

Chromozone: Aplikasi Pemantau Kadar Nadi sistem iOS semasa Senaman menggunakan Sistem Kod Warna Universal
(Chromozone: iOS-based Exercise Heart Rate Application using Universal Colour-coding System)

**Adam Linoby^{1,2*}, Jamiaton Kusrin^{1,4}, Muhammad Iskandar Asraff¹,
Muhammad Azamuddin Rodzi¹, Sufyan Zaki¹, Hosni Hasan^{1,3}**

¹*Fakulti Sains Sukan dan Rekreasi,*

Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam

²*Sekolah Sukan dan Sains Kesihatan, Kampus St. Luke's,*

University of Exeter, United Kingdom

³*Pusat Kejuruteraan dan Kecerdasan Buatan,
Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam*

⁴*International Martial Arts and Combat Sports
Scientific Society (IMACSSS) (Poland)*

*E-mel: linoby@uitm.edu.my

Tarikh terima: 2 Mac 2020

Tarikh diluluskan: 25 November 2020

ABSTRAK

Pemantau denyutan nadi konvensional biasanya dibangunkan dengan paparan digital berangka. Paparan berangka ini jelas tidak praktikal untuk digunakan semasa bersenam. Dalam kajian ini, aplikasi telefon pintar menggunakan sistem iOS dengan nama Chromozone telah dibangunkan bagi memantau kadar denyutan menggunakan sistem pengkodan warna universal. Pemantau kadar nadi semasa senaman ini direka untuk menyampaikan maklumat intensiti senaman kepada pengguna menggunakan tiga warna kod universal (zon hijau: kadar nadi optimum; zon kuning: kadar nadi kurang daripada zon optimum dan merah: kadar nadi lebih daripada zon optimum). Chromozone diprogramkan untuk memaparkan warna seragam melintasi paparan telefon pintar, yang membolehkan pengguna dengan mudah dimaklumkan mengenai keadaan intensiti

senaman. Penerimaan data denyutan nadi daripada pemancar kadar nadi dada (heart rate chest transmitter) ke aplikasi Chromozone menggunakan teknologi sistem Bluetooth Low Energy (BLE). Data tersebut kemudiannya diproses oleh aplikasi untuk menentukan julat intensiti latihan denyutan nadi berdasarkan input peribadi pengguna (seperti umur, jantina, tahap kecergasan dan objektif latihan). Analisis awal mendapati bahawa aplikasi Chromozone berkesan dalam menyampaikan latihan intensiti sebenar semasa kepada pengguna. Aplikasi ini berpotensi membantu atlet, individu aktif serta populasi klinikal untuk memantau dan mengawal selia rejim latihan senaman mereka dengan cara yang lebih berkesan dan selamat.

Kata kunci: *Kadar Nadi, Warna Berkod, Aplikasi Pintar, Intensiti Latihan, Latihan Fizikal, Zon Kadar Latihan Jantung, sistem iOS*

ABSTRACT

The conventional heart rate monitor is usually developed with a numeric digital display. This numerical view is obviously not practical to be used during exercise. In this study, the iOS-based mobile application, called Chromozone, was developed to monitor heart rate using the universal color-coding system. The heart rate monitor during the exercise is designed to notify the exercise intensity information to users using the three universal color-coded (i.e. green zone: optimal heart rate; yellow zone: heart rate lower than the optimal zone, and red zone: heart rate higher than the optimal zone). Chromozone is programmed to display uniform colors across the smart phone display, which allows users to easily be informed in regards to the state of exercise intensity. The transfer of heart rate data from the chest transmitter to Chromozone application is designed to use Bluetooth Low Energy (BLE) system technology. The heart rate data is then processed by the application to determine the intensity range of exercise training heart rate based on the user's personal input (i.e. age, gender, fitness levels and training objective). Preliminary analysis found that Chromozone application is effective in delivering real-time exercise intensity heart rate. Chromozone could potentially help athletes, active individuals and clinical populations to monitor and regulate their workout training regime in a more effective and safer manner.

Keywords: *Heart Rate, Universal Colour-Code, iOS Application, Exercise Intensity, Training Heart Rate Zone*

PENGENALAN

Jantung merupakan pusat peredaran darah sewaktu rehat mahupun sewaktu bersenam. Ia mengawal segala aktiviti mengepam darah sama ada mempercepatkan atau memperlambatkan proses penghantaran mesej dari pusat kawalan yang merupakan otak. Jantung berperanan bagi membekalkan lebih banyak darah kepada otot. Ini kerana otot amat memerlukan lebih banyak bahan api dan juga oksigen. Kadar jantung boleh diukur di beberapa lokasi dalam badan manusia seperti pada arteri yang paling berhampiran dengan kawasan permukaan kulit dan juga pada degupan nadi yang kuat. Kaedah yang paling banyak digunakan bagi menilai kadar jantung adalah dengan menggunakan kaedah palpasi manual pada arteri radial dan arteri karotid (Zaki, Linoby, Zawi, & Basar, 2014). Walau bagaimanapun, terdapat limitasi yang jelas apabila menggunakan kaedah “penggunaan” manual ini kerana hasil pengiraan mungkin sangat berbeza dengan kadar sebenar denyutan nadi. Malahan, kaedah manual ini tidak praktikal untuk diaplikasikan ketika sesi senaman sedang berlangsung.

