

ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN KINERJA OPERATOR PADA DEPARTEMEN *COAL PREPARATION PLANT & OPERATION*: STUDI KASUS PT. ABC

Muhammad Syaffana Taufikul Hakim

Program Studi Teknik Industri/ Jurusan Institut Teknologi Kalimantan

Email: muhammadsafana03@gmail.com

Abstrak

***Penulis Koresponding**

[http://dx.doi.org/10.35718/jinse
ng.v2i2.787](http://dx.doi.org/10.35718/jinse
ng.v2i2.787)

Received December 2022;

*Received in revised form August
2025;*

Accepted October 2025;

Pekerjaan utama operator di departemen CPPO adalah untuk memastikan dan mengawasi sistem produksi agar tetap lancar dan dapat memenuhi kebutuhan. Namun, ketika terjadi gangguan mesin atau hambatan pada pipa, operator sering kewalahan dalam menangani kerusakan, khususnya ketika logam tidak tertangkap oleh *overband magnet*. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur beban kerja fisik dan kinerja operator dengan menggunakan metode *cardiovascular load* (CVL) dan *capability process*. Pengumpulan data dilakukan terhadap 15 operator. Hasil pengukuran beban kerja fisik menggunakan *cardiovascular load* menunjukkan bahwa nilai CVL tertinggi pada operator *loader* sebesar 25,7% sedangkan terendah pada operator *crusher 7 & 8* dengan nilai CVL operator sebesar 4,41%. Analisis *capability process* menghasilkan nilai $C_p = 0,60$ ($C_p < 1$) dan $C_{pk} = 0,43$ ($C_{pk} < 1$), yang menunjukkan bahwa proses kerja operator belum memenuhi standar kapabilitas yang diharapkan. Dengan demikian, perlu dilakukan tindakan perbaikan dengan menerapkan rekomendasi berbasis *Total Productive Maintenance* (TPM) agar efektivitas kerja operator dan kinerja sistem produksi dapat meningkat secara keseluruhan.

Kata kunci: beban kerja fisik, *cardiovascular load*, *capability process*, operator, *Total Productive Maintenance*

Abstract

The Operator's primary job in the CPPO department is to ensure and supervise the production system to keep it running smoothly and meet demand. However, when machine malfunctions or pipe blockages occur, operators are often overwhelmed in dealing with the damage, especially when the metal is not caught by the overband magnet. This study aims to measure the physical workload and performance of operators using the cardiovascular load (CVL) and capability process. Data collection was conducted on 15 operators. The results of physical workload measurements using cardiovascular load showed that the highest CVL value was 25.7% for loader operators, while the lowest was 4.41% for crusher operators 7 & 8. Process capability analysis produced a C_p value of 0.60 ($C_p < 1$) and a C_{pk} value of 0.43 ($C_{pk} < 1$), indicating that the operators' work processes did not meet the expected capability standards. Therefore, corrective actions need to be taken by implementing recommendations based on Total Productive Maintenance (TPM) to improve the overall effectiveness of the operators' work and the performance of the production system.

Keywords: Cardiovascular Load, Capability Process, Total Productive Maintenance (TPM)

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya persaingan global, membawa dampak kepada seluruh perusahaan yang ada. Para pemilik perusahaan akan berlomba-lomba untuk memenangkan persaingan dari perusahaan lain. Salah satu departemen di PT. Kaltim Prima Coal adalah Departemen *Coal Preparation Plant & Operation* (CPPO). Departemen ini bertanggung jawab untuk proses pengolahan batu bara agar sesuai dengan spesifikasi dan standar mutu yang telah ditetapkan. Prosesnya terdiri dari proses *crushing* atau penghancuran batu bara agar batu bara yang disimpan memiliki ukuran yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Batu bara yang kotor akan melalui proses pencucian untuk memisahkannya dari material-material lain seperti *clay*. Setelah diproses maka batu bara akan disimpan di *stockpile* dan dikirimkan ke *coal terminal* menggunakan OLC (*overland conveyor*). Semua sistem produksi di departemen CPPO menggunakan mesin yang otomatis dan terintegrasi dengan sistem komputer. Karyawan yang bekerja di departemen CPPO bertindak sebagai operator yang memiliki tugas utama untuk mengawasi kinerja mesin mesin yang ada di departemen CPPO agar proses produksi tetap berjalan lancar. Pada departemen CPPO tugas operator di rolling sehingga tiap karyawan diharapkan mampu untuk mengawasi dan mengoperasikan alat berat yang tersedia di departemen CPPO

