



“Tema: 3 (pangan, gizi dan kesehatan)”

Penyusunan Model Kuantitatif Sistem Dinamik Menggunakan Software Stella® pada Usaha Peternakan Sapi Potong

Oleh

Novie Andri Setianto, Nunung Noor Hidayat, Pambudi Yuwono
Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman
novie.setianto@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Pemodelan membuka peluang yang lebih besar dalam upaya untuk mempelajari sistem usaha peternakan sapi potong. Pemodelan dapat digunakan sebagai basis dalam menduga performa dari intervensi strategi untuk meningkatkan kinerja sistem. Usaha peternakan sapi potong merupakan sistem yang kompleks sehingga dibutuhkan pendekatan sistemik untuk dapat mengkaji sistem tersebut secara komprehensif. Artikel ini menggambarkan prosedur untuk membuat pemodelan kuantitatif yang berbasis pada diagram stock and flow menggunakan software Stella®. Model yang dibangun berdasarkan pada survey yang dilakukan pada peternak sapi potong di Kabupaten Banjarnegara. Serangkaian diskusi dan workshop sudah dilaksanakan selama tiga tahun dalam upaya untuk mengembangkan protokol pemodelan standar usaha peternakan sapi potong skala kecil. Studi menunjukkan bahwa pengembangan pemodelan dinamik sebaiknya diawali dengan menyusun pemodelan secara kualitatif agar dapat mengelaborasi aspek sub sistem dalam model. Struktur model yang dibangun harus berdasarkan pada sekurang-kurangnya tiga aspek, yakni motivasi, kontrol terhadap sumberdaya yang dimiliki serta pengetahuan yang dimiliki peternak. Detil protocol pemodelan disajikan dalam makalah ini, termasuk didalamnya model kuantitatif yang dihasilkan.

Kata kunci: *peternakan sapi potong, peternak kecil, model dinamik, pemikiran sistemik, stock and flow*

ABSTRACT

Modeling expand the possibilities to study and predict the existing behaviour of the system and learn the outcome of certain intervention strategies. Beef farming is a complex system which requires systems thinking to study its behaviour. This article describes the procedures to develop a dynamic quantitative modelling based on Stock and Flow diagram using Stella® software. The model was developed based on the study on beef cattle farming system in Kabupaten Banjarnegara. A series of discussion and workshops have been conducted in three years to study the behaviour of the system in a quest to develop a standard modelling protocol for smallholders and define the intervention strategy based on the model. Study revealed that developing a dynamic quantitative model need to be initiated by building a qualitative model from which could be further translated into stock and flow diagram for quantitative modelling purposes. Then, structure of the model should be developed based on three aspects; motivation, control of the resources, and farmers knowledge. The protocol of the procedures were discussed in this article, and the dynamic model of beef cattle farming were presented.

Key words: beef farming, smallholders, dynamic model, system thinking, stock and flow



PENDAHULUAN

Usaha peternakan, merupakan sebuah entitas sosial ekonomi yang kompleks dan melibatkan stakeholders dengan kepentingan yang beragam (Huyen et al., 2010; Setianto et al., 2014a; Siegmund-Schultze et al., 2007). Permasalahan mendasar yang banyak dikaji pada berbagai studi usaha peternakan, terutama peternakan rakyat skala kecil adalah bagaimana merumuskan strategi untuk meningkatkan produktivitas usaha maupun pendapatan peternak. Untuk dapat menjawab tantangan tersebut, diperlukan pendekatan yang mampu menggali secara menyeluruh dan mendalam tentang berbagai aspek terkait dengan kinerja usaha peternakan. Bukan sekedar terfokus pada faktor teknis produksi, namun juga mengelaborasi berbagai aspek sosial dan ekonomi.

