

Pengembangan Industri Pupuk BAOC Ribon Atom I melalui Penyempurnaan TTG Teknologi Produksi

Indah Epriliati^{1,2*}, Indah Kuswardani^{1,2}, V. Bram Armunanto³

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Unika Widya Mandala Surabaya

²Pusat Penelitian Pangan & Gizi, Unika Widya Mandala Surabaya

³Politeknik ATMI Surakarta

* epriliati@ukwms.ac.id

Abstract. An effort to produce standardized liquid organic fertilizer initially established by a small-scale enterprise was taken by the improvement of production technology. This study aimed to obtain a production line machines of the liquid fertilizer and to determine a standard operational method. The designs included fermentor, hopper, mixer, and autofilling machine; and testing the new fermentor performance as the critical point. The product obtained can preserve the excellence of the initial Ribon Atom 1 characteristics (old fermentor).

[**Abstrak.** Upaya untuk memproduksi pupuk organik cair terstandar yang awalnya diterapkan oleh UMKM dilakukan melalui perbaikan teknologi produksi. Riset ini bertujuan untuk mendapat mesin-mesin jalur produksi pupuk organik cair dan menentukan metode standar operasinya. Rancang bangun meliputi fermentor, *hopper*, *mixer*, *autofilling* dalam pembotolan; dan melakukan uji kinerja fermentor baru sebagai titik kritis. Produk yang diperoleh dapat mempertahankan keunggulan karakteristik Ribon Atom 1 yang semula (fermentor lama).]

1. Pendahuluan

Pangan organik telah diterima di dalam sistem perdagangan dan memberi dampak perkembangan nilai ekonomi yang lebih tinggi daripada hasil pertanian pangan nonorganik. Tren perilaku konsumen untuk mengonsumsi pangan organik telah menjadi perhatian masyarakat luas secara nasional maupun internasional [1], namun pengadaan pupuk organik terstandar adalah tidak mudah karena sifat bahan baku yang bervariasi dari berbagai limbah. Proses kritis terutama pada tahap fermentasi karena perombakan yang terjadi menentukan ketersediaan senyawa yang dapat digunakan tanaman secara langsung. CV Panca Kana Mustika Jati (PKMJ) merupakan produsen pupuk organik cair dengan merek Ribon Atom 1 sejak tahun 2000. Permasalahan produksi pupuk organik cair terutama keamanan dalam distribusi akibat dari aktivitas mikroorganisme dan senyawa yang terurai bersifat volatil memberi tekanan gas dalam kemasan tertutup. Karena permintaan pangan organik terus meningkat maka kebutuhan pasar akan pupuk organik juga meningkat. Untuk itu pembenahan teknologi produksi disertai dengan *scaling up* kapasitas produksi pupuk dilakukan.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa evaluasi pengaruh perbaikan kualitas tanah secara signifikan menggunakan pupuk, rumput, tumpang sari rumput dan legume pada lahan rusak memerlukan waktu lebih dari 6 tahun [2]. Dampak positif dari pemanfaatan pupuk tersebut terkait kualitas nutrisi hasil tanaman pangan, belum diteliti secara ilmiah.

Sementara itu, permasalahan pangan dan kesehatan secara holistik hulu – hilir telah dikaji [3] menunjukkan bahwa solusi permasalahan malnutrisi dan *uncommunicable diseases* memerlukan prioritas pemetaan keragaman komposisi nutrisi dari berbagai hasil pertanian dan dari berbagai lokasi pertanian. Pengelolaan kesehatan masyarakat yang efektif dan efisien serta murah adalah dengan melakukan pembenahan komposisi nutrisi tanaman pangan sejak pada tahap hulu (budidaya), dengan dicontohkan keberhasilan penambahan iodin pada irigasi lahan pertanian untuk mengatasi populasi defisiensi iodin [4] yang direkomendasikan karena keunggulannya yang hanya diperlukan dalam kadar yang sangat rendah [3]. Namun di Indonesia masih diperlukan riset percontohan. Kajian literatur terbaru menunjukkan keunggulan penggunaan pembenah agensia organik dalam reklamasi tanah dibandingkan dengan pupuk sintetik kimia konvensional [5]. Aktivitas mikroorganisme tanah yang ditemukan setelah aplikasi agensia organik meliputi aktivitas enzim dehydrogenase, urease, BBA-protease, β -glucosidase, arylsulfatase dan alkaline fosfatase [6].

