

OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI PENGUMPULAN DAN PENGANGKUTAN SUSU SAPI PERAH DENGAN MODEL SIMULASI

Ida Nursanti *, Supriyanto

¹ Pusat Studi Logistik dan Optimisasi Industri (PUSLOGIN), Universitas Muhammadiyah Surakarta

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta

*Email: Ida.Nursanti@ums.ac.id

Abstrak

Proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah dari peternak ke KUD Boyolali merupakan aktivitas logistik yang dilakukan oleh pengepul susu di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali. Aktivitas tersebut dilakukan 2 kali dalam satu hari oleh 6 kendaraan truk jenis col-t yang dimiliki pengepul dengan jumlah titik tujuan 63 pos. Pengumpulan dan pengangkutan susu yang telah dilakukan selama ini tidak menggunakan metode apapun atau hanya mengandalkan intuitif operator sehingga mengakibatkan dalam proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah tidak efektif dan efisien karena ada rute yang dilalui dalam proses dapat dilalui lebih dari satu kali oleh truk yang sama. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model simulasi dengan software Arena untuk meminimalkan biaya transportasi dengan beberapa alternatif perbaikan. Terdapat dua alternatif perbaikan yang dibuat untuk meminimalkan biaya transportasi, yang pertama pengurangan truk dan penggabungan beberapa pos dalam sistem, yang kedua perubahan rute yang dilakukan dari hasil alternatif satu. Hasil analisis awal untuk sistem nyata menunjukkan bahwa biaya tetap yang diperlukan sebesar Rp. 10.800.000,00 dan biaya variabel Rp. 694.542,00, sehingga total biayanya yaitu Rp. 11.494.542,00. Sedangkan apabila sistem dijalankan menggunakan alternatif perbaikan 1 dan alternatif perbaikan 2, maka biaya total yang dikeluarkan perminggu dapat lebih hemat berturut-turut sebesar Rp. 1.885.880,00 dan Rp. 1.899.682,00.

Kata kunci: model, optimasi, simulasi, transportasi

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan proses pemindahan barang dan manusia dari satu tempat ke tempat lain, dari tempat asal ke tempat tujuan. Dalam proses transportasi ada tiga hal yang harus diperhatikan diantaranya: ada muatan yang diangkut, adanya kendaraan yang mengangkut barang, dan adanya jalan yang akan dilalui (Indriyana, 2007). Selain memperhatikan proses didalam transportasinya ada hal lain yang harus diperhatikan yaitu tentang biaya yang diminimalkan diantaranya: biaya bahan baku, biaya tambahan, biaya transportasi, biaya produksi langsung maupun tidak langsung dan biaya persediaan (Stock, 2001).

Di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali terdapat banyak peternak sapi perah yang hasilnya kemudian diambil oleh pengepul untuk selanjutnya dikirim ke KUD Boyolali. Aktivitas pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah tersebut dilakukan oleh pengepul 2 (dua) kali dalam satu hari yaitu pagi dan sore oleh 6 kendaraan truk jenis col-t dengan jumlah titik tujuan 63 pos. Permasalahannya dalam sistem pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah yang dilakukan selama ini masih menggunakan metode yang sederhana atau intuitif, hal ini menyebabkan rute yang dilalui dalam pengangkutan susu dapat dilalui lebih dari satu kali oleh truk yang sama sehingga menimbulkan pemborosan biaya transportasi karena truk harus melalui satu rute yang sama lebih dari satu kali. Padahal dengan pengaturan rute pengangkutan susu yang baik akan mengakibatkan satu rute hanya untuk satu jenis truk yang sama.

Sistem pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah merupakan fungsi dari waktu, dimana setiap sistem dapat berubah setiap saat dalam menghadapi *demand* dan *delay* dalam kondisi tertentu. Dalam simulasi logistik dan manajemen rantai pasok yang berbasis pendukung keputusan memberikan sebuah solusi untuk berbagai masalah pada dua tingkatan yaitu strategis dan operasional/taktis (Tako dan Robinson, 2012).