Pemodelan merupakan salah satu alternatif yang dapat dipilih peneliti untuk menjawab tantangan kompleksitas yang dihadapi dalam studi tentang usaha peternakan karena mampu memberikan keleluasaan untuk mengeksplorasi berbagai elemen yang mempengaruhi kinerja sebuah sistem usaha peternakan. Pemodelan kualitatif yang banyak diaplikasikan adalah pemodelan kualitatif menggunakan *Causal Loop Diagram* (CLD) (Sherwood, 2002, Maani & Cavana, 2007; Maani, 2011; Maani & Li, 2010; Sterman, 2000). Namun demikian, agar sebuah model dapat digunakan sebagai instrumen *decision support system* yang andal, maka model harus mampu mensimulasikan berbagai strategi intervensi. Pemodelan kuantitatif stock and flow diagram (Sterman, 2000; Setianto et al., 2014a) merupakan pendekatan pemodelan dinamik kuantitatif yang mampu menghasilkan model yang robust dan banyak digunakan sebagai model utama untuk simulasi kebijakan.

Prosedur konversi model kualitatif berbasis CLD menjadi model kuantitatif diperlukan agar mampu mengkombinasikan kekuatan kedua pendekatan tersebut demi menghasilkan model yang elaboratif komprehensif sekaligus robust sebagai sebuah model simulasi. Skenario akan menjadi rencana kaji tindak yang operatif apabila dilakukan dengan pelibatan partisipatif stakeholders yang diikuti dengan penentuan prioritas kegiatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan melibatkan seluruh peternak sapi potong yang tergabung dalam kelompok peternak sapi potong Sari Widodo di Desa Blambangan, Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara. Pertimbangan utama kelompok ini adalah kemapanan kelompok yang sudah termasuk mantap, dan kompleksitas peternakan sapi potong di area tersebut yang banyak berkompetisi dengan aktivitas pertanian lainnya (*mixed farming*). Kompleksitas tersebut merupakan kondisi yang cocok untuk mencoba sebuah metode pemodelan kualitatif.

Penelitian dilakukan dengan melakukan kombinasi *semi structured interview*, pengamatan langsung, dan diskusi terfokus. Variabel yang diamati adalah (1) *actor*, yakni stakeholders yang



