Sistem Informasi Manajemen Limbah Untuk Simbiosis Usaha Tani dan Ternak

Tiara Dwiputri^{#1}, Albarda^{#2}

[#] *Sistem dan Teknologi Informasi, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung*

¹tiara.dwiputri94@gmail.com

²albar@stei.itb.ac.id

Abstrak— Perkembangan sektor agrobisnis pada era ini membutuhkan berbagai pertimbangan yang dapat menjamin tingkat keberlanjutan usaha. *Zero waste* merupakan salah satu kondisi yang dapat dicapai dengan pemanfaatan *green technology* untuk menghasilkan lingkungan operasi agrobisnis yang mendukung. Sebuah konsep integrasi tanaman-ternak yang diperkenalkan oleh FAO menjadi salah satu hal yang dapat diterapkan untuk membantu mengurangi pembuangan limbah dan biaya operasional usaha. Pada *paper* ini dilakukan perancangan sebuah sistem informasi yang dapat diterapkan pada sebuah organisasi kelompok agrobisnis skala rumah tangga untuk mendukung aplikasi konsep integrasi tanaman-ternak dengan mengolah limbah secara kolektif. Sistem informasi yang dibangun diharapkan dapat membantu pengawasan proses pengumpulan limbah kolektif serta membantu perhitungan distribusi. Pengujian rancangan dilakukan dengan membangun simulasi implementasi sistem untuk membuktikan fungsionalitas sistem.

Kata kunci— *Zero waste*, Integrasi tanaman-ternak, Sistem Informasi, Simulasi

I. PENDAHULUAN

Sektor agrobisnis di Indonesia merupakan salah satu sektor terbesar yang mengikat lebih dari 40% tenaga kerja di Indonesia. Namun, sektor ini dapat dikatakan tidak mengalami perkembangan yang signifikan baik dari tingkat pendapatan. Semakin sedikit rumah tangga yang meneruskan mata pencaharian pada bidang agrobisnis dikarenakan rendahnya tingkat keberlanjutan usaha pada sektor ini. Sebuah konsep yang diperkenalkan oleh FAO bertujuan untuk meningkatkan keuntungan dan tingkat produk usaha pertanian dan peternakan, sementara menekan dampak negatif pada lingkungan [1]. Konsep ini dikenal dengan nama *integrated crop-livestock* atau integrasi tanaman-ternak. Implementasi konsep ini pada sebuah sistem digambarkan dengan aktivitas usaha yang dicirikan dengan keterkaitan erat komponen tanaman dan ternak dalam suatu usaha atau suatu wilayah sebagai faktor pemicu pertumbuhan pendapatan masyarakat [2]. Keterkaitan yang dimaksud adalah pemanfaatan produk limbah sebagai sumber daya untuk produksi komoditas lainnya.

Penerapan sistem integrasi tanaman-ternak sendiri pada praktiknya sudah diketahui oleh rumah tangga usaha. Namun, praktik tersebut didasari atas kebutuhan

individual dan tidak dilakukan secara sistematis. Sementara, potensi implementasi sistem pada tingkat wilayah tidak dapat diabaikan. Untuk dapat mengangkat implementasi sistem pada tingkat wilayah, dibutuhkan sebuah pihak yang akan bertanggung jawab untuk melakukan pengelolaan limbah kolektif. Organisasi kelompok rumah tangga usaha merupakan lembaga yang diakui pemerintah sebagai salah satu lembaga masyarakat dan salah satu kelembagaan yang menjadi obyek revitalisasi pemerintah adalah gabungan kelompok tani (Gapoktan) [3]. Organisasi ini sendiri tidak memiliki fungsi yang spesifik dan disesuaikan dengan kebutuhan dari anggotanya.

Salah satu organisasi yang memiliki fungsi serupa adalah organisasi *food hubs* yang berkembang di Amerika. Organisasi ini didefinisikan sebagai organisasi yang mengelola agregasi, distribusi, dan pemasaran produk-produk makanan [4]. Adopsi model organisasi *food hubs* pada organisasi setingkat Gapoktan dapat dilakukan dengan memberikan peran pengelolaan limbah kolektif wilayah. Untuk itu, dibutuhkan rancangan pengolahan sistem informasi yang dapat digunakan untuk mendukung proses pengelolaan perputaran limbah. *Paper* ini melakukan pembahasan terhadap rancangan proses, peran aktor, informasi, dan teknologi yang dibutuhkan untuk dapat mengimplementasi sistem yang mendukung praktik integrasi tanaman-ternak pada tingkat wilayah oleh organisasi kelompok rumah tangga usaha.