Kadar denyutan nadi adalah penentu utama fungsi dan kadar bebanan jantung. Pemantau kadar denyutan nadi (*heart rate monitor*) adalah alat yang popular untuk menilai status latihan. Penyelidikan dan perkembangan monitor kadar denyutan nadi dalam bidang sukan bermula pada tahun 1977 di Jabatan Elektronik di *University of Oulu* dan pada tahun 1983, Polar Electro Co. mengumumkan penemuan monitor denyutan nadi tanpa wayar pertama di dunia (Pantzar & Ruckenstein, 2015). Pemantau kadar denyutan nadi mudah alih pertama, Polar PE 2000, terdiri daripada pemancar kadar nadi dada (*heart rate chest transmitter*) dan pemapar dalam bentuk gelang tangan (Butler & Luebbers, 2018). Ciptaan ini mencetuskan minat dalam kalangan jurulatih dan ahli sukan untuk menggunakan sistem pemantauan kadar denyutan nadi dalam sesi latihan mereka. Monitor kadar jantung mesra pengguna kebiasaannya digunakan oleh peminat sukan, individu yang aktif mahupun bagi tujuan penyelidikan dan ujian klinikal (Dhelon & Linoby, 2010). Monitor kadar jantung ini biasanya digunakan bagi memantau tahap intensiti dalam latihan terutamanya bagi atlet yang melakukan latihan berbentuk ketahanan. Dengan penggunaan kaedah ini, banyak tekaan mengenai intensiti senaman individu boleh dihapuskan (Linoby, Harun, & Kamarudin, 2014). Atlet amatir sehingga ke atlet tahap elit akan mendapat manfaat hasil daripada penggunaan alat pemantau kadar denyutan nadi

semasa latihan dan sewaktu pertandingan. Penggunaan alat pemantau kadar denyutan nadi di kalangan atlet membantu mereka untuk menghapuskan keperluan meneka intensiti senaman secara subjektif. Pemantau kadar denyutan nadi juga secara tidak langsung memotivasikan para atlet membuat penilaian tepat prestasi dan menyesuaikan rejimen latihan mereka.

Pada masa kini, hampir kebanyakan jurulatih dan atlet secara aktifnya mencari pelbagai kaedah yang optima bagi meningkatkan prestasi semasa bersukan. Sesi latihan yang melibatkan pelbagai jenis senaman, intensiti dan jumlah yang sesuai bertujuan untuk mengoptimumkan prestasi kepada had yang tidak menyebabkan kesan buruk sewaktu latihan (contohnya latihan secara berlebihan). Kajian menunjukkan bahawa manfaat senaman yang optimum boleh dicapai apabila senaman intensiti tinggi dinaikkan kepada julat kadar jantung individu tertentu. Jika intensiti latihan terlalu rendah, kesan latihan tidak mampu dicapai. Akan tetapi, keadaan yang dikenali sebagai sindrom latihan berlebihan (*overtraining*) pula boleh berlaku apabila intensiti latihan yang sangat tinggi berterusan untuk tempoh masa yang panjang (Linoby *et al.*, 2020). Oleh itu, cara praktikal bagi memantau intensiti senaman sewaktu latihan adalah penting (Giles, Draper, & Neil, 2016). Oleh yang demikian, kesedaran tentang kepentingan memakai monitor kadar denyutan nadi semasa latihan untuk atlet dan individu yang aktif adalah sangat diperlukan.

