

Model *Fuzzy* AHP Sebagai Sistem Pengambilan Keputusan Dalam Pemilihan Alternatif Getaran Lengan-Tangan Pada Operator *Impact Drill* (Studi Kasus: Perusahaan Pembuatan Beton)

Laurentia Agatha Tamba^{1*}, Galih Anindita², dan Haidar Natsir Amrullah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: laurentiatamba@gmail.com

Abstrak

Impact drill merupakan alat yang digunakan untuk mengencangkan maupun melepaskan baut pada cetakan *spunpile* dalam proses pembuatan beton. Salah satu emisi yang dikeluarkan oleh *impact drill* adalah getaran lengan-tangan. Tujuan dari penelitian ini adalah penggunaan *Fuzzy* AHP dalam pemilihan pengendalian getaran lengan-tangan pada operator *impact drill*. *Fuzzy* AHP merupakan metode pemilihan keputusan yang digunakan untuk memilih alternatif menurut bobot prioritasnya dengan memperhatikan beberapa kriteria sesuai dengan keinginan perusahaan. Penelitian dimulai melakukan *brain storming* dengan manajemen perusahaan untuk menentukan kriteria dan alternatif dengan berpedoman pada penelitian sebelumnya. Selanjutnya, peneliti menyebarkan kuesioner AHP dan dilakukan perhitungan consistency ratio untuk memastikan data telah valid. Langkah terakhir adalah perhitungan *Fuzzy* AHP yang digunakan untuk menentukan bobot prioritas dari setiap alternatif. Hasil menunjukkan bahwa peneliti menemukan paparan getaran pada operator *impact drill* pada dua area kerja telah melebihi nilai ambang batas dan data yang telah didapatkan dari kuesioner telah valid karena memiliki hasil $> 0,1$. Terakhir, ditemukan bahwa pengendalian dengan cara pemberian peredam memiliki bobot prioritas tertinggi (47.7%), diikuti dengan pergantian material pada handle (41.8%), perubahan mekanik (5.9%), dan pergantian material pada komponen (4.5%).

Kata Kunci: bobot prioritas, consistency ratio, fuzzy AHP, getaran lengan-tangan, impact drill

Abstract

Impact drill is a tool that used to tighten or loosen the bolt on *spunpile's* mold in the concrete manufacturing process. One of the emissions released by the *impact drill* is hand-arm vibration. The purpose of this study is to use *Fuzzy* AHP in the selection of hand-arm vibration control for *impact drill* operators. *Fuzzy* AHP is a decision selection method used to select alternative(s) according to their priority weights by taking into account several criteria in accordance with the company needs. The research was started by brainstorming with management company to determine criterias and alternatives based on the previous research. The researcher distributed the AHP questionnaire and calculated the consistency ratio to ensure the data was valid. The last step is the *Fuzzy* AHP calculation which is used to determine the priority weight of each alternative. The results showed that the researcher found that the hand-arm vibration exposure of the *impact drill* operators in the two work areas had exceeded the threshold value and the data obtained from the questionnaire is valid because the results is > 0.1 . Lastly, it was found that alternative by applying a damper to the tool has the highest priority weight (47.7%), followed by changes to material of handles (41.8%), changes to machine mechanic(5.9%), and changes to material of other components (4.5 %)

Keywords: consistency ratio, fuzzy AHP, hand-arm vibration, impact drill, priority weight

1. PENDAHULUAN

Pembangunan nasional Indonesia dalam bidang industri sudah berkembang dengan pesat sesuai dengan permintaan produk yang meningkat oleh masyarakat dan diimbangi dengan pendirian pabrik yang banyak menyerap tenaga kerja. Sebuah perusahaan manufaktur yang berada di Sidoarjo merupakan salah satu industri manufaktur beton terbesar di Indonesia. Beberapa beton *precast* yang dihasilkan oleh perusahaan ini antara lain adalah *spunpile*, *squarepile*, dan girder. Dengan tingginya permintaan produksi tentu terdapat beberapa tahapan yang menggunakan mesin berisiko tinggi. Salah satu mesin yang digunakan oleh pekerja dalam jangka

panjang adalah *Impact drill*.