Tujuan kegiatan pengembangan teknologi industri yang diusulkan meliputi: (a). peningkatan kapasitas produksi melalui *scale up* dan atau ekspansi 1.000-2.000 L/bulan menjadi 2.000-4000 L/bulan pada tahun I dan mencapai kapasitas 8.000-10.000 L/bulan dan (b). menetapkan sistem industri pupuk BAOC ‘Ribon Atom I’ terstandar (standarisasi sarpras, organisasi, proses, mutu, legalitas).

2. Metode Penelitian

2.1. Pengembangan skala miniatur

Suatu miniatur yang telah diperoleh dari penelitian tahap 1 dibuat scale-up dari 10 L menjadi 500 L menggunakan prinsip ketetapan rasio dimensional. Bahan tangki berupa besi baja stainless, dengan penyaring, dua posisi kran pengeluaran untuk pemanenan. Pengembangan dari miniatur berupa hopper dengan pintu geser untuk memroses lanjut limbah padat pupuk cair menjadi pupuk tabur organik, pencacah limbah organik, pencampur, tangki tandon dan automatic filling dengan volume sesuai volume kemasan yang dipasarkan. Rangkaian mesin dan peralatan ini membentuk jalur produksi (production line) yang lebih terstandar.

2.2. Pengujian fermentor anaerob

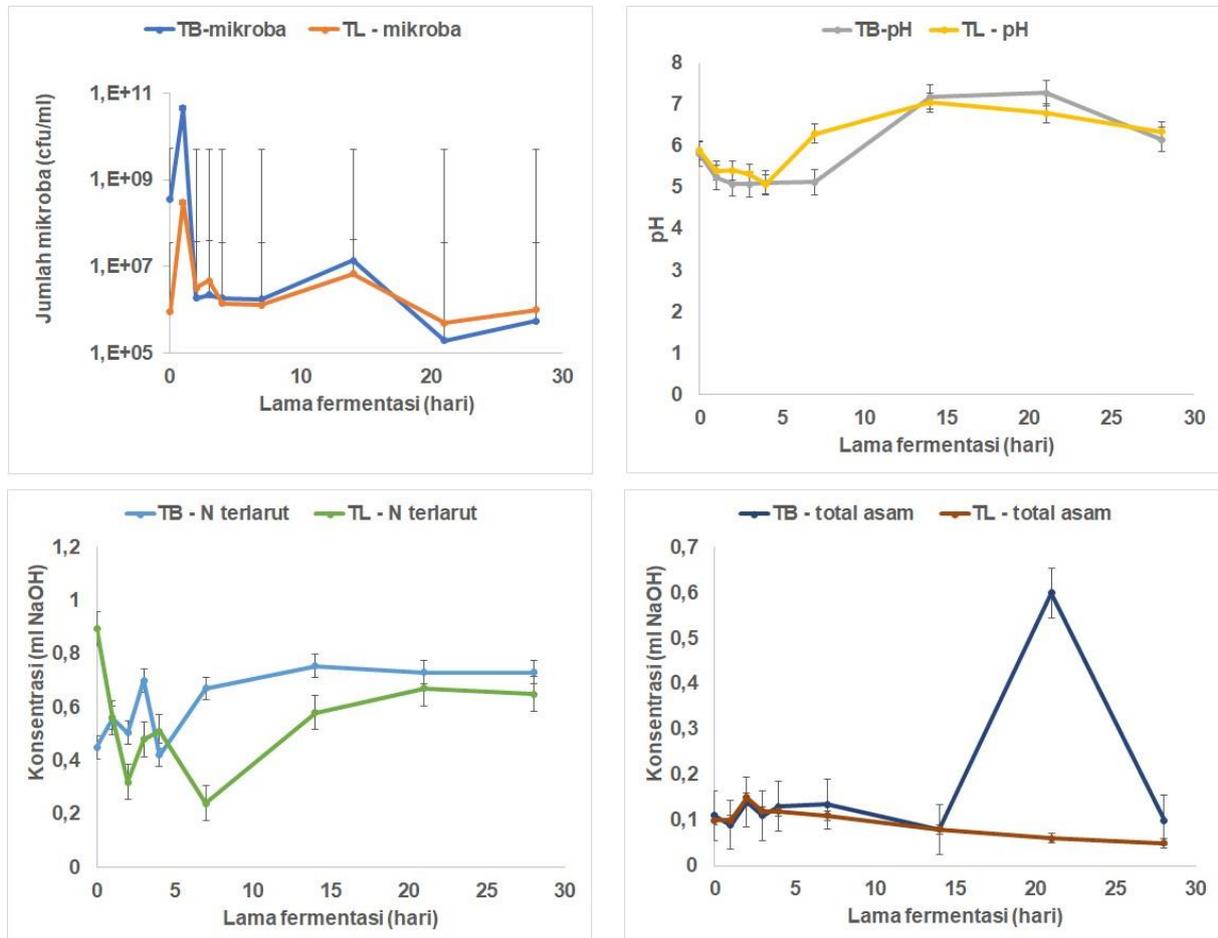
Pembandingan tangki fermentor lama dan baru dilakukan agar scaling-up tidak menyebabkan perubahan kualitas produk yang telah diuji. Formulasi pupuk sebanyak 50 kg dibagi dua untuk diisikan dalam tangki baru dan lama. Tangki lama berupa drum plastik kapasitas 125 L, dengan segel manual dengan kendala kebocoran segel untuk fermentasi anaerob. Bahan awal dan cairan bibit inokulum diuji sebagai kondisi awal. Selanjutnya pengambilan sampel dilakukan sesuai kinetika fermentasi sbb.: 0, 1, 2, 3, 4, 7, 14, dan 28 hari. Ulangan tangki sebanyak 3 kali. Uji meliputi jumlah mikroorganisme, pH, nitrogen terlarut (titrasi formol)[7], total asam (titrasi alkalimetri [8]), dan komposisi kimia pupuk (SOP Kementan).