Untuk menganalisis rute transportasi yang telah ada atau yang dilakukan oleh pengepul susu selama ini, maka perlu dibuat model simulasi sehingga bisa dibuat beberapa alternatif perbaikan

yang biaya transportasinya lebih minimal. Penelitian tentang penggunaan simulasi untuk pemecahan masalah transportasi sebelumnya telah dilakukan oleh Butar dan Yamin (2008) akan tetapi tujuannya untuk menentukan jumlah bus yang optimal pada perencanaan busway kota Yogyakarta. Arnatha (2012) juga melakukan penelitian tentang kasus pengumpulan dan pengangkutan dengan model simulasi namun objeknya adalah sampah.

2. METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan untuk menganalisis dan melakukan optimasi proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah yaitu:

2.1 Analisis Sistem

Menentukan jenis data yang akan digunakan sebelum pembuatan model simulasi sistem dalam pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah. Jenis data yang digunakan dalam perancangan sistem simulasi yaitu *entity, resource, state and variable* dan *atribut* dari sistem.

2.2 Identifikasi Data

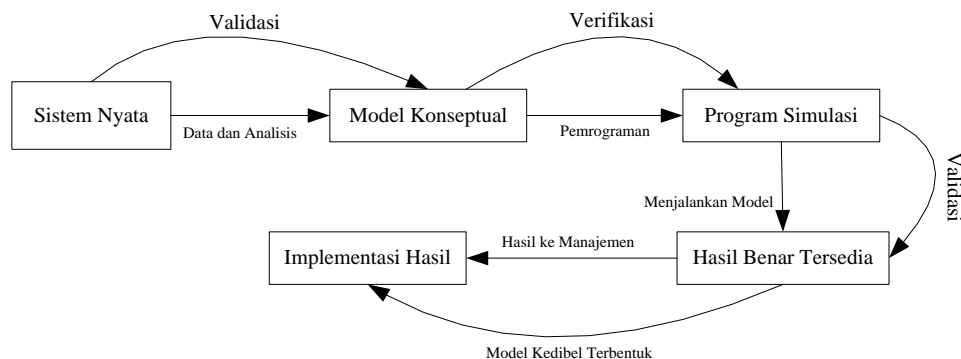
Identifikasi data merupakan tahapan menghitung atau mengetahui jenis data-data yang sudah ditentukan, data yang dihitung di masukan kedalam perancangan model simulasi. Data tersebut adalah waktu pengumpulan susu, jumlah truk, dan jumlah pos yang ada dalam proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah dan data yang dijadikan perbandingan adalah data total biaya dalam proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah.

2.3 Perancangan Model Simulasi

Perancangan model simulasi ini sangat perlu untuk mengetahui berapa jumlah pos dan lama waktu pengambilan susu. Dilakukan pengamatan secara menyeluruh pada setiap pos yang dikunjungi truk pengangkut susu.

2.4 Verifikasi dan Validasi

Suatu model dapat dikatakan valid ketika model simulasi yang dibuat tidak ada perbedaan yang sangat signifikan dengan sistem nyatanya (Law dan Kelton, 1991). Alur proses verifikasi dan validasi dari suatu model simulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model Kredibel

2.5 Analisa Model Simulasi

Melakukan eksperimen simulasi yang dibuat kemudian dari pembuatan simulasi tersebut dapat diketahui hasil *output* dalam simulasi dengan bantuan *Software Arena 10.0*.

2.6 Evaluasi Output

Hasil *output* yang dihasilkan oleh simulasi dianalisis baik dari hasil waktu proses sampai bentuk model atau rute dari pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah.

2.7 Membuat Alternatif Perbaikan Sistem

Membuat alternatif perbaikan dengan merubah model simulasi dari sistem nyatanya dan menganalisis perbedaan yang terjadi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Sistem Nyata

Pada proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah di kota Boyolali terdapat dua komponen biaya yang diperhatikan yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membayar operator kendaraan, sedangkan biaya variabel merupakan perhitungan biaya transportasi yang dipengaruhi oleh jarak tempuh kendaraan.

1. Data Jarak Antar Pos Setiap Truk

Jarak antar pos dari truk 1 sampai truk 6 yang ditunjukkan pada tabel 1 merupakan data yang mempengaruhi jumlah biaya yang akan dikeluarkan dalam proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali.

