

**PENGARUH PAPARAN GETARAN MESIN TERHADAP
KELELAHAN DAN *HAND ARM VIBRATION SYNDROME* (HAVS)
PADA PEKERJA DI INDUSTRI BETON PRACETAK
(Studi Kasus PT SCG Pipe And Precast Indonesia)**

***THE MACHINE VIBRATION EXPOSURE EFFECT
TO FATIGUE AND HAND ARM VIBRATION SYNDROME (HAVS)
ON WORKERS IN THE PRECAST CONCRETE INDUSTRY
(Case Study: PT SCG Pipe And Precast Indonesia)***

***¹Luke Pramuditta dan ²Tresna Dermawan Kunaefi**

Program Studi Magister Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

Email: ¹luke.pramuditta@yahoo.com dan ²wriu.itdk@yahoo.com

Abstrak: Kegiatan di industri hampir selalu mempunyai faktor-faktor yang mengandung risiko bahaya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan maupun penyakit akibat kerja, salah satunya bahaya yang disebabkan dari penggunaan mesin atau alat-alat mekanis yang menghasilkan getaran. Getaran dapat mengganggu kenyamanan dalam bekerja, dapat mempercepat terjadinya kelelahan serta dapat menimbulkan masalah kesehatan. Getaran mekanis mencapai lengan tangan operator melalui getaran yang dihantarkan ke tubuh secara lokal melalui tangan. Gangguan akibat getaran yang dirasakan oleh lengan tangan operator diistilahkan sebagai Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs). Mesin dan alat-alat yang dipergunakan untuk proses produksi beton di PT X menghasilkan getaran dalam pengoperasiannya. Hal tersebut berpotensi menimbulkan kelelahan dan Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs). Hasil dari pengukuran getaran dengan menggunakan Vibration meter adalah sebagai berikut Vibrator table U-A ($19,9 \text{ m/det}^2$), Vibrator table U-B ($19,3 \text{ m/det}^2$), Impact wrench-A ($19,9 \text{ m/det}^2$), Impact wrench-B ($21,0 \text{ m/det}^2$), Vibrator table ($20,3 \text{ m/det}^2$) dan Grinding wheel ($19,9 \text{ m/det}^2$). Analisa statistik dengan korelasi Spearman dan Pearson dihasilkan $p < 0,05$, yang berarti terdapat hubungan secara nyata antara getaran mesin dan paparan getaran yang diterima oleh pekerja dengan tekanan darah sistolik dan waktu reaksi sebagai indikator kelelahan fisiologis. Analisa statistik dengan korelasi Spearman dan Pearson diketahui bahwa terdapat hubungan secara nyata antara getaran mesin dan paparan yang diterima pekerja dengan hasil pemeriksaan fisik baik tes vaskuler maupun tes sensorik sebagai diagnosis dalam menentukan tingkat keparahan Hand Arm Vibration Syndrome dengan $p < 0,05$

Kata kunci: getaran, kelelahan, Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs).

Abstract: Industrial activities will always involve factors contributing to hazardous risks which may cause accidents or occupational disease to the workers. One of them is the diseases caused by mechanical vibrations produced by mechanical tools transmitted to the body of the workers who directly use the machine. The vibration may cause interruption to the workers, accelerate the fatigue and cause health problems. The mechanical vibration reach the workers' hands as the result of vibrations transmitted to the whole body locally.. Such a disorder is known as Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs). The machinery and devices used for producing concrete materials in PT X produce significant vibration when they are under operation. The vibration may, potentially, cause fatigue and Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs) to the workers during direct contact with the machinery and devices. The results of measurements of vibrations produced uses Vibration meter are Vibrator table U-A (19.9 m/s^2), Vibrator table U-B (19.3 m/s^2), Impact wrench-A (19.9 m/s^2), Impact wrench-B (21.0 m/s^2), Vibrator Table (20.3 m/s^2) and Grinding wheel (19.9 m/s^2). Analysis calculation with Spearman and Pearson correlation is $p < 0,05$ is that mean there is real relationship exists between the machine vibration and vibration exposure received by workers with systolic blood pressure and reaction time as an indicator of physiological fatigue. Analysis calculation with Spearman and Pearson correlation, it is known that there is real relationship exists between engine

vibration and the exposure received by workers with the results of physical examination tests both vascular and sensory tests as diagnostic in determining the severity of Hand Arm Vibration Syndrome with $p < 0,05$.

Keywords: *vibration, fatigue, Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs).*

PENDAHULUAN

Kegiatan di industri hampir selalu mempunyai faktor-faktor yang mengandung risiko bahaya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan maupun penyakit akibat kerja, salah satunya adalah bahaya yang disebabkan dari penggunaan mesin atau alat-alat mekanis dalam bentuk getaran mekanis (Hiel, dkk, 2000 dalam Widowati, 2011).