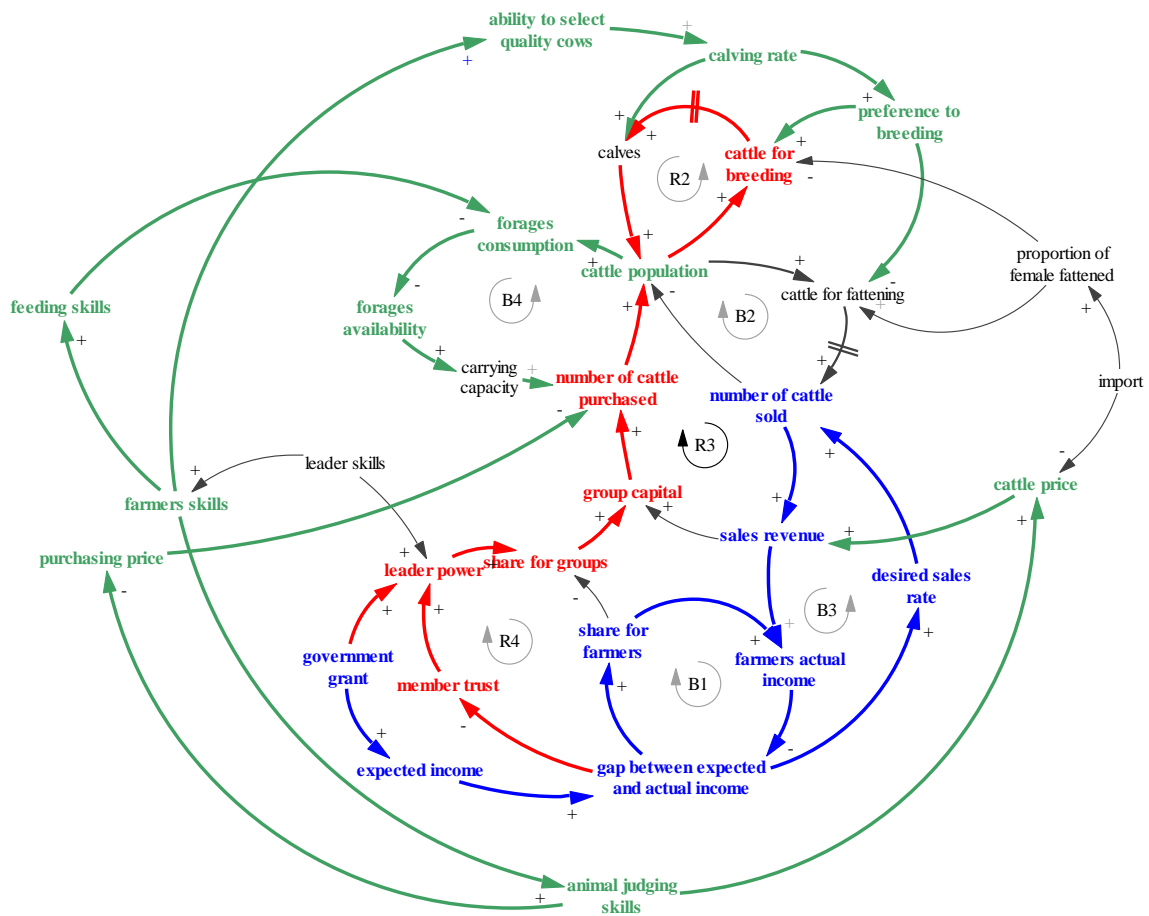
terkait dengan usaha peternakan sapi potong, (2) peran dari masing-masing faktor tersebut, (3) sumberdaya yang diperlukan atau yang terpengaruh, (4) *driver*, yakni faktor lain yang menjadi pemicu actor melakukan perannya, dan (5) keterkaitan antara aktor, peran, sumberdaya ataupun *driver*. Hasil yang diperoleh disusun dalam sebuah model kualitatif menggunakan software *Vensim*® yang kemudian diterjemahkan menjadi model kuantitatif stock and flow diagram menggunakan software *Stella*®.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan pemodelan kuantitatif berdasarkan pada struktur model kualitatif causal loop diagram (CLD) yang sudah diperoleh yang mencakup aspek motivasi, control, dan pengetahuan (Gambar 1). Penyusunan model CLD menggunakan pendekatan partisipatori dengan menyelenggarakan diskusi terfokus. Aspek motivasi mencoba memetakan motivasi apa saja yang mendasari usaha peternakan sapi potong yang dijalankan oleh kelompok sasaran. Terdapat 2 (dua) motif utama yang dapat diidentifikasi selama penelitian yakni:

1. Adanya harapan untuk memperoleh tambahan penghasilan seiring dengan adanya bantuan pemerintah yang diperoleh kelompok (digambarkan dalam keterkaitan struktur model warna biru pada Gambar 1).
2. Adanya kecenderungan peternak lebih memilih usaha penggemukan dibanding usaha pembibitan sebagai dampak dari keinginan menjual ternaknya lebih cepat untuk menghasilkan uang.

Aspek kontrol mencakup kemampuan ketua kelompok berperan dalam mempengaruhi alokasi sumberdaya yang dimiliki oleh kelompok. Gambar menunjukkan bahwa dengan membawa kelompok memperoleh bantuan pemerintah akan meningkatkan posisi ketua kelompok menjadi lebih kuat. Kekuatan posisi ini dapat digunakan untuk menjaga agar peternak tetap mempertahankan alokasi keuntungan yang diperoleh dari penjualan ternak secara proporsional antara untuk keuntungan pribadi peternak dan untuk direinvestasikan pada kelompok untuk pembelian ternak pengganti. Ketika ketua kelompok mampu melakukan perannya maka kelompok akan tetap bertahan, tetap mampu memperoleh keuntungan, dan seperti digambarkan model dengan warna merah, mampu memperkuat posisi ketua. Sebaliknya apabila ketua tidak mampu menjalankan perannya, sehingga kelompok gagal bertahan atau merugi, maka kekuatan ketua kelompok di mata anggota juga menjadi berkurang.