II. STUDI PUSTAKA

A. Teknologi Food Hubs

Food hubs sebagai organisasi yang memiliki proses operasional yang kompleks membutuhkan sejumlah teknologi untuk membantu mengembangkan bisnis. Sebuah proyek dilakukan untuk mengembangkan panduan tentang *road map* bagi *food hubs* dalam mengimplementasi kebutuhan solusi teknologi yang sesuai terhadap kebutuhannya. Berdasarkan panduan tersebut, organisasi *food hubs* harus memahami terlebih dahulu kategori fungsi dan proses dari operasinya. Terdapat empat jenis kategori *food hubs* yang dideskripsikan sebagai berikut [5].

1) B2B: Traditional

Kategori ini mendeskripsikan model bisnis yang meliputi agregasi, pengepakan, penyimpanan, pemasaran, dan distribusi produk dari penanam hingga pembeli. Kategori ini dibedakan dengan penjualan yang dilakukan oleh *hub* dibanding langsung dari penanam.

2) B2B: Processing

Kategori ini mengelola penyuplai dan melakukan agregasi dari masukan mentah untuk diproses menjadi produk akhir yang dijual dan distribusikan kepada pembeli. Salah satu ciri dari *hub* ini adalah berfokus pada pemrosesan *branding* produk akhir.

3) B2B: Portal

Kategori ini memfasilitasi pembelian langsung atau transparansi transaksi antara penanam dengan pembeli. *Hub* ini menagih biaya dari dukungan logistik yang disediakan. Pada umumnya *hub* ini memiliki sebuah portal *online* yang memungkinkan pembeli memilih dan membeli produk yang diinginkan.

4) B2C: Farmer Market

Kategori ini melayani konsumen dengan model Community Supported Agriculture (CSA). *Hub* ini bekerja sama dengan penanam untuk merencanakan, mengelola, dan memasarkan suplai. Ciri khusus dari kategori ini adalah dengan penyediaan CSA (yang mungkin mirip dengan kategori B2B). Namun, terdapat struktur pengelolaan layanan yang memungkinkan pembeli untuk melakukan pemesanan tiap musim tanam atau melakukan jeda pemesanan, dan lain-lain.

Kebutuhan fungsional dari teknologi yang diterapkan pada kategori-kategori *food hubs* di atas meliputi beberapa hal dan disesuaikan berdasarkan kebutuhan kategorinya. Daftar fungsi yang dapat didukung teknologi meliputi *planning & forecasting*, manajemen suplai, pembelian, lembar harga, manajemen pelanggan, manajemen inventaris, manajemen pemrosesan, *traceability*, pemenuhan pesanan, perutean dan pengiriman, analisis dan pelaporan, dan lain sebagainya [5]. Fungsi-fungsi ini diintegrasikan kepada sebuah Enterprise Resource Planning yang akan digunakan oleh *food hub*.

B. Management Information System

Sistem Informasi Manajemen (SIM) merupakan sebuah aplikasi sistem informasi yang digunakan dalam mendukung bentuk-bentuk pengelolaan. Lyytinen & Newan mendefinisikan sistem informasi sebagai sistem organisatoris yang meliputi hal teknis, organisasi, komunikasi yang ditata ulang dan diperluas dalam pengembangan sistem informasi untuk memenuhi tujuan organisasi [6]. Tren pemanfaatan SIM telah banyak diadopsi oleh badan usaha dengan istilah *Enterprise Resource Planning* (ERP).

Sektor agrobisnis merupakan sektor dengan proses operasional yang kompleks. Berbagai domain fungsi seperti manajemen inventaris, distribusi, dan proses pasok merupakan hal yang harus dikelola dengan baik pada sektor ini. Pemanfaatan teknologi informasi dapat digunakan dan masih berpotensi untuk dikembangkan

lebih jauh agar mampu meningkatkan efisiensi dan mengurangi pembuangan nilai dalam produksi. Penerapan teknologi informasi dapat dibedakan untuk tiga kategori, yaitu manajemen rantai pasok, *traceability*, dan jaringan distribusi [7].

