

**PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN KERJA DAN BEBAN  
KERJA TERHADAP FAKTOR KELELAHAN KERJA PADA  
PEKERJA *FULL-MACHINERY* MANUFAKTUR BAN  
DI CIKARANG**

**THE INFLUENCE OF WORK ENVIRONMENT FACTORS AND  
WORKLOADS TO WORKER'S FATIGUE AT FULL MACHINERY  
TIRE MANUFACTURE INDUSTRY  
IN CIKARANG**

**<sup>1\*</sup>Pratikto Abiseno, dan <sup>2</sup>Indah Rachmatiah Siti Salami**

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

<sup>1</sup>pratikto.abiseno@gmail.com dan <sup>2</sup>indahrss@tl.itb.ac.id

---

**Abstrak:** PT. X Cikarang adalah sebuah perusahaan manufaktur ban kendaraan bermotor roda empat dan dua. Dalam prosesnya, perusahaan sudah menggunakan mesin secara menyeluruh dalam proses produksinya seperti pada proses *tire building* dan *curing*. Proses tersebut melibatkan pekerja untuk mengoperasikan mesin dalam keadaan berdiri selama 8 jam atau satu *shift* kerja dan memerlukan pekerja dalam kondisi fit dan penuh konsentrasi dalam pengerjaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh faktor fisik lingkungan kerja seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan kebisingan dan beban kerja terhadap indikator kelelahan pekerja pada proses *tire building* dan *curing*. Analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan faktor-faktor lingkungan kerja, beban kerja dan karakteristik responden sebagai variabel bebas dan kelelahan akibat pekerjaan sebagai variabel terikat. Pengukuran kelelahan dilakukan saat sebelum dan sesudah bekerja, menggunakan metode *dry chemistry system* dengan pengujian aktivitas enzim saliva alpha-amilase (sAA). Nilai Beban Kerja fisik pada divisi TBM dikategorikan pekerjaan dengan beban kerja sedang dan untuk divisi Curing juga dikategorikan sebagai pekerjaan dengan beban kerja yang sedang. Berdasarkan analisis korelasi *Spearman*, karakteristik responden tidak berpengaruh signifikan terhadap terjadinya kelelahan, tetapi faktor lingkungan seperti kelembaban dan kebisingan serta beban kerja fisik berpengaruh signifikan pada konsentrasi sAA di TBM. Berdasarkan hasil regresi linier, beban kerja fisik merupakan faktor yang paling signifikan dalam kenaikan nilai konsentrasi sAA pada kelelahan pekerja di divisi TBM. Untuk divisi *Curing* berdasarkan hasil regresi didapat bahwa beban kerja mental merupakan variabel yang paling berpengaruh dalam kenaikan nilai konsentrasi sAA.

**Kata kunci:** faktor fisik lingkungan kerja, beban kerja, saliva alpha-amilase, manufaktur ban, dan kelelahan pekerja

**Abstract :** PT. X Cikarang is a tire manufacturing company for 4-wheels and 2-wheels automobile. This company is using machine throughout their working process such as in tire building and curing process. Those process requires the workers to do their work while standing for 8 hours or one shift of work and in their top condition in high concentricity. The aim of this study is to find the effect of work environment factors such as temperature, humidity, light intensity and noise, and work load to work fatigue indicator at tire building and curing process. To test workers fatigue, the method used is dry chemistry system with enzyme salivary alpha-amylase (sAA) test. The physical workload value of the TBM division is categorized as moderate and for the Curing division is also categorized as work with moderate work. Based on Spearman correlation analysis, respondent's characteristic did not have significant effect to fatigue, but environmental factors such as humidity, noise and physical work load significantly influenced sAA concentration in TBM. Based on the analyzed data, physical work load is showing a positive response to the cause of fatigue in TBM. Based on the results of linear regression, physical workload is the most significant factor in increasing the value of sAA concentration in worker fatigue in TBM

division. For Curing division based on the regression result it is found that mental work load is the most influential variable in increasing the value of sAA concentration

**Key words:** physical work environment factors, workload, salivary alpha-amylase, reaction timer, tyre manufacture and worker fatigue

---

## PENDAHULUAN

Kelelahan kerja pada pekerja adalah fenomena yang kompleks yang dihasilkan dari berbagai faktor pada industri yang modern dan seringkali berujung pada perasaan kelelahan pada diri sendiri, menurunnya fungsi fisiologi, gangguan pada keseimbangan saraf otonom dan pengurangan efisiensi pekerjaan. Sementara itu, kelelahan industri adalah disebabkan oleh beban kerja yang berlebihan, perubahan signifikan pada postur tubuh ketika bekerja, serta perubahan kebiasaan hidup diurnal menjadi nokturnal dan sebaliknya (Saito, 1999). Kelelahan kerja juga merupakan salah satu faktor penentu dalam penilaian sebuah kualitas dari suatu produk. Kelelahan pada pekerja dapat mengurangi performa pekerjaan yang disebabkan oleh berkurangnya kemampuan berkonsentrasi dan meningkatnya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Akhter, 2015).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan tubuh adalah dengan mengukur kadar saliva alpha-amilase pada air liur. Air liur murni mencerminkan konsentrasi elektrolit, enzim, dan hormon (Yamaguchi dkk, 2006). Enzim amilase ini adalah salah satu enzim utama pada manusia dan disekresikan dari kelenjar saliva dalam menghadapi rangsangan simpatis, semakin tinggi tingkat reaksi sistem saraf simpatis dalam merespon suatu pekerjaan maka berkorelasi untuk merangsang pembentukan enzim amilase dalam tubuh seseorang (Engert dkk, 2011).

