

# Evaluasi Penggunaan Alat Ukur Denyut Jantung untuk Pengukuran Beban Mental dan Kelelahan Mental

## *(Evaluation of Heart Rate Measuring Device to Measure Mental Workload and Mental Fatigue)*

Mega Bagus Herlambang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Indonesia (ITI), Serpong  
Kota Tangerang Selatan 15320

(Diterima: 12 Mei 2016; Disetujui: 22 September 2016)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi alat ukur denyut jantung yaitu Polar Heart Rate Monitor dalam mengukur tingkat beban mental yang berbeda-beda dan mendeteksi terjadinya kelelahan mental. Penggunaan alat ukur ini jauh lebih praktis dan ekonomis jika dibandingkan dengan ECG (Electrocardiography), yang biasanya digunakan dalam penelitian laboratorium. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui parameter yang paling sensitif dalam mendeteksi tingkat beban mental yang berbeda-beda. Beberapa parameter yang dibandingkan adalah rataan denyut jantung, standar deviasi denyut jantung, koefisien  $\alpha$  (konstanta DFA), koefisien D (konstanta Dispersional Analysis). Sebanyak 18 responden yang terdiri dari 9 responden laki-laki dan 9 responden perempuan dilibatkan dalam penelitian ini. Responden melakukan aktivitas mental dalam 3 tahapan proses aritmatika, yakni penjumlahan (beban mental rendah), pengurangan (beban mental sedang) dan perkalian (beban mental tinggi) masing-masing selama 20 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Polar Heart Rate Monitor sensitif untuk mendeteksi tingkat beban mental yang berbeda dengan mencari HRV (Heart Rate Variability) yakni dengan menggunakan nilai standar deviasi denyut jantung dan koefisien  $\alpha$ . Kelelahan mental tidak dapat dideteksi baik dengan keempat parameter denyut jantung yaitu rataan denyut jantung, standar deviasi, koefisien  $\alpha$  dan koefisien D.

**Kata Kunci:** Beban mental, Kelelahan Mental, *Detrended Fluctuation Analysis*, *Dispersional Analysis*, NASA-TLX.

### Abstract

This study aimed to evaluate the heart rate measuring devices (Polar Heart Rate Monitor) in assessing the different mental workload levels and detects the occurrence of mental fatigue. The usability of this device (Polar HRM) are much more practical and economical compared to ECG (Electrocardiography), which is typically used in laboratory research. This study also aims to determine the most sensitive parameter in detecting some levels of mental workload. Several parameters are used, which are mean of heart rate, standard deviation of heart rate, coefficient  $\alpha$  (Detrended Fluctuation Analysis), the coefficient

*D (Dispersional Analysis). A total of 18 respondents consist of 9 male respondents and 9 female respondents are included in this research. Respondents do mental activities in the three stages of arithmetic activities, which are summation activity (mental load is low), subtraction activity (moderate mental load) and multiplication activity (high mental load), each for 20 minutes. The results showed that the Polar Heart Rate Monitor was sensitive to detect different levels of mental workload by analysing the HRV (Heart Rate Variability) from the standard deviation and coefficient  $\alpha$ . Mental fatigue can't be detected either by four parameters, which are the mean of heart rate, standard deviation, coefficient  $\alpha$  and coefficient  $D$ .*

**Keywords:** Mental workload, Mental fatigue, Detrended Fluctuation Analysis, Dispersional Analysis, NASA-TLX.

---

\*Penulis korespondensi. Telp +62 217561094; Fax +62 217561094  
Alamat email: [mega\\_bagus@hotmail.com](mailto:mega_bagus@hotmail.com)

## 1. Pendahuluan

Beberapa pekerjaan banyak yang memerlukan tingkat *attention* (perhatian) yang tinggi seperti operasi pembedahan, membidik senjata secara akurat, proses perakitan dengan ketelitian yang tinggi dan masih banyak lagi. Pekerjaan tersebut tidak lepas dari beban mental yang berbeda-beda tergantung kebutuhan yang dibebankan kepada setiap jenis pekerjaannya baik yang repetitif maupun non-repetitif.

