

0	5	0	9	0	9	0	2	1	4	0	1	0	5	0	0	0	7	7
Fakultas	Prodi	Publikasi	Penulis	Tahun	Sumber	Dana	Nomo: Urut											

T5-09

PEMANFAATAN KITOSAN DALAM PROSES PENGOLAHAN AIR RAWA UNTUK BUDIDAYA UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*)

Ferdinand Hukama Taqwa¹, A. D. Sasanti¹, Tanbiyaskur¹, P. K. Angraini¹, Hasbi²

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian-Universitas Sriwijaya

²Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal-Universitas Sriwijaya

Alamat korespondensi: ferdinand_unsri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Luas lahan rawa di Sumatera menempati urutan ke-2 di Indonesia setelah pulau Kalimantan, namun lahan rawa ini belum dapat dimanfaatkan secara optimal untuk budidaya udang galah. Hal ini salah satunya disebabkan oleh kualitas air rawa yang kurang optimal sehingga perlu dilakukan beberapa tahapan pengelolaan, salah satunya adalah proses koagulasi. Diantara bahan yang dapat digunakan adalah kitosan. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) memanfaatkan hasil pengolahan limbah udang berupa kitosan untuk aplikasi budidaya udang galah di media air rawa dan 2) menentukan kadar kitosan yang tepat sehingga dapat meningkatkan kualitas air rawa. Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei-Juli 2014, bertempat di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLPP) Palembang dan Laboratorium Budidaya Perairan, Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksplorasi skala laboratorium dengan mengaplikasikan berbagai konsentrasi kitosan di media air rawa (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kitosan dengan konsentrasi sebanyak 5 ppm hingga 25 ppm dapat meningkatkan kualitas air rawa yang ada sehingga berpotensi digunakan sebagai media budidaya udang galah.

Kata kunci: kitosan, kualitas air, rawa, udang galah

PENDAHULUAN

Dalam penanganan kondisi lingkungan, faktor kualitas air merupakan faktor yang sangat penting karena mempengaruhi kehidupan udang baik secara langsung maupun tidak langsung (Hamzah, 2004). Menurut Wibowo (1986) udang galah pada ukuran dewasa hidup di sungai, rawa, danau, waduk dan sebagainya. Oleh sebab itu udang galah memiliki potensi untuk dibudidayakan di media air rawa yang banyak ditemui di wilayah Sumatera Selatan.

Luas lahan rawa di Sumatera menempati urutan ke-2 di Indonesia setelah pulau Kalimantan, tetapi lahan rawa ini belum dimanfaatkan secara optimal, karena pada bulan-bulan tertentu air rawa umumnya memiliki pH rendah antara 2-5, rendahnya konsentrasi partikel dan kation serta kandungan zat organik yang tinggi menyebabkan warna air menjadi kuning atau merah kecoklatan (Kusnaedi, 2006). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kualitas air rawa adalah dengan menggunakan beberapa tahapan proses antara lain, proses flokulasi, sedimentasi, filtrasi, netralisasi desinfeksi dan koagulasi (BSN, 2000; Spellman dan Drinan, 2000 dalam Yusnimar, *et al.*, 2010). Ada banyak bahan yang dapat digunakan sebagai bahan koagulan, antara lain adalah kitosan. Menurut Shahidi (1999) dalam Suptijah (2006) kitosan dapat digunakan untuk berbagai keperluan salah satunya sebagai penjernih air, koagulan, bahan pengawet, pengkelat, pengabsorbi, penstabil, pembentuk film, flokulan, anti bakteri dan antifungal. Kitosan dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber, salah satunya dari limbah padat yang berasal dari pengolahan udang. Swanson, *et al.*, (1980) dalam Prantommy (2005) mengatakan bahwa limbah padat yang berasal dari pengolahan udang berkisar antara 65-85%. Jumlah limbah udang yang besar ini

sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai kitosan. Kitosan dapat digunakan sebagai koagulan karena memiliki banyak kandungan nitrogen pada gugus aminanya, gugus amina dan hidroksil ini menjadikan kitosan bersifat lebih aktif dan bersifat polikationik (Rumapea, 2009). Kemampuan kitosan tersebut diharapkan dapat menjadi acuan sebagai bahan alternatif untuk memperbaiki dan mengoptimalkan kualitas air rawa sehingga lahan rawa di Sumatera Selatan dapat digunakan sebagai lokasi budidaya udang galah.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei-Juli 2014, bertempat di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLPP) Palembang dan Laboratorium Budidaya Perairan, Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Bahan utama yang digunakan adalah air rawa lebak, kitosan bubuk, asam asetat, media agar MRS, GSP, TCBS, udang galah stadia tokolan yang ditunjang dengan peralatan pengambilan sampel air dan bak fiber pengendapan air rawa. Penelitian menggunakan metode eksplorasi skala laboratorium dengan mengaplikasikan berbagai konsentrasi kitosan di media air rawa yaitu 0 ppm (A), 5 ppm (B), 10 ppm (C), 15 ppm (D), 20 ppm (E), dan 25 ppm (F). Khusus untuk pengamatan bakteri *Vibrio* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp, menggunakan 1 sub perlakuan yang disesuaikan dengan masing-masing perlakuan.

Larutan kitosan yang akan digunakan, berasal dari kitosan bubuk yang dilarutkan di dalam larutan asam asetat 1%. Untuk membuat larutan asam asetat 1%, digunakan 10 ml asam asetat glasial lalu dimasukkan ke dalam labu takar 1.000 ml, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 990 ml sampai garis tanda, lalu dihomogenkan. Untuk membuat stok induk larutan kitosan dengan konsentrasi 10.000 ppm sebagai stok, maka digunakan 1 gram kitosan bubuk lalu dimasukkan ke dalam 100 ml larutan asam asetat 1% dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen (Rumapea, 2009). Untuk membuat stok air rawa yang mengandung kitosan dengan konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran, yang selanjutnya dimasukkan ke dalam bak-bak penampungan air sesuai dengan kode perlakuan yang diterapkan. Pengadukkan dilakukan selama lima menit hingga homogen, dan didiamkan selama 3-4 hari sampai bau asam asetat hilang. Setelah flok mengendap di dasar dan air sudah cukup jernih, air di bagian atas bak penampungan diambil dan selanjutnya dimasukkan ke dalam akuarium.

Kelayakan media air rawa diketahui dengan pengukuran beberapa parameter nilai fisika, kimia dan biologi air rawa baik pada kondisi awal, setelah aplikasi kitosan maupun pada media pemeliharaan. Kontrol kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrat, nitrit, zat organik, kesadahan, TSS (*total suspended solids*), TDS (*total dissolved solids*), kekeruhan, total bakteri (*Vibrio* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp.) serta unsur-unsur logam berat yang ada di dalam air yaitu Fe (besi), sulfat, dan aluminium. Pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap hari, pada waktu pagi dan sore hari. Untuk TSS, TDS, kekeruhan, amonia, nitrat, nitrit, kesadahan, zat organik dan logam berat (aluminium, sulfat dan besi) dilakukan pengukuran pada pada tahap awal dan akhir penelitian. Untuk oksigen terlarut dan total bakteri (*Vibrio* sp., *Basillus* sp., *Pseudomonas* sp.) dilakukan setiap satu minggu. Adapun acuan yang digunakan dalam pengukuran kualitas air

antara lain suhu, TDS, dan kekeruhan (BSN, 2005), oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit, kesadahan dan TSS (BSN, 2004), nitrat (BSN, 1991), zat organik (BSN, 2006), sedangkan logam berat menggunakan buku acuan (BSN, 2009).

Data yang diambil merupakan kumpulan ~~dan beberapa lampiran penelitian~~ dan uji lanjutan yaitu berupa data primer yang didapat secara langsung dari kegiatan penelitian meliputi data kualitas air (suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrat, nitrit, kesadahan, zat organik, TSS, TDS, kekeruhan, total bakteri dan logam berat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian tahap awal dilakukan pengujian berbagai macam konsentrasi kitosan pada kisaran yang cukup tinggi sebagai dasar untuk penentuan dosis dalam pengujian berikutnya. Penelitian yang dilakukan oleh Ruswahyuni (2010) menyatakan bahwa kitosan dengan konsentrasi 200 ppm dapat digunakan dalam pengolahan kualitas air pada tambak udang vaname. Berdasarkan kajian tersebut maka dilakukan pengujian menggunakan beberapa konsentrasi kitosan di air rawa terhadap kelangsungan hidup udang galah uji selama 3 hari. Konsentrasi kitosan yang digunakan untuk air rawa uji antara lain 100 ppm, 75 ppm, 50 ppm, dan 25 ppm, dengan waktu pengendapan dan bantuan aerasi selama 12 jam. Dari hasil penelitian menggunakan konsentrasi kitosan selama 3 hari tersebut didapatkan hasil tingkat mortalitas udang galah mencapai 100% pada perlakuan 50 hingga 100 ppm, dan 0% pada perlakuan 25 ppm.