2.3. Analisis

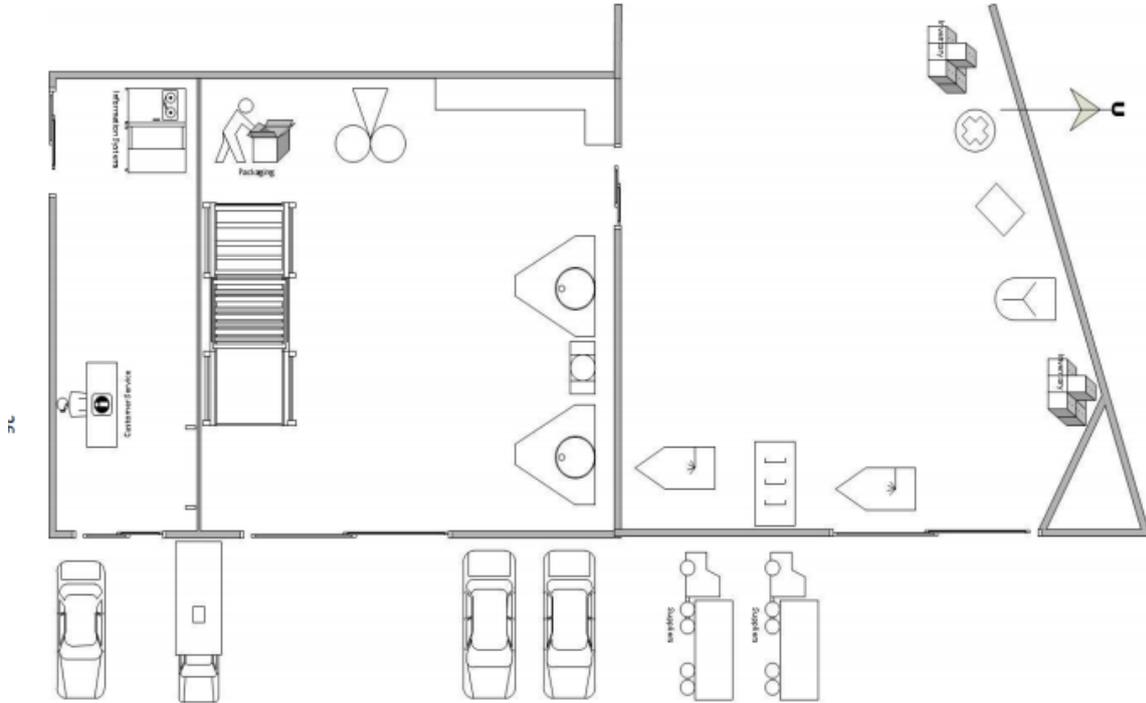
Data dianalisis uji pembedaan antara tangki lama dan tangki baru menggunakan uji t satu arah pada tingkat kepercayaan 95% antara data kinetika pada tangki baru dan lama. Hipotesa nol diterima untuk mendapatkan bahwa hasil fermentasi menggunakan tangki baru tidak mengubah kualitas pupuk pada tangki lama. Scaling up dipilih untuk perubahan rasio dimensional yang tidak menyebabkan perubahan kualitas produk yang ditargetkan yang menunjukkan bahwa proses yang berlangsung dengan perubahan kapasitas produksi tetap terjamin standar.

