



Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur

¹M. Askari Zakariah, ²Muhammad Zakariah, ³Abdul Haris Nasution Zakariah
Institut Agama Islam Al Mawaddah Warrahmah Kolaka, Indonesia
(E-mail: ¹askari@iaialmawar.ac.id, ²zakariah@iaialmawar.ac.id dan ³anas@gmail.com)

Abstract: Integration provides relationships between sub-systems with other sub-systems in an area that can be called agro industry. With the development of the integration method model in the main production process, side and waste make and encourage agro industry can be low external input sustainable agriculture. So that with the approach of developing the integration method the system model gets a model to synchronize the sub-systems of agriculture, plantations and livestock into an integration of food, feed, fuel, fertilizer in increasing the productivity of Islamic Farmers in Kolaka and Kolaka Timur. A number of actors involved in the integration system of food, feed, fuel and fertilizer: 1). Cattle Breeders, require availability of feed raw materials, controlled volume of waste. 2). Rice farmers, need superior seeds, good irrigation systems, and fertilizers. 3). Cocoa farmers, need superior seeds, good irrigation systems, and fertilizers. 4). Clove farmers, need superior seeds, good irrigation systems, and fertilizers. 5). Local people, need animal and biological food, need a beautiful environment, no pollution / pollution to the soil, water and air. The Food, Feed, Fuel and Fertilizer (F4) model supports integrated agricultural integration systems that have high productivity, sustainability, stability and good resilience. This model is directed at rural areas, which are expected to be independent of farmers and farmers. This model continues to change in accordance with the local resource sub-components that the region has.

Keywords: Integration, Food, Feed, Fuel and Fertilizer

Abstrak: Integrasi menyediakan hubungan antara sub-sistem dengan sub-sistem lainnya di bidang yang dapat disebut agroindustri. Dengan pengembangan model metode integrasi dalam proses produk utama, produk sampingan dan limbah membuat dan mendorong agroindustri dapat menjadi input eksternal rendah pertanian berkelanjutan. Sehingga dengan pendekatan pengembangan metode model sistem integrasi dapat memperoleh model yang menyinkronkan sub-sistem pertanian, perkebunan dan peternakan menjadi integrasi pangan, pakan, bahan bakar, pupuk dalam meningkatkan produktivitas Petani Islam di Kolaka dan Kolaka Timur. Sejumlah aktor yang terlibat

- 31 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

dalam sistem integrasi makanan, pakan, bahan bakar dan pupuk: 1). Peternak Sapi, membutuhkan ketersediaan bahan baku pakan, volume limbah yang terkontrol. 2). Petani padi, membutuhkan benih unggul, sistem irigasi yang baik, dan pupuk. 3). Petani kakao, membutuhkan benih unggul, sistem irigasi yang baik, dan pupuk. 4). Petani cengkeh, membutuhkan benih unggul, sistem irigasi yang baik, dan pupuk. 5). Masyarakat setempat, membutuhkan makanan hewani dan biologis, membutuhkan lingkungan yang indah, tidak ada polusi / polusi pada tanah, air dan udara. Model pangan, pakan, biogas dan pupuk (F4) mendukung sistem integrasi pertanian terpadu yang memiliki produktivitas tinggi, sustainabilitas, stabilitas dan resiliensi yang cukup baik. Model ini diarahkan pada kawasan pedesaan, yang diharapkan untuk memandirikan petani dan peternak. Model ini terus berubah sesuai dengan sub komponen sumber daya lokal yang dimiliki daerah tersebut.

Katakunci: Integrasi, Pangan, Pakan, Biogas, dan Pupuk.

A. Pendahuluan

Penggunaan tanah yang subur di negara Indonesia telah menghasilkan produksi beras yang cukup untuk negara ini, tetapi penggunaan tanah yang tidak bijak menjadikan defisiensi unsur hara/bahan organik, menurunnya aktivitas biologi tanah, menurunnya kapasitas tanah mengikat air, rusaknya struktur tanah. Akhirnya, penggunaan tanah dapat mendegradasi lahan. Manajemen internalisasi telah melihat pertanian dari sistem ekologi dan sistem sosial. Manajemen internalisasi diharapkan dapat mengatasi beberapa persoalan seperti semakin meningkatnya dan tergantungnya terhadap input eksternal (bahan kimia dan energi), semakin menurunnya produktivitas tanah akibat erosi tanah dan kehilangan hara dari tanah, meningkatnya pencemaran air akibat pupuk dan pestisida, semakin meningkatnya ancaman residu bahan agrokimia terhadap kualitas dan keamanan pangan, serta perubahan iklim menyebabkan pemanasan global.

Dampak perubahan iklim terhadap pertanian, peternakan, perkebunan tidak dapat diubah oleh manusia, tetapi manajemen pertanian, peternakan, perkebunan dapat digunakan oleh manusia itu sendiri. Dampak *green house gases* (GHG) sangat berbahaya untuk lingkungan, salah satu hasil yang merugikan dengan meningkatnya temperature permukaan bumi yang dapat menjadikan perubahan iklim ekstrim, perubahan cuaca menjadikan dampak stress panas pada ternak di Amerika Serikat

- 32 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

dengan estimasi kerugian pada sektor industri peternakan sekitar \$1.69 and \$2.36 Miliar.¹

Pengembangan inovasi produksi berkelanjutan perlu dihasilkan, salah satunya adalah inovasi pemberdayaan lahan. Konsep sistem yang terintegrasi antara pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan akan meningkatkan biomassa dan atau keuntungan yang lain. Konsep sistem integrasi ini dikenal sebagai *integrated farming system*, konsep yang menjabarkan agar rantai proses diperpanjang penggunaannya, misal jerami yang dihasilkan dari pertanian yang biasanya hanya dibakar untuk dapat dijadikan sebagai pupuk di sawah, proses penggunaannya diperpanjang dengan jerami difermentasi (proses fermentasi dipergunakan untuk meningkatkan kualitas jerami tersebut) diberikan ke ternak,^{2 3} ternak menghasilkan feses dan urin, produksi hasil sisa ternak sapi berupa feses dijadikan sebagai *fertilizer* dalam produksi pertanian bahkan dalam pembuatan *fertilizer* feses sapi biasa ditambahkan jerami untuk menstabilkan C/N rasio dalam pupuk kompos.⁴

Ecology of scope dilihat oleh manusia bahwa semakin tinggi tingkat diversifikasi produksi akan mengurangi dampak ekologi yang terjadi. Petani Indonesia pada umumnya, selain memiliki lahan untuk bertani, juga memiliki asset peternakan dan perkebunan, tetapi sektor-sektor tersebut biasanya berdiri sendiri. Dengan pandangan dan inovasi baru tentang pemberdayaan lahan dengan mengintegrasikan beberapa sektor pada suatu lahan akan mempertahankan siklus nutrient pada suatu lahan dan meningkatkan pendapatan petani Indonesia.