Departemen CPPO memiliki 8 buah *crusher*, 6 *crusher* berada di wilayah CPP 1 dan 2 sedangkan 2 sisanya berada di wilayah melawan. Terdapat 2 *control room*, *control room* wilayah CPP 1 dan CPP 2 dan *control room* melawan. Terdapat 1 buah *reclaimer*, 3 unit *dozer*, 3 unit *truck* dan 1 unit *loader*. Karena proses produksi berjalan 24 jam maka digunakan sistem shift untuk para karyawannya. Tiap departemen berisi 3 *crew* yaitu *crew* Alpha, Bravo, dan Charlie tiap *crew* berisi 19 orang yang terdiri dari 4 pimpinan dan 15 operator. Setiap *crew* bekerja dalam satu shift jika *crew* Alpha bekerja pada shift pagi maka *crew* B bekerja pada shift malam sedangkan *crew* Charlie *off* libur berlaku sampai 3 hari kemudian pergantian shift kerja.

Secara umum pekerjaan para operator adalah untuk memastikan dan mengawasi sistem produksi agar tetap lancar dan dapat memenuhi kebutuhan. Tetapi terkadang ketika terjadi *trouble* pada mesin dan sulit untuk ditangani maka operator yang ada akan kewalahan untuk menangani kerusakan mesin dan jika terjadi blok pada pipa, metal tidak tertangkap oleh *overband magnet*. Maka dari itu beban kerja fisik dari tiap operator di departemen CPPO tersebut perlu diperhatikan (Bridger, 2018) (Wilson, 2014).

Oleh karena itu untuk mencari tahu besar beban kerja fisik dari operator di departemen CPPO, maka dilakukan perhitungan terkait beban kerja fisik tersebut kepada operator, yaitu dengan menggunakan metode *cardiovascular load* (CVL). CVL adalah merupakan metode analisis beban kerja fisik yang membandingkan denyut nadi maksimal dengan denyut nadi kerja. Setelah itu, dari hasil perhitungan *cardiovascular load* digunakan untuk menganalisa kinerja operator menggunakan metode *capability process*. *Capability process* digunakan untuk mengukur hubungan kinerja antara proses aktual dengan batas spesifikasi yang diharapkan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas proses dan produktivitas (Kroemer, dkk, 2017).

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT. ABC. Adapun waktu pelaksanaan dari penelitian ini yaitu mulai Bulan Juli hingga Agustus 2022. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif berasal dari observasi pada objek penelitian sedangkan metode kuantitatif didapatkan dari perhitungan data objek penelitian menggunakan metode *cardiovascular load* dan *capability process*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer diperoleh dari hasil observasi/survei langsung ke PT. Kaltim Prima Coal, wawancara langsung operator departemen *coal preparation plant & operation*. Pengambilan data didapatkan dengan survey dan observasi, wawancara dan studi kepustakaan. Observasi dilakukan dengan mengamati langsung dan mencatat data-data yang dibutuhkan secara langsung kepada operator seperti usia, menghitung denyut nadi istirahat dan denyut nadi kerja selama 1 menit. Wawancara dilakukan secara langsung kepada pihak – pihak yang terkait yaitu kepada pembimbing lapangan, manajer dan operator di departemen CPPO. Studi literatur dilakukan dengan membandingkan penelitian-penelitian terdahulu.

Jumlah responden adalah 15 operator yang bertugas di Departemen CPPO. Responden terdiri dari operator pada berbagai posisi kerja, yaitu *control room* CPP 1 & 2, *control room* melawan, *crusher* 1–5, *crusher* 6, *crusher* 7–8, *wash plant*, *reclaimer*, *dozer*, *discard truck*, dan *loader*. Rentang usia responden adalah 31 hingga 51 tahun, dengan lama bekerja antara 3 hingga 15 tahun.. Perhitungan data dilakukan untuk menghitung nilai *cardiovascular load* dan *capability process* apakah hasil perhitungan data pada operator mengalami kelelahan, apakah hasil CVL diperlukan perbaikan atau tidak selanjutnya data dapat

diolah untuk menghitung *capability process* dengan menghitung nilai C_p dan C_{pk} .
CVL dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut (Tarwaka, 2004):

$$\%CVL = \frac{100 \times (\text{denyut nadi kerja} - \text{denyut nadi istirahat})}{\text{denyut ndai maksimum} - \text{denyut nadi istirahat}} \quad (1)$$