C. Integrasi Tanaman Ternak

Integrasi tanaman ternak merupakan konsep yang diimplementasikan dalam bentuk sistem yang menggambarkan aktivitas usaha yang dicirikan dengan keterkaitan erat komponen tanaman dan ternak [2]. Keterkaitan yang dimaksud adalah penggunaan produk limbah agar bermanfaat bagi komoditas lainnya. Beberapa keuntungan yang didapatkan dari implementasi sistem ini meliputi peningkatan kapasitas produktif tanah, ekonomis dan efisien, penekanan biaya produksi, serta penyediaan pilihan sumber daya beragam [1].

Pengembangan sistem ini diikuti dengan strategi untuk menyinergiskan siklus produksi serta mengefisienkan pertukaran sumber daya yang berlangsung. Secara garis besar, perpindahan sumber daya yang dapat dimanfaatkan antarkomoditas dapat dilihat pada Gambar 1 [8]. Tiga entitas utama yang terlibat dalam integrasi ini adalah usaha tanaman, usaha ternak, dan pemilik usaha itu sendiri. Di lapangan sendiri, sebagian besar rumah tangga usaha telah mengetahui model sistem ini. Namun, praktiknya hanya dilakukan atas dasar kebutuhan individu dan tidak dilakukan secara sistematis.

Gambar 1 Perputaran sumber daya

III. ANALISIS

D. Proses Saat Ini

Proses produksi dan perlakuan limbah yang paling umum ditemui di Indonesia meliputi dua jenis perlakuan, yaitu pembuangan dan penjualan kembali. Pembuangan yang umum ditemui untuk usaha tanaman adalah pembakaran sisa panen seperti jerami atau batang tanaman yang menghasilkan polusi udara. Pada usaha ternak, pembuangan yang umum dilakukan adalah dengan langsung mengalirkan pada saluran air terdekat dan

berdampak pada pencemaran air dangkal untuk lingkungan sekitar. Hal utama yang ingin diperbaiki dari proses saat ini adalah adanya dua proses yang saling terpisah antarkomoditas.

Permasalahan yang dapat dianalisis pada proses saat ini adalah limbah buangan yang tidak terukur dari usaha-usaha karena penyerahan perlakuan limbah pada pelaku usaha dan tidak efisiennya pemanfaatan sumber daya yang dihasilkan oleh usaha dari satu wilayah. Hal tersebut mengakibatkan pembuangan limbah yang tidak terbanding dan pemborosan biaya pencarian sumber daya operasi usaha. Dampak akhir dari kedua hal tersebut adalah tingginya risiko lingkungan dan operasional yang dimiliki rumah tangga usaha.

Jawaban dari permasalahan ini dapat dilakukan dengan penerapan model integrasi tanaman-ternak. Penerapan tersebut dapat dilakukan dengan integrasi antara dua rumah tangga usaha atau lebih dengan beberapa tantangan karena sulitnya integrasi yang melibatkan terlalu banyak entitas. Hal tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan jaringan yang telah tersedia di lapangan untuk melakukan pengelolaan dan pemutaran limbah antara rumah tangga usaha. Untuk itu, dibutuhkan sistem dan kakas pendukung untuk melakukan pengelolaan limbah dalam skala besar.

E. Perbaikan Proses

Penerapan model integrasi tanaman-ternak dengan berbagai bentuk. Salah satu bentuk integrasi adalah pemanfaatan limbah tani sebagai pakan ternak dan limbah ternak sebagai pupuk organik untuk ladang tanaman. Untuk menghasilkan sistem tertutup yang dapat mengintegrasikan dua usaha dapat dilakukan dengan mengganti proses perlakuan limbah yang diserahkan pada rumah tangga usaha dengan pengumpulan pada sebuah *pool* limbah akumulasi wilayah. Pengumpulan limbah pada *pool* dapat mengatasi masalah tidak terukurnya limbah buangan. Kemudian, limbah akumulasi wilayah yang tersedia dalam *pool* akan dibagikan kembali kepada rumah tangga usaha untuk dimanfaatkan. Blok diagram dari proses perbaikan proses dapat dilihat pada Gambar 2. Proses yang demikian akan menghasilkan simbiosis antara usaha tani dan ternak berdasarkan model integrasi tanaman-ternak yang telah dijelaskan.