Pemantau kadar denyutan nadi mempunyai keupayaan untuk sentiasa mengawasi denyutan nadi dan membolehkan pengguna berada dalam zon latihan 'yang dikehendaki'. Pada masa kini, kebanyakan monitor kadar denyutan nadi yang berada di pasaran hanya memaparkan nombor digital untuk memaklumkan kepada pengguna keadaan kadar jantung semasa melakukan senaman. Namun begitu, sukar buat pengguna untuk mengukur dan mentafsirkan paparan nombor digital yang agak kecil sewaktu bersenam. Untuk memastikan sebarang jenis latihan akan memberikan kesan yang optima kepada individu, adalah amat penting bagi individu tersebut diberikan sasaran prestasi yang jelas (Sariman *et al.*, 2014). Zon latihan denyutan nadi (ZLDN) membolehkan individu menjalankan denyutan nadi sasaran tertentu bagi mencapai objektif latihan yang diinginkan (Airin *et al.*, 2014). Kajian telah menunjukkan bahawa faedah yang optimum daripada rutin senaman dapat dicapai dengan meningkatkan denyutan nadi ke julat spesifik bagi satu-satu rejimen latihan (Mahmood *et al.*, 2011; Nimmerichter,

Eston, Bachl, & Williams, 2011). Pemantau kadar denyutan nadi dibina dengan tujuan menyampaikan maklum balas masa nyata mengenai intensiti senaman. Semasa proses ini, pengguna akan dimaklumkan sama ada mereka berlatih di intensiti yang sesuai ataupun di luar jangkauan intensiti latihan yang optimal. Metodologi latihan yang sistematik dapat memastikan pengguna memantau kadar denyutan nadi dan mencapai matlamat latihan yang diinginkan.

Namun, intensiti senaman adalah sukar untuk dikawal. Latihan pada intensiti yang terlalu rendah akan memberikan kesan latihan yang diinginkan tidak dapat dicapai, dan gejala '*overtraining*' mungkin akan berlaku jika jumlah intensiti latihan adalah berlebihan (Bompa & Haff, 2009). Kebiasaannya, pemantau kadar denyutan nadi dalam pasaran dibina dengan paparan digital berangka bersaiz kecil. Walau bagaimanapun, paparan berangka kecil ini jelas tidak praktikal untuk digunakan semasa bersenam (Dhelon & Linoby, 2010). Ini berlaku apabila pengguna berada dalam senaman berintensiti tinggi, di mana gerakan tubuh boleh menghalang pengguna daripada melihat dan menentukan keadaan intensiti senaman. Oleh yang demikian, terdapat keperluan jelas bagi pembinaan sistem pemantauan denyutan nadi masa nyata di mana pengguna dapat menentukan kadar senaman mereka dalam apa jua keadaan latihan dengan lebih mudah.

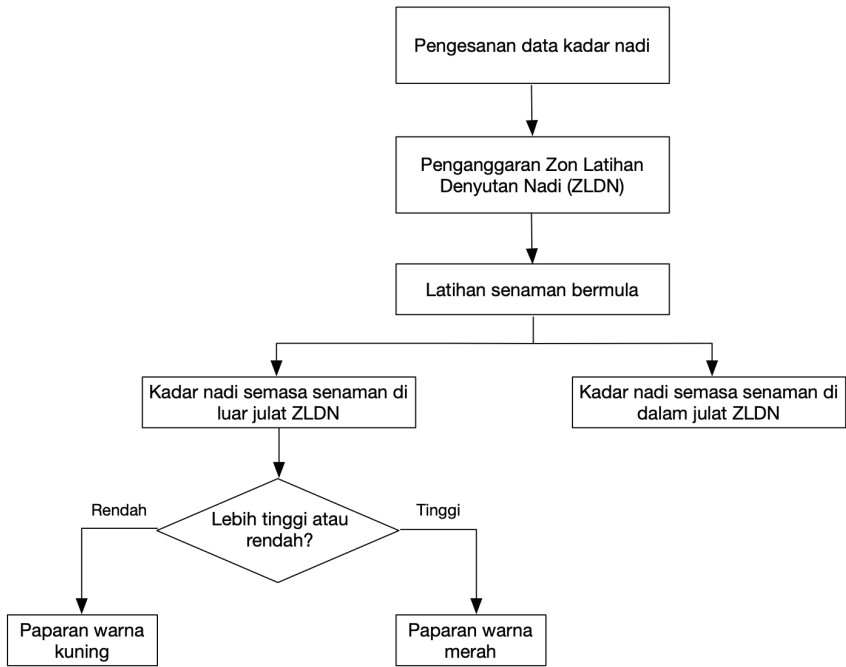
Pada awal tahun 2000, bermulanya era telefon pintar yang berupaya menjadi peranti telekomunikasi mudah alih yang boleh menjalankan pelbagai fungsi serba guna yang lain. Teknologi telefon pintar ini digabungkan dengan keupayaan rangkaian pengkomputeran tanpa wayar yang semakin maju memberikan peluang yang jelas untuk melaksanakan penilaian fisiologi yang canggih dan terkini (Cook, Schmitter-Edgecombe, Jonsson, & Morant, 2019). Di sisi lainnya, telefon pintar merupakan peranti peribadi yang dimiliki oleh hampir kebanyakan orang. Dengan adanya pelbagai aplikasi dalam telefon pintar pada zaman ini, tumpuan kepada penjagaan kesihatan adalah satu perkara penting bagi meningkatkan tahap kesihatan global. Di anggarkan, lebih daripada 1 bilion telefon pintar dan lebih 100 juta tablet yang terdapat di seluruh dunia boleh di jadikan alat peranti yang berharga dalam pengurusan penjagaan kesihatan (Martínez-Pérez *et al.*, 2013). Hal ini telah menyebabkan pemaju-pemaju peranti pintar lebih bermotivasi bagi membangunkan serta mereka bentuk aplikasi-aplikasi yang memudahkan pengguna mengesan status kesihatan mereka pada peranti