Denyut nadi kerja merupakan rata-rata nadi selama bekerja. Denyut nadi istirahat adalah rata-rata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai. Denyut nadi maksimum dibedakan menjadi dua: laki-laki dan perempuan. Denyut nadi maksimum untuk laki-laki adalah 220 dikurangi dengan umur. Sedangkan, denyut nadi maksimum untuk perempuan adalah 200 dikurangi dengan umur. Menurut Mutia (2016) dalam Diniaty (2020), %CVL kurang dari 30% tidak dikategorikan sebagai kelelahan kerja, %CVL antara 30% - 60% memerlukan perbaikan, %CVL antara 60% - 80% adalah pekerjaan dalam waktu singkat, dan %CVL 80% - 100% memerlukan tindakan segera. Apabila %CVL lebih besar dari 100% maka pekerja tidak diperbolehkan untuk beraktivitas sementara waktu (Li, dkk, 2020) (Juran dan Godfrey, 1999).

3. PEMBAHASAN

3.1 *Cardiovascular Load* (CVL)

Data yang dikumpulkan yaitu denyut nadi operator departemen CPPO guna membantu pengolahan data dan analisis beban kerja fisik menggunakan *cardiovascular load*. Hasil *cardiovascular load* departemen CPPO dapat dilihat pada tabel 1.

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan klasifikasi nilai CVL kurang dari 30 berarti operator tidak mengalami kelelahan maka tidak terjadi perbaikan. Berdasarkan hasil pengukuran beban kerja fisik maka telah didapatkan nilai CVL dari masing-masing posisi operator di Departemen CPPO. *Control room* CPP 1&2 memiliki nilai CVL master operator 1 sebesar 6,79 maka tidak terjadi kelelahan dan master operator 2 sebesar 5,21 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan dikarenakan *control room* CPP sebagai pusat informasi di area CPP 1&2 untuk mengkoordinasikan dengan pihak tambang, tanjung bara, bagian *quality control* dan operator CPPO. *Control room* melawan memiliki nilai CVL master operator sebesar 27,22 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan *control room* melawan sebagai pusat informasi di area melawan untuk mengkoordinasikan dengan operator yang bertugas di area melawan.

Tabel 1 Hasil Perhitungan *Cardiovascular Load*

Posisi Pekerja	Usia	DNI Rata-Rata Istirahat (Denyut/menit)	DNK Rata-rata Kerja (Denyut/menit)	Denyut Nadi Maks	%CVL
<i>Control Room</i> CPP	37	80	87	183	6,79
	37	68	74	183	5,21
<i>Control Room</i> Melawan	40	59	90	180	25,61
<i>Crusher</i> 1 sd 5	51	80	101	169	23,59
	37	68	73	183	4,43
<i>Wash Plant</i>	47	80	85	173	5,37
	41	80	98	179	18,18
<i>Reclaimer</i> (PRC, CV04/CV07/CV08)	45	58	64	175	5,12
<i>Crusher</i> 6 (CV01, CV02, CV03, CV05 dan CV06)	31	79	91	189	10,9
<i>Dozer</i> (E288, E422, E532, E577)	38	76	83	182	6,6
	36	83	92	184	8,91
<i>Discard Truck</i> (LT166, LT167)	45	76	81	175	5,05
	47	71	77	173	5,88
<i>Loader</i> F102	33	82	109	187	25,71
<i>Crusher</i> 7 & 8	35	49	55	185	4,41

Crusher 1 sd 5 memiliki nilai CVL operator 1 sebesar 23,59 maka tidak terjadi kelelahan dan operator 2 sebesar 4,43 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan dan memastikan *Crushing Station #1, #2, #3, #4* dan *dirty station* dalam kondisi berfungsi baik, melakukan *clean up areal crusher* di shift pagi menangani masalah pada *crushing station* seperti *thermal, overload* (kemasukan material seperti stone).