Tabel 1. Jarak Antar Pos Setiap Truk (Dalam Km)

Truk	Pos-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	KUD	Pangkalan	Total
1	0,53	1,25	0,41	0,23	0,76	0,25	1,12	0,19	0,37	0,27	0,59	1,74	1,91	6,2	7	22,82
2	10	2	5,56	6,6	7,16	0,3	6,5							5,3	7	50,42
3	11,4	0,26	8,75	0,12	0,48	0,81	0,58	0,43	0,6	0,74	0,73			5	7	36,9
4	1,5	0,96	1,13	3,67	0,52	1,94	2,93	0,15	0,46					15	7	35,26
5	2,1	0,68	0,52	0,4	0,22	0,89	0,42	0,82	0,3	1,82	0,5			6	7	21,67
6	5,86	0,79	0,11	0,13	0,88	0,55	0,94	0,21	1,58	1,12	0,68	2,73		7	7	29,58

2. Biaya tetap

Biaya tetap yaitu total jumlah gaji yang diberikan pada karyawan untuk operator truk 1 sampai truk 6 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Biaya Tetap Transportasi

Truk	Bahan Bakar	Rute	Jumlah Pos	Gaji/Minggu
1	Solar	Mojosongo	13	Rp. 1.800.000
2	Bensin	Mojosongo-Cepogo-Ampel	7	Rp. 1.800.000
3	Bensin	Cepogo-Mojosongo	11	Rp. 1.800.000
4	Solar	Musuk-Mojosongo	9	Rp. 1.800.000
5	Bensin	Mojosongo-Musuk	11	Rp. 1.800.000
6	Solar	Mojosongo-Musuk	12	Rp. 1.800.000
Total Biaya yang Dikeluarkan			63	Rp. 10.800.000

3. Biaya variabel

Biaya transportasi yang dilakukan dalam proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah dapat dirumuskan:

$$\text{Biaya (Rp)} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Kebutuhan Bahan Bakar}} \times \text{harga bahan bakar/liter.} \quad (1)$$

Kebutuhan bahan bakar 1 liter solar kurang lebih untuk 10 km perjalanan, sedangkan untuk 1 liter bensin kurang lebih untuk 13 km. Harga 1 liter bensin yang digunakan Rp. 6.450 sedangkan harga 1 liter solarnya Rp. 5.150, harga tersebut merupakan harga pada saat penelitian tanggal 20 Juni 2016. Perhitungan biaya variabel dapat dilihat pada tabel 3.

4. Analisis Output Simulasi Menggunakan Software Arena

Model simulasi system nyata yang didukung dengan data-data yang telah diperoleh dibuat menggunakan *software Arena* dan hasil simulasinya dapat dilihat pada tabel 4.

Truk 1 dan truk 5 yang memiliki *transfer time* paling cepat, truk 1 (3,793.36 detik) dan truk 5 (2,895.34 detik), maka dari data tersebut antara truk 1 dan truk 5 bisa dapat dijadikan satu dalam proses pengambilan dan pengangkutan susu sapi perah, artinya salah satu truk harus dihilangkan untuk meminimalkan biaya dalam pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah, selain data tersebut data yang menjadi pertimbangan, yaitu data jarak antar pos yang dekat dan juga proses setiap pos yang akan dijadikan satu dalam pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah.

Tabel 3. Biaya variabel Transportasi

Truk	Bahan Bakar	Rute	Jumlah Pos	Total Jarak	Biaya/Minggu	Biaya/Hari	Biaya/Km
1	Solar	Mojosongo	13	22,82	Rp. 82.266	Rp. 11.752	Rp. 515
2	Bensin	Mojosongo-Cepogo-Ampel	7	50,42	Rp. 175.112	Rp. 25.016	Rp. 496
3	Bensin	Cepogo-Mojosongo	11	36,9	Rp. 128.156	Rp. 18.308	Rp. 496
4	Solar	Musuk-Mojosongo	9	35,26	Rp. 127.112	Rp. 18.159	Rp. 515
5	Bensin	Mojosongo-Musuk	11	21,67	Rp. 75.261	Rp. 10.751	Rp. 496
6	Solar	Mojosongo-Musuk	12	29,58	Rp. 106.635	Rp. 15.234	Rp. 515
Total				196,65		Rp. 88.624	Rp. 3.033

