mengakibatkan kematian.

Tabel 5 menunjukkan pertumbuhan relatif ikan lele (*Clarias gariepinus*). Pertumbuhan relatif ikan lele selama 10 minggu menunjukkan bahwa pakan A lebih baik daripada pakan B dan C, sedang pakan B kurang baik daripada pakan C. Hal ini disebabkan kandungan protein pakan A lebih baik daripada pakan B dan C dan data ini ditunjang oleh konversi pakan.

Konversi pakan ikan selama 10 minggu dapat dilihat pada Tabel 6.

Diantara ketiga macam pakan tersebut, terlihat bahwa pakan A menunjukkan rata-rata konversi pakan yang paling kecil (1,97; 13,10; 2,88). Menurut IPIH (13), makin kecil nilai konversi pakan yang didapatkan menunjukkan semakin baik pakan yang digunakan.

Kandungan *Salmonella/Shigella* dalam pakan ikan tidak ditemukan, sehingga pakan tersebut aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan lingkungan.

Pengaruh jenis pakan terhadap pertumbuhan panjang ikan nila (*Oreochromis sp.*) dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada minggu ke 10 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara ketiga macam pakan tersebut. Pakan B cenderung memberikan hasil pertumbuhan

ikan yang lebih baik dibandingkan dengan pakan A, tetapi hasil ini masih dibawah hasil yang diberikan oleh pakan C.

Pengaruh jenis pakan A, B dan C terhadap pertambahan berat ikan nila dapat dilihat pada Tabel 8. Penurunan berat badan ikan terlihat pada minggu ke 3, 4 dan 6 dengan pemberian pakan A, B dan C. Hal ini disebabkan terjadinya adaptasi ikan tersebut terhadap lingkungan dan pakan yang diberikan. Secara statistik ke 3 macam pakan tersebut memberikan perbedaan yang nyata. Pada minggu ke 10, pakan A memberikan hasil yang lebih rendah dari pakan B dan C, dan pakan B menghasilkan berat badan yang lebih ringan bila dibandingkan dengan pakan C.

Kondisi air kolam di Kalideres selama percobaan menunjukkan pH dan suhu masing-masing adalah 5,0 dan 27°C. Bila dibandingkan dengan kualitas air golongan B (SK GUB.DKI No: 1608 TH 1988 tentang peruntukan dan baku mutu air sungai serta baku mutu air limbah di Daerah Khusus Ibukota Jakarta) maka air tersebut memenuhi syarat untuk perikanan.

Hasil analisis logam berat pada daging ikan lele sebelum dan sesudah percobaan dapat dilihat pada Tabel 9. Kandungan logam berat kadmium dan timah hitam pada daging ikan lele sebelum percobaan dilakukan tidak terdeteksi, sedang logam berat raksa didapatkan sebesar 0,04 ug/g. Setelah percobaan terlihat bahwa ikan pemakan pelet A, B maupun C di dalam dagingnya mengandung logam berat kadmium masing-masing sebesar 0,11; 0,13 dan 0,13 ug/g, logam

timah hitam sebesar 1,25; 2,92 dan 1,72 ug/g, dan logam berat raksa masing-masing sebesar 0,009; 0,005 dan 0,004 ug/g. Kandungan kadmium, timah hitam dan raksa pada isi perut dan daging ikan nila sebelum dan sesudah percobaan tidak terdeteksi. Kandungan raksa pada isi perut dan daging sebelum percobaan masing-masing sebesar 0,007 dan 0,004 ug/g dan sesudah percobaan masing-masing sebesar 0,037 dan 0,008 ug/g (Tabel 10). Kandungan raksa dalam isi perut lebih tinggi dibandingkan pada daging. Hal ini disebabkan adanya kecenderungan raksa terserap ke dalam hati dan ginjal ikan (14). Berdasarkan Departemen Kesehatan RI dan *Food and Drug Regulation New Zealand* dalam RAIS (10) kandungan tertinggi untuk kadmium yaitu 1,0 ppm, sedang kandungan tertinggi untuk timah hitam menurut *Department of the Environment Central Unit on Environmental Pollution, London* ialah 2,0 ppm (15). Hasil analisis pada ikan lele untuk logam timah hitam masih dibatas batas baku yang diijinkan kecuali untuk ikan lele yang mendapat pakan B. Menurut EPA (16) batas tertinggi kandungan raksa yang diijinkan ialah 0,5 ppm. Hasil analisis logam raksa pada ikan lele dan nila ternyata masih dibawah batas baku yang diijinkan. Kandungan raksa pada isi perut maupun daging sesudah percobaan lebih besar dibandingkan dengan sebelum percobaan. Hal ini disebabkan di dalam pakan dan dalam habitatnya (air) tempat hidupnya juga terdapat raksa.