Industri manufaktur merupakan industri yang mengalami banyak kemajuan, khususnya kemajuan dalam teknologi yang digunakan. Salah satu industri yang bergerak dalam bidang manufaktur khususnya pembuatan dan pengembangan produk beton adalah PT X. Pada proses produksinya PT X tidak lepas dari penggunaan mesin atau alat-alat yang menghasilkan getaran mekanis yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja, khususnya gangguan pada lengan tangan akibat kontak langsung dengan mesin atau alat-alat yang menimbulkan getaran pada lengan tangan. Beberapa mesin atau alat-alat yang digunakan dalam proses produksi yang menimbulkan getaran pada lengan tangan antara lain *vibrator table*, *grinding wheel*, *impact wrench* dan *vibrator table U* (Profil Perusahaan PT SCG Pipe and Precast Indonesia).

Secara umum getaran dapat mengganggu kenyamanan dalam bekerja, dapat mempercepat terjadinya kelelahan serta dapat menimbulkan masalah kesehatan. Getaran mekanis dapat mencapai lengan tangan operator melalui getaran yang dihantarkan ke tubuh secara lokal melalui tangan, sehingga getaran jenis ini disebut juga sebagai *segmental vibration* (Griffin, 2006). Getaran lengan tangan disebut pula getaran setempat merupakan getaran yang merambat melalui tangan sebagai akibat pemakaian peralatan yang bergetar (Bernard dalam Pao, dkk, 2013). Gangguan akibat getaran yang dirasakan oleh lengan tangan operator antara lain gangguan sirkulasi, gangguan persendian, gangguan otot, gangguan syaraf dan gangguan sirkulasi lainnya (Goenka, dkk, 2013). Gangguan-gangguan yang dipicu oleh penggunaan mesin dan peralatan bergetar sehingga tangan terus menerus terpapar diistilahkan sebagai *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVs) (Rolke, dkk, 2013 dan Krajnak, dkk, 2013).

Hand Arm Vibration Syndrome (HAVs) sudah dikenal sebagai penyakit akibat kerja (*occupational disease*) oleh *International Labour Office* (ILO) dan *the European Commission* (ILO, 2003). *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVs) terdiri dari gejala pada pembuluh darah dan gejala sensorineural yang diduga dapat timbul bersamaan maupun tidak. Apabila gejala awal yang ditimbulkan berupa gejala vaskuler, maka akan cenderung berlanjut menjadi gejala neurologis. Sebagian besar gejala sensorineural ditunjukkan dengan kesemutan dan mati rasa (Edlund, dkk, 2014).

Tingkat keparahan dari *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVs) pada pekerja berdasarkan gejala-gejala yang timbul akibat terpapar getaran dari mesin atau alat-alat yang menggetarkan tangan setelah dilakukan pemeriksaan fisik dapat diklasifikasikan menggunakan Skala Klasifikasi Stockholm. Skala klasifikasi stockholm berisi stadium dan derajat keparahan berdasarkan gejala-gejala dari hasil pemeriksaan fisik (Taylor dalam Samara, 2006).

Menurut survey nasional yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Norwegia pada tahun 2009 disebutkan bahwa 5% populasi tenaga kerja terpapar oleh getaran lengan tangan dan 25% didalamnya mengalami paparan setiap harinya. Pekerja yang sering terpapar getaran tersebut adalah mekanika, tukang las, tukang kayu dan konstruksi (Buhaug, dkk, 2014). Penelitian di Amerika Serikat diketahui 1,5 juta dari total populasi pekerja terpajan getaran lengan tangan, sedangkan hasil penelitian di New Zealand dan Inggris dilaporkan bahwa 40-90% pekerja mengalami sindrom getaran lengan tangan (Taylor, 1997). Hasil penelitian NIOSH dalam Pheasant (1991) terhadap pekerja yang menggunakan *chipping hammer* dan gerinda diketahui prevalensi sindrom getaran lengan kira-kira 47%. Penelitian pada pekerja konstruksi di Swedia

menyebutkan bahwa terdapat prevalensi *vibration white finger* antara 8,4 % - 13,4% pada pekerja yang menggunakan alat-alat yang menggetarkan tangan (Bustrom, dkk, 2010).

Mesin dan alat-alat yang dipergunakan untuk mendukung proses produksi beton di PT X menghasilkan getaran dalam pengoperasiannya. Hal tersebut berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan terhadap pekerjanya yang dalam pekerjaannya kontak langsung dengan mesin atau alat-alat tersebut, yaitu kelelahan dan *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVs).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT X yang berlokasi di Jalan Pancasila V CicadasKec. Gn.Putri Bogor – Jawa Barat. Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, studi literatur, survey lokasi penelitian. Selanjutnya dilakukan pengurusan ijin, baik ijin penelitian maupun perijinan yang berkaitan dengan peminjaman alat.