Gambar 1. Model Kualitatif Usaha Peternakan Sapi Potong dari Dimensi Motivasi, Kontrol dan Pengetahuan

Dimensi yang ketiga adalah pengetahuan peternak. Penambahan dimensi ini akan lebih meningkatkan ketelitian model, karena menambahkan aspek pengetahuan yang memiliki peran sangat penting dalam peningkatan produktivitas usaha. Gambar 1 (dalam warna hijau) menunjukkan dua pengetahuan dan keterampilan dasar yang dimiliki peternak, yakni pengetahuan tentang pakan dan tentang *animal judging* (penilaian ternak). Penambahan pengetahuan dan keterampilan peternak dalam teknologi pakan meningkatkan kemampuan mereka dalam penyediaan pakan sehingga meningkatkan *carrying capacity* (Gambar 1 dalam warna hijau). Selain itu, pengetahuan yang lain adalah tentang pemilihan ternak untuk ternak pembibitan (induk), maupun untuk penggemukan. Kemampuan memilih induk akan berdampak pada kemungkinan baiknya nilai *calving rate*, sehingga kinerja reproduksinya baik dan mampu menghasilkan pedet, baik untuk digemukkan sebagai pengganti ataupun untuk dijual. Kemampuan menilai ternak untuk penggemukan akan memudahkan peternak dalam memilih ternak untuk digemukkan maupun menaksir harga jual ternak.

Tahap berikutnya adalah menterjemahkan model kualitatif tersebut menjadi model kuantitatif berbasis stock and flow diagram menggunakan software Stella Architech. Tujuan

dilaksanakannya tahap ini adalah untuk membuat pemodelan berbasis computer yang mampu melacak semua hubungan antar variabel, termasuk di dinamika sistem yang ada di dalamnya (Lane & Oliva, 1998).



Gambar 2. Model Dimensi Motivasi, Kontrol, dan Pengetahuan

$$\text{breeding}(t) = \text{breeding}(t - dt) + (\text{breeding_purchase} - \text{culling}) * dt$$

INIT breeding = 12

INFLOWS:

$$\text{breeding_purchase} = \text{cattle_purchased} * \text{actual_breeding_portion}$$

OUTFLOWS:



culling = breeding/modified_breeding_lifespan
calves(t) = calves(t - dt) + (calving - growing) * dt
INIT calves = 0
INFLOWS:
calving = breeding*calving_rate_modified_by_recording
OUTFLOWS:
growing = calves/growing_time
cattle_purchased(t) = cattle_purchased(t - dt) + (purchasing - rearing) * dt
INIT cattle_purchased = 0 {cattle}
INFLOWS:
purchasing = actual_cattle_purchased
OUTFLOWS:
rearing = cattle_purchased*fattening_rate
farmers_income(t) = farmers_income(t - dt) + (farmers_revenue - expenses) * dt
INIT farmers_income = 0 {Rp}
INFLOWS:
farmers_revenue = farmers'_bonus+farmers_revenue_from_sales
OUTFLOWS:
expenses = farmers_income*expenses_rate
fattening(t) = fattening(t - dt) + (culling + rearing + growing - selling) * dt
INIT fattening = 23
INFLOWS:
culling = breeding/modified_breeding_lifespan
rearing = cattle_purchased*fattening_rate
growing = calves/growing_time
OUTFLOWS:
selling = (fattening/fattening_time)
group_capital(t) = group_capital(t - dt) + (group_revenue - group_expenses) * dt
INIT group_capital = 0 {Rp}
INFLOWS:
group_revenue = sales_revenue-farmers_revenue_from_sales {Rp/mo}
OUTFLOWS:
group_expenses = actual_purchasing_expenses+non_cattle_expenses
actual_ability_to_select_quality_cows = 1
actual_animal_judging_skills = 3
actual_breeding_portion = IF (TIME < 10) THEN normal_breeding_fraction ELSE
breeding_fraction_modified_by_calving_rate_and_import
actual_carrying_capacity = max_forages/forage_consumption_per_cattle
actual_cattle_purchased = MIN(max_cattle_purchased,cattle_able_to_be_purchased)
actual_feeding_skills = 1
actual_purchasing_expenses =
actual_cattle_purchased*purchase_price_modified_by_animal_judging_skills {Rp/mo}
allocated_farmer_revenue = sales_revenue*share_for_farmers {Rp/yr}
breeding_fraction_modified_by_calving =
normal_breeding_fraction*effect_of_calving_rate_on_breeding_fraction