mudah alih. Terdapat aplikasi berkaitan dengan kesihatan boleh di dapati oleh pengguna-pengguna *Android* mahupun *iPhone*. Pengguna juga boleh memuat turun aplikasi kesihatan terkini di stor aplikasi seperti *Playstore* bagi pengguna *Android* dan *App Store* bagi pengguna *iPhone*. Oleh yang demikian, dengan adanya peranti seumpama ini, ia telah memudahkan pengguna untuk memantau tahap kesihatan dan kecergasan mereka. Dua objektif dirangka dalam kajian ini iaitu:

1. Membina aplikasi telefon pintar menggunakan sistem iOS bagi memantau kadar denyutan menggunakan sistem pengkodan warna universal.
2. Menilai ketersauran penggunaan sistem aplikasi yang dibangunkan dalam latihan senaman.

METODOLOGI

Dalam bahagian metodologi ini, hasil termasuk *input* dan *output* reka bentuk (lihat Rajah 1) serta penilaian ketersauran telah pun dijalankan. Hasil pembangunan prototaip termasuk input reka bentuk peranti *sensor*, output reka bentuk serta pengesahan produk dan pelan pengesahan. Metodologi Agile (Rajah 1) digunakan untuk pembangunan sistem prototaip ini (Brhel, Meth, Maedche, & Werder, 2015). Pembangunan perisian (menggunakan *Apple's XCode IDE*; Bahasa pengaturcaraan pantas) bermula dengan menerima input dari monitor kadar denyutan nadi ke peranti (iaitu *iPhone* dengan siri *iOS 12* ke atas). Kaedah pengurusan projek ini telah disokong oleh penyelidik lain sebagai lebih produktif berbanding dengan pendekatan tradisional seperti teknik waterfall (Balaji & Murugaiyan, 2012). *Bluetooth Library* sedia ada digunakan sebagai pautan pemantau kadar denyutan nadi menggunakan teknologi *Bluetooth Low Energy* (BLE) (Harun, Uyop *et al.*, 2011).