Saat ini pekerja juga dituntut untuk dapat melakukan beberapa pekerjaan sekaligus. Hal ini diakibatkan karena tuntutan pekerjaan yang semakin tinggi dan persaingan sumberdaya manusia antar satu dengan yang lainnya juga semakin ketat sehingga menimbulkan tingginya beban kerja. Hal tersebut terkadang kurang diperhatikan oleh perusahaan khususnya pada lini manajerial karena banyaknya hal lain yang bersifat *profit-oriented* yang lebih diperhatikan.

Tingginya beban pekerjaan yang diterima seringkali menyebabkan beberapa keluhan dan masalah yang dialami oleh pekerja. Keluhan-keluhan tersebut dapat berupa rasa lelah secara mental dan seringkali menyebabkan terjadinya stres pada pekerja. Stres kerja dapat mengganggu kesehatan pekerja, baik secara fisik maupun emosional. Kerugian yang disebabkan oleh stres akibat kerja mencapai angka \$300 miliar setiap tahunnya untuk perawatan, pekerjaan yang kosong dan *stress-reduction* [5]. Stres yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya depresi dan dampak negatif lainnya seperti *anxiety disorders* dan *panic attacks*. Lebih dari 19 juta penduduk dewasa Amerika menderita *anxiety disorders* akibat stres dalam

kerja [3]. Pekerja yang mengalami stres menghabiskan biaya untuk berobat rata-rata sebesar \$600 tiap orangnya [5].

Dalam kajian keilmuannya, ergonomi mempelajari bagaimana merancang suatu sistem kerja sehingga beban kerja yang dibebankan tidak melebihi kapasitasnya (*Capacity > Demand*). Dengan demikian, beberapa dampak yang dapat diakibatkan oleh tingginya beban pekerjaan dapat ditekan dan diminimasi.

Beban mental perlu diukur sehingga hasil pengukurannya dapat digunakan sebagai dasar perancangan sistem kerja dimana ada penyesuaian antara beban mental dengan kapasitas yang dimiliki oleh pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Beberapa metode telah berhasil dikembangkan dalam mengukur tingkatan beban mental. Dua metode secara umum adalah metode perspektif dan metode objektif.

Metode perspektif adalah metode pengukuran beban mental secara subjektif, salah satunya adalah dengan menggunakan NASA-TLX. Tentunya metode ini memiliki kelemahan karena penilaian secara subjektif dapat dipengaruhi oleh tujuan, maksud dan motivasi dari subjek penilai [1], sehingga hasil penilaian satu subjek penilai belum tentu sama dengan subjek penilai lainnya. Metode objektif memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode subjektif. Karena penilaian beban mental yang lebih objektif maka tingkatan beban mental yang diterima oleh satu objek penerima tentunya sama dengan objek penerima lainnya. Alat ukur objektif beban mental yang banyak digunakan adalah penggunaan denyut jantung.

Pengukuran denyut jantung lebih banyak dilakukan dengan menggunakan ECG (*Electrocardiography*). Penggunaan ECG sangat tidak praktis dan memerlukan biaya yang sangat mahal. Secara operasional, ECG tidak dapat digunakan dalam berbagai situasi, sehingga penggunaannya sangat terbatas khususnya dalam lingkungan laboratorium.

Sekarang banyak alat yang dapat digunakan untuk mengukur denyut jantung, salah satunya adalah *Polar Heart Rate Monitor*. Penggunaan alat ini sangat praktis dan penggunaannya jauh lebih murah. Berbeda dengan penggunaan ECG yang mengharuskan pemasangan elektroda di kulit pada beberapa bagian tubuh, penggunaan alat ini dapat digunakan dimanapun dengan hanya menggunakan *transmitter* yang ditempelkan pada bagian dada dan *receiver* yang digunakan sebagai jam tangan. Validasi penggunaan alat ini juga cukup baik dan setara dengan ECG dalam mengukur denyut jantung untuk kegiatan fisik dan mental dengan tingkat korelasi yang tinggi ( $r=0,99$ ) [2].