Hasil analisis logam berat pada contoh air kolam

Kalideres sebelum dan sesudah percobaan ditunjukkan pada Tabel 11. Pada air yang masuk ke kolam percobaan, air kolam dan air yang keluar dari kolam ternyata kandungan kadmium dan timah hitam tidak terdeteksi sebelum dan sesudah percobaan. Kandungan raksa sebelum percobaan masing-masing 0,14; 0,14 dan 0,09 ppb, sedang kandungan raksa pada air yang masuk, air kolam, dan air yang keluar sesudah percobaan masing-masing sebesar 0,227; 0,422 dan 0,227 ppb. Kandungan raksa dalam kolam lebih besar dari pada kandungan raksa pada air masuk dan keluar. Hal ini disebabkan adanya penambahan kandungan raksa dari pakan yang mana pakan tersebut terdiri dari *sludge* yang mengandung raksa 2,5 ug/g (17).

KESIMPULAN

Koliform dan *Salmonella* pada *sludge* padat, cair, dan kotoran ayam dapat dieliminasi dengan dosis 4 kGy. Kombinasi perlakuan antara iradiasi 4 kGy dan dan penyimpanan selama 4 minggu memberikan efek sinergis terhadap *Salmonella*. Nilai gizi *sludge* padat, cair, dan kotoran ayam dapat digunakan dengan aman sebagai pakan tambahan maupun pupuk. Kandungan logam berat masih dibawah batas baku yang diijinkan.

Pakan ikan dengan komposisi *sludge* iradiasi dan kepala udang merupakan pakan yang paling baik untuk ikan lele baik dari segi pertumbuhan relatif, konversi pakan maupun

kandungan logam beratnya.

Pakan ikan dengan komposisi sludge iradiasi, tepung kedelai, tepung ikan dan dedak memberikan pertambahan panjang dan berat ikan nila yang lebih baik dari pada pakan dengan komposisi kepala udang sebagai pengganti *sludge* iradiasi. Ikan lele maupun nila aman untuk dikonsumsi oleh manusia dan kandungan raksa masih dibawah batas baku yang diijinkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. SMITH, G.S., KIESLING, H.E., RAY, E.E., ORCASBERRO, R., TRUJILLO, P., HERBEL, C.H., and SIVINSKI, J.S., "Dried irradiated sewage solids as supplemental feed for cattle", Irradiation of organic Wastes for the Purpose of Animal Food, ESNA, Hanover (1979)2.
2. STARK, H., ROSOPULO, A., HENKELMANN., R., and HAHN., M., "Chemical analysis in sewage sludge after different treatment", Radiation for Pollution Abatement, ESNA, Munich (1976)231.
3. REGULLA, D.F., "Need and concept for high level dosimetry and sludge irradiation", Irradiation of Organics Wastes for the Purpose of Animal Food, ESNA, Hanover (1979)32.
4. LESSEL, T., SUESS, a., and SCHURMANN, G., " New investigation at the sludge irradiation plant in Geiselbullach", Radiation for Control Environmental Pollution, ESNA, BRNO, (1978)77.
5. HASHIMOTO, S., Radiation disinfection of sewage sludge and composting of the irradiated sludge, dibawakan pada seminar Radiation Disinfection of sewage sludge for Safe Disposal", Jakarta, 15 November 1990 (1990).
6. HEGEMAHN, W., and GUNTHER, W., "Influence of gamma irradiation on the behaviour of the sewage sludge", Radiation for Pollution Abatement, ESNA, Munich, (1976) 108.
7. GRONEMAN, A.F., "Effects of gamma irradiation on physical-chemical properties and dewatering characteristics of sludge", Radiation for Pollution Abatement, ESNA, Munich, (1976) 99.
8. HILMY, N., HARSOJO, and SUWIRMA, S., Combined treatment