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran getaran pada mesin adalah *vibration meter* dengan spesifikasi sebagai berikut: merk RION Vibration Meter Type vm-61, yang dipinjam dari Laboratorium Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung. Sedangkan alat untuk melakukan pengukuran terhadap paparan yang diterima oleh pekerja akibat kontak dengan mesin yang menimbulkan getaran adalah *Human Vibration Meter*, dengan spesifikasi: merk Svantek type sv 106 yang dipinjam dari Laboratorium Higiene Industri, Institut Teknologi Bandung.

Pengukuran terhadap tingkat kelelahan kerja menggunakan 3 metode yaitu pengukuran tekanan darah dan denyut nadi menggunakan alat ukur tensimeter digital, pengukuran temperatur tubuh menggunakan termometer, *psychomotor test* dengan alat ukur *reaction timer* yang menggunakan program *reaction timer online*, serta pengukuran tingkat kelelahan secara subjektif dengan menggunakan Kuesioner Alat Ukur Perasaan Kelelahan Kerja (KAUPK2).

Diagnosis untuk menentukan tingkat keparahan dari *Hand Arm Vibration syndrome* mencakup efek vaskuler dan sensorik dengan menggunakan beberapa tes dan selanjutnya diklasifikasikan menggunakan klasifikasi stockholm. Tes-tes tersebut akan dilakukan oleh tenaga medis dari Balai Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kota Bandung.

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi observasional analitik, dimana peneliti hanya melakukan observasi tanpa memberikan intervensi pada variabel yang akan diteliti (Subana, 2005). Penelitian ini menggunakan pendekatan *cross sectional* karena variabel bebas (getaran mesin) dan variabel tergantung (kelelahan dan *hand arm vibration syndrome*) yang terjadi pada obyek penelitian diukur atau dikumpulkan dalam waktu yang bersamaan dan dilakukan pada situasi saat yang sama (Soemirat, 2005).

Objek Penelitian

Objek penelitiannya adalah mesin atau alat-alat yang digunakan dalam proses produksi beton, seperti *vibrator table U*, *grinding wheel*, *impact wrench* dan *vibrator table*; serta pekerja yang secara rutin menggunakan mesin atau alat-alat tersebut di PT SCG Pipe And Precast Indonesia.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pekerja yang berada di bagian produksi PT SCG Pipe And Precast Indonesia yang kontak langsung dengan mesin atau alat-alat yang menimbulkan getaran pada lengan tangan. Jumlah populasi dari penelitian ini adalah 34 tenaga kerja yang juga menjadi sample dari penelitian ini.

Pengukuran Tingkat Kelelahan Pada Pekerja

Pengukuran kelelahan di industri ini dengan melakukan pengukuran temperatur tubuh, tekanan darah, denyut nadi dan disertai pula dengan pengukuran kelelahan subjektif (Hsu, dkk, 2008 dalam Restisha, 2013).

1. Pengukuran Temperatur Tubuh, Tekanan Darah, serta Denyut Nadi

Pengukuran tekanan darah dan denyut nadi ini menggunakan alat ukur tensimeter digital. Sedangkan pengukuran temperatur tubuh menggunakan termometer. Pengukuran ini dilakukan sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan

2. Uji *Psychomotor test*

Pengukuran waktu reaksi melalui online test ini pernah dilakukan oleh Davidson (2012) untuk mengukur pengaruh tidur terhadap waktu reaksi yang diberikan.

Pengukuran ini menggunakan alat ukur *reaction timer* terhadap rangsangan cahaya. Sampling dilakukan pada saat sebelum dan sesudah bekerja, masing-masingnya dilakukan sebanyak 20 kali, dan data yang diambil adalah pengukuran ke 6-15, dengan kata lain 5 pengukuran di awal dan akhir dianggap tidak ada. Alat ukur *reaction timer* ini menggunakan program *rection timer online*.