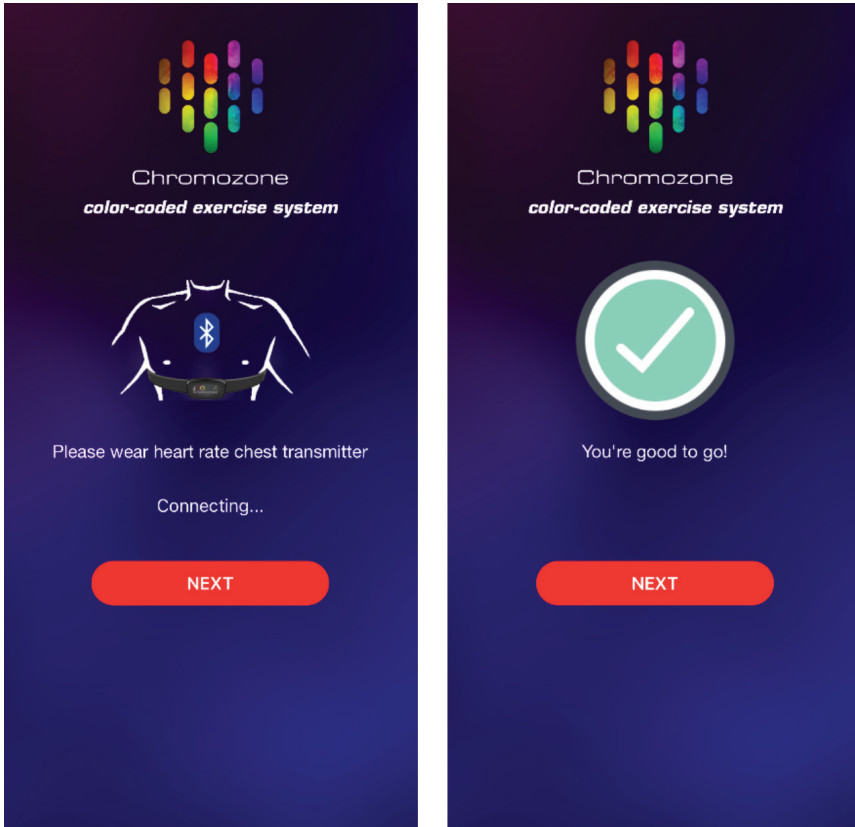


Rajah 1: Carta aliran proses aplikasi *Chromozone*

Proses aplikasi *Chromozone* daripada tetapan maklumat pengguna ke paparan *output* warna ditunjukkan dalam Rajah 1. Permulaannya, pengguna akan diminta memakai pemancar kadar nadi dada dengan sistem BLE. Aplikasi ini akan mengimbas paket BLE yang mengandungi nilai denyutan nadi yang dikesan daripada pemantau kadar nadi (Rajah 2). Pakej data ini akan terus disalurkan secara langsung ke dalam aplikasi *Chromozone* untuk menentukan ZLDN semasa pengguna.

Data kadar jantung dari monitor kadar denyutan nadi akan dihantar ke aplikasi telefon pintar melalui komunikasi radio iaitu (BLE). Selepas itu, proses aplikasi daripada tetapan maklumat pengguna untuk menentukan output pengekodan warna telah ditunjukkan dalam Rajah 1. Pada permulaan, pengguna akan dimaklumkan mengenai pemancar kadar nadi dada dengan sistem BLE. Aplikasi mudah alih ini akan memproses maklumat dan mengawal medan warna yang sepadan dengan kadar jantung yang diukur dan mod senaman yang dipilih. Seterusnya, aplikasi peranti mudah alih akan

menerima pakej data dari pemancar kadar nadi dada dan akan memaparkan warna seragam berdasarkan algoritma yang sistematik. Ini akan membantu pengguna untuk memantau intensiti senaman mereka dengan lebih praktikal dan mudah.



Rajah 2: Proses penerimaan isyarat daripada pemancar kadar nadi dada. Aplikasi *Chromozone* bersedia menerima isyarat daripada pemantau kadar nadi (A) dan antaramuka applikasi ini menunjukkan peranti telah membuat sambungan dengan pemancar kadar nadi dada (B).

Selepas itu, pengguna dikehendaki memasukkan tarikh kelahiran dan jantina untuk membolehkan aplikasi menganggarkan denyutan nadi maksimum, dengan menggunakan formula yang diterbitkan Harun *et al.*, (2011), Linoby *et al.*, (2014) dan Mahmood *et al.*, (2011). Formula

Karvonen kemudiannya digunakan untuk mengira ZLDN (Sarzynski et al., 2013) seperti berikut:

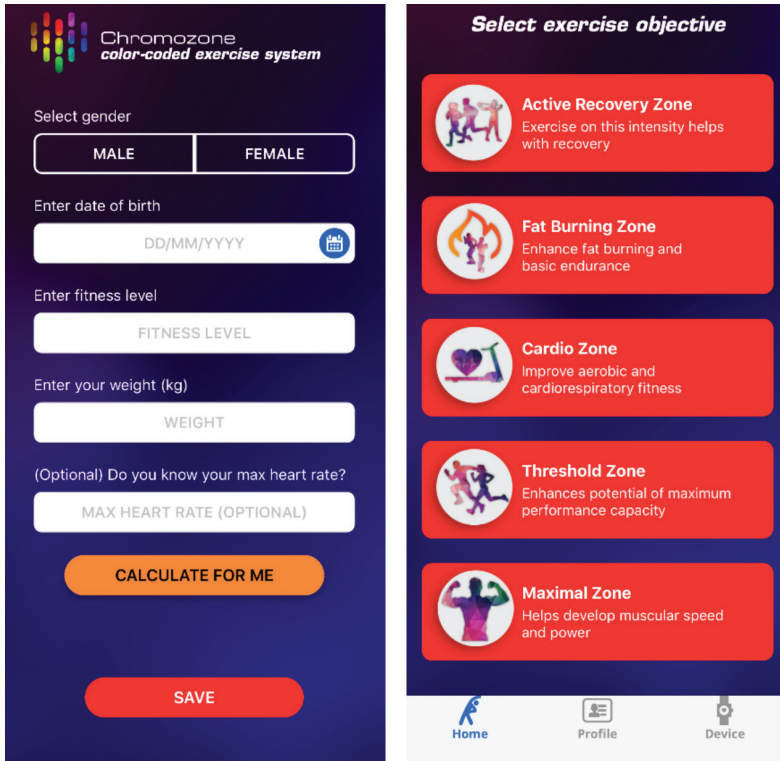
$$((\text{maximum HR} - \text{resting HR}) \times \% \text{ intensity}) + \text{resting HR}$$

