



OPTIMALISASI KINERJA PRODUKSI DENGAN ANALISA SISTEM ANTRIAN

Karyadi¹, Probokusumo², Alfiya Rokhmah³

^{1,2,3}Prodi Teknik Industri, Universitas Sains Indonesia, Bekasi

Email : karyadi.k@lecturer.sains.ac.id, probokusumo.p@lecturer.sains.ac.id,
alfiya.rokhmah@lecturer.sains.ac.id

Perkembangan teknologi memicu perusahaan untuk mengoptimalkan dengan meningkatkan efektifitas sistem produksinya agar dapat bertahan dalam kompetisi. Studi kasus di PT. XXX, upaya untuk meningkatkan efektifitas dilakukan dengan melakukan efisiensi dalam proses lini produksinya yang kurang mendapatkan perhatian. Dalam melakukan perbaikan diperlukan studi untuk menilai efektifitas kinerja sistem yang ada, kemudian membuat simulasi atau pemodelan sehingga diperoleh gambaran kinerja sistem produksi. Teori antrian digunakan untuk memetakan kinerja sistem, *utilisasi*, *idle*, *traffic*, layanan komponen dalam proses. Tujuan penelitian ini adalah mengukur dan melihat efektifitas proses dalam lini produksi dan membantu agar pengambil kebijakan khususnya dalam proses produksi dapat menentukan target perbaikan untuk meningkatkan kinerja proses, sesuai dengan target standar kinerja proses yang ditetapkan perusahaan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Mempercepat waktu layanan tidak serta merta membuat efisiensi dan optimalisasi dalam system produksi meningkat, namun harus dibarengi dengan mempercepat waktu kedatangan material kedalam proses, dan keduanya dapat dicapai dengan melakukan perbaikan dalam proses, sehingga didapat waktu antar kedatangan material dalam proses dan waktu pelayanan yang optimal. Hasil simulasi pengukuran bisa didapatkan utilitas server atau efisiensi naik menjadi 85,17%, waktu idle 0,07%, dan intensitas trafik. 6,814.

Kata Kunci: analisa, efektifitas, kinerja, proses, sistem antrian

Abstract

Technological developments trigger companies to optimize by increasing the effectiveness of their production systems in order to survive the competition. Case study at PT. XXX, efforts to increase effectiveness are carried out by making efficiency in the process of the production line that receives less attention. In making improvements, studies are needed to assess the effectiveness of the performance of the existing system, then make simulations or modeling so that an overview of the performance of the production system is obtained. Queue theory is used to map system performance, utilization, idle, traffic, component services in process. The purpose of this research is to measure and see the effectiveness of processes in the production line and help policy makers, especially in the production process, to determine improvement targets to improve process performance, in accordance with the process performance standard targets set by the company. The results of this study show that accelerating service time does not necessarily increase efficiency and optimization in the production system, but must be accompanied by accelerating the time of arrival of materials into the process, and both can be achieved by making improvements in the process, so that the time between the arrival of materials in the process and the optimal service time is obtained. The results of the measurement simulation can be obtained by server utility or efficiency increased to 85.17%, idle time of 0.07%, and traffic intensity. 6,814.

Keywords: analysis, effectiveness, performance, process, queue system

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi yang semakin tinggi, memacu pergerakan manusia dari satu tempat ke tempat lain (*movement*), untuk memenuhi kebutuhannya. Kebutuhan tersebut terpenuhi baik dari olah kerja dibidang manufacture, mau pun bidang jasa pelayanan lain. Ditengah kondisi persaingan usaha yang semakin ketat, setiap perusahaan pasti akan berupaya untuk meningkatkan profit / keuntungannya, yang mana itu akan kembali ke pemilik modal *return of investment (ROI)*, pengembangan usaha, dan karyawan. Langkah tersebut umumnya akan dilakukan dengan cara mengurangi biaya atau belanja dalam organisasi. Tiga struktur yang umumnya ada dalam organisasi yaitu, *finance*, operasional & marketing, ketiga struktur tersebut tentu akan ditekan untuk melakukan penghematan dalam aktifitasnya, namun jika pelaku usaha fokus dengan:

Finance, pengeluaran belanja atau *expend* dari *finance* adalah sesuatu yang bersifat tetap, terencana dan terstruktur. Sebagai contoh, pembayaran gaji Level managerial, supervisi, dan karyawan tetap (*permanent employee*) adalah sesuatu yang mutlak, mau tidak mau harus dibayarkan, regulasi tidak mengizinkan untuk mengurangi gaji karyawan dengan alasan untuk efisiensi dan menambah profit perusahaan. Demikian juga halnya jika fokus di bidang marketing, produsen atau penyedia jasa tidak bisa serta merta menaikkan harga jual produknya untuk alasan meningkatkan *profit* perusahaan, banyak aspek aspek yang mesti diperhatikan :

1. Perbandingan harga jual dengan *competitor*.
2. Apakah ada value lebih yang didapatkan konsumen dengan naiknya harga jual.
3. Apakah konsumen akan menerima kenaikan harga produk/jasa.

Alih alih ingin meningkatkan efisiensi di area marketing, justru yang terjadi adalah penambahan biaya untuk promosi, pemasaran,

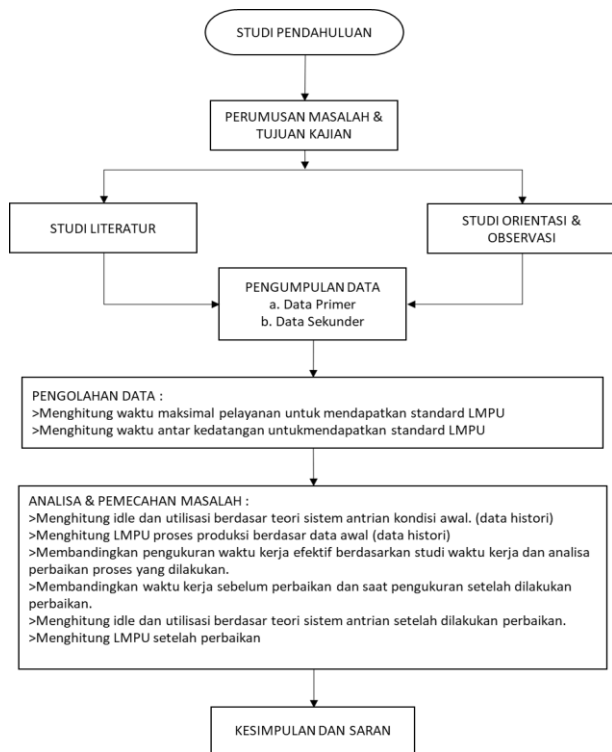
iklan bahkan diskon, dengan tujuan menambah atau memperlebar market share.