Impact drill merupakan mesin yang biasa digunakan oleh pekerja untuk mengebor maupun menyekrup setting dengan kuat. Namun tidak jarang, sebagian dari kekuatan mesin disalurkan ke tubuh pekerja atau lainnya dalam bentuk getaran mekanis. Menurut UNI EN ISO 5349-1 (2014), mesin yang dapat menghasilkan getaran merupakan mesin portabel yang dipegang oleh karyawan di pabrik dalam pengerjaan logam, industri pertambangan, sektor konstruksi, pengolahan batu. Dalam jurnal Hagberg (2002), pekerja yang terekspos oleh getaran lengan-tangan dalam jangka panjang juga akan terpapar faktor risiko terjadinya *musculoskeletal disorder* ataupun *Hand-arm vibration syndrome* (HAVS).

HAVS merupakan kondisi yang kompleks dan berpotensi satu atau lebih neurologis spesifik, fitur vaskular dan muskuloskeletal, yang berkaitan dengan paparan mesin genggam (Heaver et al., 2011). Faktor yang dapat menyebabkan risiko tersebut adalah kekuatan genggam, postur tubuh yang tidak netral, gerakan 2 berulang, penanganan materi secara manual dan faktor psikososial. Pada mesin *impact drill* ini biasa digunakan saat melakukan *setting moulding*, proses *stressing*, dan pembukaan *moulding* dimana tiap harinya perusahaan dapat menghasilkan produk *spunpile* sebanyak enam puluh empat batang per harinya. Demi menghindari risiko yang akan diterima oleh pekerja dan perusahaan, maka pengusaha perlu melakukan perbaikan baik dalam segi alat maupun manusia.

Dalam kasus ini, perusahaan tentu telah melakukan pengendalian terhadap getaran dengan melakukan penilaian risiko menggunakan HIRADC, namun dalam pemberian rekomendasi dirasa belum maksimal. Rekomendasi yang diberikan saat ini adalah *safety briefing*, pengawasan, dan juga pengadaan alat pelindung diri. Namun nyatanya dikarenakan area yang perlu diawasi yang cukup luas, pihak K3 lapangan tidak bisa mengawasi satu area tertentu secara terus menerus. Selain itu penggunaan alat pelindung diri tidak bisa menghilangkan emisi sisa dari mesin. Sehingga diperlukan usaha lainnya dalam mengurangi emisi getaran.

Dalam jurnal Carra,dkk (2019), emisi getaran lengan-tangan pada mesin dapat berkurang dengan cara memberi proteksi tambahan pada mesin (dan komponen keselamatan) secara akurat dan mempertimbangkan faktor kontingen tambahan seperti durasi penggunaan, postur, beban tambahan, dan lain sebagainya. Dengan adanya berbagai alternatif yang ada, maka perusahaan tentu akan mengalami kesulitan dalam memilih keputusan yang tepat. Metode pengambilan keputusan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Menurut Saaty (1988), AHP merupakan metode analisis multi-kriteria yang memungkinkan untuk memilih salah satu alternatif dari himpunan di mana terdapat beberapa kriteria keputusan yang terlibat, dan untuk menentukan prioritas dari alternatif yang tersedia sekaligus melakukan analisis perbandingan berpasangan dari masing-masing kriteria sesuai dengan keinginan responden. Dengan penilaian kuantitatif dan evaluasi komprehensif memberi pembuat keputusan memiliki informasi yang cukup untuk membuat keputusan yang sesuai serta mengurangi resiko membuat keputusan yang salah dan tidak hanya menguntungkan salah satu pihak saja (Ho & Chen, 2017). Namun, metode AHP masih memiliki kekurangan. Masalah muncul karena ketidakjelasan dan ketidakpastian pada pembuat keputusan yang membuat keakuratan perbandingan pasangan dalam AHP konvensional tampak tidak cukup dan tidak tepat untuk menangkap penilaian yang tepat karena umumnya penilaian didasarkan pada subjektifitas masing-masing. Sehingga penilaian yang diberikan oleh ahli masih tidak pasti (bersifat *Fuzzy* = kabur atau tidak jelas). Sehingga untuk memperkuat hasil dari AHP maka logika bilangan *Fuzzy* digabungkan dalam perbandingan AHP untuk menutupi kekurangan ini.

Fuzzy AHP dirancang untuk menutupi kelemahan AHP, yaitu pada permasalahan dimana terdapat kriteria bersifat subjektif lebih banyak (Rahardjo & Sutapa, 2002). Selain itu, kelemahan dari AHP adalah penentuan bobot tidak dapat digunakan untuk permasalahan data yang tidak pasti dan ketidaktelitian dalam menentukan keputusan yang bersumber dari pernyataan pemikiran manusia. Oleh karena itu, pernyataan perbandingan pada metode AHP dikonversi sebagai himpunan *Fuzzy*.