PT. X adalah sebuah perusahaan manufaktur yang produk utamanya adalah *tire* (ban). Perusahaan ini telah membuat kondisi kerja yang keadaan fisika dan kimianya telah memenuhi standar yang berlaku di Indonesia, tetapi para pekerjanya kerap masih mengalami kelelahan kerja pada pekerjaannya, dan terjadi kecelakaan kerja diakibatkan oleh kelelahan pekerja yang membuat tidak fokus pada pekerjaannya sehingga terjadi kecelakaan. Perusahaan ini menggunakan sistem *shift* pada proses bekerjanya. *Shift* yang diberlakukan adalah 3 kali *shift* kerja setiap harinya dan terdapat 4 grup *shift* pada perusahaan ini. Setiap harinya ada 3 grup yang bekerja dan 1 grup libur. Perusahaan ini menggunakan berbagai peralatan mesin dan hampir semua proses pengerjaan produk ban mereka dilakukan dengan mesin. Hanya pada bagian *finishing* (penyelesaian) dari ban dan pengangkutan ban yang sudah jadi dilakukan secara manual. Salah satu contoh proses dari pembuatan ban yang dilakukan secara *full-machinery* (dilakukan secara keseluruhan menggunakan mesin) adalah pada bagian *tire building* (pembuatan ban) dan *curing* (pemasakan). Pada proses *tire building*, proses tersebut mengharuskan operator untuk terus berdiri mengoperasikan mesin untuk membuat ban hasil proses *semi-manufacturing* menjadi *green tire* (GT) dan mengambil ban yang sudah selesai untuk dikirim ke proses selanjutnya. Proses pengerjaan membutuhkan ketelitian pekerja dalam mengoperasikan ban pada sensor mesin untuk diproses menjadi ban GT yang sesuai standar kualitas ban pada PT. X tersebut. Lalu pada proses *curing*, ban GT akan dimasak sehingga menjadikan ban tersebut menjadi ban yang siap pakai. Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian pada perusahaan ini untuk melihat pengaruh factor lingkungan dan beban kerja pada kelelahan pekerja yang menggunakan peralatan mesin pada pengerjaan sepanjang *shift*-nya sehingga dapat menghindari kecelakaan kerja dan kegagalan pada kualitas (*reject*) kedepannya, karena proses kerja di perusahaan ini didominasi oleh pekerjaan *full-machinery*.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada Departemen *Tyre Building* (TBM) dan *Curing*. Pada bagian TBM dilakukan perakitan semua komponen-komponen yang telah dibuat pada proses semi manufaktur seperti rakitan *bead*, lembaran *ply* yang telah di potong dengan sudut 90°, *steel belts*, *innerliner*, *tread* dan *side wall* semua di rakit menjadi satu kesatuan utuh sebagai bagian dari ban setengah jadi atau biasa disebut dengan *Green Tyre* (GT). Lalu pada proses *Curing*, GT datang dari bagian Perakitan, sebelum masuk ke proses *curing*, GT harus diperiksa terlebih dahulu untuk menghindari adanya cacat pada GT. Setelah GT selesai diperiksa diambil 4 ban setiap 1 rak GT untuk dilakukan proses *painting chem trend* yaitu pengolesan cairan *tyre-lubricant* pada bagian dalam GT yang bertujuan agar GT tidak menempel di bagian karet *bladder* pada saat proses *curing* berlangsung. Kemudian GT dikirim ke masing-masing operator untuk di proses di mesin press *curing*. Proses *curing* sendiri merupakan proses pemasakan atau vulkanisasi yaitu penyatuan polimer (*rubber*) dengan *carbon black* dan *sulphur* dengan dibantu oleh persenyawaan bahan kimia untuk mendapatkan beberapa karakteristik *compound* yang diperlukan dari bagian-bagian ban. Proses *curing* (pemasakan) ini membutuhkan suhu panas dan sejumlah tekanan *steam* yang sangat tinggi, GT akan ditempatkan pada cetakan (*mold*) dengan temperatur sesuai dengan yang diinginkan untuk produksi. Setelah cetakan tertutup, GT akan melebur ke dalam cetakan *tread* dan *side wall*. Cetakan tersebut tidak dapat dibuka sampai proses *curing* selesai secara keseluruhan. Setelah proses pemasakan selesai, *mold* akan terbuka secara otomatis. Ban yang sudah jadi akan jatuh dan masuk ke dalam conveyor untuk kemudian sampai di bagian Pemeriksaan (*Finishing*).