Tabel 4. Rekapitulasi Output Time Arena

Time	Average					
	Truk 1	Truk 2	Truk 3	Truk 4	Truk 5	Truk 6
Transfer Time	3,793.36	5,946.55	5,817.47	5,462.11	2,895.34	5,285.13
Total Time	9,697.21	10,721.56	9,119.14	11,193.72	8,492.68	10,924.68
VA Time	5,903.85	4,775.02	3,301.67	5,731.61	5,597.34	5,639.55
WIP	0.6734	0.7446	0.6333	0.7773	0.5898	0.7587

Tabel 5. Rute Truk Pengambilan Susu Sapi Perah

Rute	Truk					
	1 Pangkalan	2 Pangkalan	3 Pangkalan	4 Pangkalan	5 Pangkalan	6 Pangkalan
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8		KUD	8	8	8	8
9		Pangkalan	9	9	9	9
10			10	KUD	10	10
11			11	Pangkalan	11	11
12			KUD		KUD	12
13			Pangkalan		Pangkalan	KUD
	KUD Pangkalan					Pangkalan

5. Rute Truk Pengambilan Susu Sapi Perah

Rute dalam melakukan pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah menjadi salah satu factor yang mempengaruhi dalam melakukan minimasi biaya transportasi proses pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah. Rute truk pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah dapat dilihat pada tabel 5.

Rute truk menunjukkan proses atau alur dari pergerakan truk dalam pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali

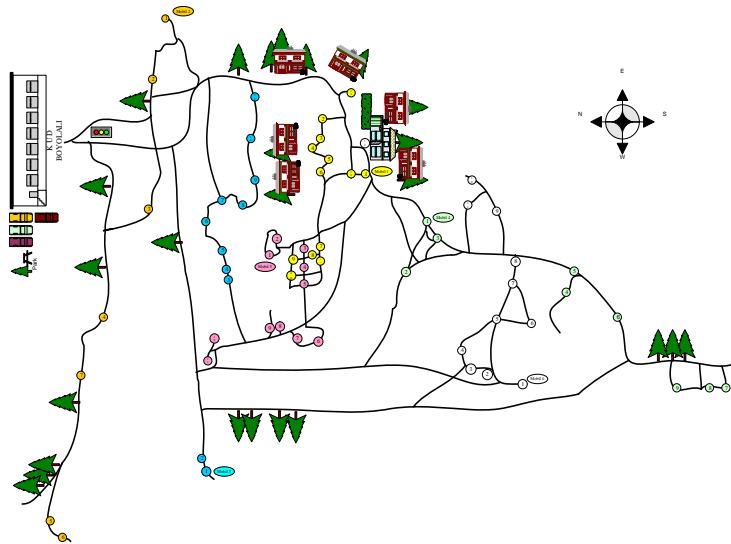
disetiap pos masing-masing yang sudah ditentukan oleh operator truk masing-masing tanpa menggunakan metode apapun sebelumnya.

6. Model Animasi

Gambar 2. Menggambarkan sistem pengumpulan susu sapi perah di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali.

7. Verifikasi dan Validasi

Verifikasi model simulasi dilakukan di dalam software Arena dengan menggunakan fungsi yang disediakan, hasilnya menunjukkan bahwa model sistem nyata yang dibuat dari mobil 1 sampai 6 sudah terverifikasi dengan benar dan tidak terjadi eror.



Gambar 2. Animasi Sistem Nyata Pengumpulan dan Pengangkutan Susu Sapi Perah.

Validasi adalah penentuan apakah model konseptual simulasi (sebagai tandingan program komputer) adalah representasi akurat dari sistem nyata yang sedang dimodelkan (Law dan Kelton, 1991). Dalam melakukan *validasi* model simulasi dapat menggunakan metode “Perbandingan *output* simulasi dengan sistem nyata”.

