

Desain *Barrier* pada Mesin *Ingersoll Rand Compressor* dengan Metode *Maekawa* sebagai *Noise Engineering Control* di Unit Padatan 75 WP PT Petrosida Gresik

Anggun Dherti Veta Yani ¹, Galih Anindita ², Wibowo Arnin Putranto ³

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Abstrak

Unit Padatan 75 WP memiliki mesin kompresor, digunakan sebagai suplai udara, penggerak pneumatik dan blower produk. Berdasarkan hasil pengukuran Bagian K3&LH kebisingan yang timbul dari beroperasinya mesin kompresor sebesar 101,5 dBA pada frekuensi 1000 Hz. Berdasarkan Permenaker No 13/MEN/X/2011 nilai tersebut melebihi nilai ambang batas yaitu 85 dBA untuk 8 jam/hari. Perancangan *barrier* menggunakan Metode *Maekawa* dilakukan sebagai upaya pengendalian kondisi lingkungan kerja kebisingan. Pemilihan material dalam perancangan *barrier* adalah *gypsum board* dan bata ringan *citicon*. Titik pengukuran dilakukan setiap 1 meter, sehingga didapatkan pemetaan pengukuran kebisingan sebanyak 284 titik. Pengujian menggunakan software *Comsol Multiphysics* dilakukan untuk memvalidasi perhitungan manual. Hasil perhitungan kebisingan total mesin sebesar 123,75 dBA pada frekuensi 8000 Hz yaitu frekuensi tertinggi saat pengukuran. Dan kebisingan dapat diturunkan menjadi 85 dBA. Kemampuan redam *barrier* yang akan dirancang memiliki kemampuan minimal sebesar 38,75 dBA. Hasil perhitungan *gypsum board* dengan tebal 7,5 cm memiliki kemampuan redam sebesar 73,74 dBA dan bata ringan *citicon* sebesar 70,12 dBA. Hasil perhitungan *maekawa* dengan jarak simulasi I dan tinggi 12 meter yang memiliki kemampuan redam 40,57 dBA. Hasil validasi software *comsol multiphysics*, *barrier* berbahan *gypsum board* dengan jarak simulasi I, tinggi 12 meter, serta panjang 12 meter memiliki kemampuan redam sebesar 81,1 dBA.

Kata Kunci : metode *maekawa*, software *comsol multiphysics*, *barrier*, kebisingan, kemampuan redam.

1 PENDAHULUAN

Ruangan yang menyelungkupi mesin *compressor* tidak berfungsi secara optimal, hal tersebut dibuktikan dari hasil pengukuran kebisingan yang telah dilakukan oleh pihak K3&LH. Di dekat mesin *compressor* kebisingan terukur sebesar 101,5 dBA, sedangkan pada jarak dimana pekerja melakukan aktivitas di luar ruang kompresor, kebisingan terukur sebesar 97,2 dBA. Perbedaan tingkat tekanan bunyi yang tidak terlalu signifikan ini menjadi salah satu latar belakang perlunya mendesain *barrier* di Unit Padatan 75 WP.

Mesin *compressor* juga digunakan sebagai penggerak pneumatik, dan blower produk. Dan apabila mesin *compressor* mati maka segala proses produksi di Unit Padatan 75 WP tidak dapat dilakukan. Sehingga mesin *compressor* harus beroperasi terus – menerus selama proses produksi berlangsung.

Kebisingan tersebut sangat mengganggu pendengaran, dikarenakan kebisingan yang diterima oleh pekerja masih berada di atas NAB sebesar 85 dBA. Mengingat paparan kebisingan yang diterima pekerja selama 8 jam dapat beresiko mengganggu kesehatan khususnya pendengaran dan daya kerja pekerja di tempat kerja tersebut, sesuai *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja*, pasal 5 ayat 1 menyebutkan bahwa “NAB kebisingan ditetapkan sebesar 85 decibel A (dBA)”, oleh sebab itu tempat kerja di sebuah perusahaan yang NAB kebisingannya melebihi 85 dBA maka harus dilakukan evaluasi dan analisis pada *engineering control* yang telah ada. Oleh karena itu, dilakukan analisis kebisingan serta rekomendasi perancangan *barrier* yang dilapisi dengan bahan penyerap suara untuk mengurangi besarnya paparan kebisingan yang diterima pekerja yang diperhitungkan secara matematis menggunakan Metode *Maekawa*.