F. Kebutuhan Sistem

Perbaikan alur proses yang diajukan memunculkan kebutuhan sistem yang harus dimiliki. Pada Tabel 1 terdapat kebutuhan sistem yang harus dimiliki untuk mengimplementasi proses yang telah dibahas sebelumnya. Kebutuhan dihasilkan dari hasil analisis proses saat ini dengan pengajuan perbaikan proses. Pada bab selanjutnya akan digambarkan rancangan sistem keseluruhan.

Gambar 2 Perbaikan alur proses

TABEL 1
DAFTAR KEBUTUHAN SISTEM

Kebutuhan	Deskripsi	Solusi
Aktor Pengelola Limbah	Untuk mengelola sistem limbah akumulasi wilayah dibutuhkan peran dari jaringan yang telah tersedia di lapangan sebagai aktor pengelola limbah wilayah yang melibatkan banyak entitas rumah tangga usaha.	Pemanfaatan Gabungan Kelompok Tani
<i>Pool</i> akumulasi limbah wilayah	<i>Pool</i> dibutuhkan untuk menyimpan maupun memproses limbah akumulasi yang dikumpulkan dalam satu tempat.	<i>Pool</i> limbah sesuai jenis akumulasi limbah
Pengelolaan <i>pool</i>	<i>Pool</i> yang tersedia membutuhkan fasilitas untuk dapat mengelola dan mengawasi kondisi stok <i>pool</i> yang merekam limbah yang keluar dan masuk.	Sistem pendukung pengawasan kondisi <i>pool</i>
Pemrosesan limbah	Limbah yang terkumpul pada <i>pool</i> memungkinkan untuk mendapatkan beberapa perlakuan untuk dapat dioptimalkan pemanfaatannya.	Layanan pemrosesan limbah
Distribusi limbah pada anggota	Hasil limbah yang telah diakumulasi akan dibagikan kembali pada rumah tangga usaha yang akan memanfaatkannya, sehingga dibutuhkan fungsi pembagian limbah.	Metode pembagian yang menghasilkan kondisi <i>envy-free</i>
Pengaturan siklus perputaran limbah	Dibutuhkan pengaturan jadwal siklus perputaran limbah sehingga dapat terjadi harmonisasi siklus dari produksi limbah.	Peran direktur siklus perputaran wilayah
Distribusi Informasi	Informasi hasil pelaksanaan pembagian limbah yang telah diakumulasi dalam <i>pool</i> harus disebar kembali kepada partisipan petukaran limbah.	SMS gateway yang memungkinkan pengiriman SMS <i>application-to-person</i>

Gambar 3 Model Konseptual Solusi

IV. RANCANGAN SOLUSI

G. Pemodelan Konseptual

Ide yang diajukan pada *paper* ini merupakan pemanfaatan Kelompok Rumah Tangga Usaha sebagai sentral pengelolaan limbah yang memanfaatkan sebuah sistem informasi manajemen limbah. Dengan fungsi-fungsi awal yang dimiliki organisasi, akan ditambahkan beberapa fungsi baru untuk melengkapi proses operasional manajemen limbah wilayah. Gambar 3 menunjukkan pemodelan konseptual dari solusi. Dapat dilihat terdapat empat entitas utama, yaitu usaha tani, usaha ternak, rumah tangga usaha, dan kelompok RTU.

H. Desain Sistem

Gambar 4 Proses Pengelolaan Limbah

Desain sistem mendefinisikan beberapa alur fundamental untuk memahami operasional sistem. Beberapa alur yang akan dijelaskan meliputi tiga alur, yaitu:

1) Alur Proses

Proses dari pengelolaan limbah sistem terdiri dari dua jenis proses, yaitu proses CRUD pada *database* sistem dan proses pengelolaan limbah itu sendiri. Gambar 4 menunjukkan diagram BPMN dari proses pengolahan limbah yang dilakukan oleh empat entitas, yaitu rumah tangga usaha, *pool*, *admin*, dan sistem informasi.

