

EVALUASI BEBAN KERJA MENTAL DAN FISIK PADA PROSES PENGECEKAN KECATATAN PIPA

Arnes Faradilla¹, Pudji Astuti², Muhammad Ihza Alayvrin³

^{1,2,3} Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Email: arnes.faradilla@trisakti.ac.id¹, pudji.astuti@trisakti.ac.id², ihzaalayvrin@gmail.com³

ABSTRACT

The workload in ergonomics is divided into two parts, namely the mental load and the physical load. The mental load is a workload related to cognitive, perception, and concentration, while the physical load is related to human physical activity. The pipe checking process carried out by 3 operators at PT Bakrie Pipe Industries requires high concentration. This operator must check for pipe defects which are done for 8 hours per day and are repetitive. The purpose of this study was to measure the mental and physical load on operators using NASA-TLX and energy consumption methods. This research was conducted starting with observing and interviewing the operator, then distributing the NASA-TLX questionnaire and measuring the pulse. The results showed that the three operators had a high mental and physical burden, especially operator 3 who was older than the other operators. There is a relationship between age and the activities carried out so that it can cause differences, although not too significant. The need for immediate repairs in this work is due to manual work to check pipe defects without any tools, causing excessive stress and fatigue to the operator.

Keywords: *mental workload, physical workload, NASA-TLX, energy consumption, workload*

ABSTRAK

Beban kerja dalam ergonomi dibagi menjadi dua bagian yaitu beban mental dan beban fisik. Beban mental merupakan beban kerja yang berkaitan dengan kognitif, persepsi dan konsentrasi, sedangkan beban fisik berkaitan dengan aktivitas fisik manusia. Proses pengecekan pipa yang dilakukan oleh 3 orang operator di PT Bakrie Pipe Industries membutuhkan konsentrasi yang tinggi. Operator ini harus mengecek kecacatan pipa yang dilakukan selama 8 jam per hari dan repetitif. Tujuan penelitian ini untuk mengukur beban mental dan fisik pada operator menggunakan NASA-TLX dan metode konsumsi energi. Penelitian ini dilakukan dimulai dengan melakukan observasi dan wawancara kepada operator, kemudian menyebarkan kuisioner NASA-TLX dan mengukur denyut nadi. Hasil penelitian diperoleh bahwa ketiga operator memiliki beban mental dan fisik yang tinggi terutama pada operator 3 yang memiliki usia lebih tua dari pada operator lainnya. Hal ini ada keterkaitan antara usia dengan aktivitas yang dilakukan, sehingga dapat menyebabkan terjadi perbedaan walaupun tidak terlalu signifikan. Perlunya adanya perbaikan segera pada pekerjaan ini dikarenakan pekerjaan yang dilakukan manual untuk mengecek kecacatan pipa tanpa ada alat bantu, sehingga menimbulkan stres dan kelelahan yang berlebih pada operator.

Kata kunci: *beban mental, beban fisik, NASA TLX, konsumsi energi, beban kerja*

Pendahuluan

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari tentang keterbatasan manusia yang berkaitan dengan fisik dan kognitif manusia. Pekerjaan yang berat dapat menyebabkan tingginya beban kerja pada operator. Beban kerja dari aspek ergonomi dibagi menjadi dua yaitu beban mental dan beban fisik [1]. Beban fisik berkaitan dengan aktivitas berlebih ataupun posisi tubuh yang tidak normal. Sedangkan beban mental berkaitan dengan kognitif, persepsi, dan konsentrasi. Penelitian tentang beban kerja sangat dibutuhkan untuk menghindari risiko ergonomi yang membahayakan [2].