Rumus pengujian *validitas* dalam proses simulasi sistem dapat menggunakan perbandingan rata-rata (Barlas, 1989), rumus tersebut yaitu:

$$\text{Rumus perbandingan rata-rata: } E1 = \frac{(\bar{S} - \bar{A})}{\bar{A}} \quad (2)$$

Dimana: \bar{S} = Nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = Nilai rata-rata data aktual

Model dianggap *valid* bila $E1 \leq 5\%$

Hasil dari validasi pengolahan data rata-rata aktual dan data rata-rata simulasi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Validasi

Jika $E1 < 5\%$ Maka Data Dikatakan Valid						
Truk	Simulasi	Aktual	E1	Alpha	Valid	Urutan
1	9697,21	9589	0,0117	0,05	Valid	3
2	10721,6	10720	0,0001	0,05	Valid	5
3	9119,14	8711	0,0425	0,05	Valid	2
4	11193,7	10943	0,0261	0,05	Valid	6
5	8492,68	8369	0,0128	0,05	Valid	1
6	10924,7	10560	0,038	0,05	Valid	4

Alternatif Perbaikan Sistem

Untuk mengurangi total biaya transportasi dari sistem pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah dibuat 2 alternatif sebagai berikut:

1. Alternatif 1: Usulan pengurangan truk dari 6 truk menjadi 5 truk dan penggabungan beberapa pos.
2. Alternatif 2: Usulan perubahan rute pada alternatif 1 dari truk 1 sampai truk 5.

Pemodelan Alternatif Perbaikan Sistem 1

1. Jarak Antar Pos setiap Truk Alternatif Perbaikan Sistem 1

Jarak antar pos pada alternatif 1 memiliki perubahan total jarak dikarenakan terjadi perubahan rute dan pengurangan truk. Total jarak pada alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Jarak Antar Pos Alternatif 1 (Dalam Km)

Truk	P - 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	KUD	Pangkalan	Total
1	0,51	0,41	1,01	1,75	0,68	0,52	0,35	0,52	0,22	0,13	1,74				7,98	7	22,82
2	1,23	8,85	2,1	5,56	6,6	7,16	0,3	6,5							5,3	7	50,6
3	3,3	0,42	0,82	5,82	4,7	0,5	1,4	0,6	0,81	0,58	0,43	0,6	0,74	0,73	5,2	7	33,65
4	1,5	0,96	1,13	3,67	0,52	1,94	2,93	0,15	0,46						15	7	35,26
5	0,53	5,33	0,79	0,11	0,13	0,88	0,55	0,94	0,21	1,58	1,12	0,68	2,73		7	7	29,58

2. Biaya tetap Transportasi Alternatif Perbaikan Sistem 1

Biaya tetap transportasi alternatif 1 mengalami penurunan biaya, setelah dilakukan pengurangan 1 truk yaitu truk 5.

3. Biaya variabel Transportasi Alternatif Perbaikan Sistem 1

Biaya variabel yang didapatkan setelah ada perbaikan dalam sistem atau perbaikan pada alternatif 1 dalam rute pengangkutan dan pengumpulan susu sapi perah dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Biaya Variabel Transportasi Alternatif 1

Truk	Bahan Bakar	Rute	Jumlah Pos	Total Jarak (Km)	Biaya/Hari	Biaya/Km	Biaya/Minggu
1	Solar	Mojosongo	11	22,82	Rp. 11.752	Rp. 515	Rp. 82.264
2	Bensin	Mojosongo-Cepogo-Ampel	8	50,6	Rp. 25.105	Rp. 496	Rp. 175.735
3	Bensin	Cepogo-Mojosongo	14	33,65	Rp. 16.696	Rp. 496	Rp. 116.872
4	Solar	Musuk-Mojosongo	9	35,26	Rp. 18.159	Rp. 515	Rp. 127.113
5	Solar	Mojosongo-Musuk	13	29,58	Rp. 15.234	Rp. 496	Rp. 106.638
		Total	55	171,91	Rp. 86.290	Rp. 2.518	Rp. 608.662