2) Alur Limbah

Alur limbah pada dasarnya merupakan perputaran dari akumulasi limbah tani pada *pool* pakan ternak yang dibagikan kepada pemilik usaha ternak dan akumulasi limbah ternak pada *pool* pupuk organik yang dibagikan kepada pemilik usaha tani. Hal lain yang harus dipertimbangkan adalah untuk menghasilkan kondisi *envy-free* dari seluruh partisipan rumah tangga usaha. Untuk itu, dapat diterapkan dua tahap pembagian limbah dengan pembagian pertama mengikuti aturan egaliter dengan menerapkan kompensasi yang menjamin persentase pemenuhan yang sama rata untuk seluruh partisipan. Pembagian kedua akan menggunakan aturan utilitarian dengan prinsip penghargaan, yaitu pemberian tambahan jatah limbah kepada partisipan dengan tingkat partisipasi yang tinggi.

Gambar 5 Alur Infomasi Antaraktor

Gambar 6 Arsitektur Implementasi Teknologi

3) Alur Informasi

Alur terakhir yang didefinisikan pada rancangan sistem adalah alur informasi antaraktor yang dapat dilihat pada Gambar 5. Panah menunjukkan alur informasi dengan informasi dan media yang digunakan.

Selain itu, dibutuhkan pendefinisian rancangan operasional, yaitu peran aktor baik individu maupun organisasi yang dijabarkan pada Tabel II.

TABEL II
PERAN AKTOR

Aktor	Peran
Gabungan Kelompok Tani	Pengelola limbah yang melakukan agregasi, pemrosesan, dan distribusi produk limbah.
Admin	<i>Data Administrator</i> yaitu bertanggung jawab atas penyelarasan data sistem dengan data lapangan dan melakukan estimasi kapabilitas produksi usaha.
	<i>Flow Director</i> yaitu bertanggung jawab sebagai penentu siklus pengumpulan dan pembagian limbah wilayah
	<i>Information Provider</i> yaitu bertanggung jawab untuk memastikan informasi distribusi limbah pada seluruh partisipan.
Rumah Tangga Usaha	Menyediakan detail usaha
	Penyetoran produksi limbah usaha
	Pemanfaatan limbah hasil bagi

I. Rencana Implementasi

Implementasi yang akan dilakukan merupakan sebuah sistem informasi manajemen yang akan memenuhi kebutuhan-kebutuhan sistem. Secara garis besar, akan terdapat tiga komponen teknologi yang meliputi program aplikasi berupa sebuah perangkat lunak dengan antarmuka yang dapat diakses *admin*, *information distributor* dengan menggunakan modem GSM sebagai SMS Gateway, dan sebuah *weight scale recorder* yang berperan sebagai portal *pool* dan merekam berat limbah yang masuk dan keluar. Arsitektur teknologi dapat dilihat pada Gambar 6.

V. SIMULASI

Pembangunan simulasi dilakukan untuk membuktikan teori fungsionalitas rancangan sistem. Simulator akan digunakan untuk menghasilkan beberapa nilai yang menunjukkan hasil implementasi sistem. Simulator dibangun dalam *platform* Java.

A. Komponen Simulator

Komponen simulator meliputi tiga fungsi utama, yaitu 1) Perhitungan kapabilitas produksi dan kebutuhan

Fungsi ini mampu melakukan kalkulasi kapabilitas produksi dan kebutuhan limbah usaha menggunakan empat formula.

$$KTa = l \times c \quad (1)$$

$$KK = l \times c \times 2 \quad (2)$$

$$KTr = q \times c \times 100 \quad (3)$$

$$KP = q \times c \times 121 \quad (4)$$

KTa dan KK berturut-turut merupakan kapabilitas tani dan kebutuhan kompos adalah perhitungan untuk usaha tani. Variabel *l* adalah luas lahan usaha dan *c* adalah konstanta potensi limbah yang disesuaikan dengan jenis tanaman. Sementara, KTr dan KP berturut-turut merupakan kapabilitas ternak dan kebutuhan pakan adalah perhitungan usaha ternak. Variabel *q* berarti jumlah hewan ternak yang dimiliki dan *c* adalah konstanta potensi limbah yang disesuaikan dengan jenis ternak.

2) Generator Produksi Aktual Limbah

Hasil produksi aktual limbah dari usaha disimulasikan dengan menggunakan persebaran normal dengan acuan kapabilitas produksi limbah dan standar deviasi yang

dihitung dari fluktuasi produksi masing-masing limbah. Algoritma yang digunakan dalam pembangunan dapat dilihat pada Algoritma 1.

