

Usulan Peningkatan Utilitas di Area Packing dan Area Muat Produk Jadi: Sebuah Studi Kasus

Ruben Kresna Nugraha¹, I Gede Agus Widyadana³

Abstract: Increasing utility and operational efficiency is one of the keys to success in the company. PT X as a company engaged in the agribusiness industry producing animal and poultry feed is experiencing problems in the form of quite large differences in production results and capacity. Apart from that, companies also face challenges in queue management in the process of loading finished goods to reduce buildup and delays in the loading area. Discrete Event Simulation methods are used to evaluate and improve utility in both the packing area and the finished product loading area. By carrying out a proposed simulation in the packing area in the form of eliminating additional waiting time, the company can increase its production output by around 13%. Then, by carrying out a simulation of the proposal in the loading queue in the form of reducing the number of loading doors from initially opening 7 loading doors to only 6, the utility of loading doors which was previously only 74-87% increased to 88-96%, while still paying attention to the tolerable truck queue.

Keywords: utility; operational efficiency; queuing; simulation

Pendahuluan

PT X adalah perusahaan yang bergerak dalam industri agrobisnis. Pabrik tempat dilaksanakannya penelitian yang berada di Krian menjalankan bisnis utamanya dengan memproduksi dan mengolah pakan ternak hingga unggas. PT X memproduksi pakan ternak dalam skala besar dan pada umumnya setiap pakan ternak dikemas dalam karung sak yang isinya memiliki massa 50 kg. Pakan ternak tersebut dikemas di area *packing* yang jumlahnya mencapai 10 *line packing*. Berdasarkan keterangan yang diberikan oleh divisi produksi, setiap *line packing* memiliki kapasitas produksi hingga 25 ton/jam atau 500 sak/jam. Namun, berdasarkan data hasil *packing* yang diperoleh selama satu bulan, diketahui bahwa rata-rata hasil produksi di setiap *line packing* hanya sebesar 370 sak/jam. Oleh karena itu dengan perbedaan hasil produksi yang cukup besar dengan kapasitas produksinya, PT X membutuhkan peningkatan utilitas pekerja di area packing sebagai kunci dalam memenuhi permintaan pasar, dengan tetap menjaga standar kualitas yang tinggi.

Selain itu, PT X juga menghadapi tantangan dalam pemanfaatan lokasi pada area muat barang jadi. Berdasarkan data pelacakan truk di area muat, rata-rata jumlah truk yang masuk ke dalam pabrik setiap harinya sekitar 150 truk dengan membuka 7 pintu muat. Namun, belum diketahui seberapa besar

persentase utilitas di area muat tersebut. Oleh karena itu, perusahaan perlu manajemen operasional dengan mengevaluasi pemanfaatan pintu muat yang terbuka di area muat, apakah jumlah pintu muat yang terbuka sudah optimal atau masih bisa dioptimalkan dengan membuka/menutup beberapa pintu muat.

Dalam sektor industri, simulasi berperan penting karena memungkinkan pengujian dan verifikasi produk, proses, dan desain sistem, yang mengarah pada peningkatan pengambilan keputusan dan peningkatan efisiensi (Polenghi *et al.* [1]). Selain itu, berkat teknologi yang semakin maju seperti komputerisasi dan pemodelan matematis, simulasi menjadi semakin berguna dan akurat dalam manajemen operasional sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja perusahaan secara keseluruhan. Dalam bidang studi manajemen operasional, simulasi menempati peringkat dua sebagai metodologi yang paling banyak digunakan setelah optimasi (Shafer & Smunt [2]). Oleh karena itu, pendekatan simulasi digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi utilitas pekerja di area *packing* dan utilitas pintu muat di area muat sehingga dapat diketahui strategi efisiensi apa yang dapat dilakukan.

Metode Penelitian

Sesuai dengan topik penelitian berupa usulan peningkatan utilitas di area *packing* dan area muat produk jadi, perlu diketahui tahap-tahap yang harus dilakukan sebagai panduan dalam menyelesaikan permasalahan tersebut menggunakan simulasi.

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: c13200029@john.petra.ac.id

Mempelajari dan Mendalami Tantangan Perusahaan

Langkah awal dalam penelitian merupakan identifikasi masalah. Dalam tahap ini, peneliti berusaha memahami tantangan yang sedang terjadi di perusahaan dengan melakukan wawancara secara langsung kepada pihak-pihak perusahaan seperti supervisor, operator, dan pekerja di area terkait. Peneliti juga melakukan observasi langsung untuk dapat mengidentifikasi kejadian yang dapat mengindikasikan adanya permasalahan maupun potensi peningkatan.

Melakukan Pendekatan Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah awal dan fondasi penelitian supaya didapatkan pemahaman konsep dan teori dari efisiensi operasional, dalam hal ini pekerja di area *packing*, serta teori antrean yang digunakan untuk memahami masalah di area muat. Tahap ini dapat membantu mengidentifikasi pemilihan metodologi yang relevan sehingga dapat mencapai tujuan penelitian.