Dalam kajian ini, permodelan sistem *food, feed, fuel*, dan *fertilizer* menjadi bahasan dalam menintegrasikan sub sistem peternakan, pertanian dan perkebunan. Kondisi awal menghubungkan sub sistem pertanian menghasilkan *food*, dan limbah

¹ St-Pierra, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci* 86(E. Suppl.), hlm. 52-77.

² Prihartini, I., Soebarinoto, S. Chuzaemi, dan M. Winugroho. "Karakteristik nutrisi dan degradasi jerami padi fermentasi oleh inoculum lignolitik TLiD dan BOPR." *Animal Production* 11(1), hlm. 1-7.

³ Suwignyo, B., A. Agus, R. utomo, B. Suhartanto, N. Umami, dan C. Wulandari. 2016. "Penggunaan fermentasi pakan komplet berbasis hijauan pakan dan jerami untuk pakan ruminansia." *Indonesian Journal of Community Engagement*. Vol 1(2), hlm. 225-263.

⁴ Qian X., G. Shen, Z. Wang, C. Guo, Y. Liu, Z. Lei, and Z. Zhang. 2014. "Co-composting of livestock manure with rice straw: characterization and establishment of maturity evaluation system." *Waste management*. Vol 34 (2), hlm. 530-535.

- 33 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

berupa dedak dan jerami yang belum dimanfaatkan yang berpotensi untuk dijadikan *feed* dan *fertilizer*. Limbah sub sistem peternakan sebagian dipergunakan untuk *fertilizer* dan yang lainnya digunakan sebagai *fuel* dalam bentuk biogas. Sub sistem perkebunan menghasilkan *space area* untuk lahan penggembalaan, ataupun lahan penanaman tanaman pakan yang tahan terhadap naungan. Pendekatan model integrasi sistem mensinkronisasikan seluruh sub sistem dari sub sistem pertanian, peternakan, dan perkebunan.

Integrasi memberikan hubungan antar sub sistem dengan sub sistem yang lain dalam sebuah kawasan yang dapat disebut dengan agroindustry. Dengan pengembangan model metode integrasi pada proses produksi utama, sampingan dan limbah menjadikan dan mendorong agroindustry dapat bersifat *low external input sustainable agriculture*. Sehingga dengan pendekatan pengembangan model metode integrasi sistem mendapatkan sebuah model untuk mensinkronisasikan sub sistem pertanian, perkebunan dan peternakan menjadi sebuah integrasi *food, feed, fuel, fertilizer* dalam peningkatan produktivitas Usaha Tani di Kabupaten Kolaka dan Kolaka Timur. Kajian analisis sistem yang ditulis, dibatasi hanya sampai identifikasi sistem dan konseptualisasi model.

B. Berfikir Sistem dan Integrated Farming System

Berfikir sistemik adalah paradigm yang menekankan keseluruhan rangkaian bagian secara terpadu. Syarat awal untuk memulai berpikir sistemik adalah adanya kesadaran untuk mengapresiasi dan memikirkan suatu kejadian sebagai sebuah sistem. Kejadian apapun baik fisik maupun non fisik, dipikirkan sebagai aktivitas atau dapat berkaitan dengan aktivitas dari keseluruhan interaksi antar unsur sistem dalam batas lingkungan tertentu⁵

Para ahli sistem menyarankan menggunakan pendekatan holistic dibandingkan reduksi untuk situasi perihal yang kompleks menjadi bagian yang dapat dipelajari dan diselesaikan. Metode ini berusaha untuk menemukan saling keterkaitan antar elemen dan mefokuskan hubungan antar bagian serta bagaimana hubungan tersebut menghasilkan sifat baru. Seluruh konsep berpikir sistemik masuk ke dalam abad

⁵ Aminullah, E. 2000. Studi Kebijakan melalui Analisis Sistemik. Bahan Analisis Kebijakan. (LAN RI. Jakarta).

- 34 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

millennium ke tiga dalam posisi cukup aman ke dalam ilmu sosial. Tujuan berpikir sistem terkait langsung dengan kondisi pemikiran sistem saat ini sebagai suatu pendekatan di dalam ilmu sosial dan manajemen. Permasalahan global seperti: kemiskinan, pertumbuhan populasi, dan populasi diperlukan suatu cara berpikir sistem yang terkait dengan kenyataan bahwa semakin banyak permasalahan yang dihadapi, maka semakin disadari hal tersebut tidak bisa dipahami dengan mereduksinya. Permasalahan ini adalah sistemik dan kompleks, berarti saling berhubungan dan ketergantungan.⁶

Paradigma berpikir sistemik terdiri atas 4 jenis, yaitu 1). *Hard system thinking*, 2) *soft system thinking*, 3) *critical system thinking*, 4) *multimodal system thinking*. Yang termasuk *hard system* adalah: *operation research*, *system analysis*, *system engineering*, dan *system dynamics*. Penyelesaian masalah dalam prinsip HST adalah menggunakan perangkat matematika dan statistika.⁷

Integrated Farming System

Produksi peternakan di asia selatan sangat didominasi oleh *Integrated farming system*, dalam beberapa kasus ternak menyediakan tenaga dan feses yang digunakan untuk produksi pertanian, *smallholder* menggunakan metode sistem ternak-tanaman pangan cukup mendominasi di asia selatan, dan banyak proyek yang menjadi permintaan masa depan untuk produksi daging dan susu sapi yang diharapkan dapat bertemu pada suatu titik peningkatan produksi peternakan dalam sebuah sistem *integrated* atau *mixed*.⁸ Ternak biasanya diintegrasikan dengan pertanian dalam skala kecil, dan itu telah menjadi karakteristik pertanian asia.⁹ *Integrated farming system* adalah suatu sistem yang mengkombinasikan peternakan, perikanan, pertanian dan industry pertanian sebagai suatu simbiosis atau sistem sinergik, yang produk limbahnya menjadi suatu proses yang menjadi input untuk proses yang lainnya, dengan atau tanpa

⁶ Midgley, G. 2000. *Sistemic intevention*. (Kluwer Academic Pleneum Publisher. New York).