Algoritma 1: Pseudocode Fungsi Random

```
Double randomGenerator(double std, double mean) {
    Random generator = net Random();
    Double production = (generator.nextGaussian() *
                        std) + mean;
    return production;
}
```

3) Pembagian Adil

Metode pembagian adil yang dilakukan dalam dua tahap dengan penerapan masing-masing aturan sudah dijelaskan sebelumnya kemudian diimplementasikan dalam fungsi simulator sesuai dengan Algoritma 2.

Algoritma 2: Pembagian Adil

```
double ct=0;
do {
    temp=0;
    ct+=0.01;
    for(RTUnumber)
        temp+=ct*rtu.kebutuhan
    } while (temp<stok)
ct-=0.01;
for (RTUnumber)
    rtu.div=ct*rtu.kebutuhan;
double lambda=stok-totalDivided
for(RTUnumber){
    if(rtu.div<rtu.kebutuhan){
        double sisa=
            (lambda*rtu.partisipasi/totalPartisipasi);
        rtu.div+=sisa;
    }
}
```

B. Asumsi dan Variabel Simulator

Simulasi dibangun dengan beberapa asumsi, yaitu:

- 1) Satu kali siklus pembagian dilakukan pada akhir musim tanam, yaitu setelah panen usaha tanaman yang dilakukan setahun tiga kali atau dalam kurun waktu 121 hari.
- 2) Usaha tani melakukan penanaman padi.
- 3) Usaha ternak melakukan budi daya sapi potong.

Berdasarkan asumsi tersebut, ditentukan beberapa variabel sebagai masukan simulasi, yaitu:

- 1) Data *dummy* rumah tangga usaha berjumlah 100 dengan beberapa kombinasi jumlah, yaitu 50:50, 40:60, 30:70, dan 20:80.
- 2) Konstanta produksi limbah padi sebesar 0.4 dan produksi limbah sapi potong sebesar 18.875.

- 3) Simulasi dilakukan selama 15 kali pengulangan yang merupakan penggambaran 15 kali musim tanam atau 5 tahun.

C. Hasil dan Analisis

Data yang dihasilkan simulasi sistem menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat ditarik. Pertama adalah hasil pemenuhan kebutuhan rumah tangga usaha berdasarkan kombinasi jumlah usaha ternak dan tani. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III

PEMEMUHAN KEBUTUHAN USAHA

Kombinasi (Ternak:Tani)	Usaha	Jumlah Pemenuhan
50:50	Tani	100% dosis
	Ternak	14.5 hari
40:60	Tani	100% dosis
	Ternak	23 hari
30:70	Tani	72.92% dosis
	Ternak	38.5 hari
20:80	Tani	42.04% dosis
	Ternak	65 hari

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa kondisi optimum dari implementasi sistem terletak di antara kombinasi 40:60 dan 30:70. Gambar 7 menunjukkan grafik perbandingan persentase pemenuhan limbah usaha tani dan ternak. Pada kondisi ini, dapat diketahui bahwa titik di mana persentase pemenuhan usaha tani dan ternak berada sedikit di bawah perbandingan 20:80. Namun, dengan pemahaman bahwa pemenuhan 100% untuk usaha ternak berarti ketersediaan pangan selama 121 hari atau 1/3 tahun menjadi prioritas kedua yang dapat dipenuhi untuk siklus yang dilakukan tiap akhir musim tanam.

Gambar 7 Grafik Perbandingan Pemenuhan

Untuk itu, pemenuhan yang diutamakan adalah pemenuhan 100% dari dosis usaha tani yang secara optimal didapatkan pada titik sedikit di atas perbandingan 40:60 yang berarti usaha tani mendapatkan 100% dosis

dari kebutuhan pupuk organik dan pemenuhan sedikit di atas 23 hari untuk kebutuhan pakan usaha ternak sistem.