Tingkat mortalitas yang tinggi diduga disebabkan karena metode pengolahan air rawa menggunakan kitosan masih terlalu singkat dan belum terlalu tepat. Pengaruh asam asetat pada larutan kitosan diduga menyebabkan pH air rawa menurun, selain itu pengolahan air rawa menggunakan aerasi selama 12 jam juga diduga masih belum maksimal sehingga larutan asam asetat yang ada di dalam larutan kitosan belum dapat terurai secara sempurna.

Warna air rawa setelah penambahan larutan kitosan juga menjadi keruh. Pada penelitian tahap berikutnya dilakukan kembali uji berbagai macam konsentrasi kitosan mulai dari konsentrasi 25 ppm, 20 ppm, 15 ppm, 10 ppm, dan 5 ppm, dengan waktu pengendapan dan bantuan aerasi selama 4 hari. Dari hasil ini masih didapatkan tingkat kelangsungan hidup udang galah pada semua konsentrasi adalah 0% selama 10 hari masa pengujian. Kendala pada penelitian ini adalah pH air rawa masih rendah yaitu berkisar antara 4-5. Hasil uji fisika kimia air dapat dilihat pada tabel 1.

Nilai pH air yang didapatkan dari hasil pengukuran kualitas air rawa yang dilakukan di lokasi adalah 4,8. Setelah penambahan kitosan pH air rawa berkisar antara 4,0-4,8. Menurut Khairuman dan Amri (2004) dalam Kurniawan (2013) nilai pH optimum untuk kehidupan udang galah berkisar antara 6,0-8,5, berdasarkan hal tersebut maka air rawa tidak layak digunakan untuk budidaya udang galah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990, kadar maksimum pH yang diperbolehkan untuk Perikanan dan Peternakan (golongan C) berkisar 6-9. Nilai pH air rawa yang rendah di lokasi diduga disebabkan oleh tingginya zat organik yang ada di dasar, sedangkan nilai pH yang rendah pada uji perlakuan diduga disebabkan adanya kandungan asam asetat pada kitosan. Oleh sebab itu, untuk menaikkan nilai pH air sehubungan penambahan kitosan, maka dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan penambahan kapur (CaCO_3) sebanyak 10 ppm. Hasil uji nilai fisika

kimia air rawa setelah penambahan kitosan dan CaCO_3 sebanyak 10 ppm menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 2).

Tabel 1. Data kualitas air sebelum dan sesudah penambahan kitosan.

No.	parameter yang diamati	Sebelum penambahan kitosan	Setelah penambahan kitosan						Kisaran toleransi
			0 ppm	5 ppm	10 ppm	15 ppm	20 ppm	25 ppm	
1.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	31	29	29	29	29	29	30	26-30 ^a
2.	pH	4,8	4,3	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	6,0-8,5 ^b
3.	DO (ppm)	2,63	6,13	6,81	6,42	5,97	6,23	6,50	6-8 ^a
4.	Amonia (mg/l)	0,011	0,09	0,06	0,09	0,08	0,08	0,09	0,05-1,29 ^c
5.	Nitrat (mg/l)	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,21 ^d
6.	Nitrit (mg/l)	0,009	0,011	0,008	0,012	0,069	0,010	0,011	0,06 ^d
7.	TDS (mg/l)	209	231	252	233	229	227	220	6430-6520 ^e
8.	TSS (mg/l)	32,4	41,7	34,1	28,7	26,4	24,8	23,5	81-400 ^d
9.	Besi (mg/l)	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	<1,0 ^d
10.	Sulfat (mg/l)	11,8	14,7	13,2	11,7	10,4	11,2	13,9	2-80 ^e
11.	Aluminium (mg/l)	0,246	0,218	0,140	0,184	0,218	0,244	0,266	0,005 ^d
12.	Zat organik (mg/l)	0,79	2,21	1,42	1,58	2,37	1,89	2,84	-
13.	Kesadahan (mg/l)	81,3	116,2	66,4	74,7	97,9	162,7	151,1	150-300 ^d
14.	Kekeruhan (mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,71	2,35	1,10	-

Keterangan : a. Wickins dan Lee (2000), b. Kurniawan (2013), c. Pusniarsih 1992, d. Effendi (2003), e. Makmur, *et al.*, (2009).