Perancangan *barrier* ini tidak sampai diaplikasikan. Oleh karena itu, selain dengan menghitung nilai *attenuation* pada rancang *barrier*, diperlukan juga pembuktian dengan menggunakan aplikasi

software Acoustic yaitu *Comsol Multiphysics*. *Software* ini berfungsi untuk membantu membuktikan bahwa rancangan yang akan dilakukan sudah benar. Dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kondisi kebisingan dan peta kebisingan di Unit Padatan 75 WP PT Petrosida Gresik yang disebabkan oleh mesin *compressor* dengan menggunakan *software Golden Surfer 11*.
2. Bagaimana rancangan desain *barrier* yang akan dibuat untuk mengurangi kebisingan di Unit Padatan 75 WP PT Petrosida Gresik dengan *Metode Maekawa*.
3. Bagaimana validasi rancangan *barrier* berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Software Comsol Multiphysics*.

2 METODOLOGI

a. Metodologi Pengumpulan Data

A. Data Primer

nilai kebisingan di ruang kompresor dan nilai kebisingan latar belakang. Sedangkan

B. Data Sekunder

data kebisingan awal, layout ruangan, serta dimensi kompresor.

b. Pengolahan Data

Dari hasil pengolahan data akan diperoleh pola penyebaran kebisingan di Unit Padatan 75 WP dan nilai redam bising *barrier* baik secara perhitungan manual dengan *Metode Maekawa* maupun dengan validasi *Software Comsol Mutiphysics*. Tahap – tahap pengolahan data adalah:

a. Peta Kebisingan Ruang

- Menghitung jumlah kelas (m)

$$m = 1 + 3,22 (\log n)$$

- Menghitung interval (R)

$$i = \frac{R}{m}$$

b. Kebisingan Total Ruang

c. Perhitungan Kebisingan Total Mesin

$$Lp = 10 \log \left[10^{\frac{L1 \max}{10}} + 10^{\frac{L2 \max}{10}} + \dots + 10^{\frac{Ln \max}{10}} \right]$$

d. Perhitungan Kebisingan *Background*

$$L3 = 10 \log \left(10^{\frac{L1}{10}} - 10^{\frac{L2}{10}} \right)$$

e. Menghitung TL dan NR Bahan

$$TL = 20 \log W + 20 \log f - C \text{ dBA}$$

$$NR = TL + 6 \text{ dBA}$$

f. Perhitungan *Maekawa*

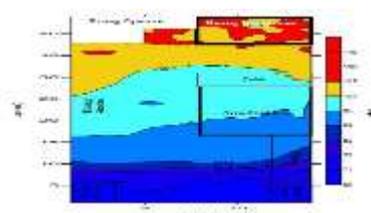
$$Eb = 10 \log \left(3 + 40 \frac{\alpha}{\lambda} \right) \text{ dBA}$$

g. Validasi dengan *Software Comsol Multiphysics*

3 Hasil dan Pembahasan

a. Peta Kebisingan

Peta kebisingan dibuat dengan menggunakan *Golden Surfer 11* dengan menentukan kelas dan interval serta setiap kelas dibedakan dengan warna tiap kelasnya, dimana masing – masing kelas dibedakan dengan warna berbeda. Semakin merah warna pada peta kebisingan, maka tingkat kebisingan semakin tinggi. Kebisingan tertinggi ditandai dengan warna merah tua.



Gambar 2 Peta Kebisingan Unit Padatan 75 WP PT Petrosida

b. Kebisingan Total Ruangan

Perhitungan kebisingan total dilakukan dengan mengambil nilai pengukuran kebisingan tertinggi pada frekuensi 8000 Hz di Unit Padatan 75 WP dari sebanyak 284 titik. Dari data kebisingan tersebut, didapatkan data kebisingan tertinggi pada ruang Unit Padatan 75 WP adalah 118 dBA yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 25 Pengukuran Kebisingan pada Titik 1