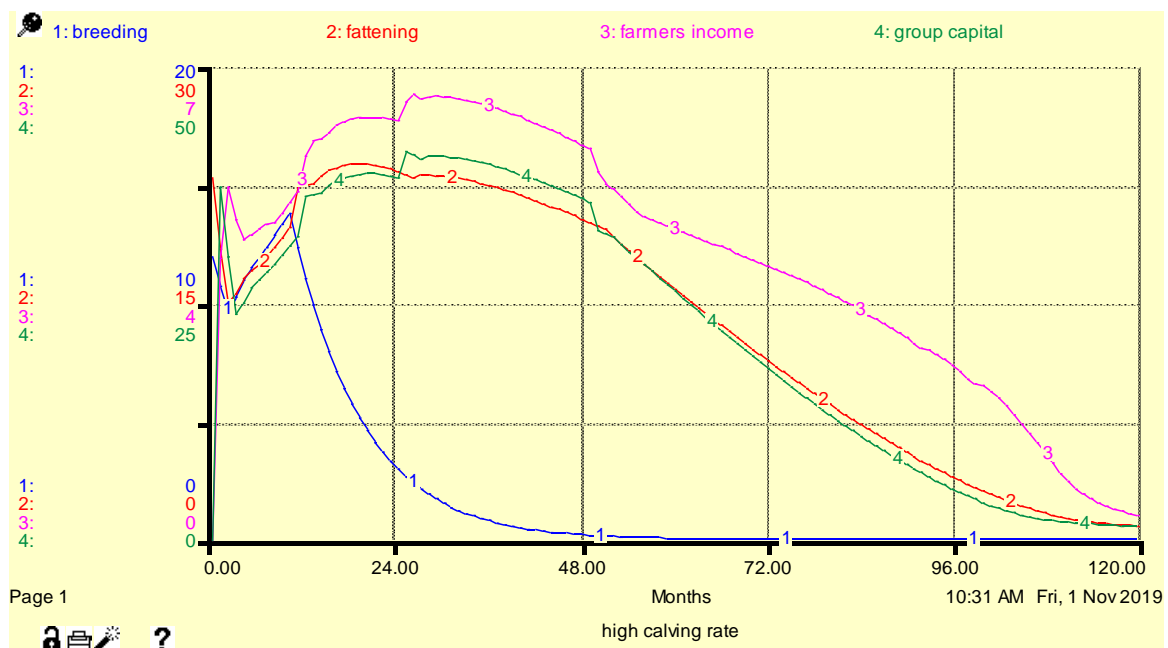


```
breeding_fraction_modified_by_calving_rate_and_import = IF(import=1) THEN
breeding_fraction_modified_by_calving/2 ELSE breeding_fraction_modified_by_calving
calving_rate_modified_by_recording =
current_calving_rate*effect_of_ability_to_select_quality_cows_on_calving_rate {cattle/cattle/mo}
cattle_able_to_be_purchased =
fund_available_for_cattle/purchase_price_modified_by_animal_judging_skills {cattle/mo}
collected_forrages = farmers_capacity_to_collect_forages*number_of_labour {kg/mo}
current_calving_rate = .5/12 {cattle/cattle/mo}
effect_of_ability_to_select_quality_cows_on_calving_rate =
GRAPH(actual_ability_to_select_quality_cows/expected_ability_to_select_quality_cows)
(0.00, 1.00), (0.2, 1.00), (0.4, 1.19), (0.6, 1.32), (0.8, 1.42), (1.00, 1.50)
effect_of_animal_judging_skills_on_purchasing_price =
GRAPH(actual_animal_judging_skills/expected_animal_judging_skills)
(0.00, 1.50), (0.2, 1.20), (0.4, 1.10), (0.6, 1.05), (0.8, 1.02), (1.00, 1.00)
effect_of_animal_judging_skills_on_selling_price =
GRAPH(actual_animal_judging_skills/expected_animal_judging_skills)
(0.00, 0.5), (0.2, 0.8), (0.4, 0.9), (0.6, 0.95), (0.8, 0.975), (1.00, 1.00)
effect_of_calving_rate_on_breeding_fraction =
GRAPH(calving_rate_modified_by_recording/expected_calving_rate)
(0.00, 0.00), (0.1, 0.00), (0.2, 0.00), (0.3, 0.00), (0.4, 0.00), (0.5, 0.00), (0.6, 0.3), (0.7, 0.6), (0.8,
0.75), (0.9, 0.9), (1, 1.00)
effect_of_calving_rate_on_breeding_lifespan =
GRAPH(current_calving_rate/expected_calving_rate)
(0.00, 0.001), (0.1, 0.01), (0.2, 0.02), (0.3, 0.035), (0.4, 0.055), (0.5, 0.1), (0.6, 0.495), (0.7, 0.85),
(0.8, 0.95), (0.9, 0.985), (1, 1.00)
effect_of_feeding_skills_to_carrying_capacity =
GRAPH(actual_feeding_skills/expected_feeding_skills)
(0.00, 1.00), (0.2, 1.20), (0.4, 1.40), (0.6, 1.60), (0.8, 1.80), (1.00, 2.00)
effect_of_revenue_on_leader_power_to_share_revenue =
GRAPH(allocated_farmer_revenue/expected_farmers_revenue)
(0.00, 0.00), (0.1, 0.36), (0.2, 0.63), (0.3, 0.75), (0.4, 0.835), (0.5, 0.9), (0.6, 0.93), (0.7, 0.96), (0.8,
0.975), (0.9, 0.995), (1, 1.00)
effect_of_revenue_on_share_for_farmers =
GRAPH(allocated_farmer_revenue/expected_farmers_revenue)
(0.00, 10.0), (0.1, 10.0), (0.2, 5.00), (0.3, 3.33), (0.4, 2.50), (0.5, 2.00), (0.6, 1.67), (0.7, 1.42), (0.8,
1.25), (0.9, 1.10), (1, 1.00)
expected_ability_to_select_quality_cows = 5