3. Hasil penelitian dan Pembahasan

3.1. Hasil pengujian



Gambar 1. Pola perubahan kinetika jumlah mikroba, pH, nitrogen terlarut, dan total asam selama proses fermentasi pada tangki lama (TL) dan baru (TB)
(Keterangan: ekuivalen ml NaOH pada konsentrasi 0,1 N)



Gambar 2. Tata letak jalur produksi Ribon Atom 1 yang baru



Gambar 3. Fermentor baru (*scale up*) dan lama

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku pupuk organik

Sampel	Air (%)	Protein (%)	Mineral (%)	Lipid (%)	Gula (%)	Total asam (ml NaOH)	Karbohidrat (%)
inokulum	-	-	-	-	0,14±0,01	0	-
formula	43,52±0,03	5,46±0,13	8,03±0,23	0,84±0,02	-	-	42,15
air	-	-	-	-	0	0	-

Tabel 2. Komposisi kimia pupuk hasil fermentasi selama 3 bulan tangki lama dan baru dibandingkan dengan standar pupuk organik cair Kementan

Parameter	Nilai standar	Tangki lama	Tangki baru	Keterangan kesesuaian standar
C organik	>10%	2,82	3,76	
Logam berat				
As	<5 ppm	0,02	0,03	√
Hg	<0,2 ppm	0,01	0,01	√
Pb	<5 ppm	19	19	
Cd	<1 ppm	1,3	1,2	
pH	4-9	5,4	5,8	√
Hara makro				
N	2-6%	0,11	0,14	
P ₂ O ₅	3-6%	0,02	0,01	
K ₂ O	3-6%	0,1	0,1	
Hara mikro				
Fe	90-900 ppm	50	112	√(hanya tangki baru)
Mn	25-500 ppm	9	8	
Cu	25-500 ppm	0,2	0,1	
Zn	25-500 ppm	1	0,3	
B	12-250 ppm	13	15	√
S		574	691	
Al		39	35	
Unsur lain				
Ca		0,32	0,34	
Mg		0,02	0,02	
Na		144	150	

Keterangan: seluruh ulangan tidak berbeda nyata

3.2. Pembahasan

Informasi hasil kinetika menjadi landasan teknologi produksi Ribon Atom I. Ini menjadi pendekatan ilmiah dalam proses uji kinerja tangki fermentasi lama dan baru. Untuk melihat laju perombakan yang terjadi pada kedua tangki (lama dan baru), dilakukan analisa proksimat pada kondisi awal campuran bahan padat yang digunakan untuk menentukan kandungan sumber N dan sumber C. Kemudian diikuti analisa senyawa N terlarut dan gula reduksi pada fase cair sampai dengan akhir fermentasi, sehingga diperoleh cairan Ribon Atom 1. Adapun komposisi bahan awal terdapat pada Tabel 1, serta kadar gula reduksi sebagai komponen utama

pertumbuhan mikroorganisme merupakan kontribusi utama dari formulasi bahan pupuk karena air yang digunakan dalam pembuatan pupuk Ribon Atom I dan biang (pupuk cair lama) memiliki kadar gula reduksi sangat rendah ($0,14 \pm 0,01\%$). Kinetika perubahan jumlah mikroorganisme, pH, nitrogen terlarut dan total asam dari sampel pada periode hari ke-0, ke-1, 2, 3, 4, 7, 14, 21, 28 dicantumkan pada Gambar 1. Profil kinetika tampak selaras antara tangki lama dan baru. Temuan utama proses pembuatan Ribon Atom 1 adalah fermentasi cepat pada tahap awal menggunakan sumber energi yang tersedia, namun merupakan faktor pembatas dalam tahap fermentasi selanjutnya sehingga jumlah mikroba turun tajam dan stabil sampai pada akhir fermentasi. Jadi, proses utama produksi Ribon Atom 1 adalah maserasi dalam jangka Panjang dengan jumlah mikroorganisme dalam fase stasioner.