No	Frekuensi (Hz)	Titik 1 (dBA)			
		1	2	3	Max
1	125	62,7	70,7	66,9	70,7
2	250	92,9	92,0	93,0	93,0
3	500	95,6	98,1	98,0	98,1
4	1000	100,6	100,4	102,6	102,6
5	2000	105,0	104,3	104,5	105,0
6	4000	110,0	109,8	110,7	110,7
7	8000	117,0	117,1	118,0	118,0

(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

Dari hasil pengukuran tersebut, maka kebisingan total ruang yaitu sebesar 118 dBA. Hal ini menunjukkan bahwa kebisingan *total* ruang melebihi NAB (>85 dBA). Oleh sebab itu dibutuhkan pemasangan *barrier* (dinding penghalang) sehingga dapat mereduksi kebisingan yang diterima pekerja.

c. Kebisingan Total Mesin

Perhitungan total (L_p) kebisingan mesin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_p = 10 \log \left[10^{\frac{L1_{max}}{10}} + 10^{\frac{L2_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{Ln_{max}}{10}} \right]$$

$$L_p = 10 \log \left[10^{\frac{118,0}{10}} + 10^{\frac{116,6}{10}} + 10^{\frac{112,9}{10}} + 10^{\frac{111,8}{10}} + 10^{\frac{109,3}{10}} + 10^{\frac{112,3}{10}} + 10^{\frac{112,3}{10}} + 10^{\frac{109,7}{10}} + 10^{\frac{112,6}{10}} + 10^{\frac{110,7}{10}} + 10^{\frac{103,5}{10}} + 10^{\frac{104,3}{10}} + 10^{\frac{111,6}{10}} + 10^{\frac{103,6}{10}} \right]$$

$L_p = 123,75$ dBA

dari hasil perhitungan kebisingan total mesin yaitu $123,75$ dBA – 85 dBA = $38,75$ dBA. Dengan kata lain kemampuan redam *barrier* yang akan dirancang memiliki kemampuan redam minimal sebesar $38,75$ dBA.

d. Perhitungan Kebisingan Background

Background noise dihitung untuk membuktikan bahwa kebisingan yang timbul benar-benar dari mesin kompresor. Penentuan nilai *background noise* yaitu dengan cara mencari selisih antara kebisingan pada saat mesin beroperasi dan pada saat mesin mati. Jika *background noise* kurang dari 10 dBA maka data tersebut diabaikan karena diperlukan koreksi. Titik yang diambil untuk *background noise* yaitu 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. Titik – titik tersebut merupakan titik setiap sisi dari keliling ruang mesin kompresor. *Background noise* dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 26 Hasil Pengukuran *Background Noise* (dBA)

No	Frekuensi (Hz)	Titik Pengukuran												
		1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	20	4,3	5	3,6	3,7	4,1	4,8	2,2	6,4	6,6	5,8	5,8	7,2	2,4
2	31,5	5	7,3	3,5	6,1	5,8	5,4	6,9	7	4,7	4,6	6,6	6,6	6,7
3	63	6,8	8,2 4	8	7,3	7	8,5	7,4	6,9	4,4	7,6	6,9	4,7	4,2
4	125	16,1	28	32, 6	44, 7	30, 9	32, 9	45, 7	20, 6	15, 3	15, 7	11, 4	19, 7	10, 6
5	250	29,4	43, 6	50, 1	50, 3	49, 3	52	56, 1	46, 4	38, 9	31	30, 7	26, 8	10, 5
6	500	31,1	54, 8	51, 2	51, 6	52, 8	57, 3	56, 6	62, 6	43, 2	34, 7	34, 6	39, 6	24, 6
7	1000	32	56, 1	57, 6	51, 1	59, 7	61, 4	62	61, 3	41, 3	41	41, 9	41, 6	31, 5
8	2000	32,5	57, 6	62, 4	61, 5	62, 7	61, 9	62, 1	64, 6	33	39, 1	39, 4	43, 4	39
9	4000	37,5	61, 5	60, 7	60, 5	61, 4	68	68, 2	68, 4	46, 6	43, 9	44, 8	51, 6	43, 7
10	8000	43,9	68, 1	63, 4	58, 2	59, 7	71, 5	72, 1	72, 7	40, 2	43, 7	44, 1	41, 9	33, 5

(Sumb

er : Hasil Pengukuran, 2017)