Dengan kondisi tersebut langkah logis yang dilakukan dunia usaha dimanapun adalah melakukan efisiensi dan meningkatkan produktivitas dalam area operasional. Produktivitas adalah rasio antara output dibagi input (Kanawaty, G. 1992). Operasional adalah obyek logis yang paling bisa di kontrol untuk meningkatkan profit perusahaan. Setiap langkah aktifitas dalam operasional (produksi) perusahaan haruslah aktifitas yang berkualitas. (*Value added*). Pengusaha harus memfilter dan menghilangkan aktifitas yang tidak bernilai tambah, (*eliminate non-value-added activities*). Dengan focus pada *Work study, layout, handling dan proses planning*, perbaikan metode kerja dilakukan melalui, modifikasi layout, memangkas jarak pergerakan material dan operator, fasilitas proses handling dan transportasi antar operasi di stasiun kerja, sehingga diperoleh optimalisasi setiap prosesnya (Kanawaty, G. 1992). Kajian ini bertujuan untuk melakukan analisis dan observasi dari kegiatan perbaikan yang dilakukan di PT. XXX dalam rangka meningkatkan produktivitas dan efisiensi perusahaan dalam process produksinya melalui analisa kembali langkah kerja dan lay out kerja di lantai produksinya. Dengan menganalisa menggunakan sistem antrian dan perhitungan produktivitas, produktivitas tenaga kerja dihitung dan dikaji lagi untuk mendapatkan optimalisasi dalam setiap stasiun kerja.

Metode Penelitian

Kajian ini dilakukan di PT. XXX khususnya di main assembly Seat Belt line SB2, untuk melihat seberapa peningkatan produktivitas dan efisiensi yang bisa dilakukan melalui perbaikan-perbaikan pada proses produksi dengan pendekatan metode sistem antrian. (Stevenson, W.J. 2018), sistem antrian sendiri adalah pendekatan matematis untuk menganalisa jalur menunggu dalam suatu layanan. Teori antrian diaplikasikan dalam berbagai macam layanan operasi, termasuk, layanan pelanggan, bank, kantor post, restaurant, komunikasi, lalu lintas, bahkan di lantai produksi dalam manufaktur. Lebih lanjut sistem perlu dikaji kembali bila perlu di desain ulang

secara *regularly*, untuk mencapai kapasitas optimalisasi dengan cara yang ekonomis, perubahan termasuk penambahan buffer stock pada titik-titik yang startegis agar rantai aliran pekerjaan lebih efektif. (F.S. Hillier & G. J. Lieberman. 2010). Kajian ini melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada gambar 1. Bagan alur penelitian berikut.



Gambar 1. Bagan tahapan penelitian

Studi Pendahuluan

Dalam kajian ini dimulai dengan studi pendahuluan untuk mencari tema yang akan diangkat dalam kajian ini. PT. XXX adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam industri komponen atau sparepart automotif, dalam menjalankan usahanya saat ini perusahaan telah mensupply produknya ke berbagai macam agen tunggal pemegang merek. Produk yang disalurkan tentu saja berdasarkan permintaan pelanggan dan berbagai macam variasi produk. Dalam produksinya ada tipe produk dengan tingkat permintaan tinggi ada pula produk dengan tingkat permintaan rendah. Tidak bisa dipungkiri bahwa produk dengan tingkat permintaan tinggi akan menjadi fokus konsentrasi para engineer dan manajer di perusahaan, selanjutnya lini produksi yang

memproduksi tipe produk dengan permintaan tinggi akan menjadi fokus perhatian pula agar produktivitasnya tinggi, namun sebaliknya lini produksi yang memproduksi tipe produk dengan tingkat permintaan rendah umumnya sedikit terabaikan.

Perumusan Masalah & Tujuan Kajian

Dalam kegiatan produksinya line produksi SB2 di PT. XXX, karena dampak permintaan konsumen yang menurun terlihat mengakibatkan produktifitas nya menurun, hal ini sejalan dengan *history record* produksinya. Kajian ini bertujuan untuk menganalisa dan mengukur tingkat produktivitas lini produksi juga utilisasi setiap stasiun kerja, sehingga didapatkan gambaran yang bisa dijadikan rujukan sebagai bahan data perbaikan atau mengukur kinerja sistem produksi.

Studi Literatur, Orientasi & Observasi

Untuk mendapatkan kajian yang ilmiah dan kemungkinan ada studi terdahulu yang bisa dijadikan bahan rujukan, maka dilakukan studi literatur, kemudian studi orientasi & observasi di lini produksi PT. XXX. Sehingga pada aktifitas ini bisa didapatkan gambaran real proses, data primer & data sekunder sebagai bahan dalam pengolahan data.

Dalam penelitian peningkatan efisiensi sistem manufaktur (Marie, I. A. et al. 2017), dengan mengeliminasi pemborosan akan meningkatkan efisiensi dan performansi perusahaan. Demikian pula dalam penelitian-penelitian lain (Haider S & Bhat, J. A. 2020), (Yu, C. 2016), (Sudiman, & Fahrudin, W. A. 2020), Tannady, (H & Adianto, E. 2014), perbaikan dalam proses produksi & pelayanan, dilakukan semata mata adalah untuk mengejar efisiensi dan prduktivitas yang tujuan akhirnya adalah agar perusahaan mampu bertahan dalam persaingan yang ketat dan mampu menjadi pemenang dalam kompetisi.

Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan menarik sample data produksi sebanyak 46 transaksi, dari data mentah tersebut didapatkan data waktu pelayanan antrian part dalam sistem dan waktu antar kedatangan, atau part mulai diproses dalam sistem, hal ini dikalkulasikan, kemudian dengan



merujuk pada standard waktu baku yang berlaku (standard waktu orang dalam proses pembuatan satu part) *labor minute per unit (LMPU)*, pada perusahaan. Dari hal tersebut bisa dihitung gap lamanya waktu antrian part dalam sistem dan antar kedatangan yang terjadi dengan harapan atau target waktu antrian part dalam sistem dan antar kedatangan berdasar perhitungan *LMPU*.