Penelitian yang dilakukan adalah dengan metode *cross sectional*, masing – masing variabel diukur pada waktu yang sama (Soemirat, 2012). Pengukuran pada pekerja yang terpapar faktor fisik lingkungan kerja dan melihat pengaruhnya terhadap timbulnya kelelahan kerja pada pekerja. Populasi penelitian ini adalah pekerja yang berada pada divisi *Tyre Building* (TBM) dan *Curing*. Karakteristik pekerja pada penelitian antara lain pekerja dengan kriteria usia 20-50 tahun, masa kerja lebih dari 2 tahun, laki laki, dan dalam kondisi sehat (tidak dalam perawatan dokter atau mengkonsumsi obat – obatan) (Kawano dkk, 2013), serta memiliki jam kerja 8 jam sehari. Berdasarkan kriteria yang telah ditentukan (Leidel, 1977), maka untuk jumlah sampel pada divisi TBM ini sebanyak 30 orang, dan divisi *Curing* sebanyak 30 orang.

Secara garis besar dalam penelitian ini diperlukan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan adalah : (1) pengukuran tingkat kebisingan (2) pengukuran suhu dan kelembaban (3) pengukuran intensitas cahaya (4) pengukuran tingkat kelelahan pekerja dan (5) beban kerja. Sedangkan data sekunder meliputi: (1) kuisioner data diri pekerja, (2) Kondisi lapangan kerja dan *job description* pekerja.

### **Pengukuran Faktor Fisik Lingkungan Kerja**

Intensitas kebisingan diukur menggunakan *Sound Level Meter*, pengukuran intensitas kebisingan mengacu pada SNI-7231-2009 tentang pengukuran intensitas kebisingan di tempat kerja. Pengukuran dilakukan selama 8 jam kerja. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan *Lux Meter*. Pengukuran intensitas cahaya mengacu pada SNI 16-7062-2004 tentang pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja. Pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan *web bulb globe temperature* (WBGT) berdasarkan SNI 16-7061-2004 tentang Pengukuran iklim kerja (panas) dengan parameter indeks suhu basah dan bola. Pengukuran dilakukan pada saat jam kerja di beberapa titik sesuai tempat pekerja melakukan pekerjaannya.

### **Perhitungan Beban Kerja**

Perhitungan beban kerja mengacu pada SNI 7629:2009 mengenai penilaian beban kerja berdasarkan tingkat kebutuhan kalori menurut pengeluaran energi. Data yang diperlukan dalam

perhitungan beban kerja ini antara lain berat badan pekerja, hasil pengamatan aktivitas pekerja (kategori jenis pekerjaan dan posisi badan) dan waktu aktivitas pekerja. Adapun kriterianya adalah: (1) Beban kerja ringan: pengeluaran energi 100-200 kkal/jam (2) Beban kerja sedang: pengeluaran energi 200-350 kkal/jam (3) Beban kerja berat: pengeluaran energi 350-500 kkal/jam. Lalu diambil juga data beban kerja mental dengan menggunakan metode NASA-TLX, sebuah metode yang secara subjektif menggambarkan keadaan beban kerja yang diterima pekerja berdasarkan skala 6 faktor, yaitu: (1) *Mental Demand* (MD), (2) *Physical Demand* (PD), (3) *Temporal Demand* (TD), (4) *Performance* (P), (5) *Effort* (E), dan (6) *Frustration Level* (FR). Metode ini terbagi atas 2 tahap, yaitu perbandingan tiap faktor dan juga pemberian nilai terhadap pekerjaan

### Pengukuran Kelelahan Pekerja

Kelelahan pekerja diukur dengan menggunakan pengukuran konsentrasi enzim saliva alpha-amilase pada air liur pekerja. Pengujian ini dilakukan dengan metoda *dry chemistry system* (Nipro Corp, Japan) menggunakan alat *Amylase monitor* dari sistem saraf simpatis untuk mengukur aktivitas enzim saliva alpha-amilase dengan menggunakan sebuah strip atau kertas reagen yang mengandung pereaksi sebagai substrat untuk amilase. Pengambilan sampel dilakukan pada jam 08.00 (sebelum bekerja) dan 15.00 (sesudah bekerja).

### Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis dan diinterpretasikan untuk menguji hipotesis menggunakan uji statistik yaitu analisis deskriptif, uji kesetaraan responden, uji korelasi, dan analisis regresi linear. Uji statistik dilakukan dengan bantuan program komputer *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) Versi 24.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Responden

Uji kesepadanan yang dilakukan terhadap setiap karakteristik antara divisi TBM dan *Curing*. Uji kesepadanan ini bertujuan untuk memastikan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik yang serupa. Data yang tidak terdistribusi normal dilakukan dengan *Mann-Whitney U test* dengan  $\alpha = 5\%$ . Dari karakteristik responden diperoleh hasil  $p > 0,05$  yang berarti bahwa rerata kelompok terpapar dan kelompok kontrol tidak berbeda secara nyata (setara) pada Indeks Masa Tubuh (IMT), kebiasaan merokok dan status pernikahan pekerja. Lalu terdapat kelompok yang memiliki hasil  $p < 0,05$  yang berarti bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kedua divisi. Adapun *p-value* masing – masingnya adalah  $p = 0,00024$  untuk kesepadanan usia,  $p = 0,497$  untuk kesepadanan IMT,  $p = 1,3 \times 10^{-5}$  untuk lama masa kerja,  $p = 0,101$  untuk kesepadanan kebiasaan merokok, dan  $p = 0,344$  untuk status pernikahan antar divisi.