Mengumpulkan dan Mencatat Data Setiap Proses

Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap langkah dalam proses *packing*, seperti pemasangan sak, pengisian sak, dan pelabelan sak, serta penyusunan sak pada palet. Selain itu, data waktu yang belum tercatat di area muat juga diambil untuk merepresentasikan kondisi sesungguhnya. *Stopwatch* digunakan untuk merekam waktu mulai dan selesai setiap proses dengan tingkat akurasi yang baik untuk mencegah pengukuran yang tidak akurat. Variabel lain seperti jumlah pekerja yang terlibat, jumlah barang yang diproses, dan keadaan lingkungan kerja juga dicatat selama proses pengumpulan data.

Mengolah dan Menganalisis Data untuk Input Simulasi

Proses pengolahan data merupakan kunci kesuksesan dalam penelitian untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang dapat digunakan secara efektif dalam pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data akan dibersihkan untuk menghilangkan kesalahan pengukuran, lalu diubah menjadi sebuah kode untuk dapat dimasukkan ke dalam tools simulasi yang sesuai.

Membuat Model Simulasi Area Packing dan Area Muat

Pembuatan dan pemodelan simulasi merupakan langkah penting dalam penelitian ini karena memungkinkan analisis menyeluruh tentang kemungkinan perbaikan dan peningkatan di area packing dan di area muat. Pada langkah ini, model simulasi dibangun dengan menggunakan perangkat lunak atau bahasa pemrograman tertentu. Proses ini mencakup pengkodean logika sistem operasional ke dalam model simulasi, yang dapat menunjukkan proses yang sedang dipelajari secara akurat.

Melakukan Verifikasi dan Validasi Model Simulasi

Verifikasi adalah proses pemeriksaan model simulasi yang telah dibuat, dengan memastikan apakah sesuai dengan spesifikasi, logika, dan aliran prosesnya. Sedangkan validasi adalah proses perbandingan antara hasil simulasi dengan kondisi nyata yang ada di lapangan, sehingga dapat diketahui seberapa akurat model simulasi jika dibandingkan dengan perilaku sistem sesungguhnya. Analisis lebih lanjut dan pengambilan keputusan dapat dilakukan setelah melewati proses verifikasi dan validasi.

Mengevaluasi Sistem dari Hasil Simulasi

Setelah proses simulasi selesai, dilakukan evaluasi kinerja sistem operasional yang sudah dimodelkan dengan melakukan analisis mendalam mengenai hasil simulasi yang dibandingkan dengan tujuan dan standar yang telah ditetapkan. Data-data yang muncul dari hasil simulasi dapat membantu proses pengidentifikasian area-area tertentu yang mungkin berpotensi dilakukan peningkatan atau pengoptimalan.

Merancang Usulan Peningkatan pada Area Packing dan Area Muat

Setelah melakukan evaluasi kinerja sistem, peneliti akan merumuskan beberapa solusi yang mungkin dapat diimplementasikan pada area-area yang telah terindikasi dapat dilakukan peningkatan. Dengan demikian, dapat diketahui strategi apa yang selanjutnya dapat diambil oleh perusahaan.

Menarik Kesimpulan dari Hasil Penelitian

Tahap terakhir dari penelitian adalah memberikan kesimpulan berupa informasi ringkas dan lugas, apakah telah menjawab tujuan penelitian dan menyelesaikan masalah. Lalu, peneliti juga akan memberikan masukan berupa hal-hal apa saja yang perlu diperhatikan untuk penelitian lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini, disajikan hasil penelitian yang telah dilakukan yang di dalamnya juga mencakup analisis temuan-temuan dari hasil simulasi yang dilakukan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi potensi peningkatan utilitas pekerja di area *packing* dan utilitas lokasi di area muat produk jadi.

Proses Area Packing

Pakan ternak akan masuk ke *hopper* untuk menampung sejumlah pakan yang siap dikemas. Selanjutnya, pakan ternak akan turun dan ditimbang oleh mesin *chronos* seberat 50 kg untuk siap dikemas menjadi satu sak. Setelah itu, pakan ternak melewati proses *bagging* yang terdiri dari pemasangan sak pada mesin *chronos* dan pengisian sak tersebut. Selanjutnya, sak yang sudah terisi akan diberi label produksi dan dijahit bersama dengan ujung sak pada proses penjahitan. Lalu, sak yang sudah jadi akan disusun pada palet untuk siap dipindahkan ke gudang produk jadi.

Data Area Packing untuk Simulasi

Pada Tabel 1, disajikan tabel rangkuman data waktu yang akan dipakai dalam membangun model simulasi.