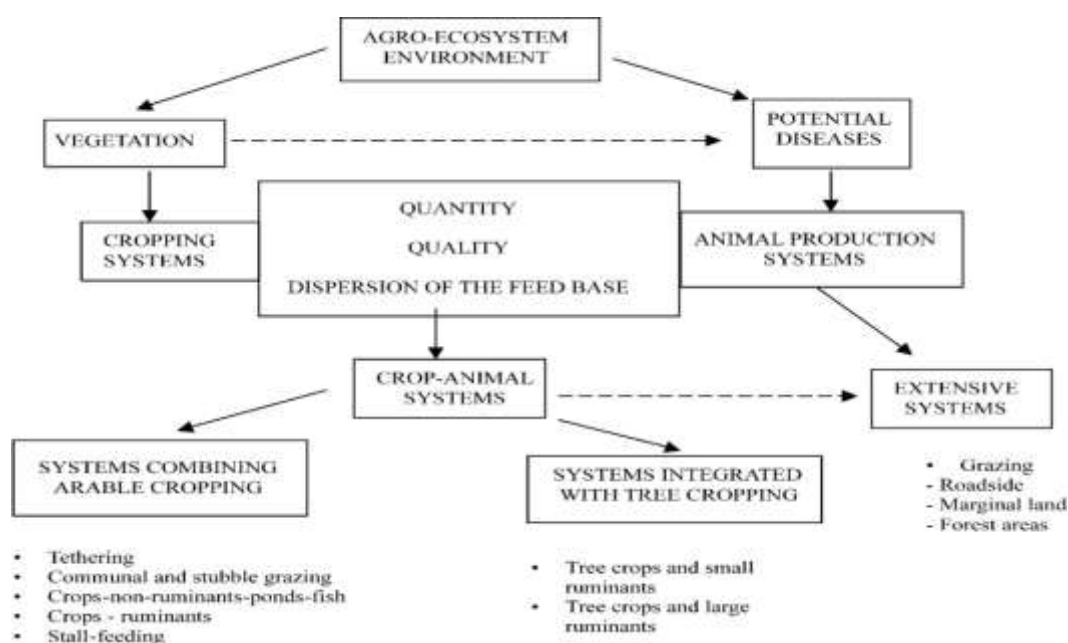
⁷ Eriksson, D. M. 2003. "Research paper. Identification of Normative sources for System Thinking." *The official Journal of The International Federation for System Research*.

⁸ Thomas, D., E. Zerbini, P. P. Rao, and A. Vaidvanathan. 2002. Increasing animal productivity on small mixed farms in south asia: a system perspective. (Agrciulture system), hlm. 71. 41-57.

⁹ Devandra, C., and D. Thomas. 20002. Smallholder farming system in asia. (Agriculture system), hlm. 71. 17-25.

perlakuan.¹⁰ *Integrated farming system* menghubungkan pertanian dan peternakan, sektor pertanian menyediakan beragam hasil sisa pertanian dan industry pertanian, yang dapat digunakan untuk ternak ruminan dan non ruminan, adanya ternak yang merumput di area antara pohon sawit atau yang lainnya dapat menjadi agen control hama dan mengurangi biaya penggunaan herbisida, proses pencernaan akhirnya menghasilkan feses dan urin yang dapat berasal dari non ruminan dan ruminan yang dapat mempertahankan dan meningkatkan fertilitas tanah.¹¹

Gambar 1. Peta Pemikiran Integrated Farming System.



Integrated system yang mengkombinasikan tanaman pangan, ternak dan kegiatan perkebunan dalam suatu area dapat meningkatkan bahan organik pada suatu tanah.¹² *Integrated production system* ternak-biogas-buah-buahan yang dikembangkan

¹⁰ Carribean Agriculture Research and development Institute. 2010. "A manual on integrated farming system (IFS). Ministry of Economic Development Belize."

¹¹ El Sotheary. 2005. "Sustainable food-feed systems and improved livelihoods of the poor in rainfeed lowland areas: socioeconomic component." *Proceeding Integrated Crop Aminal System in Southeast Asia: current status and prospects*. Eds. Sombilla, M. A and B. Hardy." *International Rice Research Institute*, hlm. 29-45.

¹² Gil, J., M. Siebold, T. Berger. 2015. "Adoption and development of integrated crop-livestock- forestry system in Mato Grosso," *Brazil Agriculture Ecosystem and Environment*, hlm. 199. 394- 406.