### Beban Kerja

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan telah didapa nilai beban kerja fisik dan mental pada divisi TBM dan *Curing*. Tabel 1 akan menunjukkan hasil perhitungan beban kerja fisik dan pada Tabel 2 akan menunjukkan perhitungan pada beban kerja mental.

**Tabel 1** Penilaian Beban Kerja Fisik

No	Jenis Pekerjaan	Rerata Beban Kerja (Kkal/Jam)	Kategori Pekerjaan	
1	TBM VMI	151	Kerja Ringan	
2	TBM Jingye	Orang ke-1	157	Kerja Ringan
3	/ Nokian / Pirelli	Orang ke-2	315,75	Kerja Sedang

No	Jenis Pekerjaan		Rerata Beban Kerja (Kkal/Jam)	Kategori Pekerjaan
4	TBM	Orang ke-1	191,25	Kerja Ringan
5	Samson	Orang ke-2	342,25	Kerja Sedang
6	<i>Curing</i> Mobil		249	Kerja Sedang
7	<i>Curing</i> Motor		228,5	Kerja Sedang

Untuk beban kerja fisik, didapatkan bahwa pada PT.X Cikarang, yang memiliki nilai beban kerja terbesar adalah pada TBM mesin Samson sebesar 342,25 Kkal/Jam dikarenakan mengharuskan pekerja untuk mengangkat *carcass* dan GT dengan ukuran yang besar secara manual sehingga menghasilkan nilai beban kerja fisik yang tinggi, dan nilai beban kerja fisik paling rendah adalah pada TBM mesin VMI dikarenakan mesin yang sudah berjalan secara otomatisasi. Meskipun begitu, hanya terdapat pekerjaan dengan beban kerja kategori ringan dan sedang saja pada PT. X ini. Lalu pada beban kerja mental didapatkan hasil NASA-TLX sebesar  $64,56 \pm 10,51$  pada TBM dan  $66,35 \pm 10,29$  pada *Curing* yang keduanya memiliki kategori beban kerja tinggi. Nilai pada *Curing* lebih tinggi dikarenakan pekerjaan yang membutuhkan pekerja untuk berjalan sepanjang pekerjaannya dan kondisi lingkungan yang lebih ekstrem.

**Tabel 2** Penilaian Beban Kerja Mental

No	Jenis Pekerjaan	Nilai NASA-TLX	Kategori Pekerjaan
1	TBM	$64,56 \pm 10,51$	Kerja Tinggi
2	<i>Curing</i>	$66,35 \pm 10,29$	Kerja Tinggi

### Suhu dan Kelembapan

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan dari hasil penghitungan nilai ISBB seperti pada **Tabel 3**, diketahui bahwa nilai ISBB di bagian *Curing* memiliki nilai tertinggi yaitu  $28 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,89$ , diikuti dengan bagian TBM sebesar  $24,24 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,06$

Dengan membandingkan dengan peraturan pemerintah menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 51/MEN/1999, maka nilai ISBB pada TBM telah memenuhi nilai ambang batas untuk pekerjaan terus menerus selama 8 jam per harinya. Sementara itu nilai ISBB pada bagian *Curing* mobil dan motor telah melampaui nilai ambang batas untuk jenis pekerjaan yang terkategori beban kerja sedang. Disarankan untuk dapat menurunkan nilai ISBB pada bagian *Curing*.

**Tabel 3.** Paparan suhu dan kelembapan (rerata  $\pm$  sd)

No.	Divisi	Suhu Kering ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu Basah ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu Bola ( $^{\circ}\text{C}$ )	ISBB ( $^{\circ}\text{C}$ )	RH (%RH)
1	TBM	$26,88 \pm 1,28$	$22,88 \pm 1,02$	$27,42 \pm 1,61$	$24,24 \pm 1,06$	$65,66 \pm 3,74$
2	<i>Curing</i>	$33,24 \pm 1,32$	$25,35 \pm 0,85$	$34,17 \pm 1,37$	$28 \pm 0,89$	$49,03 \pm 6,34$

Kelembapan yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 3**. Nilai Kelembapan memiliki rentang antara 49,03%RH – 65,66%RH. Jika dilihat nilai kelembapan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405/MENKES/SK/XI/2002, maka nilai kelembapan pada bagian TBM masih berada di dalam rentang ambang batas yang diperbolehkan untuk lingkungan industri yaitu 65%RH - 95%RH, sedangkan pada bagian

*Curing* perlu dilakukan rekayasa sehingga dapat menaikkan nilai kelembaban ruangnya, seperti menyediakan alat *humidifier* seperti pembentuk aerosol.