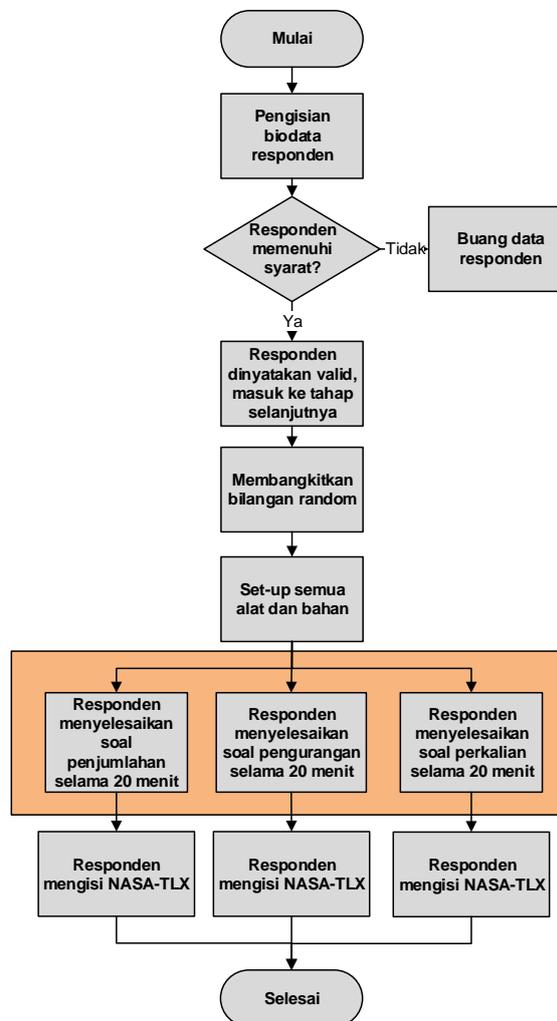
Melalui evaluasi kinerja alat *Polar Heart Rate Monitor*, diharapkan dapat diketahui pengukuran tingkatan beban mental yang diterima secara objektif dengan penggunaan yang jauh lebih praktis dan ekonomis. Selain itu dapat juga diketahui pemanfaatan denyut jantung dalam mendeteksi kelelahan mental seseorang sehingga ke depannya dapat digunakan sebagai dasar perancangan stasiun kerja (sistem kerja) agar beban kerja (khususnya mental) tidak melebihi kapasitas manusia sekaligus sebagai langkah *monitoring* pendeteksian dini kelelahan mental yang dialami oleh pekerja untuk setiap jenis pekerjaannya.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan di dalam laboratorium. Di dalamnya responden melakukan 3 jenis aktivitas mental yang berbeda yakni penjumlahan, pengurangan dan perkalian. Aktivitas tersebut merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh DiDomenico dan Nussbaum<sup>[1]</sup>. Masing-masing aktivitas dilakukan selama 20 menit dan urutannya dilakukan secara bergantian untuk menghindari bias yang diakibatkan oleh urutan aktivitas mental yang dilakukan. Terdapat 18 kombinasi urutan untuk ketiga aktivitas mental tersebut.

Pengukuran denyut jantung dilakukan saat responden melakukan ketiga aktivitas mental tersebut dan waktu penyelesaian untuk

masing-masing aktivitas mental juga dicatat. Responden beristirahat selama 10 menit setiap selesai melakukan satu aktivitas mental dan dalam mengisi NASA-TLX kurang lebih selama 2 menit. Diagram alir proses pengambilan data ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengambilan data

### 2.1 Responden

Terdapat 18 responden yang dilibatkan, yang terdiri dari 9 responden laki-laki dan 9 responden perempuan. Kriteria responden dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Berusia 20-25 tahun
- Responden adalah mahasiswa jurusan teknik
- Bukan perokok aktif maupun pasif
- Tidak sedang mengonsumsi alkohol
- Dapat melakukan proses perhitungan aritmatika berupa penjumlahan, pengurangan dan perkalian
- Sehat secara umum, yaitu :

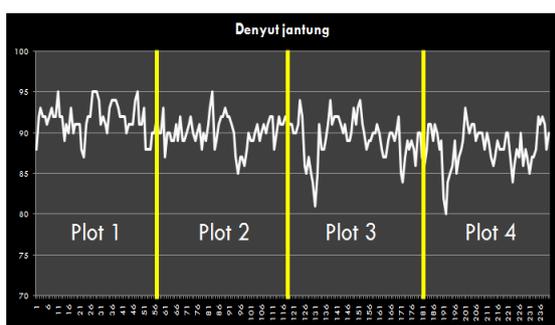
- Tidak pernah dirawat di rumah sakit dalam satu tahun terakhir
- Tidak sedang sakit ketika eksperimen dilakukan

## 2.2 Prosedur

Terdapat dua jenis pengolahan data, yang pertama adalah pengolahan data untuk mengetahui sensitivitas *Polar Heart Rate Monitor* dalam melihat perbedaan tingkatan beban mental yang diterima. Yang kedua adalah pengolahan data untuk mendeteksi kelelahan mental yang dialami.