Analisa dan pemecahan masalah

Kajian ini menggunakan teori antrian (*queuing theory*) yang dikembangkan oleh insinyur bidang telephone Denmark A. K. Erlang, pada awal abad ke 20, untuk menganalisa sistem antrian pada pabrik PT. XXX khususnya di lini produksi SB2, berdasarkan data histori. Dalam sistem antrian, dikenal metode yang digunakan untuk menentukan order dari pelanggan mana, yang akan dilayani terlebih dahulu, atau disebut *Queue Discipline* disiplin antrian :

Yang paling sering digunakan adalah metode *first come first service (FCFS)*, dimana pelanggan yang dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang terlebih dahulu, kemudian dikenal juga *last come first service (LCFS)*, pelanggan yang terakhir datang yang dilayani terlebih dahulu, dan yang terakhir adalah *service in random order (SIRO)*, dimana pelanggan yang dilayani berdasarkan panggilan random. *Operations research application & algorithms 4th* (Winston, W. L. 2004. pp. 1052-1053).

Berdasarkan disiplin antrian yang ada, pada kajian ini menggunakan metode *FCFS* atau yang sering disebut metode *first in first out (FIFO)*. Dengan menganalisa distribusi waktu antar kedatangan dan distribusi waktu pelayanan, juga rancangan sarana pelayanan mengikuti persamaan distribusi poisson, dimana jika n adalah variabel random dengan parameter :

$$\lambda = \alpha t$$

$P_n(t)$ = fungsi distribusi probabilitas dari jumlah kedatangan pada periode t .

$$E(n) = \lambda, V(n) = \lambda$$

$$P_n(t) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} = \frac{(\alpha t)^n e^{-\alpha t}}{n!}, n=0,1,2,\dots$$

(1)

Berdasarkan teori sistem antrian dengan menggunakan excel qtp, dapat diketahui waktu *idle* (waktu menunggu atau waktu loss) pada setiap stasiun kerja dan tingkat *utilisasi* (tingkat pemanfaatan setiap stasiun kerja) berupa alat, mesin dan orang, dengan model antrian tunggal pelayanan tunggal mengikuti persamaan :

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} =$$

(2)

Dimana $P(n>0)$ = Probabilitas sistem sibuk (tidak menganggur), sehingga :

$$P_n = ((1 - (\frac{\lambda}{\mu})) \cdot ((\frac{\lambda}{\mu})^n)) = (1 - \rho) \cdot \rho^n$$

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$$

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \rho)}$$

(3)

Dimana :

λ = Tingkat kedatangan pelanggan per periode waktu

μ = Tingkat pelayanan pelanggan perperiode waktu

P_n = Probabilitas tepat ada n pelanggan dalam sistem. $n=0,1,2,\dots$ dst.

P_0 = Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (sistem menganggur)

LMPU lebih jauh adalah untuk menghitung *labor cost per unit*, sehingga bisa diketahui biaya tenaga kerja dalam setiap unit komponen yang diproduksi. *Labour Cost* adalah nilai yang harus dibayarkan untuk upah, gaji dan tunjangan bagi karyawan atau operator yang bekerja dalam memproduksi barang atau jasa layanan. (International Labour Organization, 2015). Perhitungan LMPU dilakukan dengan

melakukan kalkulasi antara penggunaan waktu kerja dalam menit dikali dengan jumlah manusia atau *man power* kemudian dibagi banyaknya jumlah pcs part yang bisa diproduksi dalam satu waktu kerja, yang jika dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$LMPU = \frac{(wh/shift (minute) \times m p)}{TO/shift}$$

LMPU = Labor minute per unit

Wh/shift = Working hour per shift (8 hour x 60 min)

Mp = Total manpower yang berkontribusi

TO = Total output per shift (waktu kerja), didapatkan dengan menghitung standard output dalam satu jam x 8 jam kerja.

Hasil dari perhitungan digunakan sebagai bahan referensi untuk melakukan perbaikan di dalam jalur produksi, melalui pengukuran waktu kerja aktual lagi, dengan mengurangi pergerakan yang tidak perlu, memperpendek pergerakan manusia dan barang dalam proses, dan mempelajari lagi penanganan material dan transportasi barang, sehingga didapatkan jalur produksi yang efisien

Hasil dan Pembahasan

A. Studi Pendahuluan

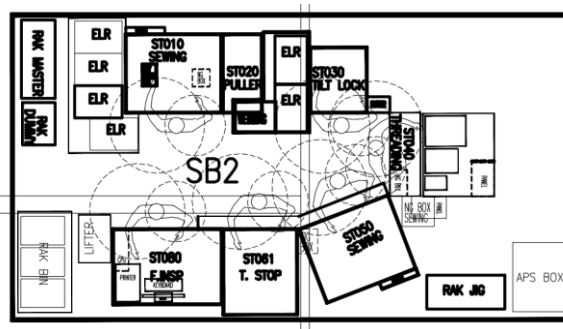
Hasil studi kasus pada proses produksi PT. XXX pada lini perakitan SB2, diyakini terjadi in-efisiensi dalam prosesnya, sehingga terjadi pemborosan *waste*. Hal ini dipengaruhi beberapa factor, yaitu karena tingkat order atau permintaan pada type yang diproduksi pada lini perakitan tersebut rendah, lini perakitan tidak menjadi focus perhatian karena bukan lini utama yang menjadi focus produksi, sumber daya yang kurang bisa dimanfaatkan dan lain-lainnya.

B. Perumusan Masalah & Tujuan Kajian

Disini pengkaji menilai perlu mengadakan pengukuran seberapa tingkat efisiensi dan optimalisasi sumberdaya dalam proses, pada lini perakitan tersebut. Dengan hasil pengukuran maka didapatkan gambaran jelas, sehingga manajemen dapat mengambil kebijakan dan menentukan target-target perbaikan yang dapat terukur.