- of solar energy and gamma irradiation to eliminate pathogenic bacteria in dewatered sludge, *ATOM INDONESIA*, 13 2 (1987)15.
9. HARSOJO, ANDINI, L.S., NAZLY, H., SUWIRMA, S. and DANIUS, J., Radiation disinfection of manure for animal feed supplement, *ATOM INDONESIA* 15 2 (1989)13.
 10. AMALIA RAIS, Kandungan logam berat raksa (Hg) dan kadmium (Cd) dalam tubuh kerang bulu *Anadara indica* (GMELIN) di perairan pantai Kamal, Teluk Jakarta, Skripsi Institut Pertanian Bogor (1990).
 11. SUMINAR, R., Pengaruh pemberian makanan buatan dengan ransum yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan lele (*Clarias batrachus* (L)), Karya Ilmiah Institut Pertanian Bogor (1980).
 12. SIMANJUNTAK, R.H., Pembudidayaan ikan lele (lokal dan dumbo), penerbit Bhratara Jakarta (1989).
 13. IPIH, R., (1991), Komunikasi pribadi.
 14. LAWS, E.A., Aquatic pollution. A widely interscience publications. John Wiley & Sons, New York (1981) 301.
 15. SUWIRMA, S., SURTIPANTI, S, dan SOFYAN YATIM, Studi kandungan logam berat Hg, Pb, dan Cr dalam beberapa jenis hasil laut segar, *Majalah BATAN XIV* 1 (1981) 2.
 16. Environmental Protection Agency. Water quality criteria 1972. Ecological Research Series Washington D.C. (1972).
 17. HILMY, N., SUWIRMA, S., HARSOJO, dan SUHADI, F., Microbiological and Physicochemical studies on irradiation dewatered sludge, *ATOM INDONESIA* 13 1 (1987) 1.

Tabel 1. Komposisi kimia *sludge* padat, cair, dan kotoran ayam.

Komponen	<i>Sludge</i> padat	Nilai rata-rata (%)		Pustaka (1)
		<i>Sludge</i> cair	Kotoran ayam	
Nutrisi				
Protein kasar	10,38	2,44	13,31	15,6
P	2,36 ± 0,2	1,02 ± 0,02	2,00 ± 1,59	1,60 - 1,80
Fe	3,20 ± 0,2	1,92 ± 0,35	1,56 ± 1,10	
K	0,15 ± 0,01	0,05 ± 0,01	1,37 ± 0,81	0,20 - 0,24
Ca	0,084 ± 0,02	0,22 ± 0,10	2,87 ± 2,52	1,50 - 2,60
Mg	0,072 ± 0,015	0,10 ± 0,002	0,72 ± 0,052	0,20
Unsur renik (<i>Trace element</i>)				
Na	0,63 ± 0,02	0,05 ± 0,002	0,25 ± 0,03	0,10
Mn	0,048 ± 0,08	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,05	0,007 - 0,01
Cu	0,010 ± 0,001	0,02 ± 0,003	0,003 ± 0,001	0,04 - 0,05
Zn	0,063 ± 0,002	0,85 ± 0,21	0,002 ± 0,001	0,09 - 0,10
Logam berat ug/g				
Cd	1,52 ± 0,40	-	0,57 ± 1,14	11 - 15
Co	20 ± 0,02	13,81 ± 4,39	0,005 ± 0,01	6 - 8
Cr	13,40 ± 1,10	10,60 ± 1,59	0,007 ± 0,004	95 - 144
Hg	2,50 ± 0,10	4,02 ± 2,57	0,02 ± 0,01	4,10 - 4,70
Ni	14,20 ± 10	16,50 ± 6,38	14,45 ± 5,28	66 - 88
Pb	18,01 ± 12,0	24,04 ± 2,90	0,005 ± 0,01	151 - 159

- = tidak terdeteksi

Tabel 2. Pengaruh iradiasi dan penyimpanan pada total bakteri (koloni/g).