Washing plant memiliki nilai CVL operator 1 sebesar 5,37 maka tidak terjadi kelelahan dan operator 2 sebesar 18,18 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan dan memastikan alat di proses *washing plant* dalam kondisi berfungsi baik dan melakukan *controlling* pada panel *screen* setiap satu jam.

Reclaimer memiliki nilai CVL sebesar 5,12 maka tidak terjadi kelelahan kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan peralatan *reclaimer, posisi Reclamer dan boom stacker, boom stacking conveyor, reclaim conveyor, conveyor-04, conveyor-07, conveyor-08* berfungsi dalam kondisi berfungsi baik.

Crusher 6 memiliki nilai CVL sebesar 10,9 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan CPP 2 berfungsi dalam kondisi berfungsi baik.

Dozer (E288, E422, E532, E577) memiliki nilai CVL operator 1 sebesar 6,6 maka tidak terjadi kelelahan dan operator 2 sebesar, 8,91 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan melakukan pemeriksaan saat pergantian *Shift* yaitu *mandatory*, diluar kabin, didalam kabin sehingga *dozer* dapat dioperasikan dalam kondisi baik serta menjalankan unit untuk mendorong batu-bara masuk kedalam *stockpile* dan melebarkan *stockpile*.

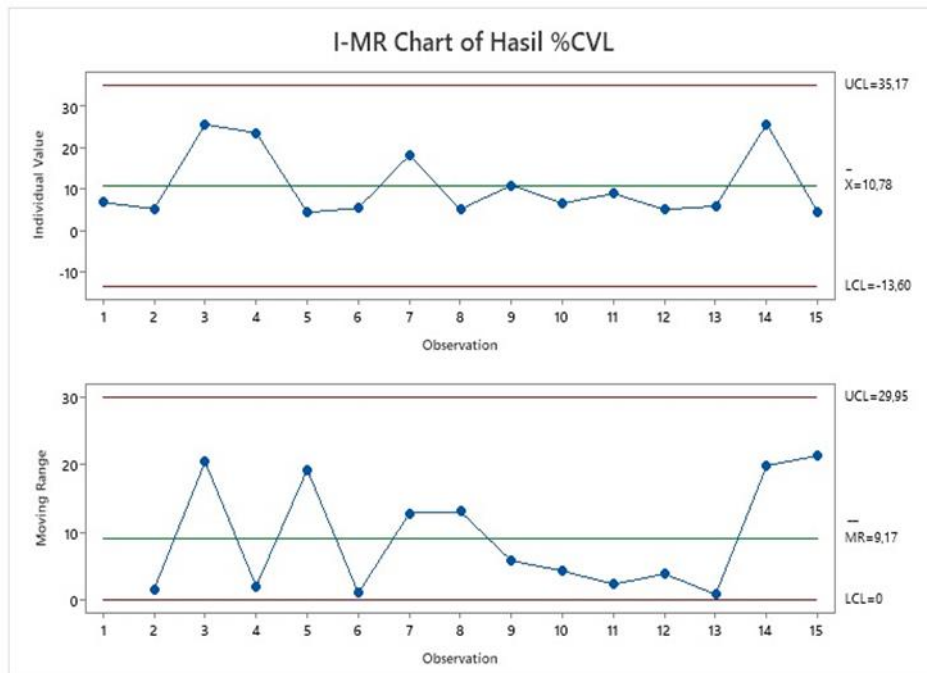
Discard truck (LT166, LT167) memiliki nilai CVL operator 1 sebesar 5,05 maka tidak terjadi kelelahan dan operator 2 sebesar 5,88 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan melakukan pemeriksaan diluar kabin dan didalam kabin apakah dalam keadaan baik atau tidak sehingga *discard truck* dapat dioperasikan dalam kondisi baik serta menjalankan unit untuk melakukan *dumping* yaitu membawa batu putih, *overburden*, hasil proses *discard*.

Loader memiliki nilai CVL sebesar 25,71 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan melakukan pemeriksaan diluar kabin dan didalam kabin apakah dalam keadaan baik atau tidak sehingga *loader* dapat dioperasikan dalam kondisi baik serta menjalankan unit untuk membawa hasil batu bara *oversize* ke *discard truck (LT166, LT167)* menuju *stockpile* dan memuat batu putih, *overburden* ke *discard truck (LT166, LT167)*.