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa frekuensi 20 – 63 Hz *background noise* dibawah 10 dBA, artinya kebisingan pada frekuensi tersebut tidak berpengaruh terhadap kebisingan mesin. Nilai frekuensi yang dipakai dalam perancangan *barrier* hanya pada frekuensi 125 Hz – 8000 Hz.

e. Menghitung TL dan NR Bahan

Dalam perancangan *barrier* menggunakan bahan dari *Gypsum Board*, ketebalan bahan yang akan digunakan dalam merancang *barrier* adalah 7,5 cm. Nilai *surface density* (W) dapat diketahui pada tabel Nilai *Surface Density*. Nilai *surface density* (W) *Gypsum Board* adalah 9,1 kg/m² setiap tebal 1 cm dari *Gypsum Board*. Hasil nilai *surface density* (W) bahan *Gypsum Board*

$$W = W \text{ Gypsum Board pada tabel} \times \text{Tebal Gypsum Board} = 9,1 \text{ kg/m}^2 \times 7,5 \text{ cm} = 68,25 \text{ kg/m}^2$$

$$TL = 20\log W + 20\log f - C \text{ dBA}$$

$$TL = (20 \log 68,25) + (20 \log 8000) - 47 = 36,68 + 78,06 - 47 = 67,74 \text{ dBA}$$

$$NR = TL + 6 \text{ dBA} = 67,74 \text{ dBA} + 6 \text{ dBA} = 73,74 \text{ dBA}$$

Dalam perancangan *barrier* menggunakan bahan dari bata ringan *citicon*, ketebalan bahan yang digunakan dalam merancang *barrier* adalah 7,5 cm. Nilai *surface density* (W) dapat diketahui dari besar densitas (D) dikalikan dengan ketebalan bahan. Nilai densitas Bata ringan *citicon* adalah 600kg/m³. Maka nilai *surface density* bahan Bata ringan *citicon* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$W = D \times \text{Thickness} = 600 \text{ kg/m}^3 \times 0,075 \text{ m} = 90 \text{ kg/m}^2$$

$$TL = 20\log W + 20\log f - C \text{ dBA} = (20 \log 90) + (20 \log 8000) - 47 = 33,06 + 78,06 - 47$$

= 64,12 dBA

NR = TL + 6 dBA = 64,12 dBA + 6 dBA = 70,12 dBA

f. Perhitungan *Maekawa*

Perhitungan nilai Eb untuk tinggi *barrier* 10 meter pada simulasi lainnya menggunakan cara yang sama dengan pengerjaan simulasi 1 yang dapat dilihat pada lampiran 7, hasilnya dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Nilai Eb untuk Tinggi *Barrier* 10 meter pada Tiap Simulasi

Simulasi Ke -	Nilai Eb (dBA)
1	39,23
2	38,91
3	38,64
4	38,44
5	38,33

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2017)

Perhitungan nilai Eb untuk tinggi *barrier* 11 meter, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3 Nilai Eb untuk Tinggi *Barrier* 11 meter pada Tiap Simulasi

Simulasi Ke -	Nilai Eb (dBA)
1	39,94
2	39,68
3	39,47
4	39,31
5	39,22

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2017)

Perhitungan nilai Eb untuk tinggi *barrier* 12 meter , hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.

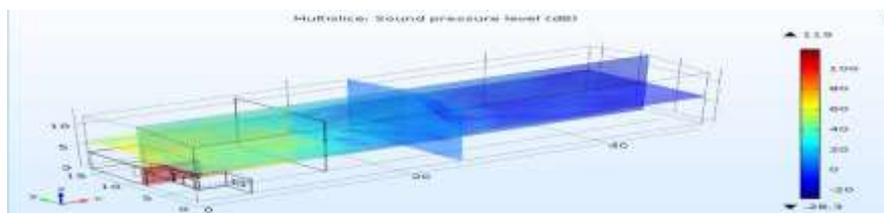
Tabel 5 Nilai Eb untuk Tinggi *Barrier* 12 meter pada Tiap Simulasi

Simulasi Ke -	Nilai Eb (dBA)
1	40,57
2	40,35
3	40,18
4	40,06
5	39,99

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2017)

g. Validasi dengan *Software Comsol Multiphysics*

Dari hasil validasi rancangan *barrier* menggunakan *Software Comsol Multiphysics* dengan simulasi 3D didapatkan bahwa *barrier* yang memiliki ketebalan 7,5 cm dari bahan *gypsum board*, jarak *barrier* ke sumber sejauh 9 meter, jarak *barrier* ke penerima sejauh 1 meter, tinggi sebesar 12 meter, dan panjang sebesar 12 meter dapat mereduksi bising hingga 81,1 dBA.