Macam sampel dan waktu penyimpanan (minggu)	Dosis iradiasi (kGy)		
	0	2	4
Sludge padat			
0	$1,1 \times 10^8$	$1,1 \times 10^6$	$1,7 \times 10^5$
4	$8,9 \times 10^8$	$6,1 \times 10^6$	$8,4 \times 10^5$
Sludge cair			
0	$1,3 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$	$7,7 \times 10^4$
4	$3,1 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$4,6 \times 10^4$
Kotoran ayam			
0	$1,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^4$	$3,2 \times 10^3$
4	$1,0 \times 10^5$	$9,3 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$

Tabel 3. Pengaruh iradiasi dan penyimpanan pada bakteri koli. (koloni/g)

Macam sampel dan waktu penyimpanan (minggu)	Dosis iradiasi (kGy)		
	0	2	4
Sludge padat			
0	$6,0 \times 10^4$	$1,5 \times 10^2$	-
4	$5,0 \times 10^3$	$1,3 \times 10^2$	-
Sludge cair			
0	$7,7 \times 10^5$	$7,7 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$
4	$1,7 \times 10^5$	$6,4 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$
Kotoran ayam			
0	$1,0 \times 10^6$	$6,0 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2$
4	$1,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^3$	$3,2 \times 10^2$

Tabel 4. Hasil deteksi *Salmonella* dalam *sludge* cair, padat, dan kotoran ayam.

Macam sampel dan waktu penyimpanan (minggu)	Dosis iradiasi (kGy)		
	0	2	4
Sludge padat			
0	+	+	-
4	+	+	-
Sludge cair			
0	+	+	-
4	+	+	-
Kotoran ayam			
0	+	+	-
4	+	+	-

+ = ada - = tidak ada

Tabel 5. Pertumbuhan relatif ikan lele (%).

Kode	A	B	C
	3,67	1,39	2,79

Keterangan:

- A = campuran *sludge* + kepala udang
- B = campuran *sludge* + pelet komersial
- C = pelet komersial

Tabel 6. Konversi pakan ikan lele.

Kode	A	B	C
	1,97	13,10	2,88

Keterangan:

- A = campuran *sludge* + kepala udang
- B = campuran *sludge* + pelet komersial
- C = pelet komersial

Tabel 7. Pengaruh pakan terhadap pertambahan panjang ikan nila. (cm)

Macam pakan	Pertambahan panjang selama minggu ke					
	0	3	4	6	8	10
A	14,97	15,73	15,60	15,57	16,33	15,63
B	14,97	15,77	14,93	15,83	15,53	15,83
C	14,97	15,70	15,40	15,35	15,85	16,25

Keterangan:

A = pakan yang mengandung kepala udang. B = pakan yang mengandung *sludge*.

C = pakan komersial (dibeli dari toko).

Tabel 8. Pengaruh pakan terhadap pertambahan berat ikan nila merah. (g)

Macam pakan	Pertambahan berat selama minggu ke					
	0	3	4	6	8	10
A	79,02	71,33	65,56	66,60	76,66	69,97
B	79,02	68,56	59,37	68,47	70,00	71,75
C	79,02	71,90	67,05	66,35	75,10	82,02

Keterangan:

A = pakan yang mengandung kepala udang.

B = pakan yang mengandung *sludge*.

C = pakan komersial (dibeli dari toko).

Tabel 9. Hasil analisis logam berat pada daging ikan lele (*C. gariepinus*) sebelum dan sesudah percobaan.

Contoh	cd	Logam berat Pb	Hg
ug/g
I	tt	tt	
II A	0,11	1,25	0,040
II B	0,13	2,92	0,009
II C	0,13	1,72	0,005
			0,004

Keterangan:

- tt = tidak terdeteksi
- I = sebelum diberi perlakuan
- II A = dengan perlakuan pakan A
- II B = dengan perlakuan pakan B
- II C = dengan perlakuan pakan C

Tabel 10. Hasil analisis logam berat pada isi perut dan daging ikan nila merah sebelum dan sesudah percobaan.

Contoh	Cd	Logam berat Pb	Hg
ug/g		
Sebelum percob.			
Isi perut 0,007		-	-
Daging 0,004		-	-
Sesudah percob.			
Isi perut 0,037		-	-
Daging 0,008		-	-

Keterangan: - = tidak terdeteksi

Tabel 11. Hasil analisis logam berat pada contoh air kolam Kalideres.

Contoh	Logam berat		Hg
	Cd	Pb	
ppb		
Sebelum percob.			
Air masuk		-	-
0,140			
Air kolam		-	-
0,140			
Air keluar		-	-
0,090			
Sesudah percob.			
Air masuk		-	-
0,227			
Air kolam		-	-
0,422			
Air keluar		-	-
0,227			

Keterangan : - tidak terdeteksi

Pemeriksa makalah/Komisi Pembina Tenaga Peneliti (KPTP): Dr. Mirzan.