Nilai suhu, oksigen terlarut, amonia, nitrat, nitrit, TDS, TSS, zat organik, dan kesadahan pada air rawa yang sudah diberi perlakuan penambahan kitosan masih dalam ambang batas normal untuk budidaya udang galah. selain itu, tidak terjadi perbedaan yang cukup tinggi untuk suhu, oksigen terlarut, nitrat, nitrit baik pada uji yang hanya dengan penambahan kitosan maupun dengan penambahan kitosan dan CaCO_3 . Perbedaan yang cukup signifikan terjadi pada nilai pH air, yang diakibatkan adanya penambahan CaCO_3 sebanyak 10 ppm pada setiap perlakuan, sedangkan untuk nilai TDS dan TSS, hasil yang lebih baik adalah dengan menggunakan kitosan dan CaCO_3 sebanyak 10 ppm. Namun nilai amonia, zat organik dan kesadahan akan lebih tinggi dengan adanya penambahan CaCO_3 . Dari hasil tabel di atas juga dapat dilihat bahwa dengan penambahan CaCO_3 menyebabkan nilai kekeruhan pada air rawa meningkat. Kandungan logam berat seperti besi, sulfat dan aluminium pada air rawa sebelum penambahan kitosan masing-masing adalah 0,01 mg/l, 11,8 mg/l dan 0,246 mg/l, dari kisaran kadar logam berat yang ada pada air rawa sebelum adanya penambahan kitosan tersebut menunjukkan bahwa kadar logam berat pada air rawa di lokasi masih dalam kisaran normal. Menurut Moore (1991) dalam Effendi (2003) kisaran toleransi kadar besi yaitu <1,0 mg/l jika kadar besi >10 mg/l dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik. Menurut Rump dan Krist (1992) dalam Effendi (2003) kadar sulfat pada perairan tawar alami berkisar antara 2-80 mg/l. Menurut *Canadian Council of Resource and Environment Ministers* (1987), untuk memelihara kehidupan organisme akuatik, kadar aluminium sebaiknya tidak lebih dari 0,005 mg/l bagi perairan dengan pH < 6,5 dan tidak lebih dari 0,1 mg/l bagi perairan dengan pH > 6,5. Kitosan dapat mengikat logam berat karena kitosan bermuatan

polielektrolit bermuatan negatif, sedangkan logam bermuatan positif (Rachmad, 2008 dalam Rumapea, 2009). Selain itu, kandungan logam berat pada air rawa yang digunakan masih dalam kisaran normal, dan belum terlalu berbahaya untuk kegiatan budidaya.

Tabel 2. Data kualitas air sebelum dan sesudah penambahan kitosan dan CaCO_3 .

No	Parameter yang diamati	Sebelum penambahan kitosan	Perlakuan						CaCO_3 10 ppm	Kisaran toleransi
			0 ppm	5 ppm	10 ppm	15 ppm	20 ppm	25 ppm		
1.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	31	26-29	26-29	26-29	26-29	26-29	26-20	26-29	26-30 ^a
2.	pH	4,8	3,8-6,9	6,0-7,2	6,0-7,2	6,0-7,2	6,1-7,0	6,0-7,2	6,0-7,1	6,0-8,5 ^b
3.	DO (ppm)	2,63	6,46-6,81	6,52-6,97	6,30-6,92	6,15-6,20	6,42-6,98	6,00-6,10	6,00-6,15	6-8 ^a
4.	Amonia (mg/l)	0,011	0,35	0,26	0,18	0,20	0,24	0,26	0,27	0,05-1,29 ^e
5.	Nitrat (mg/l)	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,21 ^d
6.	Nitrit (mg/l)	0,009	0,019	0,017	0,019	0,020	0,023	0,027	0,031	0,06 ^d
7.	TDS (mg/l)	209	76	79	80	78	77	78	79	6430-6520 ^e
8.	TSS (mg/l)	32,4	15,2	9,4	13,2	11,5	10,7	11,8	13,5	81-400 ^d
9.	Zat organik (mg/l)	0,79	3,79	4,42	3,32	3,00	5,21	4,89	3,95	-
10.	Kesadahan (mg/l)	81,3	107,9	182,6	109,6	141,1	127,8	114,5	179,3	150-300 ^d
11.	Kekeruhan (mg/l)	0,02	0,02	0,02	0,05	0,07	0,02	0,02	0,02	-