PT Bakrie Pipe Industries merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pipa baja seperti *oil & gas pipeline, water line, piling pipe, telephone pole, dan structural pipe*. Proses pembuatan pipa dilakukan dengan cukup rumit dimulai dengan membuka gulungan coil, kemudian meratakan strip gulungan pipa. Selanjutnya dilakukan pemotongan ujung plat dengan cara menggantung ujung strip agar rata dan lurus, sehingga dapat digabung dengan strip lainnya. Setelah itu, dilakukan jointing plat untuk menyambung ujung plat dan dilakukan proses forming. Proses ini bertujuan untuk membentuk plat menjadi berbentuk pipa. Tahapan selanjutnya yaitu, jika strip telah dirubah menjadi pipa, maka diberikan nomor seri untuk memudahkan pengecekan akhir. Pada tahapan

ini, pipa akan dicek apakah terdapat kecacatan yang dilakukan secara manual dan repetitif. Pengecekan pipa dilakukan oleh 3 orang operator dengan panjang pipa 15 meter. Setiap operator diharuskan untuk mengecek selama 30 menit dengan durasi kerja 8 jam per hari.

Berdasarkan identifikasi awal dengan melakukan observasi langsung dan wawancara diperoleh hasil bahwa operator mengalami kelelahan, sakit pada mata, pusing, dan stres. Hal ini berkaitan dengan pekerjaan yang mengharuskan untuk berkonsentrasi dan ketelitian yang tinggi. Hasil observasi awal dengan melakukan pengukuran denyut nadi operator diperoleh nilai 100-135/menit dengan kategori tinggi. Padahal denyut nadi normal orang dewasa berkisar antara 60-100/menit. Berdasarkan hasil observasi tersebut, tujuan pada penelitian ini yaitu mengukur beban mental dan fisik pada operator. Pengukuran beban mental dilakukan dengan menggunakan metode NASA-TLX [3]. Metode ini banyak digunakan untuk mengukur beban mental pekerja secara subyektif [4]. Selain itu, metode ini dapat digunakan untuk mengukur beban mental dengan mudah pada berbagai bidang [5]. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa NASA-TLX dapat mengukur beban mental pada operator. Penelitian ini mengukur beban mental menggunakan NASA-TLX digabungkan dengan work sampling untuk mengukur beban fisik pada karyawan Universitas di Jawa Timur [6]. Hasil penelitian menunjukkan, karyawan yang memiliki posisi strategis di Universitas memiliki beban mental lebih tinggi dibanding lainnya.

Konsumsi energi sering digunakan untuk mengukur beban fisik dari operator [7]. Metode ini digunakan dengan mengukur denyut nadi operator selama bekerja untuk melihat berapa jumlah konsumsi energi yang digunakan selama melakukan aktivitas fisik [8]. Metode ini merupakan metode sederhana yang banyak digunakan oleh berbagai peneliti untuk mengukur beban fisik manusia. Cara pengukuran konsumsi energi menggunakan denyut nadi pada saat bekerja .

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proses pengecekan lantai produksi VAI 4 dengan melibatkan semua operator yang berjumlah 3 orang. Penelitian dimulai dengan melakukan observasi pendahuluan, kemudian menyebarkan kuisioner NASA-TLX kepada 3 orang operator. Setelah itu, melakukan pengukuran kadar oksigen yang dikonsumsi operator selama melakukan pekerjaan. Jika data telah terkumpul, maka dilakukan analisis permasalahan berdasarkan beban mental dan fisik yang ditemukan. Metode NASA-TLX memiliki 6 dimensi pengukuran yang dapat mengukur *mental demand (MD)*, *physical demand (PD)*, *temporal demand (TD)*, *performance (OP)*, *effort (EF)* and *frustration level (FR)* [9]. Berikut merupakan pengukuran dari setiap dimensi:

1. MD merupakan dimensi yang mengukur beban mental yang dirasakan oleh operator
2. PD merupakan dimensi untuk mengukur seberapa besar aktivitas fisik yang dilakukan operator
3. TD merupakan dimensi terkait dengan tekanan yang dirasakan operator seperti pekerjaan yang terburu-buru atau tidak
4. OP merupakan dimensi untuk mengukur performansi operator selama bekerja apakah baik, kurang atau buruk
5. EF merupakan dimensi yang digunakan untuk mengukur seberapa besar tenaga yang dikeluarkan operator selama melakukan pekerjaan
6. FR merupakan dimensi yang digunakan untuk mengukur tingkat stres yang dirasakan operator

Setelah mengetahui definisi dari setiap dimensi, kemudian diberikan rating untuk menilai masing-masing dimensi sesuai apa yang dirasakan operator. Tabel 1 menunjukkan skala rating yang digunakan pada kuisioner NASA-TLX.