expected_animal_judging_skills = 5
expected_calving_rate = 1/12 {cattle/cattle/mo}
expected_farmers_revenue = number_of_labour*target_revenue {Rp/mo}
expected_feeding_skills = 5
expenses_rate = 1
farmers'_bonus = non_cattle_expenses/2
farmers_capacity_to_collect_forages = 30*30 {kg/mo}
```




```
farmers_revenue_from_sales =  
sales_revenue*share_for_farmers_modified_by_revenue_and_leader_power  
fattening_rate = 1-actual_breeding_portion {1/mo}  
fattening_time = 4 {mo}  
forages_area = .3 {ha}  
forage_consumption_per_cattle = 25*30  
forage_production = forages_area*productivity {kg/mo}  
fund_available_for_cattle = group_capital*proportion_for_purchasing_cattle {Rp/mo}  
growing_time = 12  
import = IF(TIME < 24 or TIME >48) THEN import_policy ELSE 0  
import_policy = 1  
lifespan = 8*12  
max_cattle_purchased = (modified_carrying_capacity)/fattening_time  
max_forages = forage_production+collected_forrages {kg/mo}  
modified_breeding_lifespan = lifespan*effect_of_calving_rate_on_breeding_lifespan  
modified_carrying_capacity =  
(actual_carrying_capacity*effect_of_feeding_skills_to_carrying_capacity)-breeding-calves{cattle}  
non_cattle_expenses = group_capital*proportion_of_non_purchasing_expenses {Rp/mo}  
normal_breeding_fraction = 33/100  
normal_purchase_price = 6.5{Rp/cattle}  
number_of_labour = 22 {people}  
price_decreased_under_import = 600000/1000000  
productivity = 300000/12 {kg/ha/mo}  
proportion_for_purchasing_cattle = 0.9  
proportion_of_non_purchasing_expenses = 1-proportion_for_purchasing_cattle  
purchase_price_modified_by_animal_judging_skills =  
normal_purchase_price*effect_of_animal_judging_skills_on_purchasing_price {Rp/cattle}  
sales_revenue = selling*selling_price_modified_by_import_and_animal_judging_skills  
selling_price = 8.25  
selling_price_modified_by_import = IF(import=1) THEN selling_price-  
price_decreased_under_import ELSE selling_price {Rp/cattle}  
selling_price_modified_by_import_and_animal_judging_skills =  
selling_price_modified_by_import*effect_of_animal_judging_skills_on_selling_price {Rp/cattle}  
share_for_farmers = 0.1  
share_for_farmers_modified_by_revenue_and_leader_power =  
share_for_farmers_modified_by_revenue*effect_of_revenue_on_leader_power_to_share_revenue  
share_for_farmers_modified_by_revenue =  
share_for_farmers*effect_of_revenue_on_share_for_farmers  
target_revenue = (5000/1000000)*30 {Rp/people/mo}
```