3. Kuesioner

Secara subjektif, perasaan lelah diukur dengan menggunakan Kuesioner Alat Ukur Perasaan Kelelahan Kerja (KAUPK2) yang disusun oleh Setyawati (1994) yang terdiri dari 17 pertanyaan tentang keluhan subjektif yang dapat diderita oleh tenaga kerja. Untuk mengetahui tingkat kelelahan pekerja diukur dengan menjumlahkan skor dari pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam kuesioner. Untuk pertanyaan dengan jawaban “Ya, sering” skornya 40 adalah 3, untuk jawaban “Ya, jarang” skornya adalah 2, dan untuk jawaban “Tidak pernah” skornya adalah 1. Berdasarkan jumlah skor dari kuesioner menggunakan skala interval dengan tiga skala pengukuran tingkat perasaan kelelahan kerja dikategorikan sebagai berikut :

- Kurang lelah bila jumlah skor KAUPK2 berkisar < 20 (40 % dari total skor)
- Lelah bila jumlah skor KAUPK2 berkisar antara 20 - 35 (40%-75% dari total skor)
- Sangat lelah bila jumlah skor KAUPK2 berkisar antara > 35 (75% dari total skor)

Diagnosis Tingkat Keparahan *Hand Arm Vibration Syndrome*

1. Tes Fungsi Vaskuler

Tes Rasa Dingin

Tangan pasien atau pekerja dicelupkan kedalam air dingin (10°C) selama 3 menit. Apabila terdapat kondisi yang abnormal, maka akan timbul perubahan warna dan rasa nyeri yang khas.

2. Tes Fungsi Sensorik

a. Tes Rasa Raba

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam tes ini:

- Ujung kapas digoreskan pada permukaan jari pasien
- Rangsangan dilakukan secara bergantian pada daerah yang normal kemudian dilanjutkan pada daerah yang abnormal
- Pasien atau pekerja diminta untuk menunjukkan kapan mulai merasakan goresan dari kapas tersebut

b. Tes Rasa Nyeri

- Alat yang digunakan adalah jarum pentul
- Rangsangan dilakukan bergantian antara ujung jarum yang tajam dan yang tumpul
- Kemudian pasien atau pekerja disebut diminta untuk membedakan kedua rangsangan tersebut

c. Tes Rasa Suhu

Rangsangan panas dilakukan dengan menempelkan botol yang berisi air panas (40°C-45°C), dan rangsangan untuk suhu dingin dengan menempelkan botol berisi air dingin (10°C-15°C). Dengan mata tertutup pasien diminta membedakan botol tersebut setelah disentuh.

Setelah pemeriksaan baik tes vaskuler dan tes sensorik dilakukan, maka hasil tes disesuaikan dengan deskripsi yang terdapat dalam klasifikasi stockholm sesuai dengan **Tabel**

1. di bawah ini, yang untuk selanjutnya ditentukan stadium dan tingkat keparahan HAVs yang diderita oleh pasien atau pekerja.

Tabel 1. Klasifikasi stockholm (Taylor,1974 dalam Rusli,2009)

Stadium	Derajat	Deskripsi
Gejala Vaskuler		
1	Ringan	Terjadi pemucatan pada satu atau lebih ujung-ujung jari
2	Sedang	Pemucatan pada ujung dan sebagian ruas jari, pada satu jari atau lebih
3	Berat	Terjadi pemucatan pada semua ruas jari
4	Sangat Berat	Seperti gambaran stadium 3 dengan perubahan kulit (kulit <i>trophic</i>)
Gejala Sensorik		
SN 0		Tidak ada gejala
SN 1		Rasa baal yang hilang timbul atau menetap dengan atau tanpa rasa nyeri
SN 2		Seperti pada SN 1, namun disertai dengan gangguan saraf sensorik
SN 3		Seperti pada SN 2 gangguan ketangkasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Karakteristik Responden

Jumlah seluruh objek penelitian sebanyak 44 orang, terdiri dari 34 orang pekerja terpapar dan 10 orang pekerja kontrol. Analisis statistik dilakukan dengan *Mann-Whitney U test* untuk mengetahui kesepadanan antara kelompok terpapar dan kontrol. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai *p-value* dari seluruh variabel karakteristik responden adalah $p > 0,05$ yang berarti bahwa rerata kelompok terpapar dan kelompok kontrol tidak berbeda secara nyata (setara). Rekapitulasi karakteristik responden dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Rekapitulasi karakteristik responden

Atribut	Kategori	Jumlah Pekerja (%)		P-Value
		Terpapar	Kontrol	
Usia	24-29	29,4	10	0,654*
	30-34	26,5	20	
	35-39	14,7	50	
	40-44	20,6	20	
	45-49	8,8	0	
Masa Kerja	2 tahun	38,2	20	0,427*
	3 tahun	35,3	40	
	4 tahun	11,8	40	
	5 tahun	5,9	0	
	6 tahun	2,9	0	
	7 tahun	5,9	0	
Atribut	Kategori	Jumlah Pekerja (%)		P-Value
		Terpapar	Kontrol	
Status Gizi	Kurus sekali	0	10	0,501*
	Kurus	14,7	0	
	Normal	70,6	80	
	Gemuk	11,8	10	
	Gemuk sekali	2,9		
Kebiasaan Merokok	6 batang/hari	32,5	20	0,869*
	12 batang/hari	38,2	70	
	16 batang/hari	11,8		
	Tidak Merokok	17,6	10	
Kebiasaan Olahraga	1-2 kali/minggu	50	70	0,322*

