

JILID 5 | 2024

فرونتیئر

FRONTIER

MENINGKATKAN KESEDIAAN
KETENTERAAN MELALUI
INOVASI MULTIDISIPLIN



KUMPULAN SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN
KEMENTERIAN PERTAHANAN, BRUNEI DARUSSALAM

FRONTIER

Jilid 5: Meningkatkan Kesediaan Ketenteraan Melalui Inovasi Multidisiplin

Hak Cipta Terpelihara © 2024

Kementerian Pertahanan Brunei Darussalam

Kandungan yang terdapat dalam jurnal ini merupakan pandangan, idea dan pendapat pengarang masing-masing dan tidak semestinya mewakili Kementerian Pertahanan, Negara Brunei Darussalam, Angkatan Bersenjata Diraja Brunei, jabatanarah-jabatanarah, jawatankuasa atau mana-mana kumpulan dan individu.

Semua hak terpelihara. Tidak ada mana-mana bahagian dalam jurnal ini dapat diterbitkan semula atau diedarkan dalam apa jua bentuk atau dengan apa jua cara, termasuk fotokopi, rakaman, atau kaedah elektronik atau mekanikal lain, tanpa kebenaran secara bertulis terlebih dahulu daripada pengarang.



www.mindef.gov.bn



[instagram.com/mindefbrunei](https://www.instagram.com/mindefbrunei)

KUMPULAN FRONTIER

Penasihat

Brigedier Jeneral (Bersara) Dato Seri Pahlawan Haji Alirupendi bin Haji Perudin

Setiausaha Tetap, Kementerian Pertahanan

Poh Kui Choon

Timbalan Setiausaha Tetap, Kementerian Pertahanan

Ketua Editor

Hasrinah binti Matyassin

Ahli Lembaga Editorial

Kdr Junaidi bin Duraman

Lt Kol. Pg Hairul Nizam bin Pg Hj Ali

Mej Dk Dr. Nurhayatul Filzah binti Pg Damit

Mej (Dr.) Ranald bin Mohd Faizal

Dr. Sanny Choo Zi Lung

Kumpulan Penerbitan

Dr. Hjh Siti Tajidah binti Haji Abd Talip

Lina 'Diyana binti Maidin

Ahmad Dzulkhairi bin Awg Haji Mail

Hjh Hidayati binti Hj Hidup

Penghargaan Khas

Urusetia Sains dan Teknologi Pertahanan

*Para pengarang yang berminat untuk mempamerkan kertas penyelidikan mereka di dalam FRONTIER bolehlah menghantar e-mel pertanyaan mereka kepada Urusetia Sains and Teknologi Pertahanan di ***def.technology@mindef.gov.bn****

K A N D U N G A N

Muka surat

i

Mengenai *FRONTIER*

ii

Kata-kata Aluan Editorial

01

Ciri-ciri Biomekanikal Bahagian Bawah Anggota Badan Kadet Tentera: Faktor Risiko Kecelakaan dan Hubungannya dengan Kelenturan Bahagian Bawah Anggota Badan

Pengarang: Ahmad Dzulkhairi bin Awang Haji Mail

18

Mengoptimumkan Sokongan Sistem Maklumat Komunikasi pada Operasi: Bagaimanakah Rangkaian 5G Boleh Meningkatkan Keupayaan Tentera?

Pengarang: Mejar Mohamad Danial bin Hj Daud, Dr. Muhammad Anshari.

32

Kelaziman Bagi Kecelakaan Yang Berkaitan Dengan Kerja Yang Dilaporkan Sendiri Dan Faktor Risiko Yang Berkaitan Dengannya Di Kalangan Anggota Tentera Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB) dan Kementerian Pertahanan (KEMENTAH)

Pengarang: Dr. HjH Siti Tajidah binti Haji Abd Talip

52

Penilaian Nilai Pemakanan dalam Biskut Herba yang Diperkaya dengan *Murraya koenigii* dan *Gnetum gnemon*

Pengarang: Nurul Asiyikin Yusof, Aida Maryam Basri

60

Logistik Pertahanan: Analisis Mendalam Mengenai Teknologi Pengimbasan 3D dan cara Menggunakannya untuk Menggantikan Bahagian Yang Rosak