Pada penelitian ini, dilakukan cara pengambilan keputusan secara tepat untuk mengatasi paparan getaran lengan-tangan pada pekerja sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh perusahaan berupa perbaikan baik dalam segi alat maupun manusia untuk mengurangi terjadinya penyakit akibat kerja dengan metode *Fuzzy* AHP.

2. METODOLOGI

Penelitian ini mengambil permasalahan getaran lengan-tangan pada mesin *impact drill*. Proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil data primer dan sekunder dari perusahaan. Tahapan awal yang dilakukan adalah menentukan kriteria dan alternatif pengendalian getaran untuk pembuatan hirarki AHP. Penentuan kriteria dan alternatif dilakukan dengan cara melakukan *brainstroming* dengan pihak internal perusahaan. Kriteria dan alternatif ini akan digunakan untuk melakukan perbandingan berpasangan dan pengambilan kuesioner AHP. Kuesioner AHP akan disebar pada 3 personil K3 perusahaan sebagai pihak yang dianggap sebagai ahli. Bilangan yang digunakan dalam pengisian kuesioner adalah bilangan Saaty yang terdiri dari angka 1-9.

Setelah kuesioner AHP dibuat, maka akan didapatkan nilai perbandingan berpasangan antara kriteria dan nilai perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria. Dari nilai tersebut maka dapat dihitung nilai *consistency ratio*. Nilai CR digunakan untuk membuktikan bahwa kuesioner telah valid.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$IR = \frac{CI}{RI}$$

Kegiatan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan *fuzzy* AHP. Bilangan Saaty terlebih dahulu diubah menjadi bilangan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) milik Chang (1996). Selanjutnya dilakukan perhitungan sintesis *Fuzzy* (Si) pada masing-masing kriteria dan alternatif.

$$Si = \sum_{j=1}^m x \frac{1}{[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{GI}^j]}$$

Nilai Si tersebut digunakan untuk menghitung nilai vektor F-AHP (V) dan nilai ordinat (d'). Nilai ordinat (d') didapatkan dari nilai terkecil Si.

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1 & , \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & , \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{other} \end{cases}$$

$$d'(A_i) = V(S_i \geq S_k)$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai bobot vektor (W') dan normalisasi bobot vektor (W). Nilai bobot vektor (W') didapatkan dengan mengambil nilai minimum dari perbandingan nilai ordinat (d'). Sementara itu normalisasi bobot vektor dapat diperoleh dengan cara tiap elemen bobot vektor (W') dibagi dengan jumlah bobot vektor itu sendiri.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

Terakhir adalah menentukan *ranking* tiap alternatif. Pengurutan alternatif merupakan langkah untuk menemukan keputusan akhir. Pada tahap ini, kegiatan yang akan dilakukan adalah mengalikan bobot (W) prioritas alternatif dengan bobot (W) prioritas lokal (bobot kriteria) dan dijumlahkan tiap elemen alternatif dalam level yang dipengaruhi kriteria. Alternatif dengan peringkat teratas adalahnya alternatif yang dianggap sesuai dengan permintaan dan kriteria yang diberikan perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

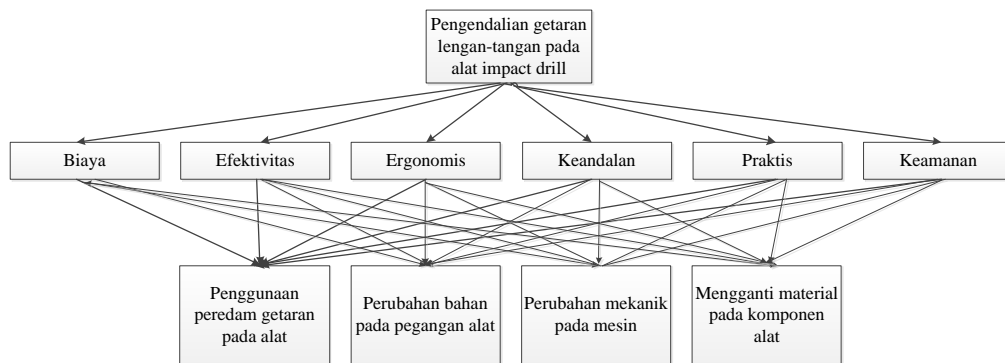
Penelitian dimulai dengan menentukan kriteria dan alternatif pengendalian. Penentuan kriteria dilakukan dengan cara melakukan *brainstroming* antara internal perusahaan dengan peneliti. Pada kegiatan tersebut, peneliti memberikan masukan berupa hasil studi literatur terkait dengan penelitian sebelumnya. Hasilnya didapatkan kriteria dan alternatif sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria dan alternatif pengendalian getaran lengan-tangan