### Intensitas Cahaya Lingkungan Kerja

Intensitas penerangan pada masing – masing bagian tidak merata sehingga kondisi masing – masing pekerja terhadap pengaruh intensitas cahaya juga berbeda-beda. Pada bagian TBM dan *Curing* yang dikategorikan pekerjaan kasar dan terus menerus dengan menggunakan mesin dan perakitan kasar mengacu pada peraturan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 maka tingkat pencahayaan minimal adalah 200 Lux, sedangkan hasil dilapangan menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya tertinggi hanya 140 Lux. Jika dilihat dari hasil pengukuran, maka nilai intensitas cahaya berada pada rentang 24 Lux – 140 Lux, hasil ini sangat jauh dari pencahayaan minimal yang dianjurkan. Permasalahan penerangan meliputi kemampuan manusia untuk melihat sesuatu, sifat – sifat dari indera pengelihatannya, usaha – usaha yang dilakukan untuk melihat objek lebih baik dan pengaruh penerangan terhadap lingkungan. Penerangan merupakan faktor lingkungan yang sangat perlu diperhatikan karena banyak pengaruhnya terhadap kelelahan mata dalam bekerja (Manuaba, 1998). Terjadinya kelelahan otot mata dan saraf mata sebagai akibat tegangan yang terus – menerus pada mata, walaupun tidak menyebabkan kerusakan mata secara permanen, tetapi menambah beban kerja, mempercepat lelah pada badan, menjadi sering istirahat, penurunan mutu produksi, meningkatkan frekuensi kelelahan, dan penurunan konsentrasi serta produktivitas kerja (Pheasant, 1993).

### Intensitas Kebisingan

Pengukuran paparan bising yang diterima pekerja dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter* yang dipasang pada daerah sekitar pekerja selama jam kerjanya yaitu selama 6 jam. Dari alat yang dipasang ini akan diperoleh data tingkat kebisingan rata – rata selama 8 jam kerja.

Sesuai dengan Surat Keputusan Menaker No: KEP-51/MEN/1999 dan Surat Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/MENKES/SK/II/1998 bahwa untuk 8 jam kerja, intensitas kebisingan yang diperbolehkan adalah sebesar 85 dBA. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan didapat nilai kebisingan rata-rata pada bagian TBM sebesar  $60,23 \pm 3,18$  dB dan pada bagian *Curing* didapat nilai  $63,03 \pm 7,11$  dB. Berdasarkan hasil yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kebisingannya masih di bawah baku mutu yang ditetapkan.

### Konsentrasi SAA (Saliva Alpha – Amilase)

Saliva alpha - amilase ini bersifat sensitif terhadap kelelahan fisiologis maupun psikologis (Schumacher, et al, 2013) dan juga stress fisiologis yang berupa kelelahan karena suatu aktifitas terbukti menyebabkan peningkatan cepat dalam aktivitas sAA (Nater et al, 2005). Pada **Tabel 4** dapat dilihat dari hasil rata – rata dari divisi TBM dan *Curing*.

Hasil analisis statistik *Wilcoxon* untuk konsentrasi saliva alpha – amilase sebelum dan setelah kerja pada TBM diperoleh *p-value* 0,000 ( $p < 0,05$ ) yang berarti terdapat perbedaan secara nyata antara konsentrasi saliva alpha – amilase sebelum dan setelah bekerja. Pada bagian *Curing*, diperoleh *p-value* 0.002 yang berarti terdapat perbedaan secara nyata antara konsentrasi saliva alpha – amilase sebelum dan setelah bekerja. Perubahan konsentrasi menunjukkan bahwa dalam kondisi tubuh yang sedang berstimulasi, terdapat lebih dari 50% dari total air liur yang diproduksi di kelenjar paratiroid, dan hanya 20% air liur yang diproduksi pada saat tidak dalam kondisi stimulasi. Salah satu enzim yang berperan penting dalam pengaruh saraf simpatik saat merespon adanya suatu kegiatan adalah enzim saliva alpha – amilase ini (Humphrey, 2001).

**Tabel 4.** Konsentrasi enzim saliva alpha amilase per bagian kerja (rerata ± sd)

Divisi	Konsentrasi Saliva Alpha – Amilase (KU/L)			Δ
	Sebelum	Kategori	Sesudah	

TBM	95 ± 64,88	Kelelahan Berat	177,8 ± 108,01	Kelelahan Berat	82,8 ± 80,8
<i>Curing</i>	90,43 ± 71	Kelelahan Berat	141,4 ± 110,15	Kelelahan Berat	50,96 ± 73,61

### Hubungan Karakteristik Responden dan Faktor Fisik Lingkungan Kerja terhadap Indikator Kelelahan

Saliva Alpha-Amilase (sAA) merupakan penanda biologis dalam tingkat kelelahan fisiologis dan psikologis seseorang. Diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kelelahan seseorang maka aktivitas sAA semakin cepat meningkat (Nater dkk,2009). Kualitas individu seperti waktu tidur responden juga mempengaruhi tingkat kelelahan seseorang (Saremi, 2008). Berikut ini akan dibahas mengenai hubungan antara masing – masing variabel independen (usia, masa kerja, status pendidikan, status pernikahan, status gizi, kebiasaan merokok dan beban kerja) terhadap variabel dependen.