Pengarang: Ir Ts Dr Ahmad Azlan Ab Aziz, Dr. Nor Aiman Sukindar, Mohamed Baasim Isa

MENGENAI *FRONTIER*

FRONTIER merupakan sebuah jurnal S&T Pertahanan yang diterbitkan di bawah bimbingan Kumpulan Sains dan Teknologi Pertahanan. Tujuan utama *FRONTIER* adalah bagi mengongsikan artikel, laporan dan kertas kerja teknikal yang disediakan oleh warga Kementerian Pertahanan (KEMENTAH) dan Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB), yang mana adalah selaras dengan usaha bagi menginstitusikan pengetahuan di dalam KEMENTAH dan ABDB.

Selain itu, *FRONTIER* juga bertujuan untuk meningkatkan kesedaran, menjana perbincangan dan menyemai inovasi di dalam bidang S&T Pertahanan di kalangan warga KEMENTAH dan ABDB.

Selaras dengan usaha digitisation yang diterajui oleh Kumpulan S&T Pertahanan, salinan *FRONTIER* boleh dimuat turun dari halaman sesawang KEMENTAH. Salinan terhad jurnal *FRONTIER* juga akan dicetak dan diedarkan kepada pegawai-pegawai kanan KEMENTAH dan ABDB, serta perpustakaan-perpustakaan di KEMENTAH dan ABDB.

KATA-KATA ALUAN EDITORIAL

Hasrinah binti Matyassin

Ketua Editor

Kumpulan Sains dan Tekonologi Pertahanan (*DSTG*) dengan ini sukacita melancarkan Jilid Kelima Jurnal *Frontier* yang membawa tema '**Meningkatkan Kesediaan Ketenteraan Melalui Inovasi Multidisiplin**'.

Edisi Kelima Jurnal FRONTIER ini mengandungi lima artikel, yang mengetengahkan pelbagai kajian yang dilaksanakan oleh Kementerian Pertahanan, Brunei Darussalam dan institusi-institusi pendidikan tinggi serta kolej khususnya Universiti Brunei Darussalam, Universiti Teknologi Brunei dan *Laksamana College of Business* dalam usaha untuk meneroka topik-topik yang penting bagi kesiapan ketenteraan, dari biomekanik hingga kepada pengoptimuman komunikasi. Menangani isu seperti bekalan pemakanan, kepentingan inovasi diberi penekanan di dalam kajian berkenaan bagi mengekalkan kesediaan ketenteraan. Selain itu, kajian-kajian ini turut memberi penekanan kepada praktikaliti teknologi pemindaian 3D untuk penyelenggaraan peralatan.

'**Ciri-ciri Biomekanikal Bahagian Bawah Anggota Badan Kadet Tentera: Faktor Risiko Kecederaan dan Hubungannya dengan Kelenturan Bahagian Bawah Anggota Badan**' menganalisa biomekanik anggota bawah dalam kadet tentera, menemui kadar tinggi kaki rata, deformiti lutut, dan overpronasi. Pronasi kaki secara signifikan mempengaruhi ketatannya pada *iliotibial band (ITB)*, memberi kesan kepada kadar cedera. Intervensi yang sesuai menangani faktor-faktor berkaitan *ITB* dan pronasi kaki dapat mengurangkan kecederaan akibat penggunaan berlebihan dalam program latihan kadet.

'**Mengoptimumkan Sokongan Sistem Maklumat Komunikasi pada Operasi: Bagaimanakah Rangkaian 5G Boleh Meningkatkan Keupayaan Tentera?**' membincangkan pergantungan yang semakin meningkat dalam ketenteraan terhadap teknologi tanpa wayar untuk meningkatkan kesedaran situasi dan kecekapan operasi. Kajian juga meneroka manfaat dan cabaran pengintegrasian teknologi tanpa wayar berteknologi terkini, seperti 5G, termasuk pengurusan spektrum dan perkongsian infrastruktur dengan rangkaian komersial, untuk memenuhi keperluan peperangan moden.