Tabel 1. Rangkuman data waktu proses area packing

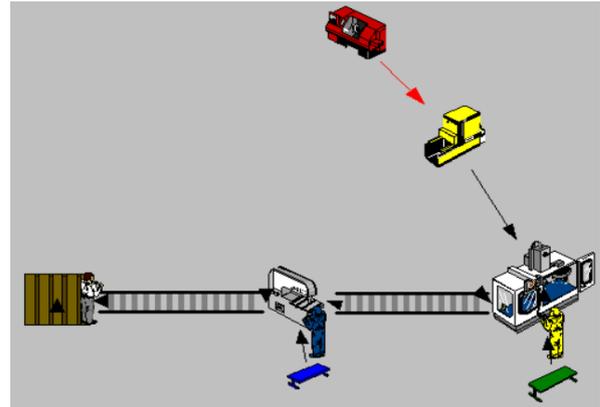
Waktu (detik)	Proses bagging (1 operator)		Penjahitan sak dan label (1 operator)	Penyusunan sak ke palet (1 operator)
	Pemesanan Sak	Pengisian Sak		
Rata-rata	3,63	3,6	7,0	7,43
Sd	1,412	0,3811	0,233	0,987
Distribusi	Normal	Lognormal	Normal	Lognormal

Simulasi Area Packing

Model simulasi dibangun dan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak ProModel pada versi pelajar, sesuai dengan data-data yang telah diperoleh dan dimodelkan sesuai dengan kondisi nyata yang ada di lapangan dengan *layout* seperti pada Gambar 1. Simulasi dijalankan selama 7 jam untuk melihat hasil sak yang didapatkan ketika 1 *line packing* berjalan 1 *shift*.

Hasil Simulasi Area Packing

Sesuai dengan informasi yang muncul di papan skor pada Gambar 2, simulasi tersebut menghasilkan 2.534 simulasi tersebut menghasilkan 2.534 karung sak (dilihat dari jumlah label yang keluar)



Gambar 1. Layout simulasi area packing



Gambar 2. Hasil simulasi area packing

Resource Summary						
Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	Number Times Used	Average Time Per Usage (Min)	% Utilization
Operator1	1,00	7,00	342,26	2,537,00	0,13	81,49
Operator2	1,00	7,00	360,48	2,534,00	0,14	85,83
Operator3	1,00	7,00	313,65	2,530,00	0,12	74,68

Gambar 3. Rangkuman sumber daya

Berdasarkan rangkuman sumber daya pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa persentase utilitas Operator 1 (proses *bagging*) dan Operator 2 (proses penjahitan) tinggi, yaitu sebesar 81,49% dan 85,83%, sehingga menandakan bahwa mereka digunakan hampir sepanjang waktu yang dijadwalkan. Sementara itu, Operator 3 (proses penyusunan sak ke palet) memiliki persentase utilitas yang sedikit lebih rendah, sebesar 74,68%.

Verifikasi Model Simulasi Area Packing

Sesuai dengan Tabel 2 dengan penambahan dan pengurangan waktu pada proses tertentu untuk memverifikasi simulasi, hasil tersebut menandakan bahwa model simulasi area *packing* yang dibangun telah terverifikasi.

Tabel 2. Verifikasi model simulasi area packing

Verifikasi	Waktu kerja (menit)			Rata-rata waktu dalam sistem (menit)	Label Output
	Oprt 1	Oprt 2	Oprt 3		
Waktu proses normal	342,26	360,48	313,65	74,85	2.534
Waktu proses 1, 2 dan 3 (+)	358,22	367,64	325,91	75,9	2.499
Waktu roses 1 dan 2 (-), 3 tetap	321,53	348,77	317,24	73,85	2.573

Validasi Model Simulasi Area Packing

Dengan melakukan validasi, dapat diketahui seberapa akurat model simulasi jika dibandingkan dengan perilaku sistem sesungguhnya, sehingga simulasi dapat merepresentasikan kondisi nyata. Hasil simulasi akan diuji terhadap hasil sesungguhnya yang ada di lapangan, menggunakan *two sample t-test*.

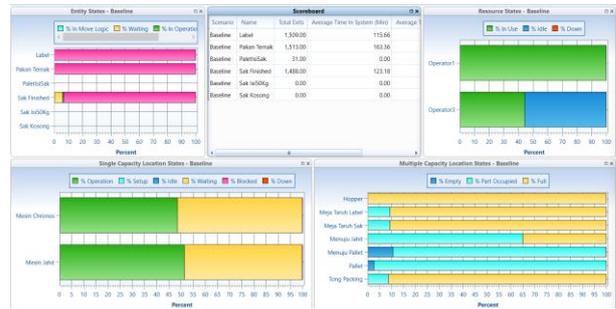
Descriptive Statistics					Test				
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean	Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	Alternative hypothesis $H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	T-Value	DF	P-Value
Hasil Simulasi	20	2610,8	64,3	14			-0,25	98	0,799
Hasil Packing Actual/Shift	81	2620	297	33					

Gambar 4. Hasil pengujian dua sampel t

Sesuai dengan hasil pada Gambar 4, didapatkan nilai *p value* sebesar 0,799 yang berarti lebih besar dari *alpha* 0,05. Sehingga dari pengujian tersebut hasilnya adalah gagal tolak hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata hasil simulasi 20 kali replikasi dengan hasil *packing actual/shift*. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model simulasi yang dibangun telah tervalidasi.