- 36 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

di China lebih efisien dan *sustainability* serta mengurangi stress lingkungan jika dibandingkan dengan sistem *mono/independent*.¹³

Integrated farming system yang dikembangkan di Pulau Tanegashima, Jepang dengan menggunakan model interaksi perkebunan tebu dan pembibitan sapi cukup efektif secara ekonomis dan biologi.¹⁴ Sedangkan sistem yang berkembang di Vietnam cukup banyak sektor yang terintegrasi, motif yang sangat penting adalah untuk meningkatkan taraf hidup dan kebutuhan pangan setiap keluarga, kegiatan para petani di Vietnam yang melakukan pengembangan *integrated farming system* pada produksi ikan, padi, buah dan ternak ruminansia cukup berkembang.¹⁵

Integrated farming system yang dikembangkan di sragen jawa tengah dengan pola integrasi 10 ekor sapi potong, jagung, dan kacang tanah selama 5 tahun dengan hasil adanya peningkatan produktivitas dan efisiensi usaha tani lahan kering sebesar 75% dan terbentuknya pertanian berkelanjutan.¹⁶ *Integrated farming system* yang dikembangkan di India dengan lahan pertanian sekitar 0,5 ha yang terintegrasi dengan 2 sapi jantan, 1 sapi betna, 1 kerbau, 10 kambing, 10 ayam, 10 bebek telah menghasilkan *net income* Rp. 6. 533.051 pertahun, berbeda jika hanya terdiri dari lahan pertanian yang hanya memberikan pemasukan bersih sekitar Rp. 1.547.343 pertahun,¹⁷ sedangkan di Pabna, Bangladesh dengan *Integrated farming system* dapat menaikkan 50% pendapatan area pertanian, ternak yang dikembangkan dalam 1 ha telah memberikan

¹³ Wu, X., F. Wu, X. Tong, and B. Jiang. 2015. "Emergy-based sustainability assessment of an integrated production system of cattle, biogas, and greenhouse vegetables: insight into the comprehensive utilization of waste on a large-scale farm in Northwest China." *Ecological Engineering*. (61), hlm. 335-344.

¹⁴ Gradiz, L., A. Sugimoto, K. Ujihara, S. Fukuhara, A. K. Kahi, and H. Hirooka. 2007. "Beef cow- calf production system integrated with sugarcane production: simulation model development and application in Japan." *Agricultural System* (94), hlm. 750-762.

¹⁵ Bosma, R. H., H. M. J. Mudo, J. A. J. Verreth, C. Q. Nam. 2006. "Agriculture diversification in the Mekong delta: farmers motives and contribution to livelihoods." *Asian Journal Agriculture and Development*. Vol. (2), hlm. 49-66.

¹⁶ Rahardjo, M. and Suroyo. 2013. "Beef cattle integration on dry-land farming in sragen central- java Indonesia: improvement of economic and environmental carrying capacity aspect." *Animal Production*. Vol 15 (2), hlm. 135-143.

¹⁷ Singh, V. P, and M. Dubey. 2014. "Integrated livestock promotion for poverty assessment in rural areas." *International Journal of Research Studies in Bioscience*. Vol 2 (9), hlm. 50-54.

- 37 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

kontribusi sekitar 5-6% terhadap konsumsi rumahan, sedangkan 45% untuk tambahan pendapatan pada desa menggunakan tipe *grazing*, serta 57% pada desa yang lain.¹⁸

Kawasan Sub Sistem Model *Food, Feed, Fuel* dan *Fertilizer*

Komponen pada sub sistem ini terdiri dari pakan/nutrisi termasuk di dalamnya adalah komponen hijauan makanan ternak meliputi padang penggembalaan, hasil samping produksi pertanian dan suplemen, selanjutnya adalah komponen genetik, kesehatan dan reproduksi.¹⁹ Skenario simulasi pada sub sistem peternakan dapat dengan meningkatkan ketersediaan pakan hijauan, mengontrol perdagangan, meningkatkan produktivitas peternakan, menguatkan manajemen limbah dan menyeimbangkan aktivitas penggemukan dan pembibitan pada sapi potong.²⁰ *Input* yang dibutuhkan pada sub sistem peternakan yaitu lokasi, potensi genetic ternak lokal, produksi musiman *feed* serta manajemen.²¹ Sub sistem peternakan sapi potong dengan metode komunal yang telah diverifikasi untuk dapat memprediksi *feed* atau pakan yang dibutuhkan serta feses yang akan dikeluarkan yang akan dijadikan *fertilizer*, sehingga dapat memprediksi jika diintegrasikan dengan tanaman pertanian, tanaman perkebunan atau tanaman yang lainnya.²²

Pengembangan dan Optimalisasi Model Integrasi *Food, Feed, Fuel*, dan *Fertilizer*

Produksi pertanian di Amerika Serikat melalui perubahan pasar yang sangat cepat, sehingga dirasa perlu adanya pendekatan *mix* metode dalam sistem produksi pertanian, kombinasi data kualitatif dan kuantitatif untuk mengembangkan dan melakukan simulasi pada model sistem yang dinamik untuk mengetahui interaksi

¹⁸ Udo, H. M. J., Meije, J., F. Dawood, and A. A. Djikhuizen. 1992. The benefit of cattle in mixed farm system in pabna, Bangladesh. *AJAS*. Vol 5 (3), hlm. 495-503.

¹⁹ Leon-Velarde, C. U. and R. Quiroz. 1999. Modelling cattle production systems: integrating component and their interaction in the development of simulation models. The third International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development.

²⁰ Setianto, N. A. 2014. System thinking approach to develop smallholder beef farming in rural java, Indonesia. PhD Thesis. The University of Queensland. Australia.

²¹ International Livestock Centre for Africa. 1978. Mathematical Modelling of Livestock Production System: Application of The Texas A&M University Beef Cattle Production Model to Botswana. International Livestock Centre for Africa. Affis Ababa.

²² Rotz, C. A., D. R. Buckmaster, and J. W. Comerford. 2005. A beef herd model for simulating feed intake, animal performance and manure excretion in farm system. (*J. Anim. Sci.* 82), hlm. 231-242.

- 38 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

berkelanjutan ekonomi, lingkungan dan sosial.²³ Tujuan akhir dari produksi, salah satunya adalah keberlanjutan, sehingga dirasa perlu untuk mengukur *life cycle assessment*.²⁴ Pengembangan model integrasi pada suatu wilayah akan sangat dipengaruhi oleh variable struktur, biofisik dan kebijakan dari pemerintah.²⁵

Metodologi Kajian Analisa Sistem

Model dikembangkan melalui metode pendekatan sistem. Model yang dibangun ini menjelaskan hubungan produksi *food, feed, fuel* dan *fertilizer*. Tahapan pembuatan analisis dan simulasi model adalah sebagai berikut:²⁶

1. Identifikasi sistem

Identifikasi sistem, bertujuan untuk menentukan variabel-variabel sistem dalam rangka memenuhi kebutuhan semua *stakeholder* dalam sistem. Analisis ini dapat meliputi hasil suatu survei, pendapat ahli, diskusi dan observasi.