Atribut	Kategori	Jumlah Pekerja (%)		P-Value
		Terpapar	Kontrol	
	3-4 kali/minggu	2,9		
	>4 kali/minggu	2,9		
	Tidak Olahraga	44,1	30	

*) $p > 0,05$ tidak terdapat perbedaan secara nyata (*Mann-Whitney U test*)

Pengaruh Kelelahan Fisiologis Pekerja terhadap Karakteristik Responden

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *Spearman* dan *Pearson* diketahui bahwa terdapat hubungan secara nyata antara usia dengan tekanan darah sistolik, diastolik, denyut nadi dan waktu reaksi. *P-value* antara usia dengan tekanan darah sistolik adalah 0,032 ($p < 0,05$). Tekanan darah akan cenderung tinggi bersama dengan peningkatan usia. Umumnya tekanan darah sistolik akan meningkat sejalan dengan peningkatan usia, sedangkan tekanan darah diastolik akan meningkat sampai usia 55 tahun, untuk kemudian menurun lagi.

Untuk variabel individu IMT, terdapat hubungan antara IMT dengan tekanan darah diastolik dengan *p-value* 0,000 ($p < 0,05$). Bila mempunyai ukuran tubuh termasuk obesitas memungkinkan terjadinya peningkatan tekanan darah. Obesitas akan memaksa jantung untuk bekerja lebih kuat. Untuk variabel individu kebiasaan merokok, terdapat hubungan secara nyata antara kebiasaan merokok dengan tekanan darah sistolik dengan *p-value* 0,036 ($p < 0,05$). Merokok sebatang setiap hari akan meningkatkan tekanan sistolik 10–25 mmHg dan menambah detak jantung 5–20 kali per menit (Mangku, 1997).

Pengaruh HAVs terhadap Karakteristik Responden

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *Spearman* dan *Pearson* diketahui bahwa terdapat terdapat hubungan secara nyata antara usia dengan hasil pemeriksaan fisik baik tes vaskuler (*p-value* 0,018) maupun tes sensorik (*p-value* 0,001). Kimura dan Ayyar dalam Tanaka, dkk (1995), menyebutkan pengaruh usia terhadap hasil pemeriksaan fisik ini cukup sulit dipastikan penyebabnya, kemungkinan berhubungan dengan efek biologis proses tua atau dengan lama pajanan.

Gambaran Kondisi Lingkungan Kerja

Pengukuran iklim lingkungan kerja dilakukan untuk menganalisis kondisi iklim kerja dengan mengacu pada Persyaratan Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan pada KepMenKes No: 1405/Menkes/SK/XI/2002. Iklim kerja yang diukur dalam penelitian ini meliputi kebisingan, pencahayaan, temperatur dan kelembaban pada masing-masing unit. Hasil pengukuran iklim lingkungan kerja terdapat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil pengukuran iklim lingkungan kerja

	Lokasi Sampling		NAB*
	Plant	Office	
Kebisingan (dBA)	92,92 ± 1,34	70,6 ± 2,22	85
Suhu (°C)	28,56 ± 0,35	26,77 ± 0,24	18-30
Kelembaban (%Rh)	71,29 ± 0,57	65,82 ± 0,58	65-95
Cahaya (lux)	603,41 ± 65,51	500,1 ± 9,42	300

Pengukuran iklim lingkungan kerja dilakukan menggunakan alat *4-in-1 Multi Function Environment Meter*. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik di masing-masing unit. Temperatur, kelembaban, dan cahaya berada di bawah NAB, namun berbeda dengan kebisingan yang nilainya melampaui ambang batas.

Pengaruh Kelelahan Fisiologis Pekerja terhadap Kondisi Lingkungan Kerja

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *Spearman* dan *Pearson* diketahui bahwa terdapat hubungan secara nyata ($p < 0,05$) antara kebisingan baik dengan tekanan darah sistolik (*p-*

value 0,042), tekanan darah diastolik (*p-value* 0,000), denyut nadi (*p-value* 0,000) dan waktu reaksi (*p-value* 0,007). Hasil penelitian tersebut Rusli (2009) menyebutkan bahwa masyarakat yang terpapar kebisingan, cenderung memiliki emosi yang tidak stabil. Ketidakstabilan emosi tersebut akan mengakibatkan stress yang dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi, sehingga merasa cepat lelah (Bahar, 2008 dalam Ihsan, 2011).