Usulan Pengurangan Jumlah Operator pada Area Packing

Berdasarkan permintaan pegawai produksi untuk melakukan simulasi dengan mengurangi jumlah operator pada *line packing* menjadi hanya 2 operator di setiap *line*-nya, peneliti mencoba menganalisis apakah hal tersebut dapat dilakukan. Sesuai kondisi nyata di lapangan, peneliti mendapati hanya pada proses *bagging* dan proses penjahitan yang prosesnya bisa dilakukan oleh 1 operator. Oleh karena itu, model simulasi yang baru dibuat dengan menggabungkan pekerjaan operator 1 dari proses *bagging* hingga penjahitan, sehingga dalam 1 *line packing* hanya 2 operator yang bertugas.



Gambar 5. Hasil simulasi usulan 1

Sesuai dengan informasi yang muncul di papan skor pada Gambar 5, simulasi tersebut menghasilkan 1.509 karung sak (dilihat dari jumlah label yang keluar) selama 7 jam produksi di 1 *line packing*. Hal tersebut menandakan bahwa terjadi penurunan hasil produksi hampir sebesar 2 kali lipat dari yang sebelumnya sekitar 2.600 sak/*shift/line*.

Resource Summary						
Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	Number Times Used	Average Time Per Usage (Min)	% Utilization
Operator1	1,00	7,00	419,60	3,022,00	0,14	99,91
Operator3	1,00	7,00	186,09	1,507,00	0,12	44,31

Gambar 6. Rangkuman sumber daya usulan 1

Berdasarkan tabel rangkuman sumber daya pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa persentase utilitas Operator 1 (proses *bagging* dan proses jahit) sangat besar yaitu hampir 100%, sehingga terpaut sangat jauh dengan Operator 3 (proses penyusunan sak ke palet) yang hanya 44,31%. Dapat dinyatakan bahwa dengan mengubah model simulasi menjadi hanya 2 pekerja di 1 *line packing*, menimbulkan ketidakseimbangan pekerjaan yang sangat signifikan, membuat operator 1 kelelahan, dan menurunkan hasil *packing* sekitar 40%.

Tabel 3. Perbandingan persentase utilitas 3 operator dengan 2 operator

Keterangan	Persentase utilitas operator (%)	
	3 Operator	2 Operator
Operator 1	81,49	99,91
Operator 2	85,83	-
Operator 3	74,68	44,31

Berdasarkan Tabel 3, Utilitas Operator 1 tidak sampai melebihi 100% karena 1 sak pada proses pemasangan dan pengisian sak harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum dapat dilanjutkan ke proses penjahitan sak dan label. Lalu, utilitas Operator 3 turun karena proses penyusunan sak ke palet pun menunggu 1 sak selesai melewati proses pemasangan dan pengisian sak, serta penjahitan sak dan label, sehingga Operator 3 menjadi memiliki waktu *idle* yang besar.

Berdasarkan Tabel 3, Utilitas Operator 1 tidak sampai melebihi 100% karena 1 sak pada proses pemasangan dan pengisian sak harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum dapat dilanjutkan ke proses penjahitan sak dan label. Lalu, utilitas Operator 3 turun karena proses penyusunan sak ke palet pun menunggu 1 sak selesai melewati proses pemasangan dan pengisian sak, serta penjahitan sak dan label, sehingga Operator 3 menjadi memiliki waktu *idle* yang besar.

Tabel 4. Perbandingan hasil packing 3 operator dengan 2 operator

Keterangan Proses	Hasil Simulasi Packing Selama 7 Jam		
	3 Operator	2 Operator	Penurunan Persentase
Pemasangan dan Pengisian Sak	2.537	1.513	40,36%
Penjahitan Sak dan Label	2.534	1.509	40,45%
Penyusunan Sak ke Palet	2.496	1.488	40,38%
		Rata-rata	40,40%

Berdasarkan Tabel 4, dapat dinyatakan bahwa pengurangan jumlah operator menjadi 2 berpengaruh pada *output* yang dihasilkan dari setiap proses dengan penurunan rata-rata sebesar 40,4%. Penurunan hasil di area *packing* dengan hanya menugaskan 2 operator terjadi karena setiap proses yang ada berurutan dan harus diselesaikan, sehingga *output*-nya saling dipengaruhi oleh masing-masing proses. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa usulan pengurangan jumlah operator menjadi 2 pada 1 *line packing* tidak dapat diterima karena justru memberikan dampak negatif bagi perusahaan baik secara hasil produksi maupun utilitas pekerjanya.