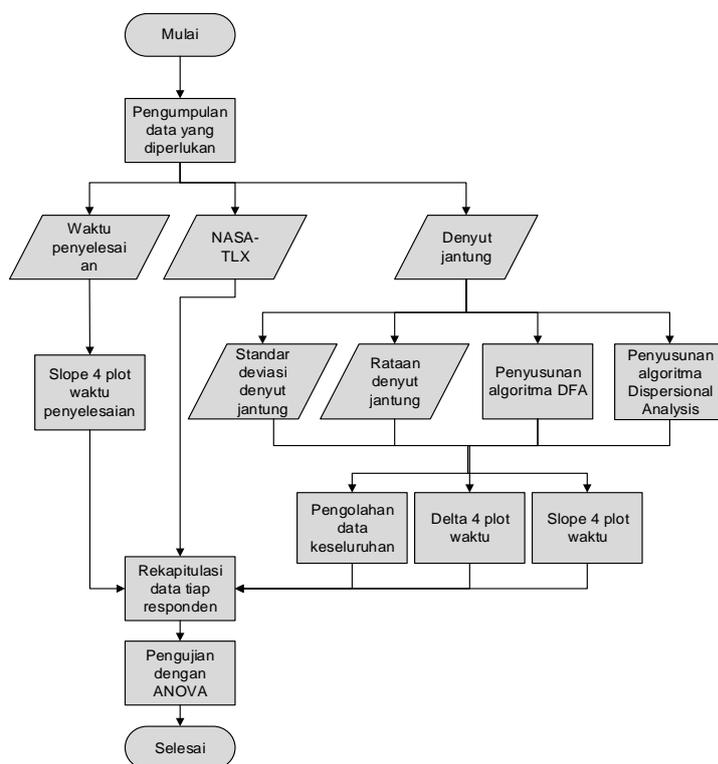
Terdapat 4 parameter denyut jantung yang digunakan untuk melihat sensitivitas *Polar Heart Rate Monitor* yaitu  $\alpha$  (Koefisien *Detrended Fluctuation Analysis*), D (Koefisien *Dispersional Analysis*), rataan denyut jantung, dan standar deviasi denyut jantung.

Perbedaan tingkatan beban mental dilakukan dengan mengolah data denyut jantung keseluruhan yang terdiri dari 240 data denyut jantung dalam rentang waktu 20 menit untuk masing-masing aktivitas mental. Sementara untuk mendeteksi kelelahan mental, pengolahan data dilakukan dengan membagi denyut jantung menjadi 4 plot data sehingga masing-masing plot terdiri dari 60 data denyut jantung. Keempat plot data denyut jantung tersebut dihitung nilai *slope* (kemiringan regresi) dan delta (selisih antara plot data awal dengan plot data akhir) untuk koefisien  $\alpha$ , D, rataan denyut jantung dan standar deviasi denyut jantung. Pembagian 4 plot data denyut jantung ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pembagian 4 plot data denyut jantung

Proses pengolahan data dengan beberapa parameter (rataan, standar deviasi, DFA, DA) ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data

## 2.3 Analisis

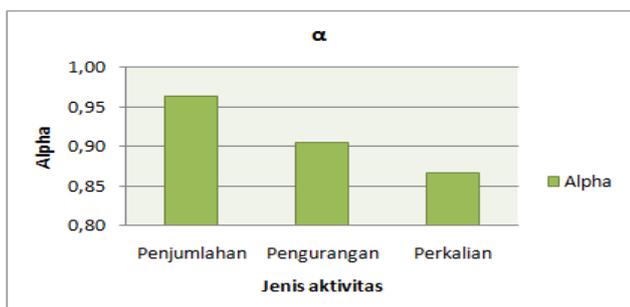
Setelah semua proses pengolahan data dilakukan, baik untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental dan kelelahan mental, masing-masing parameter yang digunakan direkap dan dilakukan uji ANOVA untuk melihat signifikansi perbedaan antara ketiga aktivitas mental yang dilakukan. Jika pengujian ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian *Post Hoc* dengan metode *Tukey* untuk melihat aktivitas mana yang benar-benar berbeda secara signifikan.