Berdasarkan hasil analisis statistik korelasi Spearman diperoleh *p-value* 0,368 untuk korelasi antara usia dengan konsentrasi sAA pada TBM dan *p-value* 0.765. Hal tersebut menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara usia seseorang terhadap konsentrasi sAA pada kedua divisi. Untuk karakteristik masa kerja diketahui bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antara masa kerja dengan konsentrasi sAA. Hal tersebut diketahui dari *p-value* 0,095 untuk hubungan masa kerja dan konsentrasi sAA pada TBM dan *p-value* 0,516 pada *Curing*.

Untuk variabel status pernikahan yang dihubungkan terhadap konsentrasi sAA, didapat *p-value* berdasarkan analisis korelasi Spearman sebesar 0,905, yang menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara status pernikahan dengan konsentrasi sAA pada TBM. Kemudian untuk hubungan terhadap sAA pada *Curing* diperoleh *p-value* 0,206 juga menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara status pernikahan dengan nilai sAA. Untuk variabel status gizi berdasarkan Indeks Masa Tubuh (IMT) diketahui *p-value* sebesar 0,595 berdasarkan analisis statistik korelasi Spearman, maka dapat diketahui bahwa tidak terdapat hubungan antara IMT dan konsentrasi sAA di TBM. Kemudian, untuk variabel status gizi berdasarkan Indeks Masa Tubuh (IMT) terhadap nilai sAA di *Curing* diketahui *p-value* sebesar 0,905 berdasarkan analisis statistik korelasi Spearman, maka dapat diketahui bahwa tidak terdapat hubungan antara IMT dan nilai sAA.

Untuk variabel beban kerja fisik diperoleh *p-value* 0,001 berdasarkan analisis statistik korelasi Spearman, yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara beban kerja dengan konsentrasi sAA pada pekerja TBM. Sedangkan untuk beban kerja mental diperoleh *p-value* 0.743 yang mana tidak terdapat hubungan antara nilai beban kerja mental dengan sAA di TBM. Lalu untuk bagian *Curing*, didapat nilai beban kerja fisik *p-value* 0.249 dan beban kerja mental *p-value* 0.870 yang berarti bahwa nilai beban kerja fisik dan mental tidak memiliki hubungan dengan sAA pada bagian *Curing*. Beban kerja yang terlalu berlebihan akan menimbulkan kelelahan baik fisik maupun mental, dan reaksi emosional seperti sakit kepala, gangguan pencernaan dan mudah marah. Gejala – gejala kelelahan akibat beban kerja turut mempengaruhi respon pekerja dalam menanggapi rangsangan sehingga terjadinya perbedaan waktu reaksi.

Selanjutnya, untuk variabel faktor fisik lingkungan kerja yang merupakan faktor eksternal penyebab kelelahan pekerja juga dilihat hubungannya dengan menggunakan analisis korelasi Spearman. Untuk variabel suhu terhadap sAA, diperoleh *p-value* 0,216 pada TBM dan *p-value* 0,92 pada *Curing* untuk hubungan suhu terhadap nilai waktu reaksi. Nilai ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara suhu lingkungan kerja terhadap konsentrasi sAA. Suhu lingkungan yang tinggi menyebabkan suhu tubuh meningkat. Hal itu menyebabkan hipotalamus merangsang kelenjar keringat yang mengandung garam NaCl. Keluarnya garam NaCl bersama keringat akan mengurangi kadarnya di dalam tubuh sehingga menghambat transportasi glukosa

sebagai sumber energi. Hal ini menyebabkan penurunan kontraksi otot sehingga tubuh mengalami kelelahan (Strahler et al., 2010). Untuk variabel kelembapan, berdasarkan analisis statistik korelasi Spearman diperoleh  $p$ -value 0,027 untuk bagian TBM dan  $p$ -value 0,202 pada bagian *Curing*. Hal ini memperlihatkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kelembapan bagian *Curing* dengan konsentrasi sAA, tetapi terdapat hubungan yang signifikan pada bagian TBM.

Untuk hubungan variabel intensitas cahaya terhadap konsentrasi sAA diperoleh  $p$ -value 0,593 pada TBM dan  $p$ -value 0,443 pada bagian *Curing*. Hal ini memperlihatkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara intensitas cahaya di tempat kerja dengan nilai waktu reaksi. Penerangan merupakan faktor lingkungan yang sangat perlu diperhatikan karena banyak pengaruhnya terhadap kelelahan mata dalam bekerja. Penerangan yang baik penting agar pekerjaan dapat dilakukan dengan benar dan dalam situasi yang nyaman (Manuaba, 1998). Kurangnya kenyamanan pada pekerja dalam melakukan rutinitas menyebabkan ketegangan otot pada berakibat pada timbulnya kelelahan (Guyton, 1991).