4. Analisis Output Simulasi Menggunakan Software Arena

Hasil output simulasi model alternatif perbaikan sistem 1 dari software Arena dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Output Time Arena Alternatif 1

Time	Average				
	Truk 1	Truk 2	Truk 3	Truk 4	Truk 5
Transfer Time	3,965.11	5,397.07	4,957.73	5,368.78	5,258.46
Total Time	9,561.32	9,541.13	10,447.18	11,212.34	11,715.53
VA Time	5,596.22	4,144.06	5,489.44	5,843.56	6,457.07
WIP	0.6640	0.6626	0.7255	0.7786	0.8136

Dapat diketahui bahwa truk yang paling lama dalam proses pelayanan pengumpulan dan pengambilan susu sapi perah yaitu truk yang ke 5 dengan hasil WIP adalah 0,8136 detik dan yang paling cepat yaitu truk yang ke 1 dengan hasil WIP adalah 0,6640 detik.

5. **Rute Pengumpulan Susu Alternatif Perbaikan Sistem 1**

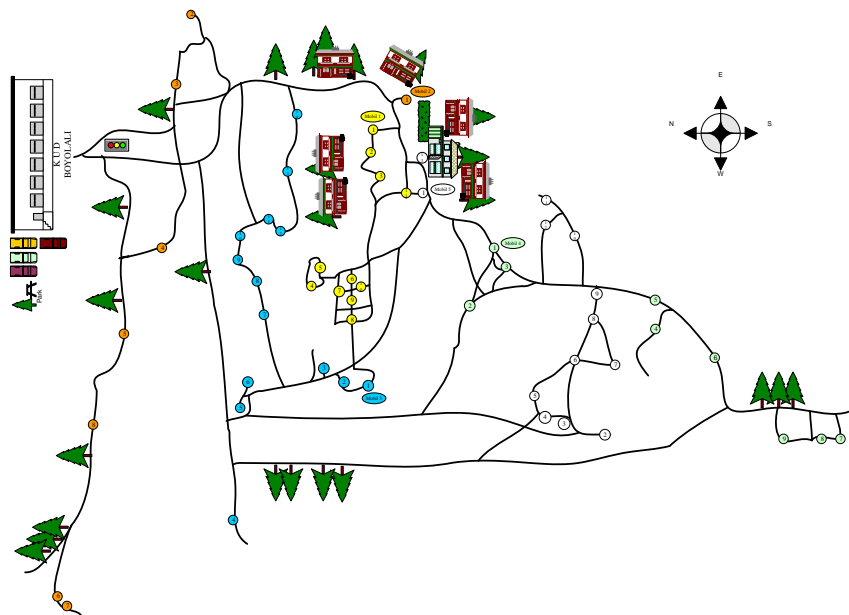
Perubahan rute akibat dikurangnya jumlah truk yang dioperasikan pada alternatif perbaikan system 1 ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Usulan Perbaikan Rute Alternatif Perbaikan Sistem 1

Rute	Truk										
	1	Usulan 1	2	Usulan 2	3	Usulan 3	4	Usulan 4	5	6	Usulan 5
	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan
1	1	1	2	1	4	1	1	1	4	1	2
2	1	2	3	2	4	2	2	2	5	2	3
3	2	3	4	3	7	3	3	3	6	3	4
4	2	4	5	4	7	4	4	4	9	4	5
5	3	5	6	5	8	5	5	5	8	5	6
6	3	6	7	6	9	6	6	6	1	6	7
7	6	7	8	7	10	7	7	7	2	7	8
8	6	KUD	KUD	8	11	8	8	8	3	8	9
9	7	Pangkalan	Pangkalan	9	12	9	9	9	6	9	10
10	7			10	13	KUD	KUD	10	5	10	11
11	10			11	14	Pangkalan	Pangkalan	11	5	11	12
12	11			KUD	KUD			KUD		12	13
13	1			Pangkalan	Pangkalan			Pangkalan		KUD	KUD
KUD	KUD									Pangkalan	Pangkalan
Pangkalan	Pangkalan										

6. **Model Animasi**

Gambar 3. menggambarkan sistem pengumpulan susu sapi perah di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali, pada alternatif perbaikan sistem 1.