Poin selanjutnya yang diambil dari hasil simulasi adalah jumlah limbah terbuang yang dihasilkan untuk masing-masing kombinasi. Pada Tabel 4 dapat dilihat perbandingan antara implementasi sistem yang diajukan dan sistem pembuangan saat ini. Untuk beberapa kondisi dapat diketahui bahwa hasil buangan limbah menurun drastis dengan implementasi sistem. Bahkan untuk beberapa kombinasi, sistem mencapai kondisi *zero waste*. Kondisi tersebut dapat ditemui apabila titik optimum dari pemenuhan untuk usaha tani dan ternak telah ditemui, yaitu sedikit di atas perbandingan 40:60. Saran lainnya yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan sisa buangan limbah ternak untuk biogas. Dengan begitu, kondisi *zero waste* dapat tetap tercapai dengan alternatif pemanfaatan limbah.

TABEL IV

RATA-RATA SISA LIMBAH

Kombinasi (Ternak:Ta ni)	Limbah Terbuang Usaha Ternak (kg)		Limbah Terbuang Usaha Tani (kg)	
	Existing	Proposed	Existing	Proposed
50:50	66.500,45	63.925,88	42.157,46	0
40:60	49.364,24	15.278,05	51.269,1	0
30:70	36.099,395	0	60.210,29	0
20:80	24.788,755	0	71.828,17	0

VI. SIMPULAN

Pengajuan sistem informasi manajemen limbah untuk simbiosis usaha tani dan ternak diusulkan berdasarkan analisis kondisi saat ini yang masih bisa ditingkatkan dengan memanfaatkan peran organisasi kelompok tani, seperti Gapoktan atau setingkatnya, sebagai sentral pengelolaan limbah akumulasi wilayah untuk mencapai simbiosis antara usaha tani dan ternak dengan menerapkan konsep integrasi tanaman ternak. Rancangan sistem meliputi alur proses, alur limbah, alur informasi, dan peran aktor. Selain itu, dibutuhkan juga sistem informasi manajemen sebagai sistem pendukung dalam manajemen limbah dengan beberapa fungsi. Untuk membuktikan rancangan tersebut, dilakukan pengujian dengan metode simulasi yang diimplementasi berdasarkan kebutuhan-kebutuhan fungsional yang dibutuhkan sistem dan menyimulasikan masukan dari aktor sistem. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan secara optimal pada kombinasi jumlah ternak dibanding tani sedikit di atas 40:60 di mana sistem akan menghasilkan sebuah sistem *zero waste* tertutup dengan rata-rata pemenuhan usaha tani sejumlah 100% dari dosis kebutuhan dan pemenuhan usaha ternak selama sedikit di atas 23 hari pakan ternak.

VI. PEKERJAAN LANJUTAN

Beberapa hal yang dapat dikerjakan untuk menyempurnakan penelitian yang dibahas pada *paper* ini antara lain:

- 1) Formulasi dan perhitungan kapabilitas produksi limbah dan kebutuhan berdasarkan keilmuan pengolahan limbah serta pertanian peternakan untuk hasil perhitungan yang lebih presisi.
- 2) Perluasan alternatif pemanfaatan limbah, tidak hanya untuk pakan dan pupuk organik, tetapi juga sumber daya lainnya, seperti biogas.
- 3) Pengembangan rancangan sistem yang mencakup beberapa wilayah atau siklus musim tanam untuk kondisi *zero waste* dengan cakupan yang lebih luas.

Implementasi sistem informasi dalam bentuk perangkat lunak pada *desktop* maupun *mobile* sesuai kebutuhan, ketersediaan fasilitas, serta kompetensi dan kelayakan pengguna.

REFERENSI

- [1] IFAD, "Integrated crop-livestock farming systems," February 2010.
- [2] A. Djajaneegara, "Pembentukan Jejaring Komunikasi Sistem Integrasi Sawit-Sapi," *Lokakarya Pengembangan Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*, pp. 43-46, 2005.
- [3] Warsana, "Pemantapan Kelembagaan Pada Gapoktan," *Tabloid Sinar Tani*, 2009.
- [4] J. Maston, J. Thayer and J. Shaw, "Running a Food Hub," USDA, 2015.
- [5] D. Isaacman-VanWertz and M. R. Moraghan, "Food Hub Tech Guide," 2015.
- [6] S. Alter, "Defining Information Systems as Work Systems: Implications for the IS Field," 2008.
- [7] USAID, "Integrating ICT into Value Chain Development," December 2010
- [8] FAO, "FAO Corporate Document Repository," 6 February 2015.