Usulan Pengurangan Waktu Proses pada Area Packing

Oleh karena usulan pengurangan jumlah operator tidak dapat diterima dan justru memberikan dampak negatif bagi perusahaan, maka perlu dibuat usulan lain yang lebih relevan dengan kondisi nyata. Peneliti mendapati bahwa terdapat *gap* yang cukup memengaruhi hasil *packing/shift*, yaitu adanya waktu tunggu tambahan pada proses penjahitan dan penyusunan sak ke palet. Waktu tunggu tambahan tersebut terjadi karena beberapa hal kecil yang menghambat proses seperti penjahitan yang gagal ataupun menunggu karena belum ada palet baru. Sehingga, dalam memodelkan simulasi yang baru, peneliti memberikan usulan untuk menarik waktu tersebut keluar dari proses, sehingga semua proses

yang ada di dalam area *packing* berjalan normal tanpa ada hambatan yang berarti.



Gambar 7. Hasil Simulasi Usulan 2

Sesuai dengan informasi yang muncul di papan skor pada Gambar 7, simulasi tersebut menghasilkan 2.971 karung sak (dilihat dari jumlah label yang keluar) selama 7 jam produksi di 1 *line packing*. Hal tersebut menandakan bahwa terjadi peningkatan hasil produksi sekitar 300 sak/*shift/line*.

Resource Summary						
Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	Number Times Used	Average Time Per Usage (Min)	% Utilization
Operator1	1,00	7,00	402,87	2,975,00	0,14	95,92
Operator2	1,00	7,00	346,75	2,971,00	0,12	82,56
Operator3	1,00	7,00	367,24	2,967,00	0,12	87,44

Gambar 8. Rangkuman sumber daya usulan 2

Berdasarkan tabel rangkuman sumber daya pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa persentase utilitas Operator 1 (proses *bagging*) tinggi dan mengalami peningkatan, hampir tidak ada waktu untuk beristirahat karena bekerja terus menerus sepanjang waktu yang dijadwalkan. Sementara itu, Operator 2 (proses penjahitan) dan Operator 3 (proses penyusunan sak ke palet) memiliki persentase utilitas yang sedikit lebih rendah, namun cukup menyerupai dan mengalami peningkatan pada operator 3 yaitu sebesar 82,6 dan 87,44% sehingga menunjukkan bahwa Operator 2 dan Operator 3 bekerja dengan optimal. Dapat dinyatakan bahwa dengan mengubah model simulasi pada pengurangan waktu tunggu proses, menimbulkan keseimbangan pekerjaan yang cukup signifikan, meningkatkan utilitas operator, dan meningkatkan hasil packing sekitar 13%.

Proses Area Muat

Proses ini diawali dengan datangnya truk ke dalam sistem untuk melakukan muat sak *finished*. Pada area muat, terdapat 5 jenis truk yang masuk ke pabrik, dengan karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan bentuk dan kapasitas untuk muatnya, mulai dari *colt diesel*, engkel, tronton, kontainer, dan gandengan, sehingga berkemungkinan memengaruhi durasi muatnya.

Data Area Muat untuk Simulasi

Pada Tabel 5, disajikan tabel rangkuman data waktu yang akan dipakai dalam membangun model simulasi area muat.

Tabel 5. Rangkuman data waktu proses area muat

Keterangan Waktu	Distribusi	Parameter (detik)
Durasi Pelayanan		Mean = 73,729
Pos Masuk	Lognormal	StDev. = 25.81
Pelayanan DO dan Panggilan Timbang Masuk		Mean = 7.164,925
	Lognormal	StDev. = 6.764,987
Timbang		Mean = 94,14
Masuk/Keluar	Lognormal	StDev.= 18,37

Selain itu, karakteristik truk dipertimbangkan berdasarkan durasi muatnya untuk model simulasi dan ditemukan bahwa hanya truk engkel dengan kontainer saja yang tidak memiliki perbedaan waktu muat secara signifikan karena nilai *p value* (0,053) > *alpha* (0,05).

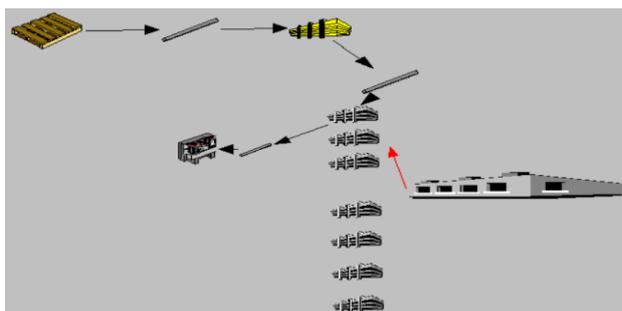
Tabel 6. Rangkuman data waktu proses area muat

Keterangan Durasi Muat Berdasarkan Jenis Truk	Distribusi	Parameter (detik)
Colt Diesel	Lognormal	Mean = 3.838,68 StDev. = 3.040,76
Container dan Engkel	Lognormal	Mean = 8.087,31 StDev. = 3.338,06
Tronton	Lognormal	Mean = 10.118,95 StDev. = 4.516,21
Gandengan	Lognormal	Mean = 11.299,91 StDev. = 9.366

Pada Tabel 6, ditampilkan rangkuman durasi muat berdasarkan jenis truk yang juga akan dipakai dalam membangun model simulasi di area muat dengan durasi muat jenis truk kontainer dan engkel dianggap sama.