NASA-TLX digunakan sebagai acuan bagi keempat parameter denyut jantung untuk melihat sensitivitas *Polar* dalam melihat perbedaan tingkatan beban mental. Sementara waktu penyelesaian digunakan sebagai acuan bagi keempat parameter denyut jantung dalam mendeteksi kelelahan mental.

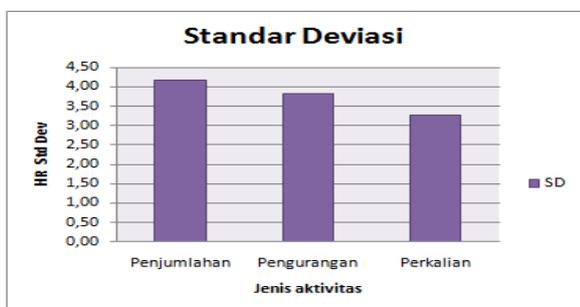
## 3. Hasil

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental, hanya parameter koefisien  $\alpha$  dan standar deviasi denyut jantung yang menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p=0,021$  dan

p=0,024). Gambar 4 dan 5 menunjukkan pola yang dimiliki oleh koefisien  $\alpha$  dan standar deviasi untuk masing-masing aktivitas mental.

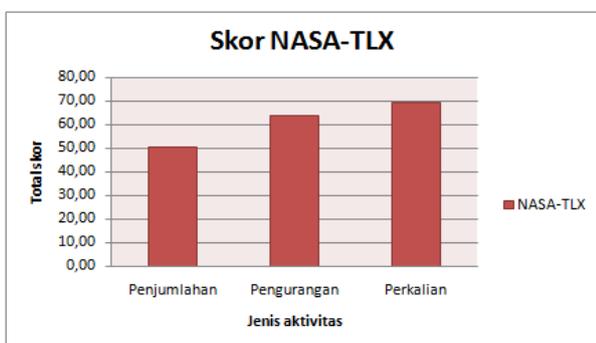


**Gambar 4.** Koefisien  $\alpha$  semua responden untuk masing-masing aktivitas mental



**Gambar 5.** Nilai standar deviasi semua responden untuk masing-masing aktivitas mental

Skor NASA-TLX yang dijadikan acuan juga berbeda secara signifikan (p=0,001). Pada gambar 6 dapat dilihat perbedaan skor NASA-TLX yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan beban mental yang diterima. Rentang skor NASA-TLX adalah antara 0-100. Skor NASA-TLX yang semakin besar menunjukkan bahwa beban mental juga semakin tinggi (secara subjektif).



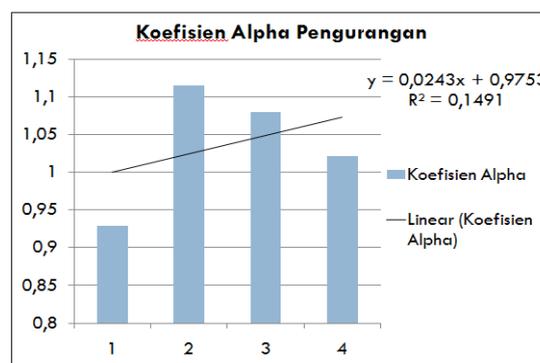
**Gambar 6.** Skor NASA-TLX semua responden untuk masing-masing aktivitas mental

Waktu penyelesaian sebagai acuan untuk melihat kelelahan mental menunjukkan perbedaan yang signifikan (p=0,01). *Slope* waktu penyelesaian mengalami peningkatan yang signifikan, yang menunjukkan bahwa semakin besar beban mental yang diberikan maka waktu penyelesaiannya juga semakin lama. Grafik *slope* waktu penyelesaian ditunjukkan pada gambar 7.