Crusher 7 & 8 memiliki nilai CVL operator sebesar 4,41 maka tidak terjadi kelelahan karena kegiatan tersebut tidak memakan kerja fisik tinggi dikarenakan pekerjaan yang dilakukan pemeriksaan serta memastikan *crushing Station #7, #8* berfungsi dalam kondisi berfungsi baik.

Secara keseluruhan, seluruh nilai CVL berada di bawah 30%, sehingga dapat dikategorikan bahwa operator tidak mengalami kelelahan fisik yang berlebihan. Perbedaan nilai CVL antar posisi kerja lebih dipengaruhi oleh variasi jenis tugas, intensitas aktivitas fisik, serta lingkungan kerja yang dihadapi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan operator di Departemen CPPO umumnya masih dalam batas aman dari segi beban kerja fisik. Meski demikian, adanya variasi nilai CVL antar posisi mengindikasikan bahwa beberapa jenis pekerjaan memiliki potensi beban fisik lebih tinggi. Berdasarkan hasil CVL, tidak ada indikasi kelelahan fisik yang signifikan pada operator. Namun, untuk posisi dengan CVL relatif tinggi (*loader* dan *crusher*), tetap diperlukan langkah preventif guna menjaga kondisi kerja operator dalam jangka panjang.

3.2 Grafik Kendali



Gambar 1. I-MR Chart Hasil %CVL (Penulis)

Pada grafik I-MR chart hasil %CVL menunjukkan bahwa pada kondisi ini pada *individual value* $\bar{x} = 10,78$, UCL = 35,17, LCL = -13,60 sedangkan pada *moving range* $\bar{x} = 9,17$, UCL = 29,95 , LCL = 0. Diperoleh hasil %CVL yang masih didalam kendali dikarenakan tidak diperoleh hasil %CVL diatas 30 sehingga tidak ada yang keluar batas atas maupun batas bawah.

3.3 Capability Process

Berdasarkan gambar 4.3 *process capability* hasil %CVI dapat dilihat bentuk histogram diperoleh $C_p = 0,60$ sehingga $C_p < 1$ maka harus dilakukan tindakan perbaikan untuk meningkatkan nilai C_p Sedangkan dari $C_{pk} = 0,43$ sehingga $C_{pk} < 1$ menunjukkan bahwa proses berjalan tidak sesuai, yang berarti tugas atau pekerjaan operator dapat ditingkatkan lagi (Nagata dan Yamamoto, 2015).

4. DISKUSI

Hasil analisis kontrol kualitas menunjukkan bahwa proses produksi belum mencapai kapabilitas yang diharapkan. nilai C_p sebesar 0,60 dan C_{pk} sebesar 0,43 atau lebih kecil dari sehingga proses dinyatakan belum memenuhi spesifikasi. Menurut Putri dan Rimantho (2022), nilai C_p dan C_{pk} kurang dari 1 proses belum memiliki kapabilitas proses yang baik atau proses belum memenuhi spesifikasi. Adapun Montgomery (2009), memberikan angka 1.33, sehingga proses berada dalam batas toleransi yang baik apabila nilai C_{pk} lebih besar dari angka tersebut. Pratama dan Susanti (2018) menyatakan bahwa jika nilai C_{pk} lebih kecil dari C_p , proses tidak terpusat pada target spesifikasi yang diinginkan. Hal ini sejalan dengan teori yang menegaskan bahwa proses dengan simpangan baku (σ) besar (tidak stabil) akan menghasilkan nilai C_p dan C_{pk} rendah, sehingga proses belum mampu menghasilkan output sesuai spesifikasi (Wu, Pearn dan Kotz, 2009). Dengan demikian, temuan penelitian ini terkait nilai C_p dan C_{pk} mendukung landasan teori tersebut.