Pertumbuhan mikroorganisme ditentukan oleh total mikroba yang terdapat di dalam bahan baku dan lingkungan. Mikroba awal pada air sumber dan formulasi bahan padat merupakan penyumbang mikroba utama dalam pembuatan pupuk Ribon Atom I. Setelah semua bahan masuk serta penambahan bahan cair lain meliputi susu sapi asam (pemanfaatan limbah susu segar di Kawasan peternak sapi perah) dan cairan dari cacing lumbricus, maka fermentasi dimulai dan tangki ditutup. Sampel hari ke-0 menunjukkan peningkatan jumlah hitung mikroba dalam tangki baru, sedangkan tangki lama tidak mengalami perubahan jumlah mikroorganisme. Setelah hari ke-1 terjadi peningkatan jumlah mikroorganisme lebih cepat pada tangki baru dibandingkan dengan tangki lama. Selain pertumbuhan bakteri, kedua sampel pada hari ke-0 dan ke-1 baik dari tangki lama dan baru ditemukan banyak kapang hal ini terjadi karena limbah organik yang digunakan telah kering dengan peluang pertumbuhan kapang saat penjemuran terbuka dengan sinar matahari. Selain itu suhu fermentor terpantau mengikuti suhu udara lingkungan untuk tangki baru yang terbuat dari logam stainless steel. Tangki lama tidak dapat dipantau suhu dan tekanannya, namun plastik merupakan insulator panas sehingga pertumbuhan mikroorganisme lebih tinggi pada tangki baru (stainless steel, insulator panas). Hal ini yang menyebabkan perlunya tangki baru agar proses fermentasi terkontrol standar (*precise fermentation condition*). Kebocoran yang terjadi pada kedua tangki memberikan implikasi sama bahwa fermentasi yang terjadi bukan anaerob mutlak melainkan aerob fakultatif (perlu kondisi beroksigenasi minor). Percobaan diulang ketiga kali untuk semua tangki. Kebocoran masih berpeluang terjadi. Tangki baru diberi tambahan *silicon sealer* di antara *flank* penutup tangki. Penyempurnaan *seal* pada tangki tidak memberi pengaruh nyata terhadap hasil fermentasi dibandingkan produk tangki lama.

Fermentasi cair dalam riset ini tidak jauh berbeda dari fermentasi aerobik nonsontan limbah budidaya perikanan menggunakan suhu dan pH dikondisikan 5,5 – 6,5 dengan kombinasi faktorial suhu 30-40 °C pada limbah padat budidaya ikan untuk tujuan pupuk aquaponik [9]. Suhu udara di Boyolali terpantau pada thermometer pada tangki baru berkisar 28-30 °C. Pengaruh suhu lebih tinggi menyebabkan penekanan nitrifikasi dan kondisi biokonversi nitrogen maksimum pada kondisi 35 °C dan pH 6,0-6,5 selama 15 hari saja [9]. Pengendalian fermentasi di CV PKMJ sudah memiliki pH dan suhu batas bawah dibanding kondisi [9] tersebut serta tidak ada penambahan inokulum selain biang dari pupuk indukan fermentasi sebelumnya yang diterapkan pada sampah organik kering maka laju perombakan yang terjadi tidak setinggi bahan segar. Hal ini memiliki kelebihan tersendiri dengan aktivitas utama adalah maserasi dari bahan kering tersebut yang kemungkinan besar metabolit telah terbentuk saat penjemuran disertai fermentasi oleh kapang seperti yang diidentifikasi dalam mikrobiologi bahwa kapang dan bakteri *Bacillus* sp mendominasi jumlah koloni di dalam fermentasi di CV PKMJ. Pola pertumbuhan mikroorganisma penelitian [9] menunjukkan puncak serupa dengan riset ini pada hari ke-1 dan menurun tajam. Sebaliknya perubahan pH cenderung stabil selama

periode riset [9], perubahan pH pada riset ini menurun sampai hari ke-3 selanjutnya meningkat ke arah netral dan basa, menunjukkan bahwa maserasi lebih dominan daripada aktivitas mikroorganisme. Bahan kering yang digunakan oleh CV PKMJ kaya akan alkaloid. Akibatnya peningkatan pH dan ekstraksi komponen limbah organik berlangsung dari hari ke-4 sampai ke-90 masa panen. Aktivitas mikroorganisme menjadi terhambat oleh kondisi keterbatasan nutrisi dan keberadaan metabolit yang dapat bersifat toksik untuk mikroorganisme.