2. Konsepsi pemodelan

Model adalah suatu abstraksi dari keadaan yang sesungguhnya atau merupakan penyederhanaan sistem nyata. Tahapan ini merupakan penuangan ke dalam gambaran secara menyeluruh tentang model yang akan dibuat. Pembuatan konsep ini melibatkan komponen-komponen yang telah teridentifikasi dan dicara interelasinya menggunakan diagram sebab-akibat (*causal loop*), diagram *input-output* (*black box diagram*), dan diagram alir (*black box design*).

3. Simulasi

Salah satu cara untuk melihat kinerja model yang dibangun melalui pendekatan sistem adalah menggunakan konsep model simulasi sistem. Dengan menggunakan simulasi, maka model akan mengkomputasikan jalur waktu dari variabel model untuk tujuan tertentu dari input sistem dan parameter model.

²³ Walters, J. P., D. W. Archer, G. F. Sassenrath, J. R. Hendrickson, J. D. Hanson, J. M. Halloran, P. Vadas, dan V. J. Alarcon. 2016. Exploring agricultural production system and their fundamental component with system dynamics modelling. (Ecological Modelling. 333), , hlm. 51- 65.

²⁴ Wang, X., A. Dadouma, Y. Chen, P. Sui, W. Gao, dan L. Jia. Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: an emergy analysis based on life cycle assessment. (Journal of Cleaner Production. 102), hlm. 144-164.

²⁵ Riberio, P. F., J. L. Santos, M. N. Bugalho, J. Santan, L. Reino, P. Beja, dan Moreira. 2014. Modelling farming system dynamic in High Nature Value Farmland under policy change (Agriculture, Ecosystem and Environment, 182), hlm. 138- 144.

²⁶ Djakapermana, S. 2009. Pengelolaan Sumberdaya Lahan Berbasis Spasial Dalam Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. Makalah Pidato Pengukuhan Guru Besar UGM Yogyakarta.

- 39 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

4. Validasi model

Uji validasi sederhana dapat dilakukan melalui cara-cara sebagai berikut:

- *Causal loop* harus berhubungan dengan permasalahan
- Permasalahan harus disesuaikan dengan *causal loop* khususnya tanda (+) atau (-) harus konsisten diantara persamaan dengan *causal loop*.
- Dimensi dalam model harus valid.
- Model tidak menghasilkan nilai yang tidak masuk akal seperti stok negative.
- Perilaku model harus masuk akal.
- Massa model harus balance.

5. Pemakaian model

Model dimanfaatkan setelah berhasil menjawab permasalahan dan tujuan yang diidentifikasi pada awal perencanaan model. Tahapan ini melibatkan perencanaan dan simulasi dari beberapa skenario.

C. Identifikasi Sistem Integrasi dan Konsepsi Pemodelan

Integrasi beberapa komponen menjadi permasalahan serius ketika kebutuhan pangan yang berasal dari tanaman dan hewan meningkat. Peningkatan Permintaan Pangan dari hewan dalam bentuk protein hewani menjadikan kebutuhan *feed* juga meningkat. Kebutuhan *feed* menjadikan perubahan penggunaan tanah dari hutan menjadi padang penggembalaan (*pasture*), sehingga dianggap mengurangi fungsi hutan sebagai penangkap CO₂. Kadar CO₂ yang meningkat menjadikan panas bumi juga meningkat. Selain itu, sektor peternakan juga dianggap mempunyai kontribusi besar terhadap emisi metan, yang utamanya berasal dari proses fermentasi dalam kompleks reticulorumen dan feses ternak. Emisi metan di dunia ini sangat beragam berdasarkan negaranya. Oleh karena itu, dampak pemanasan global berupa kenaikan suhu, kenaikan air laut, badai, yang perubahan alam itu merugikan kita semua khususnya pada produksi pertanian, ketersediaan pangan dan akhirnya pada ketahanan pangan.

Sejumlah pelaku yang terlibat dalam sistem integrasi *food*, *feed*, *fuel* dan *fertilizer*:

1. Peternak Sapi, membutuhkan ketersediaan bahan baku pakan, volume limbah terkendali.
2. Petani Padi, membutuhkan bibit unggul, sistem irigasi yang baik, serta pupuk.

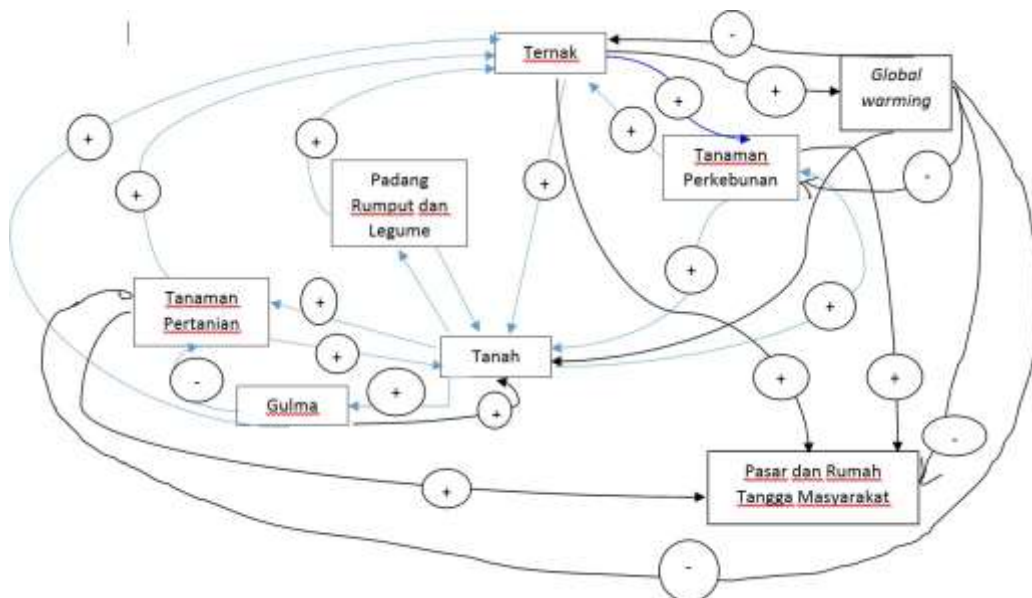
40 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