'Kelaziman Bagi Kecederaan Yang Berkaitan Dengan Kerja Yang Dilaporkan Sendiri dan Faktor Risiko Yang Berkaitan Dengannya Di Kalangan Anggota Tentera Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB) dan Kementerian Pertahanan (KEMENTAH)' menemui kadar cedera yang tinggi, terutamanya pada bahagian badan bawah dan bahagian belakang bawah. Status pegawai bukan komisen, kurang tidur, dan tabiat tidak sihat berkait rapat dengan cedera, menekankan perlunya intervensi dalam latihan fizikal dan strategi pencegahan cedera untuk anggota tentera.

'Penilaian Nilai Pemakanan dalam Biskut Herba yang Diperkaya dengan *Murraya koenigii* dan *Gnetum gnemon*' menganalisa lima nisbah kombinasi serbuk tumbuhan untuk nilai pemakanan. Biskut 100% *Murraya koenigii* mempunyai tenaga dan protein tertinggi, manakala 25% *Murraya koenigii* dan 75% *Gnetum gnemon* mempunyai kandungan karbohidrat tertinggi. Formulasi ini sesuai untuk pelbagai keperluan pemakanan, terutamanya dalam persekitaran tentera.

'Logistik Pertahanan: Analisis Mendalam Mengenai Teknologi Pengimbasan 3D dan cara Menggunakannya untuk Menggantikan Bahagian Yang Rosak' menonjolkan kepraktisan peminda 3D kos rendah, khususnya *CR-Scan Lizard*, dalam meniru objek yang rosak. Ia menerangkan teknologi pemindaan, kaedah penggunaan, tip untuk pemindaan yang lebih baik, dan batasannya. Secara keseluruhan, ia bertujuan untuk menggalakkan penggunaan peminda 3D secara meluas sebagai penyelesaian yang mudah untuk memperbaiki barang-barang yang rosak.

Secara keseluruhannya, kajian dalam Jilid Kelima FRONTIER ini menekankan kepentingan inovasi dalam mengukuhkan kesediaan ketenteraan. Merangkumi pelbagai bidang seperti biomekanik, teknologi komunikasi, pemakanan dan pencegahan kecederaan, setiap kajian menyumbang kepada pengetahuan yang berharga untuk meningkatkan keupayaan ketenteraan. Selain itu, dapatan dari kajian-kajian ini mencerminkan komitmen ketenteraan untuk kekal adaptif dan bijak dalam menghadapi cabaran yang berubah. Tambahan pula, penjelajahan teknologi pemindaan 3D menawarkan penyelesaian praktikal bagi penyelenggaraan peralatan, menjelaskan kepentingan inovasi dalam memastikan kesediaan bagi operasi masa hadapan.

MENGENAI PENGARANG

Ahmad Dzulkhairi bin Awang Haji Mail merupakan seorang penolong penyelidik dari Makmal Prestasi Insan (MPI), Pusat Optima Kecergasan Tentera (POKT). Beliau memperoleh ijazah dalam Sains Sukan dan Senaman dari Universiti Swansea, Wales. Bidang kepakarannya terutamanya berkisar dalam biomekanik sukan dan fisiologi senaman. Usaha penyelidikan beliau yang terkini tertumpu kepada pencirian biomekanik kaki dalam Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB). Kerjanya bertujuan untuk mengoptimumkan pemilihan kasut lari yang sesuai dan membantu ABDB dalam memberikan kasut tempur yang sesuai, seperti bot hutan dan bot untuk pelaut, juruterbang, dan juruterjun. Komitmen penulis dalam mengkaji ergonomik alas kaki berjanji untuk memberi manfaat kepada kakitangan organisasi dalam pelbagai konteks operasi.

Ciri-ciri Biomekanikal Bahagian Bawah Anggota Badan Kadet Tentera: Faktor Risiko Kecederaan dan Hubungannya dengan Kelenturan Bahagian Bawah Anggota Badan

Pengarang:

Ahmad Dzulkhairi bin Awang

ABSTRAK

Tujuan utama kajian ini adalah untuk menganalisis ciri-ciri biomekanikal bahagian bawah anggota badan, termasuk jenis kaki, pronasi kaki, penjajaran lutut, dan fungsi pinggul, serta mengenal pasti faktor risiko untuk kecederaan muskuloskeletal semasa latihan asas tentera. Tujuan kedua adalah untuk mengkaji hubungannya dengan kelenturan anggota badan bawah, seperti kelenturan jalur *iliotibial* dan mobiliti buku lali. Data daripada 258 pegawai kadet (umur: 25.0 ± 2.2 tahun, jantina: 185 lelaki, 73 perempuan, tinggi: 1.63 ± 0.07 m, berat: 63.6 ± 8.8 kg) digunakan untuk kajian ini. Semua data dianalisis secara retrospektif, dan semua ciri-ciri biomekanikal dilakukan melalui penilaian visual kualitatif. Data kejadian kecederaan dikumpulkan pada dua waktu, pertengahan latihan dan selepas latihan. Majoriti kadet didapati mempunyai kaki rata (49%, $N=188$), 63% ($N=132$) mempunyai beberapa bentuk deformiti lutut (valgus/varus), 84% ($N=258$) pronasi berlebihan, dan 92% ($N=258$) mengalami kelemahan gluteus atau disfungsi pinggul. Di sisi lain, 70% ($N=258$) mempunyai mobiliti buku lali yang baik, dan 53% ($N=258$) sekurang-kurangnya satu sisi dianggap positif untuk kekakuan jalur *iliotibial* (ITB). Selain itu, didapati bahawa pronasi kaki mempunyai pengaruh yang signifikan ($P<0.05$) terhadap kekakuan ITB. Kelenturan ITB mempunyai kesan yang signifikan ($p<0.05$) terhadap kejadian kecederaan yang dialami semasa latihan kadet mereka. Penemuan ini menekankan kepentingan menangani faktor berkaitan ITB untuk mengurangkan risiko kecederaan akibat penggunaan berlebihan dan pengaruh pronasi kaki terhadap kelenturan ITB, menekankan perlunya mempertimbangkan interaksi biomekanikal dalam anggota badan bawah, mencadangkan bahawa program latihan kadet tentera boleh mendapat manfaat daripada intervensi yang disesuaikan yang bertujuan untuk meningkatkan kelenturan ITB dan menangani isu pronasi kaki.

Kata kunci:

Ciri-ciri biomekanik, anggota bawah, kecederaan muskuloskeletal, latihan tentera, jenis kaki, pronasi kaki, kelenturan ITB, mobiliti pergelangan kaki, penjajaran lutut, fungsi pinggul, intervensi tersuai.

1.0 PENDAHULUAN

Hubungan antara jenis kaki dan kelenturan *muskuloskeletal* (MSK) adalah penting dalam latihan dan prestasi tentera. Jenis kaki, yang dicirikan oleh struktur lengkungan dan variasi penjajaran, telah dikaitkan dengan pelbagai keadaan MSK dan kecederaan di kalangan anggota tentera yang sedang berkhidmat [1]. Keadaan ini, seperti patah tegasan, *plantar fasciitis*, dan *Achilles tendonitis*, boleh memberi kesan yang ketara kepada kesediaan operasi individu dan kesejahteraan fizikal keseluruhan semasa berkhidmat dalam tentera. Memahami kelaziman dan implikasi pelbagai jenis kaki dalam populasi tentera adalah penting untuk pencegahan kecederaan dan pengoptimuman prestasi jangka panjang.

Pronasi kaki, iaitu pergerakan masuk atau keluar kaki semasa berjalan atau berlari, berkait rapat dengan penjajaran lutut dan boleh mempengaruhi pronasi dan kelenturan [2,3]. Pronasi dan penjajaran lutut yang tidak betul boleh menyebabkan corak pergerakan yang terjejas, tekanan lutut yang meningkat, dan kerentanan yang lebih tinggi terhadap kecederaan, terutamanya dalam tugas-tugas tentera yang memerlukan tenaga fizikal. Di sisi lain, disfungsi abduktor pinggul, yang dicirikan oleh *pelvis* yang jatuh pada sisi yang tidak disokong semasa berjalan, boleh berpunca daripada pelbagai faktor, termasuk kelemahan abduktor pinggul dan ketidakmampuan anggota badan bawah [4]. Ketidaknormalan langkah ini boleh menyumbang kepada sakit pinggul dan bahagian bawah belakang, mempengaruhi mobiliti keseluruhan dan kapasiti berfungsi anggota tentera. Oleh itu, kelenturan anggota badan bawah adalah penting untuk mencegah dan mengatasi ketidaknormalan, membolehkan julat

pergerakan yang lebih luas dan penjajaran biomekanik yang betul. Selain itu, kelenturan anggota badan bawah adalah penting untuk mencegah kecederaan dan mengoptimumkan prestasi fizikal.