Untuk variabel intensitas kebisingan terhadap sAA diperoleh  $p$ -value 0,018 pada TBM dan 0,579 pada bagian *Curing*. Hal ini memperlihatkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas kebisingan di tempat kerja dengan konsentrasi sAA di TBM, tetapi tidak pada *Curing*. Berdasarkan penelitian Soeripto (2000) diketahui bahwa seseorang yang mengalami kebisingan maka denyut nadinya akan meningkat. Tekanan darah yang naik menyebabkan sempitnya pembuluh darah sehingga menjadi merasa cepat lelah.

Setelah dilakukan uji korelasi Spearman diperoleh hasil bahwa variabel bebas beban kerja fisik, kebisingan dan RH berpengaruh signifikan terhadap nilai sAA pada TBM, sedangkan tidak ada variabel bebas yang berpengaruh signifikan pada bagian *Curing* yang berarti bahwa ada faktor lain yang tidak diamat tetapi memiliki pengaruh pada nilai sAA di bagian *Curing*.

Untuk mengetahui variabel bebas yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi sAA di masing-masing divisi kerja, maka dilakukan uji statistik multivariate regresi linear berganda. Pada TBM Untuk variabel terikat konsentrasi sAA maka diperoleh faktor beban kerja fisik yang memiliki pengaruh dominan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,407. Hal ini berarti sebanyak 40,7% variasi sAA dapat dijelaskan oleh variasi keenam variabel bebas kebisingan, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, beban kerja fisik dan mental. Sedangkan sisanya sebanyak 59,3% dijelaskan oleh variabel lain diluar model. Pada kolom Anova, diperoleh nilai F hitung sebesar 2,629 dengan probabilitas 0,043. Nilai probabilitas  $< 0,05$  menyatakan bahwa koefisien regresi  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  dan  $X_6$  tidak sama dengan nol, atau ketiga variabel independen tersebut secara simultan berpengaruh terhadap konsentrasi sAA.

Dari keenam variabel bebas yang dimasukkan dalam model, hanya tiga variabel yang menunjukkan hasil signifikan pada  $\alpha = 5\%$ , yaitu variabel suhu dengan probabilitas 0,001 ( $p < 0,05$ ), kelembapan dengan probabilitas 0,027 dan kebisingan dengan probabilitas 0,018. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi sAA paling dipengaruhi oleh kebisingan dan kelembapan pada lingkungan kerja dan juga beban kerja fisik dengan

#### **Persamaan 1.**

$$Y = 524,923 + 0,527 X_1 + 13,146 X_2 - 3,231 X_3 + 0,803 X_4 - 48,642 X_5 - 0,468 X_6$$

**(Persamaan 1)**

Koefisien konstanta bernilai positif menyatakan bahwa dengan mengasumsikan ketiadaan variabel bebas kebisingan, suhu, intensitas cahaya, kelembapan dan beban kerja fisik serta mental, maka konsentrasi sAA akan cenderung meningkat. Koefisien regresi  $X_1$ ,  $X_2$  dan  $X_4$  bernilai positif yang menyatakan bahwa dengan mengasumsikan ketiadaan variabel bebas lainnya, apabila  $X_1$ ,  $X_2$ , dan  $X_4$  mengalami peningkatan, maka konsentrasi sAA juga

cenderung mengalami peningkatan, begitu pula sebaliknya apabila negative yang berarti semakin meningkatnya nilainya akan menurunkan konsentrasi sAA. Didapat juga bahwa faktor yang paling dominan adalah beban kerja fisik dengan nilai  $t$  2,756 yang lebih besar dari  $t$  tabel, sehingga dapat dikatakan bahwa beban kerja fisik merupakan faktor utama terjadinya kelelahan pada divisi TBM.

Lalu untuk divisi *Curing* akan dilakukan analisis regresi linier berganda dengan berbagai variabel bebas dikarenakan tidak adanya variabel yang berkorelasi dengan konsentrasi sAA. Didapat **Persamaan 2** yang menggambarkan nilai konsentrasi sAA pada divisi *Curing*.

$$Y = 1158,749 + 3,2X_1 - 6,19X_2 - 17,11X_3 - 68,829X_4 - 20,451X_5 - 30,449X_6 + 11,029X_7 - 34,486X_8 + 0,147X_9 - 3,491X_{10} - 3,128X_{11} \text{ (Persamaan 2)}$$

Berdasarkan **Persamaan 2**, didapat pengaruh dominan dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,621. Hal ini berarti sebanyak 62,1% variasi sAA dapat dijelaskan oleh variasi kesebelas variabel bebas tersebut. Sedangkan sisanya sebanyak 37,9% dijelaskan oleh variabel lain diluar model. Pada kolom Anova, diperoleh nilai  $F$  hitung sebesar 2,676 dengan probabilitas 0,031. Lalu berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dalam kenaikan nilai kelelahan pada divisi *Curing* adalah beban kerja mental yang memiliki nilai  $t$  3,895 yang berarti bahwa signifikan terhadap kenaikan kelelahan di *Curing*.