3. Petani kakao, membutuhkan bibit unggul, sistem irigasi yang baik, serta pupuk.
4. Petani cengkeh, membutuhkan bibit unggul, sistem irigasi yang baik, serta pupuk.
5. Masyarakat sekitar, membutuhkan makanan hewani dan hayati, membutuhkan lingkungan yang asri, tidak terjadi pencemaran/polusi tanah, air dan udara.

Konsep Pemodelan: Diagram *causal loop*

Diagram *causal loop* menjadi hal penting dalam analisis sistem untuk menentukan variabel penyebab yang signifikan dalam sistem dan menghubungkannya dengan menggunakan garis panah ke variabel akibat, dan garis panah tersebut.

Gambar 3. *Causal loop* model *Food, feed, fuel* dan *fertilizer*



Pembuatan diagram *causal loop* adalah proses perumusan mekanisme perubahan-peubah yang bekerja dalam suatu sistem ke dalam Bahasa gam, sekaligus merupakan langkah awal dari identifikasi sistem yang digunakan untuk menyederhanakan kerumitan dalam rangka menciptakan sebuah konsep model.

- 41 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
 Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
 Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

Diagram *black box*

Diagram *black box* disusun setelah pembuatan diagram *causal loop* sebagai interpretasi lanjutan dari hasil pembuatan *causal loop* sekaligus memberi batasan tentang sistem itu. Rancangan *black box* terdiri atas peubah masukan dan peubah keluaran. Peubah masukan yang terdiri dari dua golongan, yaitu berasal dari luar sistem atau masukan lingkungan dan *overt input* yang berasal dari dalam sistem. *Overt input* dapat berupa masukan terkontrol dan masukan tidak terkontrol. Peubah keluaran yang terdiri dari dua golongan, yaitu keluaran yang dikehendaki (*design output*) dan keluaran yang tidak dikehendaki (*undesigned output*) yang merupakan hasil sampingan atau dampak yang ditimbulkan bersama-sama dengan keluaran yang diharapkan.

Gambar 4. *Black box* model *Food, feed, fuel* dan *fertilizer*

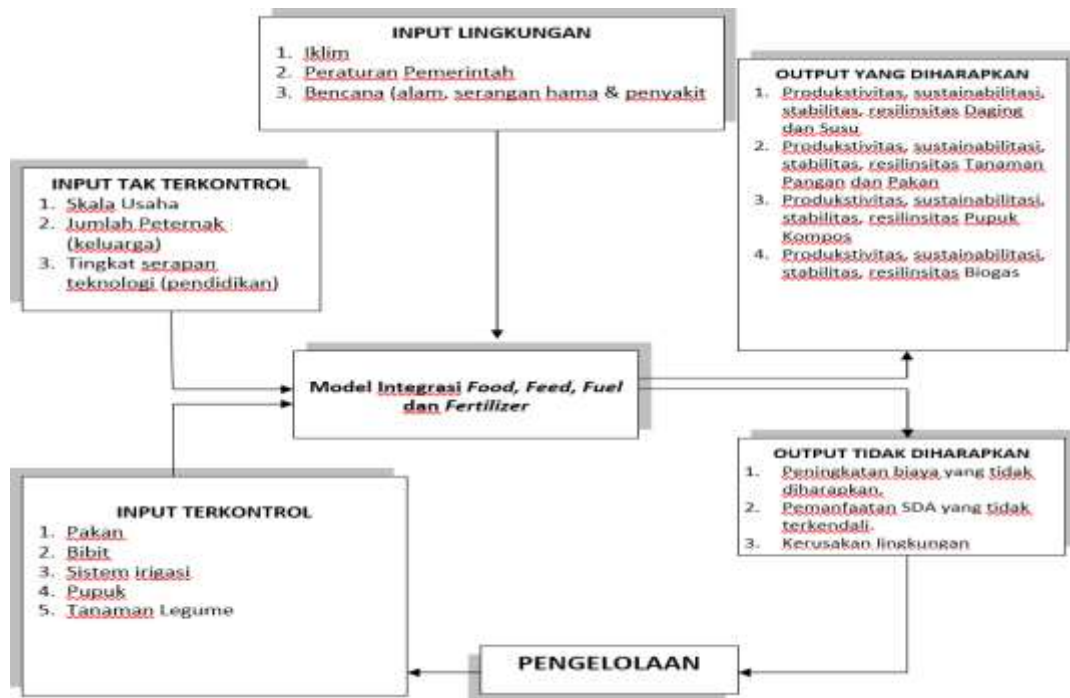
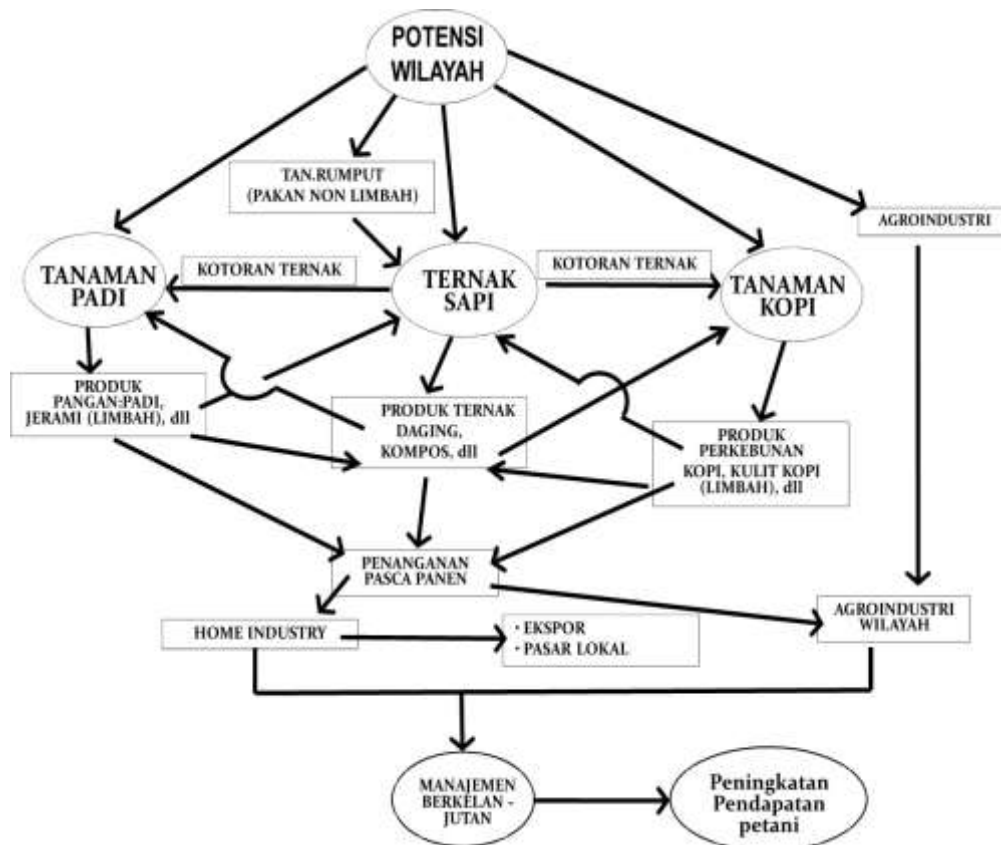