Gambar 2 Hasil Simulasi 3D Barrier
(Sumber : Percobaan, 2017)

4 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan peta kebisingan bahwa daerah kebisingan tertinggi berada didaerah sekitar ruang kompresor, hal ini berarti kebisingan ruang disebabkan oleh mesin kompresor yang beroperasi. Kebisingan yang diterima pekerja pada ruangan tersebut sebesar 118 dBA.
2. Berdasarkan perhitungan desain *barrier* dengan menggunakan *Metode Maekawa* bahwa pengurangan nilai bising tertinggi pada simulasi I yaitu letak *barrier* berada pada jarak 9 m dari sumber bising dan 1 m dari penerima, dengan tinggi *barrier* sebesar 12 m mampu mereduksi kebisingan sebesar 40,57 dBA. Dan bahan yang mereduksi bising lebih baik adalah bahan *Gypsum Board* yang mampu mereduksi bising sebesar 73,74 dBA dengan ketebalan 7,5 cm.
3. Hasil validasi dengan *Software Comsol Multiphysics* menggunakan simulasi 3D menyatakan bahwa perancangan *barrier* yang memiliki ketebalan 7,5 cm dari bahan *gypsum board*, jarak *barrier* ke sumber sejauh 9 meter, jarak *barrier* ke penerima sejauh 1 meter, tinggi sebesar 12 meter, dan panjang sebesar 12 meter dapat mereduksi bising hingga 81,1 dBA. Sehingga perancangan desain *barrier* tersebut dapat dinyatakan memenuhi syarat.

5 Daftar Pustaka

- Accoustical Surface, Inc. [Online] Available at :
https://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101_14.htm [Accessed 24 April 2017]
- Buchari. (2007). **Kebisingan Industri dan Hearing Conservation Program**. Sumatera Utara. Indonesia.
- Citicon. (2017). **Bata Ringan Citicon**. PT Viccon Modern Industy. Surabaya. Indonesia.
- Golden Surfer Inc. (2012). **Quick Start Guide**. USA.
- Harris, Cyril M. (1991). **Hand Book of Acoustical Measurement and Noise Control**, 3th Ed., Mc Graw-Hill, Inc. New York.
- Indriati, Nur.dkk. (2016). **The development of compressor noise barrier in the assembly area (Case study of PT Jawa Furni Lestari)**. *Procedia 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing*. 705 – 710. Universitas Pembangunan Nasional Veteran.Yogyakarta. Indonesia.
- Introduction to Comsol Multiphysics*. (2011). US.
- Irwin, J. D Graf, E. R. (1979). **Industrial Noise and Vibration Control Prantice**. Hall, Inc, Englewood Cliffs, N. J. 07632.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang **Baku Tingkat Kebisingan**. (1996). *Baku Tingkat Kebisingan*. Jakarta. Indonesia.
- Limanto, Sentosa.dkk. (2010). **Produktivitas Material Beton Ringan dalam Pemakaian Sebagai Konstruksi Dinding**. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4). Sanur. Bali. Indonesia.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (2011). Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 Tentang **NAB Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja**. Jakarta. Indonesia.
- Nugraha, M.F., 2014. **Bahan Bangunan Untuk Dinding**. [Online] Available at: <http://www.academia.edu/> [Accessed 28 Maret 2017]
- Smith, B J. Peters, R J. Owen, Stephen. (1996). **Acoustics and Noise Control**. Addison Wesley Longman llimited, England.
- Soeripto. (2008). **Higiene Industri**. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta. Indonesia.
- Sound Level Meter. Operation Manual.

Tingay, James. (2013) Noise Measurement Technical Papers. [Online] Available at :
<http://www.cirrusresearch.co.uk> [Accessed 30 April 2017]

Tutorial Comsol Multiphysics. Laboratorium Teknik Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
Surabaya. Indonesia

Wilson, Charles. (1989). **Noise Control**. New Jersey. New York