Simulasi Area Muat

Model simulasi dibangun sesuai dengan kondisi nyata yang ada di lapangan dengan *layout* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Layout simulasi area muat

Hasil Simulasi Area Muat

Location Summary								
Name	Scheduled Time (H)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Antrean Muat	240,00	30,00	1.541,00	67,91	7,27	30,00	0,00	24,22
Antrean Timbang Keluar	240,00	4,00	1.555,00	0,17	0,02	3,00	0,00	0,45
Antrean Timbang Masuk	240,00	200,00	1.535,00	119,62	12,75	39,00	0,00	6,38
Area Parkir Utama	240,00	200,00	1.515,00	1,22	0,13	5,00	0,00	0,06
Gudang	240,00	280.000,00	588.200,00	6.652,78	271.747,44	280.000,00	280.000,00	97,05
Muat	1.680,00	14,00	1.555,00	105,33	1,62	14,00	0,00	81,24
Muat.1	240,00	2,00	219,00	114,24	1,74	2,00	0,00	86,87
Muat.2	240,00	2,00	230,00	105,01	1,69	2,00	0,00	94,66
Muat.3	240,00	2,00	219,00	109,36	1,66	2,00	0,00	83,16
Muat.4	240,00	2,00	228,00	104,91	1,66	2,00	0,00	83,05
Muat.5	240,00	2,00	222,00	101,13	1,56	2,00	0,00	77,95
Muat.6	240,00	2,00	224,00	100,97	1,57	2,00	0,00	78,54
Muat.7	240,00	2,00	213,00	100,69	1,49	2,00	0,00	74,47
Timbang Keluar	240,00	1,00	1.555,00	1,58	0,17	1,00	0,00	17,03
Timbang Masuk	240,00	1,00	1.535,00	1,80	0,19	1,00	0,00	19,22

Gambar 10. Rangkuman lokasi area muat

Berdasarkan rangkuman lokasi pada Gambar 10, dapat diketahui bahwa sebenarnya tidak terjadi penumpukan antrean muat yang berarti ketika simulasi dijalankan selama 10 hari. Hal itu dapat dilihat dari nilai utilitas setiap lokasi yang ada di area muat, bahwa *range* utilitas pintu muat berada pada 74-87%.

Verifikasi Model Simulasi Area Muat

Tabel 7. Verifikasi model simulasi area muat

Verifikasi	Waktu Antrean (menit)		
	Timbang masuk	Muat	Timbang keluar
Waktu proses normal	114,6	6,73	0,25
Waktu proses (+)	117,32	57,87	0,22
Waktu proses (-)	76,81	1,46	0,13

Sesuai dengan Tabel 7 dengan penambahan dan pengurangan waktu pada proses tertentu untuk memverifikasi simulasi, hasil tersebut menandakan bahwa model simulasi area muat yang dibangun telah terverifikasi.

Validasi Model Simulasi Area Muat

Dengan melakukan validasi, dapat diketahui seberapa akurat model simulasi jika dibandingkan dengan perilaku sistem sesungguhnya, sehingga simulasi dapat merepresentasikan kondisi nyata. Hasil simulasi akan diuji terhadap hasil sesungguhnya yang ada di lapangan, menggunakan *two sample t-test*.

Descriptive Statistics				Test	
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean	
Antrean Muat Simulasi	20	5013	2034	455	
Antrean Muat Actual	7149	5786	3907	46	
					Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
					Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
					T-Value DF P-Value
					-1.69 19 0.107

Gambar 11. Hasil pengujian dua sampel t antrean muat

Sesuai dengan hasil pada Gambar 11, didapatkan nilai *p value* sebesar 0,107 yang berarti lebih besar dari *alpha* 0,05. Sehingga dari pengujian tersebut hasilnya adalah gagal tolak hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata hasil simulasi antrean muat 20 kali replikasi dengan data antrean muat aktual.

Descriptive Statistics				Test			
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean	Null hypothesis	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Truk Masuk Simulasi 20	1474	103	23		Alternative hypothesis H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
Truk Masuk Actual	9	1440	134	45	T-Value	DF	P-Value
					0.68	12	0.507

Gambar 12. Hasil pengujian dua sampel t jumlah truk masuk

Sesuai dengan hasil pada Gambar 12 didapatkan nilai *p value* sebesar 0,507 yang berarti lebih besar dari *alpha* 0,05. Sehingga dari pengujian tersebut hasilnya adalah gagal tolak hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata hasil simulasi jumlah truk masuk simulasi 20 kali replikasi dengan data jumlah truk masuk ke pabrik. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model simulasi area muat yang dibangun telah tervalidasi.