Kriteria	Alternatif
1. Biaya (K1)	1. Penggunaan peredam getaran (A1)
2. Efektivitas (K2)	2. Perubahan bahan pada pegangan alat (A2)
3. Ergonomis (K3)	3. Perubahan mekanik pada mesin (A3)
4. Keandalan (K4)	4. Mengganti material pada komponen alat (A4)
5. Praktis/ mampu diterapkan (K5)	
6. Keamanan (K6)	

Sumber: data primer, 2021)

Setelah kriteria dan alternatif telah ditentukan maka dapat dibuat struktur hirarki penentuan alternatif pengendalian getaran lengan-tangan. Pada level satu terdapat tujuan penelitian, lalu pada level 2 terdapat kriteria yang sudah ditentukan, dan yang terakhir adalah alternatif pengendalian. Struktur hirarki penentuan pengendalian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Hirarki pengendalian getaran lengan-tangan
 Sumber: data primer yang diolah, 2021

Tahap selanjutnya adalah pembuatan kuesioner perbandingan berpasangan AHP. Pada tahap ini tiap kriteria akan dibandingkan, begitu pula dengan alternatifnya juga akan dibandingkan terhadap kriteria. Hasil kuesioner yang telah diambil maka dapat dihitung *Consistency Ratio*-nya. Hasilnya didapatkan *Consistency Ratio* kuesioner kriteria dan alternatif terhadap kriteria sebagai berikut: 0.083, 0.0012, 0.062, 0.067, 0.076, 0.094, 0.069. Dengan demikian maka hasil kuesioner AHP dapat dianggap valid karena nilai CR menunjukkan $> 0,1$. Sehingga dapat dilanjutkan untuk perhitungan *Fuzzy AHP*.

Sebelum memulai perhitungan, tabel matriks perbandingan berpasangan harus diubah terlebih dahulu menjadi skala TFN. Lalu dapat dilakukan langkah perhitungan sintesis *Fuzzy*. Dari perhitungan tersebut maka dapat dilakukan perhitungan vektor F-AHP dan nilai ordinat. Nilai itulah yang akan digunakan dalam menentukan bobot prioritas tiap kriteria maupun alternatif (*local weight*).

Perangkingan alternatif merupakan langkah terakhir dari *Fuzzy AHP*. Pada tahap ini yang perlu dicari pertama kali adalah *global wight*. *Global weight* didapatkan dengan cara mengalikan bobot kriteria dengan bobot prioritas dari alternatif (*local weight*) yang dipengaruhi oleh kriteria, setelah itu seluruh bobot global dijumlahkan agar dapat dilakukan perangkingan. Sehingga dapat ditemukan bobot prioritas alternatif (*Total weight*) secara keseluruhan seperti berikut ini.

Tabel 2. Bobot tiap kriteria dan alternatif

Weight		A1		A2		A3		A4	
Kriteria	Bobot	Local Weight	Global Weight	Local Weight	Global Weight	Local Weight	Global Weight	Local Weight	Global Weight
Biaya	0,820	0,478	0,39219	0,478	0,39219	0	0	0,043	0,03530
Efektivitas	0,008	0,048	0,00039	0	0	0,476	0,00390	0,476	0,00390
Ergonomis	0,057	0,071	0,00406	0,018	0,00102	0,885	0,05078	0,027	0,00152
Keandalan	0,074	0,962	0,07093	0,038	0,00284	0	0	0	0
Praktis	0,033	0,072	0,00236	0,654	0,02143	0,137	0,00450	0,137	0,00450
Keamanan	0,008	0,862	0,00707	0,103	0,00085	0,026	0,00021	0,009	0,00007
<i>Total Weight</i>	1,0	2,492	0,477	1,292	0,418	1,524	0,059	0,692	0,045
<i>Ranking</i>		1 (47,7%)		2 (41,8%)		3 (5,9%)		4 (4,5%)	