Seterusnya, denyutan nadi maksimum diselaraskan kepada tahap kecergasan pengguna dengan faktor pendaraban seperti berikut:

1. Elit: $ZLDN + (ZLDN \times 0.05)$
2. Sangat Baik: $ZLDN + (ZLDN \times 0.03)$
3. Baik: $ZLDN + (ZLDN \times 0.01)$
4. Biasa: $ZLDN - (ZLDN \times 0.01)$
5. Par: $ZLDN - (ZLDN \times 0.03)$
6. Sangat Rendah: $ZLDN - (ZLDN \times 0.05)$

Pengguna kemudiannya di minta berada dalam keadaan rehat untuk sistem mengesan denyutan nadi pengguna semasa dalam keadaan rehat. Pengguna kemudiannya di minta untuk memilih zon objektif senaman yang diinginkan (lihat Rajah 3B). Akhir sekali, aplikasi *Chromozone* mengawal paparan telefon pintar dengan warna yang sesuai dengan denyutan nadi pengguna semasa latihan.

Prestasi data denyutan nadi dari *Chromozone* dibandingkan dengan output sistem pemantauan Holter ECG (data piawaian bertaraf tinggi bagi data denyutan nadi). Alat rujukan itu dipakai oleh tujuh orang lelaki yang sihat (empat orang terlatih dan tiga yang tidak terlatih; semua pengguna aktif pemantau kadar denyutan nadi). Untuk perbandingan ini, semua peserta memilih zon 'fat burning' di *Chromozone* sebagai panduan intensiti dan berlari pada kelajuan terpilih sendiri pada h/p/cosmos *treadmill* selama 30 minit. Data denyutan nadi dikumpulkan daripada pemancar kadar nadi dada jenama *Polar* dengan model H10.



Rajah 3: Tetapan pengguna Interface untuk perisian aplikasi. Pengguna diperlukan untuk memasukkan data peribadi (A) dan pilih objektif latihan (B)

ANALISIS DATA

Statistik deskriptif digunakan bagi mendapatkan taburan kekerapan, peratusan, min dan sisihan piawai. Data denyutan nadi daripada kedua-dua peranti (*Chromazone* dan *Holter ECG*) kemudiannya dinilai menggunakan analisis *Intraclass Correlation Coefficient (ICC)*. Data yang diperolehi dianalisis dengan menggunakan perisian *GraphPad Software Inc., La Jolla, California, USA* versi 7.0b, bagi mendapatkan statistik deskriptif.

PERBINCANGAN

A. Ketepatan Data

Analisis ICC untuk aktiviti senaman 30-minit ditunjukkan pada Jadual 1. Seperti yang dijangkakan, ICC menunjukkan korelasi data denyutan nadi yang sangat baik daripada pemantau kadar nadi ke aplikasi *Chromozone* jika dibandingkan dengan peranti rujukan (Holter ECG) semasa aktiviti senaman. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa data denyutan nadi daripada aplikasi *Chromozone* adalah boleh dipercayai berbanding dengan data denyutan nadi daripada Holter ECG.

Jadual 1: Ringkasan Nilai ICC *Chromozone* dan Holter ECG untuk Setiap Peserta

	Semasa rehat	Durasi Senaman di <i>Treadmill</i>		
		10 minit	20 minit	30 minit
Peserta 1	0.973	0.932	0.959	0.897
Peserta 2	0.963	0.944	0.880	0.892
Peserta 3	0.896	0.926	0.915	0.923
Peserta 4	0.972	0.957	0.927	0.957
Peserta 5	0.991	0.974	0.935	0.972
Peserta 6	0.882	0.880	0.896	0.878
Peserta 7	0.966	0.934	0.978	0.973

B. Persepsi Pengguna terhadap Aplikasi

Satu kajian rintis bagi mendapatkan maklum balas responden terhadap penerimaan aplikasi *Chromozone* turut dijalankan. Dapatan kajian ini menunjukkan kadar ketersauran dan penerimaan umum terhadap sistem aplikasi *Chromozone* bagi mengukur prestasi data denyutan nadi pada kadar yang sangat tinggi. Ini berdasarkan daripada hasil analisa ke atas tiga kategori utama yang merangkumi aspek reka bentuk keseluruhan, navigasi aplikasi dan ketersauran mengendalikan intensiti senaman dengan menggunakan soal selidik skala *Likert*. Skor mata yang diperolehi untuk setiap aspek utama iaitu minima 3.5 dan ke atas telah menunjukkan bahawa sistem aplikasi telefon pintar denyutan nadi yang menggunakan kaedah warna