**Gambar 7.** *Slope* waktu penyelesaian

Keempat parameter yang digunakan dalam mendeteksi kelelahan mental tidak memberikan hasil yang signifikan. Nilai *slope* dan *delta* keempat parameter tersebut tidak memiliki pola tertentu saat plot data awal (plot data pertama) hingga plot data terakhir (plot data keempat). Hasil pengujian ANOVA juga menunjukkan keempat parameter tersebut tidak berbeda signifikan untuk ketiga jenis aktivitas mental baik dengan menggunakan *slope* ataupun menggunakan *delta*. Pola *slope*  $\alpha$  yang tidak konsisten ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 8.** *Slope* koefisien  $\alpha$  pengurangan 4 plot data denyut jantung yang berbeda pada 1 responden

Hasil uji ANOVA secara keseluruhan baik untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental dan pendeteksian kelelahan mental untuk 4 parameter denyut jantung yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil uji ANOVA untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental dan mendeteksi kelelahan mental

	Parameter	Hasil uji ANOVA (p value)	Hasil pengujian Post Hoc
240 data	NASA-TLX	0.000	1 dan 2, 1 dan 3
	Rataan deyt jantung	0.652	-
	Standar deviasi denyut jantung	0.024	1 dan 3
	Koefisien $\alpha$	0.021	1 dan 3
	Koefisien D	0.528	-
60 data	Slope waktu	0.01	1 dan 3
	Slope rataan deyt	0.282	-
(Slope 4 plot data)	Slope standar deviasi denyut jantung	0.922	-
	Slope $\alpha$	0.937	-
	Slope D	0.211	-
	Delta rataan deyt jantung	0.136	-
60 data	Delta standar deviasi denyut jantung	0.318	-
	Delta $\alpha$	0.697	-
(Delta 4 plot data)	Delta D	0.667	-

#### 4. Diskusi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sensitivitas alat ukur denyut jantung yaitu *Polar Heart Rate Monitor* dalam melihat perbedaan tingkatan beban mental dan mendeteksi kelelahan mental yang dialami. Selain itu melalui penelitian ini juga dapat diketahui parameter denyut jantung apa saja yang dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan tingkatan beban mental yang diterima.

Denyut jantung telah banyak digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui tingkatan beban mental yang diterima dengan mengukur HRV (*Heart Rate Variability*) melalui standar deviasi denyut jantung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai standar deviasi yang didapat melalui alat *Polar Heart Rate* sensitif untuk melihat perbedaan tingkat beban mental. Perbedaan nilai standar deviasi ditunjukkan dengan denyut jantung yang semakin tidak bervariasi seiring dengan meningkatnya beban mental yang diterima. Beberapa penelitian yang mendukung penggunaan standar deviasi untuk mengukur tingkatan beban mental<sup>[4]</sup>.

Nilai koefisien  $\alpha$  juga sensitif mendeteksi perbedaan tingkatan beban mental. Adanya

perbedaan yang signifikan menunjukkan bahwa denyut jantung responden memiliki kecenderungan tertentu yang ditunjukkan dengan penurunan nilai koefisien  $\alpha$  seiring dengan meningkatnya beban mental yang diterima. Penurunan nilai koefisien  $\alpha$  menunjukkan bahwa data denyut jantung yang dimiliki memiliki kecenderungan jangka panjang yang semakin kompleks.

Melalui penelitian ini dapat diketahui bahwa parameter denyut jantung yang dapat digunakan untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental adalah standar deviasi denyut jantung dan koefisien  $\alpha$ . Sementara nilai rataan denyut jantung dan koefisien D tidak sensitif untuk melihat perbedaan tingkatan beban mental.

Hasil pengolahan data melalui perhitungan *slope* dan *delta* pada keempat parameter denyut jantung menunjukkan bahwa alat ukur denyut jantung *Polar Heart Rate Monitor* tidak dapat mendeteksi kelelahan mental yang diterima. Hal ini ditunjukkan dengan pola data yang diberikan tidak konsisten pada keempat plot data yang ada seiring dengan kelelahan mental yang mulai dirasakan oleh masing-masing responden.