C. Pengambilan Data

Data histori yang digunakan adalah data sebelum dilakukan perbaikan pada lini produksi, berupa data rekaman produksi pada computer database. (data mentah). Data tersebut berupa data transaksi dalam jalur produksi. Setiap part memiliki data id, berupa barcode yang mana dilakukan proses scan pada setiap stasiun produksi, sehingga bisa didapatkan data kapan part tersebut start mulai masuk produksi dan berakhir atau keluar menjadi output, sebagai gambaran seperti terlihat pada gambar 2. Dibawah:



Gambar 2. Lay out proses produksi SB2

Hasil kajian dibatasi pada observasi dan didapatkan bahwa:

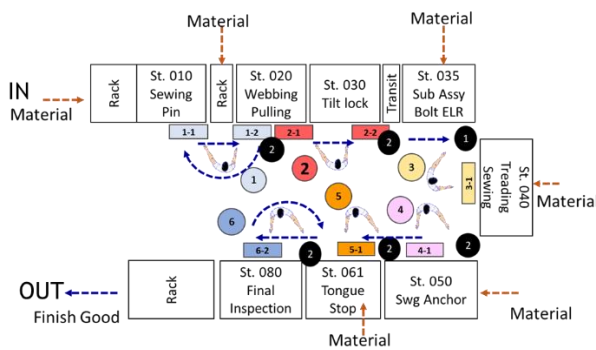
1. Proses bisnis pelayanan pelanggan: Material mulai diproses oleh operator 1 dari stasiun 10 (st.010) dan berakhir sampai dengan operator ke 6 (st.060).
2. Ruang lingkup sistem antrian: Sistem antrian material atau komponen pada sistem produksi lini perakitan seat belt SB2. Kapasitas rak tunggu komponen sebanyak 4 box, dengan isi 100pcs
3. Indikator yang menjadi focus perhatian: Waktu pelayanan sesuai dengan standar waktu maksimal yang diharapkan. Dengan perhitungan kontribusi orang per unit part adalah 3.11 menit.
4. Permasalahan yang diamati: waktu proses perakitan part melebihi dari target LMPU yang disyaratkan.
5. Model antrian: $(M/M/1): (GD/10/\infty), c \leq N$
6. Jumlah pelayanan: Dengan jumlah pelayanan atau operator dalam sistem 6 orang, selain itu terdapat operator

supporting diluar lini produksi yang membantu beberapa lini produksi yang lain dengan kontribusi seperti table berikut:

Tabel I. Kontribusi man power

| Item | Kontribusi |
|--------------------|------------|
| Operator/man power | 6 |
| Feeder | 0,5 |
| Leader | 0,25 |
| Offline | 0,875 |
| Total | 7,625 |

7. Dengan populasi sumber pemanggilan: berhingga
8. Kapasitas antrian: Terbatas (4 box @ 100pcs)
9. Aturan sistem pelayanan: FCFS/FIFO (*first in first out*). Seperti digambarkan dalam gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Aturan pelayanan dalam sistem

10. Model antrian: Antrian tunggal pelayanan tunggal (dalam sistem produksi).
11. Tingkat kedatangan: berdistribusi poisson (M)
12. Tingkat pelayanan: berdistribusi poisson (M)

D. Pengolahan Data

Dari data mentah yang didapat maka dapat dibuatkan *summary* tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan. Sebagai berikut Gambar 4.

Gambar 4. Tabel tingkat kedatangan material

Tingkat kedatangan, diasumsikan sebagai waktu tingkat antar kedatangan atau scan

| TINGKAT KEDATANGAN | | | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------|
| DATA KE | Antar Kedatangan Material | | |
| 1 | 00:00:24 | 25 | 00:00:56 |
| 2 | 00:00:17 | 26 | 00:01:38 |
| 3 | 00:00:37 | 27 | 00:00:24 |
| 4 | 00:01:46 | 28 | 00:00:22 |
| 5 | 00:01:08 | 29 | 00:00:17 |
| 6 | 00:00:19 | 30 | 00:00:20 |
| 7 | 00:00:15 | 31 | 00:00:24 |
| 8 | 00:00:22 | 32 | 00:00:23 |
| 9 | 00:01:01 | 33 | 00:00:12 |
| 10 | 00:01:26 | 34 | 00:00:22 |
| 11 | 00:00:16 | 35 | 00:00:35 |
| 12 | 00:00:57 | 36 | 00:00:44 |
| 13 | 00:00:25 | 37 | 00:00:33 |
| 14 | 00:05:59 | 38 | 00:00:17 |
| 15 | 00:00:44 | 39 | 00:00:37 |
| 16 | 00:00:32 | 40 | 00:00:57 |
| 17 | 00:00:18 | 41 | 00:00:44 |
| 18 | 00:01:01 | 42 | 00:00:20 |
| 19 | 00:00:48 | 43 | 00:00:53 |
| 20 | 00:00:22 | 44 | 00:01:27 |
| 21 | 00:04:37 | 45 | 00:00:08 |
| 22 | 00:00:30 | 46 | 00:00:26 |
| 23 | 00:00:16 | | |
| 24 | 00:01:14 | | |
| | | RATA Kedatangan (f) | 00:00:50 |
| | | RATA Kedatangan (f) | 0,833333333 |
| | | RATA-RATA TINGKAT KEDATANGAN | 1,2 |

barcode pada material yang masuk kedalam lini perakitan pada stasiun kerja awal (st.010). Didapatkan rata-rata tingkat kedatangan part (*part mulai* masuk kedalam proses produksi) = Setiap 50 detik, 1-part masuk ke jalur produksi/Antrian (0,83 menit) atau = $1/0,83 = 1,2$ part/menit. Sedangkan tingkat pelayanan didapatkan seperti tabel tingkat pelayanan berikut Gambar 5.