Keterangan : a. Wickins dan Lee (2000), b. Kurniawan (2013), c. Pusniarsih 1992, d. Effendi (2003), e. Makmur, *et al.*, (2009).

Hasil isolasi bakteri pada air rawa setelah penambahan kitosan menunjukkan perubahan yang lebih baik (Tabel 3). Hasilnya didapatkan bahwa sampel air rawa setelah penambahan kitosan sebanyak 0-25 ppm, tidak ditemukan koloni bakteri *Vibrio* sp. dan *Bacillus* sp. Terjadinya penurunan jumlah bakteri *Bacillus* sp. dan *Vibrio* sp. secara signifikan diduga karena penambahan larutan kitosan pada proses pengolahan air rawa tersebut bersifat anti bakteri sehingga berpengaruh terhadap penurunan jumlah bakteri gram negatif seperti bakteri *Vibrio* sp. dan bakteri gram positif seperti bakteri *Bacillus* sp. Hal ini mendukung hasil penelitian Sukenda, *et al.*, (2007) yang menyatakan bahwa penggunaan kitosan dapat mengendalikan infeksi *Vibrio harveyi* pada udang putih. Menurut pendapat Sandford (1989) dalam Sukenda, *et al.*, (2007) kitosan bersifat sebagai polimer alami, tidak beracun, dapat mempercepat penyembuhan luka, mengurangi kadar kolestrol darah, dan dapat merangsang respon imun diduga dapat menyebabkan daya tahan tubuh udang meningkat sehingga dapat mencegah serangan dari berbagai macam bakteri. Isolasi bakteri *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Vibrio* sp juga dilakukan pada udang galah yang mati.

Tabel 3. Hasil isolasi bakteri pada air rawa dan udang galah.

No.	Isolasi bakteri pada	Bakteri	Jumlah koloni bakteri ($\times 10^6$ CFU/ml) pada perlakuan					
			A	B	C	D	E	F
1.	Air rawa sebelum penambahan kitosan	<i>Bacillus</i> sp	710	-	-	-	-	-
		<i>Pseudomonas</i> sp	100	-	-	-	-	-
		<i>Vibrio</i> sp	293	-	-	-	-	-
2.	Air rawa setelah penambahan kitosan	<i>Bacillus</i> sp	-	-	-	-	-	-
		<i>Pseudomonas</i> sp	1	2	6	-	1	70
		<i>Vibrio</i> sp	-	-	-	-	-	-
3.	Udang galah yang hidup	<i>Bacillus</i> sp	-	-	-	-	-	-
		<i>Pseudomonas</i> sp	-	-	-	-	-	-
		<i>Vibrio</i> sp	-	-	-	-	-	-
4.	Udang galah yang mati	<i>Bacillus</i> sp	-	-	-	-	-	-
		<i>Pseudomonas</i> sp	5,55	-	0,56	-	1,42	3,92
		<i>Vibrio</i> sp	-	-	-	-	-	-

Dari hasil isolasi bakteri pada udang galah yang mati, terdapat jumlah koloni bakteri *Pseudomonas* sp. sebanyak $5,55 \times 10^6$ CFU/ml pada perlakuan A, pada perlakuan B dan D tidak terdapat bakteri *Pseudomonas* sp, sedangkan pada perlakuan C sebanyak $0,56 \times 10^6$ CFU/ml, pada perlakuan E sebanyak $1,42 \times 10^6$ CFU/ml, dan pada perlakuan F sebanyak $3,92 \times 10^6$ CFU/ml. Pada udang galah yang mati tidak ditemukan bakteri *Bacillus* sp. maupun *Vibrio* sp. Untuk perhitungan isolasi bakteri pada udang galah yang mati maupun yang hidup, jumlah koloni yang didapat dikalikan dengan berat sampel udang. Dari ketiga bakteri-bakteri tersebut, bakteri *Pseudomonas* sp. adalah salah satu bakteri yang ada pada udang galah yang mati, hal ini diduga penambahan kitosan belum dapat mengendalikan serangan bakteri *Pseudomonas* sp pada udang galah.