Berdasarkan struktur model dan persamaan tersebut, dapat diduga dinamika jumlah ternak breeding, fattening, pendapatan peternak, maupun modal kelompok dalam 10 tahun ke depan.



Gambar 3. Output Model Dinamik

KESIMPULAN

Protokol yang dijalankan sejauh ini sudah mampu menghasilkan kerangka model kuantitatif yang komprehensif. Detil persamaan model yang disajikan memungkinkan peneliti yang tertarik dalam bidang modelling untuk melakukan modifikasi atau perbaikan model sehingga diperoleh model kuantitatif yang lebih baik lagi. Model yang sudah diperoleh tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai basis untuk melakukan simulasi strategi.

DAFTAR PUSTAKA

- Huyen, L. T. T., Herold, P., & Valle Zárate, A. 2010. Farm types for beef production and their economic success in a mountainous province of northern Vietnam. *Agricultural Systems* 103(3): 137 – 145
- Maani, K. 2011. *System Dynamics and Organizational Learning; Complex Systems in Finance and Econometrics*. In R. A. Meyers (Ed.). Springer. New York. 738 – 752 pp.
- Maani, K., & Li, A. 2010. Decision-making in complex systems: Relationship between scale of change and performance. *Systems Research and Behavioral Science* 27(5): 567 – 584
- Setianto, N. A., Cameron, D., & Gaughan, J. B. 2014. Structuring the problematic situation of smallholder beef farming in Central Java, Indonesia: using systems thinking as an entry point to taming complexity. *International Journal of Agricultural Management* 3(3): 164 – 174
- Siegmund-Schultze, M., Rischkowsky, B., da Veiga, J. B., & King, J. M. 2007. Cattle are cash generating assets for mixed smallholder farms in the Eastern Amazon. *Agricultural Systems* 94(3): 738 – 749



Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers

*"Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX" 19-20 November 2019
Purwokerto*

Sherwood, D. 2002. *Seeing the Forest for the Trees; A Manager's Guide to Applying Systems Thinking*. Nicholas Brealey Publishing. London.

Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics: System Thinking and Modelling for A Complex World*. Irwin McGraw-Hill. New York.