| TINGKAT PELAYANAN | | | |
|-------------------|----------------------|---|--------------------|
| DATA KE | Waktu pelayanan/Part | | |
| 1 | 00:04:31 | 26 | 00:03:45 |
| 2 | 00:04:11 | 27 | 00:04:26 |
| 3 | 00:04:25 | 28 | 00:04:18 |
| 4 | 00:02:48 | 29 | 00:04:42 |
| 5 | 00:04:22 | 30 | 00:04:22 |
| 6 | 00:00:23 | 31 | 00:04:34 |
| 7 | 00:02:43 | 32 | 00:04:13 |
| 8 | 00:04:02 | 33 | 00:00:08 |
| 9 | 00:04:23 | 34 | 00:04:16 |
| 10 | 00:03:37 | 35 | 00:04:27 |
| 11 | 00:03:55 | 36 | 00:04:00 |
| 12 | 00:03:05 | 37 | 00:04:19 |
| 13 | 00:01:24 | 38 | 00:04:26 |
| 14 | 00:03:42 | 39 | 00:03:51 |
| 15 | 00:04:16 | 40 | 00:04:32 |
| 16 | 00:04:21 | 41 | 00:04:19 |
| 17 | 00:04:27 | 42 | 00:04:31 |
| 18 | 00:04:01 | 43 | 00:02:38 |
| 19 | 00:04:12 | 44 | 00:00:19 |
| 20 | 00:00:27 | 45 | 00:04:16 |
| 21 | 00:04:15 | 46 | 00:04:33 |
| 22 | 00:04:23 | | |
| 23 | 00:04:38 | RATA-RATA PELAYANAN | 00:03:43 |
| 24 | 00:03:16 | RATA-RATA PELAYANAN | 3,716 |
| 25 | 00:04:36 | RATA-RATA TINGKAT PELAYANAN (PART/MENIT) = 1 | 0,269106566 |

Gambar 5. Tabel tingkat pelayanan part

Didapatkan rata rata tingkat tingkat pelayanan part (*part mulai* masuk kedalam proses produksi dan selesai) = Setiap 3 menit 43 detik 1 waktu yang dibutuhkan part masuk ke jalur produksi dan selesai menjadi produk jadi. (3,72 menit) = $1/3,72 = 0,27$ part/menit.

Dengan menggunakan Excel qtp, didapatkan perhitungan kondisi saat ini sebagai berikut:

TABEL II
 PENGUKURAN PERFORMA AWAL SISTEM

| Item | Notasi | Nilai |
|---|----------------------|-------------------|
| Rata-rata tingkat kedatangan part ke sistem | λ | 1,20 Part/menit |
| Rata-rata tingkat pelayanan | μ | 0,27 part / menit |
| Jumlah pelayan | C | 8 orang |
| Kapasitas antrian | N | 400 part |
| <hr/> | | |
| Jumlah part dalam sistem | Ls | 4,585 parts |
| Jumlah part dalam antrian | Lq | 0,125 part |
| Rata-rata waktu part menunggu | Wq | 1,104 menit |
| Rata-rata waktu part didalam sistem | Ws | 3,820 menit |
| <hr/> | | |
| Intensitas trafik | $\rho = \lambda/\mu$ | 4,459 |
| % idle | % | 1,14% |
| Utilitas server | 1-% idle | 55,74% |

Target standard LMPU yang ditetapkan adalah 3,11 menit, hal ini didasarkan pada:

$$3,11 = (480 \times 7,625)/1178$$

1178 didapatkan dari standard hasil produksi setiap shift dengan operator lini perakitan 6 dan supporting 1,625 atau dibulatkan menjadi 8 operator.

Dengan cycle time setiap operator sebagai berikut:

TABEL III
 CYCLE TIME OPERATOR

| Operator | Cycle T (detik) |
|----------|-----------------|
| 1 | 19,87 |
| 2 | 17,23 |
| 3 | 18,90 |
| 4 | 20,79 |
| 5 | 17,80 |
| 6 | 20,23 |

Dan dengan *allowance* 15% atau target efisiensi 85%

E. Analisa dan pemecahan masalah

Dari hasil kalkulasi diatas didapatkan beberapa indikator diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Part dalam system 4.5 sedangkan jumlah station ada 6, artinya ada operator yang menunggu untuk melakukan pelayanan, hal ini sejalan dengan hasil tangkapan layar cctv, bahwa terdapat waktu operator posisi idle menunggu part untuk diproses.
2. Waktu part didalam system, masih terlalu lama sehingga tidak mendapatkan hasil yang optimal sesuai standard LMPU. Waktu rata rata pelayanan standard adalah 2,45 part/menit.
3. Utilitas server hanya 55,74 % sedangkan target utility proses adalah 85%

Rekomendasi perbaikan yang dilakukan adalah dengan melakukan:

1. Mempercepat proses pelayanan (proses part didalam sistem produksi. (Proses Pelayanan $\max \leq 2,45$ menit untuk mendapatkan standard LMPU 3,11) #3,11 menit (Efisiensi 85%) = 147 pcs/Hour (8Jam x MP)/(Qty output shift). Artinya waktu pelayanan harus mencapai $147/60 = 2,45$ menit/part. (Dengan cara improvement di diproses, Relay out, memperpendek jarak antar proses, memperpendek jarak pengambilan material, menghilangkan langkah yang tidak perlu, pembuatan tool. dll.).
2. Mempercepat waktu kedatangan part (mempercepat part masuk diproses ke dalam sistem). (Dilakukan analisis pergerakan operator pada ST. 10, Stock rak untuk material diperpendek jaraknya, dan study beban kerja di ST. 10 di bagi dengan operator lain). Saat pengambilan data dilakukan, waktu rata rata kedatangan adalah 50 detik (0,83 menit) per part, artinya setiap menit; $1/0,83 = 1,2$ part/menit. #Dengan standard efisiensi utilitas 85% ST.10 dituntut setiap 20 detik, masuk part kedalam sistem produksi. Sehingga menghilangkan waktu menunggu operator proses berikutnya. #Perlu penambahan tempat untuk part WIP setiap station = 2pcs, 1-part diproses

dan 1-part menunggu diproses dalam system.

Untuk itu perlu dilakukan pengukuran waktu kerja efektif untuk merujuk kembali ke standar. Secara teori improve yang dilakukan tidak bisa hanya untuk mempercepat waktu pelayanan atau waktu kedatangannya saja, namun harus keduanya.