Gambar 3. Alternatif 1 Pengumpulan dan Pengangkutan Susu Sapi Perah

Pemodelan Alternatif Perbaikan Sistem 2

1. **Jarak Antar Pos Setiap Truk Alternatif Perbaikan Sistem 2**

Jarak antar pos pada alternatif 2 memiliki perubahan total jarak dikarenakan terjadi perubahan rute pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah pada alternatif 1, dimana datanya dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Jarak Antar Pos Setiap Truk (Dalam Km)

Truk	P - 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	KUD	Pangkalan	Total
1	0,51	0,41	1,01	0,57	1,12	0,68	0,52	0,25	0,13	0,41	0,52	0,89	0,42	8,03	7	22,47
2	1,23	8,85	2	5,56	6,6	7,16	0,3	6,5						5,3	7	50,5
3	2,14	5,82	4,7	0,5	1,4	0,6	0,81	0,58	0,43	0,6	0,74	0,73		5,2	7	31,25
4	0,53	1,03	0,96	1,13	1,15	0,68	1,12	1,58	0,21	3,68				7	7	26,07
5	4,78	0,13	0,11	0,79	1,12	0,55	2,23	0,52	1,94	2,93	0,15	0,46		15	7	37,71

2. Data Biaya Tetap Transportasi Alternatif Perbaikan Sistem 2

Biaya tetap yang dikeluarkan pada alternatif yang kedua sama seperti biaya yang dikeluarkan pada alternatif yang pertama.

3. Data Biaya variabel Transportasi

Biaya variabel setelah ada perbaikan dalam sistem atau perbaikan pada alternatif 2 dapat dilihat pada table 12.

Tabel 12. Biaya Variabel Transportasi Alternatif 2

Truk	Bahan Bakar	Rute	Jumlah Pos	Total Jarak	Biaya	Biaya/Km	Biaya/Minggu
1	Solar	Mojosongo	13	22,47	Rp. 11.572	Rp. 515	Rp. 81.004
2	Bensin	Mojosongo-Cepogo-Ampel	8	50,5	Rp. 25.056	Rp. 496	Rp. 175.392
3	Bensin	Cepogo-Mojosongo	12	31,25	Rp. 15.505	Rp. 496	Rp. 108.535
4	Solar	Musuk-Mojosongo	10	26,07	Rp. 13.426	Rp. 515	Rp. 93.982
5	Solar	Mojosongo-Musuk	12	37,71	Rp. 19.421	Rp. 496	Rp. 135.947
		Total	55	168	Rp. 84.980	Rp. 2.518	Rp. 594.860

4. Analisis Output Simulasi Menggunakan Software Arena

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 13 truk yang paling lama dalam proses pelayanan pengumpulan dan pengambilan susu sapi perah yaitu truk yang ke 5 dengan hasil WIP adalah 0,8546 detik dan yang paling cepat yaitu truk yang ke 2 dengan hasil WIP adalah 0,6481 detik.

Tabel 13. Rekapitulasi Output Time Arena Alternatif 2

Time	Average				
	Truk 1	Truk 2	Truk 3	Truk 4	Truk 5
Transfer Time	4,038.13	5,370.13	4,632.24	4,132.74	6,136.52
Total Time	10,105.75	9,331.96	9,694.10	10,284.72	12,305.66
VA Time	6,067.62	3,961.84	5,061.86	6,151.98	6,169.14
WIP	0.7018	0.6481	0.6732	0.7142	0.8546