Beberapa studi lain di berbagai sektor seperti produksi kantong semen, produksi pakan udang, hingga pengendalian kualitas air limbah farmasi (Rimantho dan Athiyah, 2019; Putri dan Rimantho, 2022; Artawidia dan Handayani, 2024) dengan nilai C_p dan C_{pk} kurang dari 1 mengkategorikan temuannya sebagai proses yang belum mencapai standar kapabilitas yang diharapkan. Dengan demikian, perlunya perbaikan untuk meningkatkan stabilitas proses sehingga nilai C_p dan C_{pk} menjadi ≥ 1 (Chan dan Kumar (2019).

5. KESIMPULAN

Setelah mendapatkan hasil dan juga melakukan pembahasan mengenai beban kerja fisik operator dengan menggunakan metode *cardiovascular load* ini maka ada beberapa kesimpulan yang didapatkan diantaranya adalah:

Perhitungan beban kerja fisik pada operator di departemen CPPO metode Cardiovascular Load

(CVL) tertinggi pada *Loader* memiliki nilai CVL sebesar 25,71 dengan klasifikasi tidak terjadi kelelahan dan Perhitungan beban kerja fisik terendah *crusher* 7 & 8 memiliki nilai CVL operator sebesar 4,41 dengan klasifikasi maka tidak terjadi kelelahan.

Dari perhitungan *capability process* di peroleh nilai indeks C_p , C_{pk} , C_{pu} , dan C_{pl} , dari hasil %CVL berdasarkan posisi kerja berturut-turut adalah sebesar 0,60; 0,43; 0,77; dan 0,43 hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi yang terjadi dari hasil %CVL pada operator di departemen CPPO diperlukan tindakan perbaikan untuk meningkatkan nilai C_p dan dari hasil C_{pk} menunjukkan bahwa tugas atau pekerjaan operator dapat ditingkatkan lagi yaitu dengan dilakukan rekomendasi yaitu beberapa contoh alternatif yang dapat dilakukan operator yang diberikan berdasarkan *Total Productive Maintenance* (TPM).

6. REFERENSI

- Artawidia, IDPAR. dan Handayani, NU. 2024). Analisis Kapabilitas Proses Produksi Pakan Udang Dengan Metode Statistical Process Control Pada PT CPB, *Industrial Engineering Online Journal*, 13(1).
- Bridger, RS. 2018. *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. CRC Press.
- Chan, FTS. dan Kumar, N. 2019. Implementing TPM in manufacturing industries: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(2), hlm. 235–252.
- Diniaty. 2020. Analisis Beban Kerja Fisik Dan Mental Karyawan Lantai Produksi Dipt Pesona Laut Kuning, *Jurnal Sains, Teknologi, dan Industri*, 13(2), hal. 203–210. Tersedia pada: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/1735>.
- Juran, JM. dan Godfrey, AB. 1999. *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- Kroemer, KHE., Kroemer, HJ., dan Kroemer-Elbert, KE. 2017. *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. Pearson.
- Li, G., Jiang, J., dan Xu, Z. 2020. Workload assessment in mining operations using physiological measures. *Safety Science*, 130, hlm. 104–112.
- Montgomery, DC. 2009. *Introduction to statistical quality control*. John wiley & sons.
- Mutia, M. 2016. Pengukuran Beban Kerja Fisiologis dan Psikologis pada Operator Pemetikan Teh dan Operator Produksi Teh Hijau di PTMitra Kerinci, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 13(1), hal. 503–517. Tersedia pada: <https://doi.org/10.25077/josi.v13.n1.p503-517.2014>.
- Nagata, H. dan Yamamoto, H. 2015. Application of process capability indices in quality improvement. *International Journal of Production Research*, 53(2), hlm. 456–470.
- Pratama, Y. dan Susanti, LH. 2018. Kapabilitas Proses Mesin Pengemas Produk Pangan Bubuk: Studi Kasus pada Produk Tepung Terigu, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1).
- Putri, DE. dan Rimantho, D. 2022. Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Kapabilitas Proses Produksi Kantong Semen, *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(1), hal. 35–42.
- Rimantho, D. dan Athiyah, A. 2019. Analisis Kapabilitas Proses Untuk Pengendalian Kualitas Air Limbah Di Industri Farmasi, *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 11(1), hal. 1–8.
- Wilson, JR. 2014. *Fundamentals of Systems Ergonomics*. CRC Press.
- Wu, CW., Pearn, WL. dan Kotz, S. 2009. An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance, *International journal of production economics*, 117(2), hal. 338–359.