ini mendapat sambutan yang amat baik dalam kalangan responden. Secara spesifik, responden menilai dengan purata keseluruhan sebanyak 4.45 ± 0.35 bagi semua kategori. Menariknya, kategori tertinggi adalah ketersauran mengendalikan intensiti senaman (4.69 ± 0.22) dan kategori paling rendah ialah aspek navigasi (4.12 ± 0.91). Penemuan ini menunjukkan bahawa aplikasi *Chromozone* telah berjaya mencapai matlamat pembangunannya sebagai monitor kadar denyutan nadi yang mudah bagi membimbing pengguna untuk mengekalkan objektif senaman secara optimum, melalui sistem pengkodan warna universal. Maklum balas yang sangat positif ini memberikan gambaran yang baik kepada penyelidik mengenai kebolehan sistem aplikasi ini untuk menjadi alternatif kepada monitor kadar denyutan nadi konvensional di pasaran. Secara keseluruhannya, penggunaan aplikasi pintar telah menunjukkan impak yang positif dalam membantu menyelesaikan masalah berkaitan kesihatan dan kecergasan.

Selain daripada hasil analisa set soal selidik, peserta turut memberikan input dan mencadangkan kaedah untuk menambahbaik sistem aplikasi pintar ini. Beberapa orang peserta mencadangkan agar aplikasi telefon pintar ini ditambahkan dengan pelbagai jenis intensiti dan objektif larian. Penambahan ini bertujuan bagi mempelbagaikan jenis latihan dan tidak menghadkan pengguna dengan hanya beberapa pilihan senaman sahaja. Terdapat juga cadangan hasil dari maklum balas pengguna supaya visual dalam aplikasi ini menjadi lebih jelas dan lebih intuitif. Sebagai contoh, penggunaan visual animasi boleh dimasukkan dalam aplikasi ini adalah bertujuan untuk memberi arahan kepada pengguna agar meningkatkan kelajuan larian dan juga memberikan maklum balas serta motivasi semasa aktiviti senaman. Selain itu, penambahan mesej motivasi dapat memberikan dorongan kepada pengguna agar melakukan sesi latihan senaman sehingga tamat. Tambahan unsur-unsur gamifikasi seperti mata, ganjaran, mencabar rakan melalui platform media sosial dijangka turut meningkatkan nilai pengkomersialan sistem. Terdapat beberapa cadangan penambahbaikan sistem daripada para peserta dan diantaranya adalah seperti berikut:

1. Meningkatkan grafik dan animasi sistem;
2. Menggunakan elemen gamifikasi;
3. Menambah pemilihan jenis dan objektif senaman;
4. Menambah fungsi untuk memuat naik dan melihat semula log latihan

Terdapat banyak penambahan yang boleh dilakukan oleh penyelidik dari semasa ke semasa. Sebagai contoh, untuk versi awalan aplikasi ini hanya menawarkan lima jenis objektif larian sahaja iaitu ‘*active rest*’, ‘*fat burning*’, ‘*cardio*’, ‘*submaximal*’ dan ‘*maximal*’. Bagi versi yang akan datang, pelbagai lagi jenis objektif senaman boleh disediakan bagi memenuhi keperluan pengguna secara khusus. Satu aplikasi sambungan yang lebih spesifik boleh dibangunkan bagi memudahkan golongan sasaran seperti atlet dan populasi klinikal mendapatkan latihan senaman yang lebih bersesuaian dengan kategori dan objektif yang ingin dicapai.

RUMUSAN

Kesimpulannya, sistem *Chromozone* telah direka bagi membantu menyisirkan keperluan untuk memantau paparan berangka digital (seperti pemantau kadar denyutan nadi konvensional di pasaran) yang tidak praktikal yang digunakan ketika senaman. Penggunaan kawasan paparan yang besar pada paparan peranti pintar membolehkan pengguna mengukur tahap intensiti denyutan nadi peribadi secara masa nyata semasa senaman dengan mudah. *Chromozone* bukan sahaja dijangka berguna untuk atlet dan jurulatih, tetapi juga kepada orang awam yang ingin memantau dan mengawal selia senaman mereka dengan cara yang lebih berkesan dan selamat.

PENGHARGAAN

Penyelidikan ini disokong oleh Universiti Teknologi MARA (UiTM) dan dibiayai oleh Skim Geran Penyelidikan Prototaip (PRGS/1/2018/SKK06/UiTM/02/2), Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia.