Usulan Peningkatan Utilitas Area Muat

Pada perubahan model simulasi ini, dilakukan pengurangan jumlah pintu area muat yang dibuka. Pengurangan pintu muat yang dibuka didasarkan pada analisis awal yang menunjukkan bahwa dalam kondisi nyata, membuka 7 pintu muat secara bersamaan tidak selalu memberikan kontribusi yang optimal terhadap efisiensi operasional karena utilitas di setiap lokasi area muat masih cukup rendah. Oleh karena itu, dalam percobaan model simulasi baru ini dibuat hanya menjadi 4 hingga 6 pintu muat yang terbuka. Dengan melakukan percobaan model simulasi yang baru tersebut, diharapkan hasil simulasi dapat menunjukkan strategi mana yang paling optimal dalam peningkatan utilitas di area muat, dengan tetap memperhatikan antrean yang dapat ditoleransi.

Berdasarkan hasil simulasi, usulan untuk membuka 4 pintu muat tidak dapat diterima, sehingga perbandingan usulan hanya dicantumkan dengan usulan membuka 5 dan 6 pintu muat.

Location Summary									
Name	Scheduled Time (Hr)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Antrean Muat	240.00	30.00	1,364.00	286.37	27.13	30.00	30.00	90.42	
Antrean Timbang Keluar	240.00	4.00	1,334.00	0.12	0.01	2.00	0.00	0.28	
Antrean Timbang Masuk	240.00	200.00	1,536.00	945.17	100.82	200.00	180.00	50.41	
Area Parkir Utama	240.00	200.00	1,511.00	21.95	2.29	41.00	0.00	1.14	
Gudang	240.00	280,000.00	346,000.00	7,163.94	272,106.77	280,000.00	280,000.00	81.28	
Muat	240.00	2.00	387.00	99.50	1.90	2.00	2.00	99.16	
Muat.1	240.00	2.00	257.00	113.22	1.90	2.00	2.00	99.25	
Muat.2	240.00	2.00	281.00	101.67	1.90	2.00	2.00	99.20	
Muat.3	240.00	2.00	252.00	113.22	1.90	2.00	2.00	99.07	
Muat.4	240.00	2.00	267.00	106.86	1.90	2.00	2.00	99.07	
Muat.5	240.00	1.00	1,334.00	1.57	0.15	1.00	0.00	14.54	
Timbang Keluar	240.00	1.00	1,336.00	8.94	0.84	1.00	1.00	84.22	
Timbang Masuk	240.00	1.00	1,336.00	8.94	0.84	1.00	1.00	84.22	

Gambar 13. Rangkuman lokasi 5 pintu muat

Berdasarkan Gambar 13 yang menunjukkan hasil simulasi dengan membuka hanya 5 pintu muat, diketahui bahwa utilitas lokasi di area muat menjadi sangat tinggi, berada di angka 99%. Hal tersebut sekilas terlihat sangat baik, namun perlu diketahui juga antrean yang ada di lokasi-lokasi sebelumnya.

Oleh karena itu, usulan dengan hanya membuka 5 pintu muat ini belum dapat diterima karena terdapat antrean yang lama dan padat pada area timbang masuk dan parkir utama karena berada pada area yang sama (dapat dilihat *average time per entry* dan *average contents* pada Gambar 14). Pertimbangan ini muncul karena perlu adanya toleransi ruang/*space* pada area parkir maupun timbang masuk yang menampung truk.

Location Summary									
Name	Scheduled Time (Hr)	Capacity	Total Entries	Average Time Per Entry (Min)	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Antrean Muat	240.00	30.00	1,594.00	159.31	16.64	30.00	30.00	55.46	
Antrean Timbang Keluar	240.00	4.00	1,474.00	0.15	0.02	3.00	0.00	0.39	
Antrean Timbang Masuk	240.00	200.00	1,535.00	178.21	19.00	76.00	38.00	9.50	
Area Parkir Utama	240.00	200.00	1,515.00	1.22	0.13	5.00	0.00	0.06	
Gudang	240.00	280,000.00	574,800.00	6,813.67	271,978.95	280,000.00	280,000.00	87.14	
Muat	1,440.00	12.00	1,486.00	107.84	1.85	12.00	12.00	92.74	
Muat.1	240.00	2.00	262.00	105.88	1.93	2.00	2.00	96.32	
Muat.2	240.00	2.00	240.00	113.83	1.90	2.00	2.00	94.86	
Muat.3	240.00	2.00	242.00	111.61	1.88	2.00	2.00	93.70	
Muat.4	240.00	2.00	248.00	107.00	1.94	2.00	2.00	92.14	
Muat.5	240.00	2.00	251.00	104.94	1.83	2.00	2.00	91.46	
Muat.6	240.00	2.00	243.00	104.13	1.76	2.00	2.00	87.86	
Timbang Keluar	240.00	1.00	1,474.00	1.58	0.16	1.00	0.00	16.14	
Timbang Masuk	240.00	1.00	1,487.00	3.83	0.40	1.00	1.00	39.82	