Diagram *box design*

Sistem ini membentuk suatu agroekosistem yang massif. Agroekosistem dengan keanekaragaman tinggi seperti ini akan memberikan jaminan keberhasilan usaha tani yang lebih tinggi. Keaneka ragaman fungsional bisa dicapai dengan mengkombinasikan spesies tanaman dan hewan memiliki sifat saling melengkapi dan berhubungan dalam

interaksi sinergik dan positif, sehingga bukan hanya kestabilan yang dapat diperbaiki, namun juga produktivitas sistem pertanian dengan input yang lebih rendah. Kelebihan sistem ini, antara lain input dari luar minimal atau bahkan tidak diperlukan karena adanya daur limbah di antara organisme penyusunnya, biodiversitas meningkat apalagi dengan penggunaan sumber daya lokal, peningkatan fiksasi nitrogen, resistensi tanaman terhadap jasad pengganggu lebih tinggi dan hasil samping bahan bakar biogas untuk rumah tangga.

Gambar 5. Box design model *Food, feed, fuel* dan *fertilizer*



Sistem ini akan lebih handal apabila komponen penyusunnya merupakan sumber daya local sehingga keberlanjutannya lebih terjamin. Sistem ini lebih familiar dengan kultur local mengingat sistem ini sebenarnya telah dikembangkan secara konvensional oleh petani indonesia pada umumnya. Oleh karena itu, penerapan sistem ini secara kultural tidak mengalami hambatan. Secara umum, penerapan sistem ini akan mampu menopang keberlanjutan pembangunan pertanian berkelanjutan baik pada tingkat mikro, meso maupun makro. Dampak positif penerapan sistem ini lebih dominan dibandingkan

- 43 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

dengan dampak negative, baik ditinjau dari aspek ekonomi, sosial dan lingkungan. Akhirnya, sistem ini diperkirakan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat, dengan mengurangi tingkat kemiskinan.

Pengembangan lahan, terutama lahan marjinal dengan faktor kendala lahan miring disesuaikan dengan kegiatan pertanian yang ada di daerah tersebut. Kegiatan budidaya pertanian dapat memadukan berbagai komponen. Untuk mengatasi kendala tersebut, seperti: 1) Penghijauan lahan miring yang mempunyai tutupan lahan rendah dianjurkan untuk menanam tanaman berupa tanaman buah dan tanaman industri yang tidak berkuran besar dengan kombinasi rumput sebagai penutup lahan. Untuk tanaman industri seperti kopi, cengkeh, vanili, dengan kombinasi lamtoro; 2). Pengembangan peternakan sapi, dengan sumber pakan berasal dari rumput yang ditanam diantara tanaman industri, 3). Pengembangan instalasi biogas yang berfungsi mengolah limbah berupa kotoran ternak menjadi biogas sehingga bisa menjadi kawasan mandiri energi; dan 4). Pengembangan pupuk organik yang berbahan baku dari hasil outlet biogas.²⁷

D. Penutup

Model *Food, Feed, Fuel* dan *Fertilizer* (F4) mendukung sistem integrasi pertanian terpadu yang memiliki produktivitas tinggi, sustainabilitas, stabilitas dan resiliensi yang cukup baik. Model ini diarahkan pada kawasan pedesaan, yang diharapkan untuk memandirikan petani dan peternak. Model ini terus berubah sesuai dengan sub komponen sumber daya local yang dimiliki daerah tersebut. Ada beberapa saran dalam penulisan kajian sistem dengan model *Food, Feed, Fuel* dan *Fertilizer* (F4):
1. diagram *box design* dan simulasi diharapkan mampu mengaplikasi beberapa program powersim, stella, ataupun program lainnya, sehingga hasil lebih tertata dan terukur dan
2. kajian ini perlu dilanjutkan pada tahapan simulasi dan validasi model.

²⁷ Nurcholis, M. dan G. Supangkat. Pengembangan integrated farming system untuk pengendalian alih fungsi lahan pertanian. (Prosiding seminar nasional budidaya pertanian urgensi dan strategi pengendalian alih fungsi lahan, Bengkulu 7 Juli 2011), hlm. 71- 84.