Untuk variabel suhu lingkungan, terdapat hubungan secara nyata antara suhu lingkungan dengan tekanan darah diastolik dengan *p-value* 0,001 ($p < 0,05$). Pada lingkungan kerja panas, tubuh mengatur suhunya dengan penguapan keringat yang dipercepat dengan pelebaran pembuluh darah yang disertai meningkatnya tekanan darah (Suma'mur, 1994).

Evaluasi Posisi dan Postur Tubuh saat Bekerja

Evaluasi faktor risiko ergonomi ini dilakukan dengan menggunakan metode BRIEF yang berupa scoring dengan nilai maksimal 4 dan minimal 0. Faktor pekerjaan mempengaruhi tingkat kelelahan pada pekerja disebabkan karena sebagian besar aktivitasnya dikerjakan secara manual (*manual handling*), sehingga memungkinkan pekerja bekerja dengan postur yang janggal, posisi statis, gerakan berulang (*repetitive motion*), dan posisi janggal lainnya. Evaluasi posisi dan postur tubuh saat bekerja dilakukan disetiap unit kerja dengan mengevaluasi faktor risiko ergonomi pada berbagai anggota tubuh, seperti faktor risiko pada tangan dan pergelangan tangan, siku, bahu, leher, punggung dan kaki. Rekapitulasi evaluasi posisi dan postur tubuh saat bekerja dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi evaluasi posisi dan postur tubuh saat bekerja

	Unit U2	Unit Pipa Mesin C	Unit Workshop dan Maintenance	Unit Cover
Tangan/pergelangan tangan kanan-kiri	3-3	3-3	3-0	3-3
Siku kanan-kiri	3-3	2-2	0-0	0-0
Bahu kanan-kiri	3-3	2-2	3-0	3-3
Leher	2	2	2	2
Punggung	2	2	2	3
Kaki	0	0	2	0
Total Skor	13	12	12	11

Pengaruh Kelelahan Fisiologis terhadap Posisi dan Postur Tubuh saat Bekerja

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *pearson* diketahui bahwa tidak terdapat hubungan secara nyata antara antara posisi tubuh saat bekerja dengan menggunakan metode BRIEF dengan tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, denyut nadi, dan temperatur tubuh. Namun terdapat hubungan secara nyata antara posisi tubuh saat pekerja dengan waktu reaksi-*value* 0,028 ($p < 0,05$).

Gambaran Paparan Getaran Mesin

Mesin dan alat yang menjadi objek penelitian adalah *Vibrator table U*, *Impact wrench*, *Vibrator table* dan *Grinding wheel*. Hasil dari pengukuran getaran yang dihasilkan oleh mesin dan alat tersebut menggunakan *Vibration meter* adalah sebagai berikut *Vibrator table U-A* (19,9 m/det²), *Vibrator table U-B* (19,3 m/det²), *Impact wrench-A* (19,9m/det²), *Impact wrench-B* (21,0m/det²), *Vibrator table* (20,3m/det²) dan *Grinding wheel* (19,9m/det²). Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor. KEP.51/MEN/1999, Nilai Ambang Batas Getaran untuk Pemajanan Lengan dan Tangandisebutkan bahwa Nilai Ambang Batas (NAB) getaran alat kerja yang kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan tangan tenaga kerja ditetapkan sebesar 4 m/det² dengan waktu pemajanan selama 4 jam dan kurang dari 8 jam.

Pengaruh Kelelahan Fisiologis terhadap Pekerja Paparan Getaran

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *Spearman* dan *Pearson* diketahui bahwa terdapat hubungan secara nyata antara getaran mesindan paparan getaran yang diterima oleh pekerja dengan tekanan darah dan waktu reaksi. Getaran pada frekuensi tertentu dapat mengakibatkan perubahan tekanan darah dan dapat pula menyebabkan otot menjadi lemah akibat kontraksi statis sehingga menimbulkan perasaan lelah dan penurunan kesiagaan (Husein, 2004). Rekapitulasi korelasi *bivariate* antara paparan getaran terhadap kelelahan fisiologis dan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi korelasi *bivariate* antara paparan getaran terhadap kelelahan fisiologis

No	Korelasi Bivariat	<i>p-value</i>	Hipotesis	
1	Getaran Mesin	Tekanan Darah Sistolik	0,000	Terdapat korelasi antara getaran mesin dengan tekanan darah sistolik
		Tekanan Darah Diastolik	0,039	Terdapat korelasi antara getaran mesin dengan tekanan darah diastolik
		Denyut Nadi	0,288	Tidak terdapat korelasi antara getaran mesin dengan denyut nadi
		Temperatur Tubuh	0,506	Tidak terdapat korelasi antara getaran mesin dengan temperatur
		Waktu Reaksi	0,002	Terdapat korelasi antara getaran mesin dengan waktu reaksi
2	Paparan Getaran yang diterima Pekerja	Tekanan Darah Sistolik	0,012	Terdapat korelasi antara paparan getaran yang diterima pekerja dengan tekanan darah sistolik
		Tekanan Darah Diastolik	0,027	Tidak terdapat korelasi antara paparan getaran yang diterima pekerja dengan tekanan darah diastolik
		Denyut Nadi	0,535	Tidak terdapat korelasi antara paparan getaran yang diterima pekerja dengan denyut nadi
		Temperatur Tubuh	0,600	Tidak terdapat korelasi antara paparan getaran yang diterima pekerja dengan temperatur
		Waktu Reaksi	0,003	Terdapat korelasi antara paparan getaran yang diterima pekerja dengan waktu reaksi