Improve tingkat pelayanan yang dilakukan harus mendapatkan pelayanan $1 / 2,45 = 0,408$ (0,41) part /menit. Dengan perbaikan waktu tersebut akan mendapatkan gambaran sistem sebagai berikut:

TABEL IV
 PENGUKURAN DENGAN PERBAIKAN PELAYANAN

| Item | Notasi | Nilai |
|---|----------------------|-----------------|
| Rata-rata tingkat kedatangan part ke sistem | λ | 1,20 Part/menit |
| Rata-rata tingkat pelayanan | μ | 0,41 Part/menit |
| Jumlah pelayan | C | 8 orang |
| Kapasitas antrian | N | 400 part |
| Jumlah part dalam sistem | Ls | 2,948 part |
| Jumlah part dalam antrian | Lq | 0,007 part |
| Rata-rata waktu part menunggu | Wq | 0,006 menit |
| Rata-rata waktu part didalam sistem | Ws | 2,457 menit |
| Intensitas trafik | $\rho = \lambda/\mu$ | 2,941 |
| % idle | % | 5,28 |
| Utilitas server | 1-% idle | 36,76 |

Dari hasil perhitungan diatas dengan excel qtp didapatkan utilitas server menurun, hanya 36,76% dengan persentasi idle mencapai 5,28 %. Sedangkan jika dilakukan perbaikan juga untuk mempercepat waktu kedatangan part kedalam sistem, akan didapatkan optimalisasi dalam sistem secara. Target perbaikan waktu kedatangan berdasarkan LMPU adalah maksimal kurang lebih adalah 21 detik setiap material baru masuk kedalam system, hal tersebut didapatkan dengan merujuk pada standard LMPU 3,11 menit, maka didapatkan 21

/ 60 = 0,35 menit per part atau $1/0,35 = 2,78$ part per menit. Sehingga kalau dimasukkan dalam perhitungan excel qtp, sebagai berikut:

TABEL V
 PENGUKURAN DENGAN PERBAIKAN PELAYANAN & KEDATANGAN

| Item | Notasi | Nilai |
|---|----------------------|-----------------|
| Rata-rata tingkat kedatangan part ke sistem | λ | 2,78 Part/menit |
| Rata-rata tingkat pelayanan | μ | 0,41 Part/menit |
| Jumlah pelayan | C | 8 orang |
| Kapasitas antrian | N | 400 part |
| Jumlah part dalam sistem | Ls | 10,127 part |
| Jumlah part dalam antrian | Lq | 3,313 part |
| Rata-rata waktu part menunggu | Wq | 1,192 menit |
| Rata-rata waktu part didalam sistem | Ws | 3,643 menit |
| Intensitas trafik | $\rho = \lambda/\mu$ | 6,814 |
| % idle | % | 0,07 |
| Utilitas server | 1-% idle | 85,17 |

Dengan skenario diatas maka didapatkan utilitas server atau efisiensi naik menjadi 85,17%, waktu idle 0,07%, dan intensitas trafik. 6,814.

Dengan hasil Ls atau part dalam sistem 10,12 pcs part, artinya didalam sistem lini produksi dari operator 1 – 2 – 3 – 4 -5- 6, terdapat part menunggu untuk di kerjakan diantara operator 1 ke 2, 2 ke 3, 3 ke 4, 4 ke 5 dan 5 ke 6, masing masing terdapat 2 pcs part, dimana 1 part dalam pengerjaan operator (*on hand*) dan 1 part dalam antrian atau menunggu untuk diproses, disini dapat dilihat bahwa hamper tidak ada waktu menganggur atau menunggu untuk operator, atau tidak ada *wasting time*. Dengan kondisi terdapat *part* menunggu antar proses maka diperlukan tempat untuk meletakkan *part* didalam sistem antar proses atau lebih umum disebut *part work in process (Part WIP)*, sehingga sistem dapat berjalan optimal.

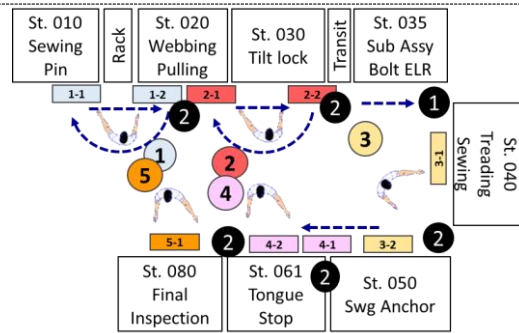
Skenario berikutnya adalah optimalisasi proses, ketika disimulasikan, proses dituntut untuk melakukan efisiensi dimana ada target untuk penurunan jumlah tenaga kerja *man power*

ataupun karena ada analisa resiko, salah seorang operator tidak hadir, di sistem ini kita coba simulasikan sebagai berikut:

TABEL VI
 PENGUKURAN DENGAN PERBAIKAN
 PELAYANAN & KEDATANGAN SERTA
 PENGURANGAN MAN POWER

| Item | Notasi | Nilai |
|---|----------------------|-----------------|
| Rata-rata tingkat kedatangan part ke sistem | λ | 2,78 Part/menit |
| Rata-rata tingkat pelayanan | μ | 0,41 Part/menit |
| Jumlah pelayan | C | 7 orang |
| Kapasitas antrian | N | 400 part |
| <hr/> | | |
| Jumlah part dalam sistem | Ls | 40,502 part |
| Jumlah part dalam antrian | Lq | 33,689 part |
| Rata-rata waktu part menunggu | Wq | 12,118 menit |
| Rata-rata waktu part didalam sistem | Ws | 14,569 menit |
| <hr/> | | |
| Intensitas trafik | $\rho = \lambda/\mu$ | 6,814 |
| % idle | % | 0,02 |
| Utilitas server | 1-% idle | 97,34 |

Dengan simulasi pengurangan jumlah pelayan (*man power*), didapatkan utilitas server atau efisiensi meningkat menjadi 97,34 %, dengan penurunan waktu idle menjadi 0,02%. Dengan part dalam sistem $Ls = \pm 40$ pcs, artinya akan ada tambahan *part WIP* antar proses menjadi 4, dengan asumsi 1-part dalam proses pelayanan dan 3-part menunggu untuk diproses. Artinya diperlukan perbaikan atau *improvement* dengan penambahan space untuk *WIP* antar proses. Selain itu perlu dilakukan pemetaan kembali pergerakan operator sebagai contoh seperti dibawah ini, gambar 6. Simulasi dengan pengurangan operator lini perakitan dari 6 menjadi 5 orang, Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi langkah kerja dengan 5 operator