Operator	Rating
MD	Tinggi-Rendah
PD	Tinggi-Rendah
TD	Tinggi-Rendah
OP	Tinggi-Rendah
EF	Tinggi-Rendah
FR	Baik-Buruk

Kuisisioner NASA-TLX diisi oleh operator secara subyektif karena hanya berdasarkan apa yang dirasakan oleh setiap operator. Sehingga, setiap operator dapat memiliki hasil yang berbeda. Setelah mengisi kuisisioner NASA-TLX, kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data terhadap pengukuran tersebut.

Beberapa tahapan yang digunakan untuk melakukan pengukuran beban mental menggunakan NASA-TLX yaitu pembobotan, rating, menghitung nilai produk, WWL dan menghitung nilai rata-rata WWL. Nilai rata-rata WWL digunakan untuk melihat kategori pekerjaan apakah memiliki beban mental yang tinggi, sedang atau rendah. Skala yang digunakan untuk menghitung apakah pekerjaan ini termasuk kategori tinggi, sedang atau rendah berdasarkan nilai WWL, dilihat dari jika rendah (0-9), sedang (10-29), agak tinggi (30-49), tinggi (50-79), dan sangat tinggi (80-100). Kategori ini menjadi rujukan untuk menilai apakah pekerjaan ini membutuhkan perbaikan atau tidak.

Kemudian dilanjutkan dengan mengukur beban fisik operator menggunakan konsumsi energi. Pengukuran ini melihat beban fisik operator berdasarkan nilai konsumsi energi. Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur denyut nadi kerja operator dengan menghitung denyut nadi per menitnya [7]. Rumus yang digunakan pada perhitungan konsumsi energi dapat terlihat pada Rumus 1.

$$Y = 2,5 \left(\frac{x - \text{denyut jantung normal}}{25} \right) \times 2,5 \quad (1)$$

Keterangan :

y = konsumsi energi (kkal/menit)
 x = denyut nadi kerja (detak/menit)

Tabel 2. Klasifikasi Kerja Konsumsi Energi

Tingkat Kerja	Konsumsi Energi
Ringan	<2.5
Sedang	2.5-5.0
Berat	5.0-7.5
Sangat Berat	7.5-10
Luar Biasa Berat	10.12.5

Tabel 2 merupakan klasifikasi kerja konsumsi energi untuk melihat kategori pekerjaan terhadap beban fisiknya. Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan, langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengkategorian dan analisis permasalahan. Jika pekerjaan operator memiliki beban mental dan fisik yang rendah, maka tidak dibutuhkan usulan perbaikan, tetapi jika tinggi maka dibutuhkan usulan perbaikan yang sesuai dengan kondisi pekerja.

Hasil dan Pembahasan

Responden yang digunakan berjumlah 3 orang dengan karakteristik pria, usia antara 36-46 tahun. Tabel 1 menunjukkan karakteristik responden yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. Klasifikasi Kerja Konsumsi Energi

No	Kategori Usia (Tahun)	Jenis Kelamin
1	36	Pria
2	40	Pria
3	46	Pria

Pada perhitungan beban mental menggunakan NASA-TLX, dengan tahapan pembobotan, rating, menghitung nilai produk dan WWL. Tabel 4 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan rating menggunakan kuisisioner NASA-TLX pada 3 operator.