## KESIMPULAN

Faktor karakteristik responden yang meliputi usia, masa kerja, status pernikahan, dan status pendidikan tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap konsentrasi sAA sebagai indikator kelelahan.

Berdasarkan hasil perhitungan beban kerja, diketahui pada bagian TBM Mesin Samson memiliki rata – rata beban kerja yang paling tinggi dibanding bagian lainnya dengan kategori beban kerja sedang yaitu sebesar 342.25 Kkal/Jam dengan rata – rata konsentrasi sAA yang tinggi yaitu 193.5 KU/L yang berarti memiliki kategori kelelahan berat.

Konsentrasi sAA pada TBM berkorelasi dengan signifikan dengan variabel beban kerja fisik, kelembaban dan kebisingan. Konsentrasi sAA pada TBM dipengaruhi oleh beban kerja fisik, beban kerja mental, kebisingan, kelembaban, suhu dan intensitas cahaya. Faktor yang paling signifikan dalam kenaikan kelelahan pada TBM adalah beban kerja fisik dengan nilai  $t$  2,756. Konsentrasi sAA pada *Curing* tidak memiliki korelasi yang signifikan dengan variabel yang diamat pada penelitian ini. Nilai konsentrasi sAA pada *Curing* didapat dengan berbagai variabel karakteristik responden dan lingkungan kerja. Berdasarkan persamaan yang didapat, beban kerja mental merupakan faktor pemicu terjadinya kelelahan yang paling signifikan pada divisi *Curing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, Mahmud. 2015. *Effects of Worker Fatigue on Product Quality: A Case Study in Apparel Industry*. International Journal of Scientific & Engineering Research , Vol 6 Issue 9, pg 1625-1632
- Engert, V., Vogel, S., Efanov, S.I., dkk. 2011. *Investigation into the Cross-Correlation of Salivary Cortisol and Alpha-Amylase Responses to Psychological Stress*. *Psychoneuroendocrinology*, 36, 1294-1302.
- Guyton, A. 1991. *Textbook of Medical Psychology*. International Student Editions. WB Saunders Co. Tokyo.
- Manuaba, A. 1998. Penerapan Ergonomi Kesehatan Kerja di Rumah Tangga. Program Studi Ergonomi-Fisiologi Kerja. Universitas Udayana. Denpasar.

- Nater, U.M, dan Rohleder, N. 2009. *Salivary Alpha-Amylase as A Non-Invasive Biomarker for the Sympathetic Nervous System: Current State of Research. Psychoneuroendocrinology*, 34, 486 – 496.
- Saito, Kazuo. 1999. *Measurement of Fatigue in Industries*. *Industrial Health*, 37, 134-142
- Saremi, M., Rohmer, O., Burgeimer, A., dkk. 2009. Combined Effects of Noise and Shift Work on Fatigue as a Function of Age. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 4. 387 – 394.
- Pheasant, S. 1993. *Ergonomics, Work, and Health*. Aspen Publisher Inc. USA
- Setyawati, L. 2010. Kelelahan Kerja Kronis, Kajian terhadap Perasaan Kelelahan Kerja, Penyusunan Alat Ukur. Serta Hubungannya dengan Waktu Reaksi dan Produktivitas Kerja. Disertasi, Program Pascasarjana, UGM. Yogyakarta.
- Schumacher, S., Kirschbaum, C., Fydreich, T, dan Strohle, A. 2013. Is Salivary Alpha-Amylase an Indicator of Autonomic Nervous System Dysregulations in Mental Disorders? A Review of Preliminary Findings and The Interactions With Cortisol. *Psychoneuroendocrinology*, 38, 729-743.
- Silaban, G. 1998. *Kelelahan Kerja*. Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia; Tahun XXVI, No. 10:539-544.
- Soemirat, J. 2012. *Epidemiologi Lingkungan (Edisi 2)*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Strahler, J., Mueller, A., Rosenloecher, F., Kirschbaum, C, dan Rohleder. 2010. Salivary  $\alpha$ -Amylase Stress Reactivity Across Different Age Groups. *Psychophysiology*, 47, 587—595.
- Suma'mur, P.K. 2009. *Higiene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja*. PT.Toko Gunung Agung. Jakarta.
- Kawano, A., Tanaka, Y. Ishitobi, Y., dkk. 2013. Salivary Alpha-Amylase and Cortisol Responsiveness Following Electrical Stimulation Stress in Obsessive-Compulsive Disorder Patients. *Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry Research*, 209, 85–90.
- Yamaguchi, M., Wakasugi, J., Ono, S., dkk. 2010. Hand-Held Monitor of Sympathetic Nervous System Using Salivary Amylase Activity and its Validation by Driver Fatigue Assessment. *Biosensors and Bioelectronics*, 21,1007–1014.