Kelenturan yang terhad boleh menyebabkan corak pergerakan yang terjejas dan peningkatan kerentanan terhadap kecederaan, terutamanya dalam tugas-tugas tentera yang memerlukan tenaga fizikal seperti berlari, berbaris, dan latihan tempur. Oleh itu, memahami bagaimana jenis kaki yang spesifik boleh mempengaruhi kelenturan anggota badan bawah dalam demografi ini adalah penting untuk merancang program latihan yang berkesan dan strategi pencegahan kecederaan. Kertas ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan ini dengan menyajikan analisis terperinci mengenai ciri-ciri biomekanikal anggota badan bawah, termasuk jenis kaki, pronasi kaki, penjajaran lutut, dan fungsi pinggul, dan menentukan ciri-ciri ini sebagai faktor risiko potensi untuk kecederaan MSK di kalangan pegawai kadet. Kedua, adalah untuk mengkaji hubungan ciri-ciri ini dengan kelenturan anggota badan bawah dan sama ada kesan terhadap kelenturan boleh dilihat sebagai faktor risiko potensi untuk kecederaan MSK di kalangan pegawai kadet. Penemuan dalam kertas ini berpotensi memberi maklumat kepada kita tentang intervensi yang bergerak yang boleh digunakan untuk membantu mengurangkan kecederaan MSK yang dilihat dalam latihan asas tentera.

2.0 METODOLOGI

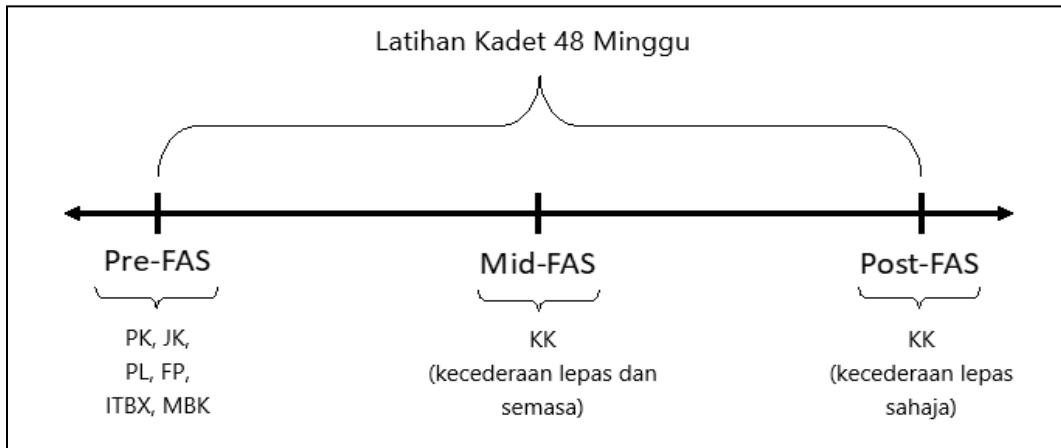
2.2 Peserta

Sejumlah 258 pegawai kadet (umur: 25.0 ± 2.2 tahun, jantina: 185 lelaki, 73 perempuan, tinggi: 1.63 ± 0.07 m, berat: 63.6 ± 8.8 kg) dari Sekolah Pegawai Kadet (SPK) intake 18 hingga 21 mengambil bahagian dalam Projek *Fitness Assessment and Screening, and Musculoskeletal Injury Surveillance* (FIT RISE), yang terdiri daripada tiga tempoh pengumpulan data sepanjang latihan kadet mereka selama 48 minggu.