Agar mendapatkan waktu kedatangan part dalam sistem yang lebih singkat dan waktu pelayanan yang lebih singkat sesuai target yang diharapkan adalah melalui studi kerja kembali (*work study*), langkah ini dilakukan dengan training operator dan mereview kembali proses lini perakitan setiap stasiun kerjanya. Dengan studi waktu (*time study*) setiap prosesnya, berikut adalah contoh gambaran hasil pengambilan studi waktu dari gerakan operator di stasiun kerja, sehingga didapatkan gambaran real proses yang efektif, kemudian dipelajari hambatan atau problem yang muncul kemudian dibuat peluang perbaikannya, agar mendapatkan optimalisasi dalam pekerjaan. Time studi idealnya dilakukan minimal setiap enam bulan sekali, berguna untuk mereview kemampuan proses dan melakukan perbaikan metode kerja Gambar 7.

| OP1 | | START | T = 30.03 P | | | |
|-----|---|-------|-------------|---------|--|---|
| No | Motion Elements | Cat | Act. Time | PA Time | Problem | Improvement Plan |
| 1 | Ambil ELR dengan tangan kiri dan ambil stopper 1 dengan tangan kanan | NVW | 1.4 | 4.8 | Posisi box ELR jauh dari jangkauan tangan (>500 mm) sehingga box tertuju stangi | re-posisi penempatan box ELR dan standarisasi ketinggian box |
| 2 | Pasang stopper 1 | NVW | 1.2 | 3.9 | ada gerakan tangan memutar ELR | |
| 3 | Lepas stopper 2 kemudian simpan di chutter | NVW | 0.9 | 2.6 | ada gerakan memuang stopper 2 | re-posisi lubang pembuangan shipping |
| 4 | Pasang ELR di jig | NVW | 1.8 | 2.1 | Memindahkan ELR dari posisi kiri operator ke kanan | re-arahkan alat ke sisi kanan |
| 5 | Ambil webbing dengan tangan kanan | NVW | 2.4 | 8.2 | bagian webbing yang diambil tangan bukan di bagian ujung sehingga saat ambil webbing tangan lewa langsung meraih ujung webbing | re-posisi penempatan webbing, sehingga saat ambil webbing tangan lewa langsung meraih ujung webbing |
| 6 | Masukan ujung webbing ke ELR melewati webbing guide dan spindle | VW | 2.4 | N/A | N/A | N/A |
| 7 | Lipat ujung webbing | VW | 2.1 | 2.4 | jangkauan tangan > ???, Posisi box pin jauh | Mendekatkan pin ke arah gerakan tangan |
| 8 | Ambil pin dengan tangan kiri dan pasang lipatan webbing di clamp mesin sewing | VW | 2.1 | 2.0 | N/A | N/A |
| 9 | Tekan pedal clamp dengan kaki | VW | 2.1 | 2.0 | N/A | N/A |
| 10 | Masukan webbing pin kedalam celah lipatan webbing | VW | 2.1 | 2.0 | N/A | N/A |
| 11 | tarik webbing sebelah kanan | NVW | 0.6 | N/A | Sgerakan tangan dari posisi ke rekat tomor jauh karena posisi tomor tidak ada di dalam | re-posisi tomol start |
| 12 | Tekan tombol start mesin sewing | VW | 0.6 | N/A | N/A | N/A |
| 13 | Ambil parts yang sudah proses pin sewing | NVW | 1.6 | N/A | N/A | N/A |
| 14 | Pasang di mesin webbing pulser | VW | 1.6 | N/A | N/A | N/A |
| 15 | Clamp manual dengan tangan | VW | 1.6 | N/A | N/A | N/A |
| 16 | Pisani ujung webbing sewing pin di jig sensor pinsemt webbing | VW | 3 | N/A | N/A | N/A |
| 17 | Jalan ke MC Sewing dan ambil shunt ring dengan tangan kanan dan pasang pada ELR | VW | 1.9 | 1.9 | N/A | N/A |
| 17 | Ambil ELR dengan tangan kiri dan letakkan ELR pada Transit area dengan tangan kanan | VW | 1.9 | 1.9 | N/A | N/A |

Gambar 7. Tabel contoh analisa waktu kerja dan peluang perbaikannya.

Dari analisa kerja dan waktu kerja, dapat dibuat sebagai titik awal melakukan perbaikan metode kerja, juga dimungkinkan untuk

perubahan layout sehingga mendapatkan peta aliran pekerjaan yang lebih efisien. Terlampir dibawah contoh hasil perbaikan yang dilakukan setelah melakukan studi kerja dan studi waktu kerja didalam Gambar 8.

| No | Job | Category | Job Category | Work Elements | Problem | Status (a) | Kajian Images (Peningkatan) | | Reduction (b) | Time (c) | |
|----|-----|----------|--------------|---------------|---|---|-----------------------------|-------------------|--|----------|------|
| | | | | | | | Standard | Improvement class | | | |
| 1 | A | OPT | CT | Non-value | Take ERL from bin | Reach of hand more than 400 mm due to high of box | | | | 1,76 | |
| 2 | A | OPT | CT | Non-value | Put out the ERL shipping stop 2 then throw to the chutter | There's a throw motion of shipping stop | | NA | Reposition top of shipping stop, target is no need to throw shipping stop. The motion is just pull and stop. | | 1,17 |
| 3 | A | OPT | CT | Non-value | Take webbing with the right hand | There's a motion to get webbing tip | | NA | Reposition of webbing placement so that the hand of operator can reach webbing tip directly | | 0,84 |
| 4 | A | OPT | CT | Non-value | Take pin shipper with the right hand | Pin box position is far from hand motion | | | Reposition of pin box close to the hand (c350mm) | | 1,20 |
| 5 | A | OPT | CT | Value | Push button start | Button start is too high from O position | | NA | Reposition of button start | | 0,60 |

Gambar 8. Contoh maping perbaikan setelah melakukan studi kerja dan studi waktu kerja.

Simpulan

Dari hasil kajian ini didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya:

Jika melihat hasil studi literature system antrian (teori antrian) lebih banyak digunakan untuk jasa service pelayanan. Dan masih sedikit yang membahas untuk diimplementasikan dalam system produksi sektor manufaktur.