Tabel 4. Rekapitulasi Rating NASA-TLX

Operator	MD	PD	TD	OP	EF	FR
1	90	85	75	80	80	80
2	90	80	80	75	90	80
3	85	95	70	80	80	80

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh data bahwa range hasil rating pada ketiga operator berkisar antara 70-95. Tahapan selanjutnya dihitung WWL dari masing-masing operator seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan NASA-TLX

Operator	MD	PD	TD	OP	EF	FR	Rata-Rata WWL	Klasifikasi
1	270	340	75	0	160	400	83	Tinggi
2	270	400	0	75	180	320	83	Tinggi
3	340	380	70	0	240	240	84.67	Tinggi

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh bahwa ketiga operator memiliki kategori beban mental tinggi dengan dimensi tertinggi pada operator 1 yaitu frustrasi (FR), operator 2 yaitu beban fisik (PD) dan operator 3 yaitu beban fisik (PD).

Perhitungan selanjutnya yaitu menghitung beban fisik menggunakan metode konsumsi energi. Tabel 6 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan konsumsi energi pada operator.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Konsumsi Energi

Operator	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4
1	6.8	6.5	7.2	5.3
2	6.5	5.8	7.7	5.9
3	7	7.3	7.8	6.7

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa nilai konsumsi energi ketiga operator selama 4 hari lebih dari 5, sehingga dikategorikan dalam pekerjaan yang berat. Kesimpulan dari kedua perhitungan beban mental dan fisik yaitu pekerjaan ini memiliki tingkat risiko beban mental dan fisik yang tinggi. Jika dilihat dari ketiga operator, operator 3 cenderung memiliki nilai rata-rata WWL dan konsumsi energi yang lebih tinggi dari operator 1 dan 2. Usia merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi atau rendahnya beban mental dan fisik seseorang walaupun dihadapkan pada aktivitas fisik dan jenis kelamin yang sama [10]. Operator 1 memiliki usia 46 yaitu lebih tua dari pada kedua operator lainnya.

Ketiga operator rata-rata memiliki kesamaan pada beban mental yaitu memiliki dimensi beban fisik dan frustrasi yang tinggi. Beban mental memiliki kaitan erat dengan peningkatan frustrasi pada seseorang [11]. Frustrasi pada operator dapat menurunkan tingkat performansi dan produktivitas kerja [12]. Sehingga, produktivitas kerja pada seseorang sangat dipengaruhi oleh beban mental dan fisik lebih dari 80% [13]. Aktivitas yang dilakukan dengan mengecek satu per satu pipa selama 8 jam sehari dengan durasi 30 menit per pipa dan repetitif ternyata dapat menyebabkan stres dan beban fisik meningkat sehingga mempengaruhi kemampuan bekerja [14]. Pekerjaan yang memiliki konsistensi yang tinggi memiliki beban mental yang tinggi [15]. Hal ini juga dibuktikan dengan konsumsi energi yang tinggi pada ketiga operator. Pekerjaan manual membutuhkan tingkat konsentrasi yang tinggi dengan hanya mengandalkan usaha dari operator. Denyut nadi dan konsumsi energi juga dapat meningkat jika dipengaruhi oleh suhu, berat badan dan aktivitas manusia yang dilakukan. Pekerjaan mengecek pipa dilakukan diluar ruangan dengan durasi yang lama sehingga dapat menyebabkan risiko beban fisik yang tinggi.

Simpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu pekerjaan mengecek pipa yang dilakukan pada 3 operator selama 8 jam per hari dengan gerakan repetitif tanpa alat bantu memiliki tingkat beban mental dan fisik yang tinggi. Operator 3 memiliki kecenderungan beban mental dan fisik yang lebih tinggi dibandingkan kedua operator lainnya dikarenakan memiliki usia yang lebih tua dari yg lain. Usia merupakan salah satu faktor penentu tinggi atau rendahnya beban mental dan fisik pada manusia. Semakin tua usia seseorang maka, kerja jantung dan paru-paru akan lebih lambat sehingga dapat mempengaruhi performansi seseorang. Berdasarkan permasalahan dan analisa tersebut, untuk penelitian selanjutnya dibutuhkan usulan perbaikan agar mempermudah pekerjaan operator untuk mengecek kecatatan pipa agar dapat menurunkan beban mental dan fisik.