Gambar 14. Rangkuman lokasi 6 pintu muat

Berdasarkan Gambar 14 yang menunjukkan hasil simulasi dengan membuka 6 pintu muat, diketahui bahwa utilitas lokasi di area muat menjadi tinggi, berada di angka 88-96%. Hal tersebut sekilas terlihat sangat baik, namun perlu diketahui juga antrean yang ada di lokasi-lokasi sebelumnya. Selain itu, tidak terdapat perbedaan antara 7 pintu muat dengan 6 pintu muat terbuka dari jumlah truk yang masuk. Namun, usulan dengan membuka 6 pintu muat ini masih dapat diterima karena tidak terdapat antrean yang sangat padat pada area timbang masuk dan parkir utama karena berada pada area yang sama (dapat dilihat *average time per entry* dan *average contents* pada Gambar 15). Pertimbangan ini muncul karena perlu adanya toleransi ruang/*space* pada area parkir maupun timbang masuk yang menampung truk.

Sesuai dengan Tabel 8, diambil keputusan bahwa dengan mengurangi 1 pintu muat yang terbuka menjadi 6 pintu muat, dapat meningkatkan utilitas pintu muat menjadi 88-97%, yang sebelumnya dengan membuka 7 pintu muat utilitasnya hanya 74-87%. Selain itu, usulan dengan membuka 6 pintu muat juga dipilih karena jumlah truk yang masuk ke sistem tidak jauh berbeda dengan membuka 7 pintu muat, dengan tetap memperhatikan antrean truk yang masih dapat ditoleransi.

Bahkan, 1 pintu muat yang tidak dipakai bisa dialihfungsikan menjadi tempat untuk aliran distribusi palet.

Tabel 8. Rangkuman hasil berdasarkan jumlah pintu muat terbuka

Jumlah Pintu Muat Terbuka	Jumlah Truk Masuk	Persentase Utilitas Pintu Muat		
		Rata-rata	Minimal	Maksimal
7 Pintu (Aktual)	1.474 (rata-rata)	81,24%	74,47%	86,87%
6 Pintu (Usulan)	1.474	92,74%	87,86%	96,32%
5 Pintu	1.334	99,15%	99,07%	99,16%
4 Pintu	1059	99,31%	99,27%	99,34%

Simpulan

Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan dengan pendekatan simulasi, dapat disimpulkan bahwa utilitas pekerja di area *packing* sebenarnya sudah cukup baik yaitu dengan menugaskan 3 operator pada setiap *line packing*, menghasilkan utilitas operator 1 sebesar 81%, operator 2 sebesar 86%, dan operator 3 sebesar 75%. Jika jumlah operator diubah menjadi hanya 2 pada setiap *line packing* dengan tidak mengubah fasilitasnya, maka perusahaan akan mengalami penurunan hasil produksi sekitar 40% dari yang sebelumnya sekitar 2,500 sak/*shift/line*. Oleh karena itu, sesuai kondisi yang ada, diberikan usulan untuk menghilangkan waktu tunggu tambahan pada proses penjahitan dan penyusunan sak ke palet dengan membuat setiap proses berjalan dengan normal dan standar. Dengan menjalankan simulasi pada kondisi normal tersebut, hasil produksi di area packing dapat mengalami peningkatan sekitar 13%. Selain itu, berdasarkan simulasi yang dijalankan pada area muat produk jadi, dapat disimpulkan bahwa sebenarnya tidak terjadi penumpukan antrean muat yang berarti karena utilitas di setiap lokasi cukup baik dan tidak terlalu besar, sehingga utilitas tersebut justru dapat ditingkatkan. Dengan melakukan beberapa percobaan simulasi untuk mengurangi jumlah pintu muat yang dibuka, dapat dinyatakan bahwa mengurangi 1 pintu muat menjadi 6 pintu muat yang terbuka dapat meningkatkan utilitas area muat menjadi sebesar 88-96%, dari yang sebelumnya membuka 7 pintu muat utilitasnya hanya 74-87%, dengan tetap memperhatikan antrean truk yang masih dapat ditoleransi.

Daftar Pustaka

1. Polenghi, A., Fumagalli, L., & Roda, I. (2018). Role of simulation in industrial engineering: Focus on manufacturing systems. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 496–501. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.367>
2. Shafer, S. M., & Smunt, T. L. (2004). Empirical simulation studies in operations management: Context, trends, and research opportunities. *Journal of Operations Management*, 22(4), 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.05.002>
3. Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.