PRA-SYARAT

1. *International Invention, Innovation And Design* (IIDCNS 2018) (persembahan konsep), Pingat Emas
2. *Breakthrough Invention & Design Exhibition* (BiiDE 2018) (persembahan draf asas aplikasi), Pingat Emas
3. *Invention, Innovation & Design Exposition* (IIDEX 2019) (persembahan lengkap sistem aplikasi), Pingat Emas

RUJUKAN

- Airin, S., Linoby, A., Mohamad Zaki, M. S., Baki, H., Sariman, H., Esham, B., Mohamed, M. N. (2014). The Effects of High-Intensity Interval Training and Continuous Training on Weight Loss and Body Composition in Overweight Females. In *Proceedings of the International Colloquium on Sports Science, Exercise, Engineering and Technology 2014 (ICoSSEET 2014)* (pp. 401–409). https://doi.org/10.1007/978-981-287-107-7_42
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training*. [5-th Edition]. Champaign, IL, USA: Human Kinetics
- Brhel, M., Meth, H., Maedche, A., & Werder, K. (2015). Exploring principles of user-centered agile software development: A literature review. *Information and Software Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.01.004>
- Butler, M. S., & Luebbers, P. E. (2018). Wearable Technologies. In I. R. Management Association (Ed.), *Wearable Technologies: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5484-4>
- Cook, D. J., Schmitter-Edgecombe, M., Jonsson, L., & Morant, A. V. (2019). Technology-Enabled Assessment of Functional Health. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 12, 319–332. <https://doi.org/10.1109/RBME.2018.2851500>

- Dhelon, C., & Linoby, A. (2010). Training feedback system using athletes' heart rate variability. *Procedia Engineering*, 2(2), 3477. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.197>
- Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2016). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3303-9>
- Harun, F. K. C., Uyop, N., Aziz, M. F. A., Mahmood, N. H., Kamarudin, M. F., & Linoby, A. (2011). Color Coded Heart Rate Monitoring System Using ANT+. In *IFMBE Proceedings* (pp. 283–286). https://doi.org/10.1007/978-3-642-21729-6_74
- Harun, F. K. C., Zulkarnain, N., Aziz, M. F. A., Mahmood, N. H., Kamarudin, M. F., & Linoby, A. (2011). *Pulse Oximetry Color Coded Heart Rate Monitoring System Using ZigBee*. (October 2015), 348–351
- Linoby, A., Harun, F. K. C., & Kamarudin, M. (2014). *An apparatus for monitoring and displaying heart rate*. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/MY150949A/en?q=MY150949A>
- Linoby, A., Jumat, M. A. N., Nordin, A. S., Za'Don, N. H. A., Kusrin, J., & Puad, S. M. S. M. (2020). Acute moderate and high-intensity endurance exercise suppresses ad-libitum energy intake in obese males. *Pertanika Journal of Science and Technology*
- Linoby, A., Khairi, F., & Kamaruddin, F. (2014). Development of Heart Rate Monitor Using Colour-Coding System to Communicate Exercise Intensity. In *Proceedings of the International Colloquium on Sports Science, Exercise, Engineering and Technology 2014 (ICoSSEET 2014)* (pp. 421–428). https://doi.org/10.1007/978-981-287-107-7_44
- Mahmood, N. H., Uyop, N., Zulkarnain, N., Che Harun, F. K., Kamarudin, M. F., & Linoby, A. (2011). LED indicator for heart rate monitoring system in sport application. *2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications*, 64–66. <https://doi.org/10.1109/CSPA.2011.5759843>

- Nimmerichter, A., Eston, R. G., Bachl, N., & Williams, C. (2011). Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 831–839
- Pantzar, M., & Ruckenstein, M. (2015). The heart of everyday analytics: emotional, material and practical extensions in self-tracking market. *Consumption Markets & Culture*, 18(1), 92–109. <https://doi.org/10.1080/10253866.2014.899213>
- Sariman, H., Linoby, A., Mohamad Zaki, M. S., Mohd Azam, M. Z., Mohamed, M. N., Diyana, N., & Afandi, A. (2014). Comparison of Handgrip Strength Among Winning and Non-winning Male Boxers. In *Proceedings of the International Colloquium on Sports Science, Exercise, Engineering and Technology 2014 (ICoSSEET 2014)* (pp. 451–457). https://doi.org/10.1007/978-981-287-107-7_47
- Sarzynski, M. A., Rankinen, T., Earnest, C. P., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., & Bouchard, C. (2013). Measured maximal heart rates compared to commonly used age-based prediction equations in the heritage family study. *American Journal of Human Biology*, 25(5), 695–701. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22431>
- Zaki, S., Linoby, A., Zawi, K., & Basar, A. (2014). Comparison of Anthropometric Characteristics, Body Composition, Speed and Agility Performance of Universiti Teknologi MARA (UiTM) Football Players. In *Proceedings of the International Conference on Science, Technology and Social Sciences (ICSTSS) 2012* (pp. 539–545). https://doi.org/10.1007/978-981-287-077-3_64