Sumber: pengolahan data primer, 2021

Sehingga dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa alternatif pengendalian yang cocok bagi perusahaan pembuatan beton adalah alternatif pengendalian 1 yaitu pemberian peredam pada mesin impact drill dengan bobot 47,7%, diikuti dengan alternatif pengendalian pergantian material pada pegangan alat dengan bobot 41,8%. Kedua pengendalian ini dianggap memenuhi kriteria dikarenakan membutuhkan biaya yang tidak terlalu besar, efektif, dan juga mudah dalam penerapannya. Kedua alternatif pengendalian ini juga memiliki bahan yang mudah sekali ditemukan dan tidak membutuhkan percobaan yang rumit. Namun, tetap dianjurkan untuk dilakukan penelitian selanjutnya mengenai penambahan berat serta efektivitas pengendalian setelah diterapkan pada alat impact drill perusahaan.

Sementara itu, alternatif pengendalian 3 dan 4 menduduki posisi terendah dengan bobot 5,9% dan 4,5%. Menurut jurnal yang ditulis oleh Carra, dkk (2019), pengendalian ini cukup sulit jika diterapkan di perusahaan

manufaktur. Selain karena alat yang mahal namun juga biaya yang dikeluarkan dapat melakukan produksi juga cukup tinggi. Selain itu, pergantian mekanik maupun komponen mesin mem waktu yang cukup lama. Perusahaan harus membuat *prototype* dan melakukan pengujian terhadap modifikasi mesin agar mendapatkan hasil yang sempurna. Pada penelitian yang dilakukan oleh Akerblom (2001), mesin yang menggunakan *helical gears* maupun *torque limiter* mudah sekali mengalami error dan membutuhkan perawatan yang cukup sering sehingga dirasa kurang sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh perusahaan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan *Fuzzy AHP* didapatkan bahwa pemberian peredam pada mesin *impact drill* mendapatkan prioritas tertinggi (47,7%), dan disusul oleh pergantian bahan pada pegangan mesin (41,8%). Kedua alternatif ini dipilih dengan alasan biaya yang digunakan relatif murah, mudah dalam penerapannya. Sedangkan pada posisi terakhir adalah perubahan mekanik pada mesin (5,9%) dan pergantian material pada komponen alat (4,5%). Kedua alternatif ini menghabiskan cukup banyak biaya dan juga waktu dalam penerapannya seperti penelitian, pembuatan *prototype*, dan eksperimen sehingga dirasa kurang praktis.

5. DAFTAR NOTASI

- λ_{\max} = *eigen value* maksimum
- n = jumlah *matrix*
- CI = *Consistency Index* (CI)
- N = *Random Consistency Index*
- Si = nilai sintesis *Fuzzy*
- I = baris
- J = kolom
- V = nilai vektor
- M = matriks nilai sintesis *Fuzzy*
- l = *lower*
- m = *median*
- u = *upper*
- Si = nilai sintesis *Fuzzy* satu
- Sk = nilai sintesis *Fuzzy* yang lainnya
- W' = nilai bobot vektor
- W = normalisasi nilai bobot

6. DAFTAR

- Akerblom, M. (2001). *Gear Noise and Vibration - A Literature Survey*. Sweden
- Chang, D.-y., 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), pp.649-55.
- Carra, S., Monica, L. & Vignali, G., 2019. *Reduction of workers' hand-arm vibration exposure through optimal machine design: AHP methodology applied to a case study*. *Safety Science*, 1(20), pp.706-27.
- Hagberg, M., 2002. Clinical Assessment of Musculoskeletal Disorders in Workers Exposed to Hand-arm Vibration. *Int Arch Occup Environ Health*, 75, pp.97-105.
- Heaver, C., Goonetilleke, K.S., Ferguson, H. & Shiralkar, S., 2011. *Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries*. *Journal of Hand Surgery*, 36E(5), pp.354-63.
- Ho, C.-C. & Chen, M.-S., 2017. Applying the analytic hierarchy process as the risk evaluation model to improve hospital biomedical waste disposal outsourcing quality. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences*, 6(S1), pp.230-43.
- Italian standards organization UNI, 2004. *UNI EN ISO 5349-1:2004 - Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements*.
- Rahardjo, J. & Sutapa, I.N., 2002. *Aplikasi Fuzzy Analytical Hierarchy Process Dalam Seleksi Karyawan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L., 1988. What is the Analytic Hierarchy Process? In *Mathematical Models for Decision Support*. Berlin: Springer. pp.109-21.