Pengaruh *Hand Arm Vibration syndrome (HAVs)* Terhadap Paparan Getaran Mesin

Hasil perhitungan analisa statistik dengan korelasi *Spearman* dan *Pearson* diketahui bahwa terdapat terdapat hubungan secara nyata antara getaran mesin dan paparan yang diterima pekerja dengan hasil pemeriksaan fisik baik tes vaskuler maupun tes sensorik. Nilsson (2003), menyebutkan apabila tangan pekerja terpajan dengan mesin dan alat yang bergetar dalam jangka waktu yang cukup lama, dilaporkan sering mengalami kelaian dari mikrosirkulasi perifer. Rekapitulasi korelasi *bivariate* antara paparan getaran terhadap HAVs dan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi korelasi bivariat antara paparan getaran terhadap HAVs

No	Korelasi Bivariat	<i>p-value</i>	Hipotesis	
1	Getaran Mesin	Hasil Tes Vaskuler	0,011	Terdapat korelasi antara getaran mesin dengan hasil tes vaskuler
		Hasil Tes Sensorik	0,023	Terdapat korelasi antara getaran mesin dengan hasil tes sensorik
2	Paparan Getaran yang diterima Pekerja	Hasil Tes Vaskuler	0,005	Terdapat korelasi antara paparan yang diterima pekerja dengan hasil tes vaskuler

No	Korelasi Bivariat	p-value	Hipotesis
	Hasil Tes Sensorik	0,001	Terdapat korelasi antara paparan yang diterima pekerja dengan hasil tes sensorik

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di industri beton pracetak PT X dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengukuran getaran dengan menggunakan *Vibration Meter* adalah sebagai berikut *Vibrator table U-A* (19,9 m/det²), *Vibrator table U-B* (19,3 m/det²), *Impact wrench-A* (19,9 m/det²), *Impact wrench-B* (21,0 m/det²), *Vibrator table* (20,3 m/det²) dan *Grinding wheel* (19,9 m/det²). Getaran mesin tertinggi dihasilkan *impact wrench* sebesar 21,0 m/det², dan getaran terendah dihasilkan oleh *vibrator table U-B* sebesar 19,3 m/det².

Hasil pengukuran paparan getaran yang diterima pekerja dengan menggunakan *Human Vibrator Meter* di unit produksi industri beton pracetak PT X adalah sebagai berikut: rata-rata paparan getaran yang diterima pekerja di unit U2-A (1,32 m/det²), unit U2-B (0,97m/det²), unit Pipa Mesin C-A (4,01 m/det²), unit Pipa Mesin C-B (5,08 m/det²), unit Workshop (3,54 m/det²), unit Maintenance (2,49 m/det²) dan rata-rata paparan getaran yang diterima pekerja di unit Cover (7,49 m/det²). Berdasarkan Kepmenaker No.Kep.51/MEN/1999 paparan getaran yang diterima oleh pekerja di unit produksi industri beton pracetak PT X dapat diketahui bahwa pekerja pada unit Pipa Mesin C dan unit Cover nilainya berada diatas ambang batas untuk waktu pemajanan 4 jam dan kurang dari 8 jam (4 m/det²). Pengukuran kelelahan secara objektif, menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan fisiologis tubuh pekerja baik tekanan darah, denyut nadi, dan waktu reaksi sebelum dan sesudah bekerja. Terdapat pula korelasi yang signifikan antara variabel kelelahan fisiologis (tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik dan waktu reaksi) dan hasil pemeriksaan fisik baik tes vaskuler maupun tes sensorik dengan getaran mesin dan paparan getaran yang diterima oleh pekerja.