KESIMPULAN

Penambahan kitosan disertai kalsium karbonat dapat meningkatkan kualitas air rawa ditinjau dari parameter fisik, kimia dan biologi sehingga berpotensi diaplikasikan untuk budidaya udang galah. Penambahan kitosan sebanyak 5 ppm hingga 25 ppm yang ditambahkan 10 ppm CaCO_3 di media air rawa menunjukkan perbaikan nilai kualitas air secara umum bila dibandingkan tanpa penambahan kitosan dan CaCO_3 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada KEMENRISTEK RI atas dukungan dana penelitian Insinas Ristek T.A. 2014 dan Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Sub Optimal (PUR-PLSO) sebagai Lembaga Pengelola Penelitian di Universitas Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bastaman, S. 1989. Studies of Degradation and Extraction of Chitin and Chitosan from Prawn Shells. The Departement of Mechanical, Manufacturing, Aeronautical and Chemical Engineling. The Queen's Univ. Belfast.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta.
- Hamzah, M. 2004. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan juvenil udang galah (*Macrobrachium rosenbergii de Man*) pada berbagai tingkat salinitas media. [Thesis]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Kurniawan, T. 2013. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan pascalarva udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) di media air rawa dengan penambahan mineral natrium karbonat dan kalsium karbonat. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Indralaya. (Tidak dipublikasikan).
- Kusnaedi. 2006. Mengelola Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Makmur., A. I. J. Asad., U. A. Mustafa., E. A. Hendrajat., dan Hasnawi. 2009. Karakteristik kualitas perairan tambak di Kabupaten Pontianak. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau. Sulawesi Selatan.
- Peraturan Pemerintah No. 20. 1990. Standar Kualitas Air di Perairan Umum Golongan C.
- Prantommy. 2005. Pemanfaatan kitosan dari kulit udang windu (*Panaeus monodon*) untuk pengolahan limbah cair. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Pusniarsih, Y. 1992. Tingkat konsumsi oksigen pada pemeliharaan udang windu (*Panaeus monodon Fabr*). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Rumapea, N. 2009. Penggunaan kitosan dan Polyaluminium Chlorida (PAC) untuk menurunkan kadar logam besi (Fe) dan seng (Zn) dalam air gambut. [Thesis]. Sekolah pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan. (tidak dipublikasikan).
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. SNI : Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam Air dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. SNI : Air dan Limbah. Cara Uji Kadar pH, Dissolved Oxygen, Amonia, Nitrit, Kسادahan, Total Suspended Solids.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2005. SNI : Air dan Limbah. Cara Uji Suhu, Kadar Padatan Terlarut Total Secara Gravimetri dan Cara Uji kadar Aluminium dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2006. SNI : Cara Uji Air Minum dalam Kemasan.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2009. SNI : Air dan Limbah. Cara Uji Besi (Fe) Secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala dan Cara Uji Sulfat Secara Turbidimeter.
- Sukenda, Y., T. Anggoro., D. Wahyuningrum., dan Rahman. 2007. Penggunaan kitosan untuk pengendalian infeksi *Vibriyo harveyi* pada udang putih (*Litopenaeus vannamei*). Jurnal Akuakultur Indonesia. 6 (2):205-209 (2007).

- Suptijah, P. 2006. Deskripsi Karakteristik Fungsional dan Aplikasi Kitin Kitosan. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Wibowo, S. S. 1986. Pemeliharaan Udang Galah di Kolam Air Tawar. PT. Wacana Utama Pramesti. Jakarta.
- Wickins, J., and D. O. C. Lee. 2002. Crustacean Farming Ranching and Culture. Second Edition. Blackweel Science. London.
- Yusnimar., A. Yelmida., Y. Elvie., H. S. Edward., dan Drastinawati. 2010. Pengolahan air gambut dengan bentonit. Universitas Riau. Hal 77-81.