Daftar Pustaka

- [1] D. P. Restuputri, A. K. Pangesti, and A. K. Garside, "The measurement of Physical Workload and Mental Workload Level of Medical Personnel," *J. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 1, p. 34, 2019, doi: 10.22219/jtiumm.vol20.no1.34-44.
- [2] J. Reaves, T. Flavin, B. Mitra, and K. Mahantesh, "Assessment And Application of EEG : A Literature Review Journal of Applied Assessment And Application of EEG : A Literature Review," no. August, 2021.
- [3] S. G. Hart, "NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later," *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc.*, pp. 904–908, 2006, doi: 10.1177/154193120605000909.
- [4] A. Şeker, "Using outputs of NASA-TLX for building a mental workload expert system," *Gazi Univ. J. Sci.*, vol. 27, no. 4, pp. 1132–1142, 2014.
- [5] S. G. Hart and L. E. Staveland, "Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research," *Adv. Psychol.*, vol. 52, no. C, pp. 139–183, 1988, doi: 10.1016/S0166-4115(08)62386-9.
- [6] W. Widiasih and H. Nuha, "Workload Analysis Using Work Sampling and NASA-TLX for Employee of Private University in Surabaya," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 134–141, 2019, doi: 10.23917/jiti.v18i2.8247.
- [7] A. E. Draghici and J. A. Taylor, "The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans," *J. Physiol. Anthropol.*, vol. 35, no. 1, 2016, doi: 10.1186/s40101-016-0113-7.
- [8] S. A. Mulia, "Work Fatigue based on Workload and Calories Intake in Several Food Makers," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 8, no. 2, p. 158, 2019, doi: 10.20473/ijosh.v8i2.2019.158-167.
- [9] A. Faradilla, J. Rivai, and D. M. Safitri, "Pemilihan Intervensi Ergonomi untuk Mengurangi Beban Kerja Mental pada Operator," *Teknoin*, vol. 25, no. 2, pp. 104–111, 2019, doi: 10.20885/teknoin.vol25.iss2.art4.
- [10] B. Schlorholtz and F. Schieber, "Assessment of age differences in mental workload while driving using verbal versus visual-spatial subsidiary tasks," *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc.*, no. July, pp. 2378–2382, 2006, doi: 10.1177/154193120605002206.
- [11] A. Ozkan, M. Ozdevecioglu, Y. Kaya, and F. Ö. Koç, "Effects of mental workloads on depression-anger symptoms and interpersonal sensitivities of accounting professionals," *Rev. Contab. Account. Rev.*, vol. 18, no. 2, pp. 194–199, 2015, doi: 10.1016/j.rcsar.2014.06.005.
- [12] E. Mauriz, S. Caloca-Amber, L. Córdoba-Murga, and A. M. Vázquez-Casares, "Effect of psychophysiological stress and socio-emotional competencies on the clinical performance of nursing students during a simulation practice," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 10, 2021, doi: 10.3390/ijerph18105448.
- [13] E. Nurmasari, M. Ushada, and E. Suwondo, "Analysis of the influence of physical and mental workload on worker productivity in bakery SME," *Digit. Press Life Sci.*, vol. 1, p. 00004, 2018, doi: 10.29037/digitalpress.21248.
- [14] F. K. Ghanavati, A. Choobineh, S. Keshavarzi, A. A. Nasihatkon, and A. S. J. Roodbandi, "Assessment of mental workload and its association with work ability in control room operators," *Med. del Lav.*, vol. 110, no. 5, pp. 389–397, 2019, doi: 10.23749/mdl.v110i5.8115.
- [15] S. Safari, J. Akbari, M. Kazemi, M. A. Mououdi, and B. Mahaki, "Personnel's health surveillance at work: Effect of age, body mass index, and shift work on mental workload and work ability index," *J. Environ. Public Health*, vol. 2013, 2013, doi: 10.1155/2013/289498.