Daftar Pustaka

- Buhaug, K., Moen, B.E., and Irgen, Å. (2014): *Upper Limb Disability In Norwegian Workers With Hand-Arm Vibration Syndrome*. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2014, 9:5
- Burström L, Järvholm B, Nilsson T, Wahlström J. (2010): *White fingers, cold environment and vibration – exposure among Swedish construction workers*. *Scand J Work Environ Health*, 2010;36(6):509-513.
- Davidson, J. 2012: *Measuring Reaction Times of McPherson Football Players on the Basis of Sleep*. *Journal of McPherson College Science* Volume 20 : p 20-23
- Edlund, M., Burström, L., Gerhardsson, L., Lundström, R., Nilsson, T., Sandén, H., and Hagberg, M. (2014): *A prospective cohort study investigating an exposure–response relationship among vibration-exposed male workers with numbness of the hands*. *Scand J Work Environ Health* 2014;40(2):203-209.
- Griffin, M.J. (2006): *Handbook of Human Vibration*. Elsevier Academic Press, UK.
- Goenka, S. Peelukhana, S.V., Kim, J., Stringer, K.F., and Banerjee, R.K. (2013): *Dependence of Vascular Damage on Higher Frequency Components in the Rat-tail Model*. *The Journal of Industrial Health* 2013, 51, 373-385.
- Ihsan, T., Salami, I. R. S. (2011): *Hubungan Antara Shift Kerja Dengan Tingkatan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Di Pabrik Perakitan Mobil Indonesia*. Tesis Program Studi Teknik Lingkungan FTSL-ITB, Bandung.
- ILO. (2003): *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Penerbit: Geneva
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 1405/Menkes/SK/XI/2002 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri.

- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-51/MEN/1999 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Di Tempat Kerja
- Krajnak, K.M., Waugh, S., Johnson, C., Miller, G.R., Xu, X., Warren, C., and Dong, R.G. (2013): *The Effect of Impact Vibration on Peripheral Blood Vessels and Nerves*. Industrial Health 2013, 51 : 572-580. National Institutes for Occupational Safety and Health, USA.
- Pao, C.C., Yow, J.J., Chiou, J.C., Yu, T.D., Ching, Y.Y., and Ching, Y.H. (2013): *Combined Effects Of Noise, Vibration, And Low Temperature On The Physiological Parameters Of Labor Employees*. Kaohsiung Journal of Medical Sciences (2013) 29, 560-567.
- Pheasant, S., (1991): *Ergonomics, Work and Health*, London; Macmillan Academic Profesional Ltd
- Profil Perusahaan PT SCG Pipe and Precast Indonesia
- Restisha, V.A., Ariesyady, H.D. (2013): *Analisis Risiko Kelelahan Fisiologis Dan Musculoskeletal Disorders (MsDs) Pada Pekerja Bengkel Pengecatan Mobil Informal Dengan Metode Baseline Risk Identification Of Ergonomic Factors (BRIEF) Dan Quick Exposure Checklist (QEC)*. Tesis Program Studi Teknik Lingkungan FTSL-ITB, Bandung.
- Rolke, R., Rolke, S., Vogt, T., Birklein, F., Geber, C., Treede, R.D., Letzel, S., and Mählke, S.V. (2013): *Hand-Arm Vibration Syndrome: Clinical Characteristics, Conventional Electrophysiology And Quantitative Sensory Testing*. Clinical Neurophysiology 124 (2013) 1680-1688. International Federation of Clinical Neurophysiology. Published by Elsevier Ireland Ltd.
- Rusli, M. (2009): *Pengaruh Kebisingan Dan Getaran Terhadap Perubahan Tekanan Darah Masyarakat Yang Tinggal Di Pinggiran Rel Kereta Api Lingkungan XIV Kelurahan Tegal Sari Kecamatan Medan Denai Tahun 2008*. Tesis Program Studi Kesehatan Masyarakat Kekhususan Kesehatan Kerja Universitas Sumatera Utara, Medan
- Samara, D. (2006): *Diagnosis Dan Penatalaksanaan Hand-Arm Vibration Syndrome Pada Pekerja Pengguna Alat Yang Bergetar*. Jurnal Universa Medica Trisakti, Vol 25 No.3.
- Soemirat, J. (2005): *Epidemiologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Statistics Norway. (2009): *Level of Living Survey (in Norwegian)*. Oslo, Norway.
- Subana, dkk. (2005): *Statistik Pendidikan*. Penerbit Pustaka Setia, Bandung.
- Tanaka, S., Deanna KW., Seligman PJ., (1995): *Prevalence and Work-relatedness of Self Reporter Carpal Tunnel Syndrome Among U.S. Workers; Analyze of The Occupational Health Supplement Data of 1988 Health Interview Survey*. American Journal of Industrial Medicine; 27: 451-470.
- Taylor, W.A., Wasserman D.E. (1997): *Occupational Vibration*. In: Occupational Medicine 3rd. Zenc C.ed, Dickerson OB, Mosby, Co
- Widowati, E. (2011): *Pengaruh Getaran Benang Lusi Terhadap Kelelahan Mata Operator Loom Weaving Denim*. Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang Vol 7 No.1: 1-6.