- 44 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45

Daftar Kepustakaan

- Aminullah, E. 2000. Studi Kebijakan melalui Analisis Sistemik. Bahan Analisis Kebijakan. LAN RI. Jakarta.
- Bosma, R. H., H. M. J. Mudo, J. A. J. Verreth, C. Q. Nam. 2006. Agriculture diversification in the Mekong delta: farmers motives and contribution to livelihoods. *Asian Journal Agriculture and Development*. Vol. 2. 49-66.
- Caribbean Agriculture Research and development Institute. 2010. A manual on integrated farming system (IFS). Ministry of Economic Development Belize.
- Djakapermana, S. 2009. Pengelolaan Sumberdaya Lahan Berbasis Spasial Dalam Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia. Makalah Pidato Pengukuhan Guru Besar UGM Yogyakarta.
- Devandra, C., and D. Thomas. 2000. Smallholder farming system in asia. *Agriculture system*. 71. 17-25.
- El Sotheyry. 2005. Sustainable food-feed systems and improved livelihoods of the poor in rainfed lowland areas: socioeconomic component. *Proceeding Integrated Crop Aminal System in Southeast Asia: current status and prospects*. Eds. Sombilla, M. A and B. Hardy. International Rice Research Institute. 29-45.
- Eriksson, D. M. 2003. Research paper. Identification of Normative sources for System Thinking.
- Gil, J., M. Siebold, T. Berger. 2015. Adoption and development of integrated crop-livestock- forestry system in Mato Grosso, Brazil *Agriculture Ecosystem and Environment*. 199. 394- 406.
- Gradiz, L., A. Sugimoto, K. Ujihara, S. Fukuhara, A. K. Kahi, and H. Hirooka. 2007. Beef cow- calf production system integrated with sugarcane production: simulation model development and application in Japan. *Agriultural System* 94. 750-762.
- International Livestock Centre for Africa. 1978. *Mathematical Modelling of Livestock Production System: Application of The Texas A&M University Beef Cattle Production Model to Botswana*. International Livestock Centre for Africa. Affis Ababa.
- Leon-Velarde, C. U. and R. Quiroz. 1999. Modelling cattle production systems: integrating component and their interaction in the development of simulation models. *The third International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development*.
- Midgley, G. 2000. *Sistemic intevention*. Kluwer Academic Pleneum Publisher. New York.
- Nurcholis, M. dan G. Supangkat. Pengembangan integrated farming system untuk pengendalian alih fungsi lahan pertanian. *Prosiding seminar nasional budidaya pertanian urgensi dan stratgei pengendalian alinh fungsi lahan*. Bengkulu 7 Juli 2011. 71- 84.
- Prihartini, I., Soebarinoto, S. Chuzaemi, dan M. Winugroho. Karakteristik nutrisi dan degradasi jerami padi fermentasi oleh inoculum lignolitik TLiD dan BOpR. *Animal Production* 11(1). 1-7.

- 45 M. Askari Zakariah, Muhammad Zakariah, Abdul Haris Nasution Zakariah, Sistem Pertanian Terpadu Pangan, Pakan, Pupuk dan Biogas di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Timur
Jurnal At-Taghyir : Jurnal Dakwah dan Pengembangan Masyarakat Desa
Volume 2 Nomor 1 Desember 2019, h. 30-45
- Rahardjo, M. and Suroyo. 2013. Beef cattle integration on dry-land farming in sragen central- java Indonesia: improvement of economic and environmental carrying capacity aspect. *Animal production*. Vol 15 (2). 135-143.
- Riberio, P. F., J. L. Santos, M. N. Bugalho, J. Santan, L. Reino, P. Beja, dan Moreira. 2014. Modelling farming system dynamic in High Nature Value Farmland under policy change. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 182. 138- 144.
- Rotz, C. A., D. R. Buckmaster, and J. W. Comerford. 2005. A beef herd model for simulating feed intake, animal performance and manure excretion in farm system. *J. Anim. Sci*. 82. 231-242.
- Qian X. , G. Shen, Z. Wang, C. Guo, Y. Liu, Z. Lei, and Z. Zhang. 2014. Co-composting of livestock manure with rice straw: characterization and establishment of maturity evaluation system. *Waste management*. Vol 34 (2). 530-535.
- Setianto, N. A. 2014. System thinking approach to develop smallholder beef farming in rural java, Indonesia. PhD Thesis. The University of Queensland. Australia.
- Singh, V. P, and M. Dubey. 2014. Integrated livestock promotion for poverty assessment in rural areas. *International Journal of Research Studies in Bioscience*. Vol 2 (9). 50-54.
- Suwignyo, B., A. Agus, R. utomo, B. Suhartanto, N. Umami, dan C. Wulandari. 2016. Penggunaan fermentasi pakan komplet berbasis hijauan pakan dan jerami untuk pakan ruminansia. *Indonesian Journal of Community Engagement*. Vol 1(2). 225-263.
- St-Pierra, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci* 86(E. Suppl.).52-77.
- Thomas, D., E. Zerbini, P. P. Rao, and A. Vaidvanathan. 2002. Increasing animal productivity on small mixed farms in south asia: a system perspective. *Agriculture system*. 71. 41-57.
- Udo, H. M. J., Meijei, J., F. Dawood, and A. A. Djikhuizen. 1992. The benefit of cattle in mixed farm system in pabna, Bangladesh. *AJAS*. Vol 5 (3). 495-503.
- Walters, J. P., D. W. Archer, G. F. Sassenrath, J. R. Hendrickson, J. D. Hanson, J. M. Halloran, P. Vadas, dan V. J. Alarcon. 2016. Exploring agricultural production system and their fundamental component with system dynamics modelling. *Ecological Modelling*. 333. 51- 65.
- Wang, X., A. Dadouma, Y. Chen, P. Sui, W. Gao, dan L. Jia. Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: an emergy analysis based on life cycle assessment. *Jurnal of Cleaner Production*. 102. 144-164.
- Wu, X., F. Wu, X. Tong, and B. Jiang. 2015. Emergy-based sustainability assessment of an integrated production system of cattle, biogas, and greenhouse vegetables:insight into the comprehensive utilization of waste on a large-scale farm in Northwest China. *Ecological Engineering*. 61. 335-344.