Penggunaan *Polar Heart Rate* dirasa cukup baik karena mampu melihat perbedaan tingkatan beban mental yang diterima oleh subjek penerima, walaupun dirasa tidak sensitif dalam mendeteksi kelelahan mental. Ke depannya alat ini diharapkan mampu diaplikasikan sebagai alat *monitoring* untuk mengetahui tingkat beban mental yang dirasakan oleh pekerja di lapangan secara objektif, sehingga pihak manajemen dapat memanfaatkannya sebagai dasar dalam perancangan stasiun kerja yang baik. Walaupun demikian, melalui hasil penelitian kali ini penggunaan *Polar Heart Rate Monitor* hanya sebatas sebagai alat ukur pembanding beban mental antara satu pekerjaan yang satu dengan yang lainnya dan pekerjaan yang diukur tersebut haruslah pekerjaan yang didominasi oleh aktivitas mental (*metacontrol*). Aktivitas yang didominasi oleh kegiatan fisik memiliki kecenderungan yang berbeda dengan aktivitas yang didominasi oleh kegiatan mental, karena pada aktivitas fisik denyut jantung memiliki kecenderungan untuk mengalami peningkatan pada nilai rataannya untuk tingkatan beban fisik yang jauh lebih tinggi. Sedangkan pada aktivitas mental, denyut jantung memiliki kecenderungan yang semakin tidak bervariasi yang ditunjukkan dengan nilai standar deviasinya yang semakin mengecil seiring dengan peningkatan beban

mental yang diterima.

*Polar Heart Rate Monitor* juga dapat digunakan sebagai pengganti alat ukur beban mental yang konvensional yakni NASA-TLX. Kelemahan yang dimiliki oleh NASA-TLX yakni karena sifat subjektifnya, dapat ditutupi dengan pengukuran beban mental dengan alat ukur fisiologis manusia (denyut jantung) yang relatif murah, praktis dan bersifat objektif. Karena sifat alat ukur denyut jantung yang bersifat objektif maka akan didapatkan hasil penilaian beban mental yang jelas dan dapat terukur yang ditandai dengan penurunan nilai variabilitas denyut jantung melalui nilai standar deviasi denyut jantung atau dengan penggunaan DFA yang juga ditandai dengan penurunan koefisien  $\alpha$ .

## 5. Kesimpulan

Secara konkrit pemanfaatan alat ukur *Polar* ini dapat digunakan bagi pihak manajemen yang peduli terhadap kesejahteraan para pekerjanya dengan memasang alat ukur *Polar* ini kepada pekerja yang ingin diukur beban mentalnya yang kemudian data-data denyut jantung langsung diolah untuk mendapatkan nilai standar deviasi atau koefisien  $\alpha$ . Penurunan kedua nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan tingkat beban mental yang dialami oleh pekerja tersebut. Semakin tinggi penurunan kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkatan beban mental yang diterima juga semakin tinggi pula dan mungkin dapat ke depannya dapat diteliti untuk mengetahui pada tingkatan beban mental berapa suatu pekerjaan memiliki batasan tertentu seperti waktu istirahat dan durasi pengerjaan yang seharusnya diberikan kepada pekerja tersebut. Dengan demikian setiap pekerja yang dipekerjakan dapat bekerja sesuai dengan kapasitasnya dengan stasiun kerja yang sudah baik.

Perancangan stasiun kerja yang baik tentunya adalah stasiun kerja yang beban kerjanya tidak lebih besar dari kapasitas yang dimiliki oleh pekerjanya. Dengan begitu diharapkan segala keluhan-keluhan dan kerugian yang diakibatkan oleh beban mental yang terlalu tinggi dapat diminimasi sehingga tercipta lingkungan kerja yang EASNE (efisien, aman, sehat, nyaman dan efektif).

## Daftar Pustaka

- [1] DiDomenico, A. And Nussbaum, M.A. *Interactive Effects of Physical and Mental Workload on Subjective Workload Assessment*. Virginia Tech, USA. 2007.
- [2] Goodie, J.L. et al. *Validation of the Polar Heart Rate Monitor for Assessing Heart Rate During Physical and Mental Stress*. West Virginia University. 2000.
- [3] Hardcore Stress Management. *cStress Statistics*. (<http://www.hardcore-stress-management.com/stress-statistics.html>, Diakses 15 April 2015).
- [4] Meshkati N. & Hancock P.A. *Human Mental Workload*. California. 1988.
- [5] Proactive Change. *Stress & burnout statistics*. (<http://www.proactivechange.com/stress/statistics.htm>, Diakses 15 April 2015).