Perubahan pH ke arah basa dapat terkait dengan pelepasan nitrogen dalam bentuk ammonium, sesuai dengan temuan [10] pada fermentasi anaerob kotoran sapi yang memerlukan presipitan (pengendap) garam magnesium klorida ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) untuk mengurangi ammonium terlarut selama fermentasi agar aplikasi pupuk aman secara ekologi. Sebaliknya, keunggulan fermentasi oleh CV PKMJ justru mampu memperlambat amoniasi dan fermentasi cair ini menyebabkan pengenceran yang aman bagi lingkungan. Secara laboratorium tanah yang diaplikasi Ribon Atom 1 telah menunjukkan fungsi pemeliharaan dan koreksi karakteristik tanah (data tidak ditampilkan).

Pola perubahan gula reduksi pada hari ke-0 pada tangki baru $2,53 \pm 0,07\%$ dan tangki lama $7,28 \pm 0,18\%$ berakhir setara sekitar 1% dengan lonjakan jumlah mikroba pada 24 jam pertama selanjutnya turun drastis sampai pada kondisi stabil. Rancang bangun fermentor yang dikembangkan dari miniatur fermentor menunjukkan replikasi kondisi tangki lama namun dengan pantauan suhu dan tekanan dapat mengubah kondisi tidak terkontrol menjadi lebih dapat distandarkan pada lot produksi hari ke hari. Kelengkapan alat produksi untuk mendukung penjaminan mutu pupuk secara terstandar meliputi pencacah bahan organik, *hoper*, *mixer*, and *autofilling machine* serta tandon. Jalur produksi dan peralatan/mesin disajikan pada Gambar 2 sedang fermentor lama dan baru pada Gambar 3.

4. Kesimpulan

Selama proses fermentasi berlangsung menunjukkan bahwa jumlah mikroba hanya meningkat pada awal fermentasi yang sejalan dengan penurunan gula reduksi, penurunan pH, dan peningkatan total asam, serta N terlarut yang rendah. Namun menjelang akhir fermentasi, jumlah mikroba relatif konstan pada kisaran 10^6 cfu/ml pada fase cair, dan pH pada kisaran netral, serta meningkatnya persen N terlarut. Kondisi ini baik untuk tanah karena ketersediaan senyawa yang terurai secara parsial yang siap digunakan oleh tanaman atau mikroorganisme dan serangga dalam membantu pengemburan tanah. Rancang bangun *scale-up* tangki fermentor mampu mempertahankan kualitas pupuk Ribon Atom 1 seperti produk lama namun dengan kondisi yang lebih dapat dikontrol terstandar agar produk memiliki kualitas konsisten.

5. Referensi

- [1] Sloan A.E. 2016 *Food Technology* 24-45 diakses 28 Mei 2017 http://www.ift.org/~media/food%20technology/pdf/2016/04/0416_feat_1_top10foodtrends.pdf?fullsite=true.
- [2] Mikha M.M., Benjamin J.G., Vigil M.F., Poss Dj. 2017 *PLoS ONE* 12-e0175533. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175533>.
- [3] Graham R.D., Welch R.M., Saunders D.A., Monasterio I.O., Bouis H.E., Bonierbale M., De Haan S., Burgos G., Thiele G., Liria R., Meisner C.A., Beebe S.E., Potts M.J., Kadian M., Hobbs P.R., Gupta R.K., Twomlow S. 2007 *Advances in Agronomy* 92. Doi: 10.1016/S0065-2113(04)92001-9.
- [4] Cao X.Y., Jiang X.M., Kareem A., Dou Z.H., Rakeman A.M., Zhang M.L., Ma T., O'Donnel K., DeLong N., DeLong G.R. 1994 *Lancet* 334-107-110.

- [5] Larney F.J., Angers D.A. 2012 *Canadian Journal of Soil Science* **92**-19-38.
- [6] Tejada M., Hernandez M.T., Garcia C. 2006 *Journal of Environmental Quality* **35**-1010-1017.
- [7] Sudarmaji S., Haryono, B., Suhardi. 1984 ed. 3, Liberty, Yogyakarta.
- [8] Ranggana S. 1979 Tata Mc-Graw Hill, New Delhi.
- [9] Khiari Z., Kaluthota S., Savidov N. 2019 *Aquaculture* doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.10.059
- [10] Uludag-Demirer S., Demirer G.N., Frear C., Chen S. 2008 *Journal of Environmental Management* **86**-193-200. doi:10.1016/j.jenvman.2006.12.002.A

Ucapan terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Direktorat Inovasi untuk hibah Program Pengembangan Teknologi Industri 2019 Gelombang II.