5. Usulan Perbaikan Rute Alternatif 2

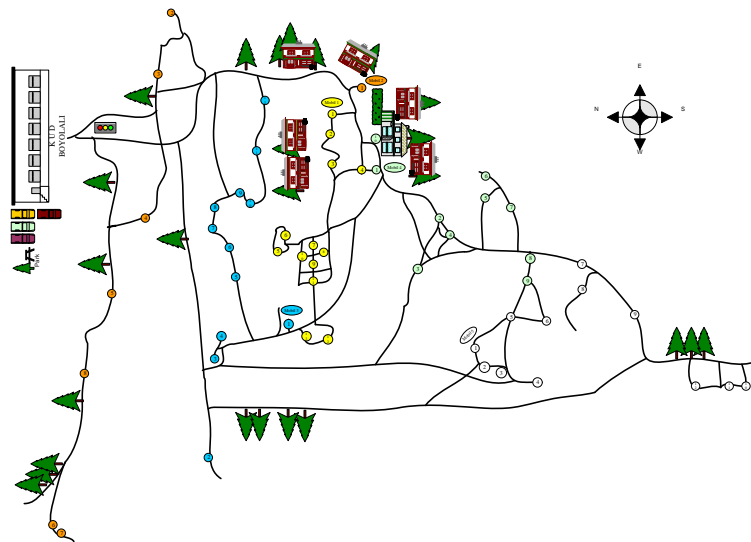
Perubahan rute pada alternatif yang kedua dapat dilihat pada tabel 14.

6. Model Animasi

Gambar 4. Mengganbarkan sistem pengumpulan susu sapi perah di Desa Singosari, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali, pada alternatif 2.

Tabel 14. Usulan Perbaikan Rute Alternatif Perbaikan Sistem 2

Rute	Truk									
	1	Usulan 1	2	Usulan 2	3	Usulan 3	4	Usulan 4	5	Usulan 5
	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan	Pangkalan
1	1	1	1	1	12	1	2	1	1	
2	2	2	2	2	13	2	3	2	4	
3	3	3	3	3	1	3	4	3	3	
4	5	4	4	4	2	4	7	4	2	
5	6	5	5	5	3	5	8	5	1	
6	7	6	6	6	4	6	9	6	5	
7	10	7	7	7	5	7	10	7	6	
8	11	8	8	8	6	8	11	8	9	
9	9	KUD	KUD	9	7	9	12	9	8	
10	8	Pangkalan	Pangkalan	10	8	KUD	KUD	10	7	
11	4			11	9	Pangkalan	Pangkalan	11	6	
KUD	KUD			12	10			12	5	
Pangkalan	Pangkalan			13	11			13	10	
				14	12			KUD	KUD	
				KUD	KUD			Pangkalan	Pangkalan	
				Pangkalan	Pangkalan					

**Gambar 4. Animasi Alternatif 2 Pengumpulan dan Pengangkutan Susu Sapi Perah**

4. KESIMPULAN

Sistem pengumpulan dan pengangkutan susu menggunakan 6 mobil dengan total jarak 196,65 km, biaya tetap yang dikeluarkan sebesar Rp. 10.800.000 sedangkan biaya variabelnya Rp. 694.542 sehingga total biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 11.494.542. Pada alternatif perbaikan sistem 1 yang dilakukan perubahan rute dan pengurangan truk pengumpulan dan pengangkutan susu sapi perah, truk yang ke 5 dihilangkan dan dilakukan penggabungan pos, dalam 1 minggu dapat menghemat biaya sebesar Rp. 1.885.880. Sedangkan alternatif perbaikan sistem 2 dapat menghemat biaya sebesar Rp. 1.899.682.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnatha, I Made, 2012, Studi Optimasi Operasional Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah Dengan Model Simulasi, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 16, No. 1.
- Barlas, Yaman, 1989, *Multiple Test For Validation of Systems Dynamics Type of Simulation Models*, *European Journal of Operation*, Vol. 42. Issue 1, pp. 59-87.
- Butar, Maulida Boru Butar dan Yamin, Mohamad, 2008, Penggunaan Simulasi Untuk Pemecahan Masalah Transportasi, *Proceeding, Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelejen (KOMMIT 2008)*.
- Indriyana, 2007, *Jurnal Sistem Teknik Industri*, Kampus USU P, Medan.
- Law, A.M., dan Kelton, W.D., 1991, *Simulation Modelling and Analysis, 2nd*, McGraw-hill, New York.
- Stock, James R. dan Lambert, Douglas M., 2001. *Strategic Logistic Management*, McGraw-Hill New York.
- Tako, A.A, dan Robinson, S., 2012, The Application of Discrete Event Simulation and System Dynamic in the Logistics and Supplay Chain Context. *International Journal of Decision Support System*, Vol. 52, pp. 802-815.