Dalam mengukur keefektifan proses dalam lini produksi manufaktur system antrian dapat digunakan untuk memonitor dan meng evaluasi kinerja didalam system produksi PT. XXX, dimana dapat digunakan untuk memantau utilisasi stasiun kerja, tingkat idle stasiun kerja, juga mengevaluasi layanan (proses kerja) didalam system, ini terbukti juga dapat memperkirakan jumlah *part WIP* antar proses didalam sistem produksi.

Hasil simulasi pengukuran bisa didapatkan utilitas server atau efisiensi naik menjadi 85,17%, waktu idle 0,07%, dan intensitas trafik. 6,814.

Dalam skenario tertentu dimana dituntut untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi, dalam lini produksi untuk pengurangan manpower (pelayan), dengan sistem antrian diperoleh tingkat utilitas server atau efisiensi meningkat menjadi 97,34 %, dengan penurunan waktu idle menjadi 0,02%. Tentu saja hal ini harus dibarengi dengan perbaikan penambahan tempat

menunggu part dalam antrian (*buffer*), juga perubahan mapping pergerakan dari operator atau pembagian beban kerja.

Saran

Mempercepat waktu layanan tidak serta merta membuat efisiensi dan optimalisasi dalam system produksi meningkat, namun harus dibarengi dengan mempercepat waktu kedatangan material kedalam proses, dan keduanya dapat dicapai dengan melakukan perbaikan dalam proses, sehingga didapat waktu antar kedatangan material dalam proses dan waktu pelayanan yang optimal.

Daftar Pustaka

- Ahmad Musyafak “Usulan Pengembangan Desain Tempat Tidur Multifungsi Yang Ergonomis” (2021).
- Anysa Puspitasari. “Intervensi Ergonomi Pada Industri Kecil Suvenir Berbahan Kayu Untuk Meningkatkan Performa Kerja” (2020).
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2022). Design of an Ergonomic Crackers Dryer to Increase Production Productivity at Rahayu Krupuk SME. *Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering*, 31–34. <https://doi.org/10.1145/3468013.3468305>.
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2021). Perancangan Pengereng Kerupuk “Smart Fuse Water Dryer” Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi Di Ukm Rahayu Kerupuk. *Jurnal Simetris*, 12 (2).
- Mohammad Aldy Awaludin Azhari, Caecilia Sw, Lauditta Irianti, “Rancangan

- Produk Sepatu Olahraga Multi Fungsi Menggunakan Metode Quality Function Deploement (QFD)” (2015).
- Saufik Lutfianto. “Penguujian Ergonomic Dalam Perancangan Desain Produk”. (2008).
- Supriyanto. “Pengembangan Produk Meja Laptop Lipat Dengan Pendekatan Ergonomi Dan Antropometri” (2020).
- Kanawaty, G. *Introduction to Work Study 4th edition*. Geneva, International labour Office. ILO Catalogue in Publication Data.p.4, p.217. 1992
- Stevenson, W.J. *Operation management 13rd*. Saunders College of Business. Rochester Institute of Technology. Mc Graw-Hill. pp 783-784). 2018.
- Winston, W. L. *Operations research application & algorithms 4th* . Indiana University. Thomson Learning, Inc. USA. pp. 1052-1053. 2004.).
- International Labour Organization, *Improve Your Business Costing manual*. International Labour Office, Enterprises Department. -Geneva. 2015. p.10
- Hillier F. S. and Lieberman G. J. *Introduction to operations research 9th*. McGraw-Hill Companies, Inc. 1221 Avenue of the Americas. P. 767. 2010.
- Ghosh, D., Huang, X. & Sun L. *Managerial ability and employee productivity*. Emerald Publishing Limited. Management Accounting. 2020. Vol 32, 151-180.
- Tannady, H. Adianto E. (2014). Analisis study gerakan dan simulasi antrian untuk peningkatan produktivitas pada pelayanan servis motor. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Universitas Bunda Mulia. Vol. 2 No. 2, 109 – 114.
- Marie, I. A., Sugiarto, D. & Mustika, D. (2017). Lean Supply chain untuk meningkatkan efisiensi sistem manufaktur pada PT. XYZ. Jurnal Teknik Industri. Universitas Trisakti. Volume 7 No. 2.
- Sudiman, & Fahrudin, W. A. (2021). Perancangan efektivitas dan efisiensi untuk peningkatan produktivitas lini produksi wellhead dengan metode objective matrix. Jurnal Intech Teknik Industri Universitas Serang Raya. Vol 7 No. 1, 15-22
- Haider, S., & Bhat, J. A. (2020). Does total factor productivity affect the energy efficiency. Evidence from the Indian paper industry. International Journal of Energy. Emerald Insight. Vol. 14 No. 1. Pp. 108-125.
- Yu, C. (2016). Airline Productivity and Efficiency: Concept, Measurement and Applications. Emerald Insight. Advance in Airline Economics, Vol. 5 pp. 103-129.
- Kusumo, probo; rokhmah, a. K. (2024). Perbaikan tata letak fasilitas departemen produksi cv. Decorus menggunakan systematic layout planning untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi. *Jurnal ekselenta*, 1(1).
- Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan meja kerja pengolahan lele yang ergonomis menggunakan metode rasional. *Jurnal Ekselenta*, 1(1).
- Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan produk toolbox dengan pendekatan ergonomi dan antropometri. *Jurnal Ekselenta*, 1(1), 1–7.
- Sari, E. M., Mulyani, R., & Saepullah, a. (2024). Mengukur partnering dalam design-bid-build (dbb). *Jurnal ekselenta*, 1(1), 1–9.



-
- Saepullah, A. (2024). Implementasi sistem barcode terintegrasi dengan sap erp pada sistem persediaan pt al 1. *Jurnal Ekselenta*, *1*(1), 1–6.
- Saepullah, A. (2024). Analisis Kecacatan Produk Pada Hasil Pengelasan Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). *Jurnal Ekselenta*, *1*(1).<https://doi.org/10.32672/jse.v7i2.3853>.
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2022). Design of an Ergonomic Crackers Dryer to Increase Production Productivity at Rahayu Krupuk SME. *Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering*, 31–34.<https://doi.org/10.1145/3468013.3468305>.
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2021). Perancangan Pengereng Kerupuk “Smart Fuse Water Dryer” Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi Di Ukm Rahayu Kerupuk. *Jurnal Simetris*, *12* (2).