2.2 Reka Bentuk kajian

Semua data dianalisis secara retrospektif untuk membentuk pemahaman asas tentang ciri-ciri biomekanikal anggota badan bawah. Walau bagaimanapun, hasil

untuk jenis kaki dan penjaran lutut yang digunakan dalam kajian ini terhad kepada hanya 188 dan 132 pegawai kadet, masing-masing. Ini kerana data untuk jenis kaki tidak dikumpul dalam intake 20, dan pengumpulan data penjaran lutut dihentikan dari intake 20 dan seterusnya. Semua data pencirian biomekanikal diperoleh hanya daripada pengumpulan data penilaian kebugaran pra-pendaftaran (*pre-FAS*). Di sisi lain, data kejadian kecederaan (INJ) merangkumi kecederaan semasa dan lalu yang dilaporkan semasa penilaian kebugaran pertengahan latihan (*mid-FAS*) dan kecederaan lalu semasa penilaian kebugaran selepas latihan (*post-FAS*). Ini diilustrasikan dalam **Rajah 1** di bawah.



Rajah 1. Prosedur pengumpulan data. Kunci: **PK**=Pronasi kaki, **JK**=Jenis kaki, **PL**=Penjaran lutut, **FP**=Fungsi pinggul, **ITBX**=Kelenturan ITB, **MBL**=Mobiliti buku lali, **KK**=Kejadian kecederaan.

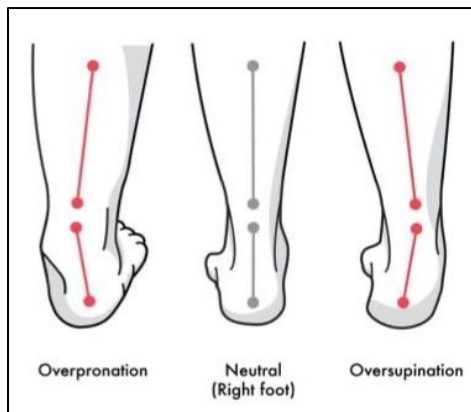
2.3 Prosedur

Soal Selidik

Semua peserta diberikan borang persetujuan bertulis dan dikehendaki mengisi soal selidik yang mengandungi soalan mengenai sebarang kecederaan lalu dan semasa, terutamanya yang dialami semasa latihan kadet. Kecederaan lalu adalah sebarang kecederaan MSK yang dialami antara titik pengumpulan data sebelum ini dan kini. Sebagai contoh, kecederaan lalu yang dikumpulkan semasa *Mid-FAS* adalah kecederaan MSK yang dialami antara *Pre-FAS* dan *Mid-FAS* di mana kadet tersebut telah pulih sebelum pengumpulan data *Mid-FAS*. Manakala kecederaan semasa adalah sebarang kecederaan MSK yang dialami semasa tempoh pengumpulan data. Soal selidik mengumpul maklumat mengenai lokasi kecederaan, jenis, masa, rawatan, sama ada ia menghalang mereka daripada melakukan sebarang aktiviti fizikal, dan sama ada mereka telah pulih sejak itu.

Pronosi kaki

Semua pencirian biomekanikal peserta dilakukan melalui penilaian visual kualitatif. Untuk menilai pronasi kaki, peserta diarahkan berjalan di atas treadmill (HP Cosmos, LE 200 CE) pada kelajuan 4 km/j. Jika kaki bergulung ke dalam atau ke luar, ia dianggap sebagai pronasi berlebihan atau supinasi berlebihan, masing-masing, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2** [5].

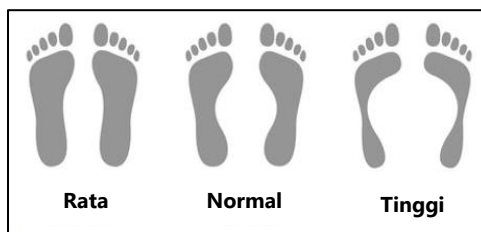


Rajah 2. Rajah pronasi kaki.

Jenis kaki

Untuk menentukan jenis kaki, peserta diminta berdiri dengan kaki selebar bahu sambil pemeriksa menilai kaki mereka secara visual dan menggunakan jari mereka jika diperlukan. Jika pemeriksa boleh memasukkan seluruh jari mereka di bawah kaki, peserta dianggap mempunyai lengkungan tinggi, manakala jika jari tidak dapat dimasukkan di bawah kaki sama sekali, mereka dianggap mempunyai kaki rata. Jika hanya sebahagian dari jari boleh dimasukkan di bawah kaki, peserta dianggap mempunyai lengkungan normal.

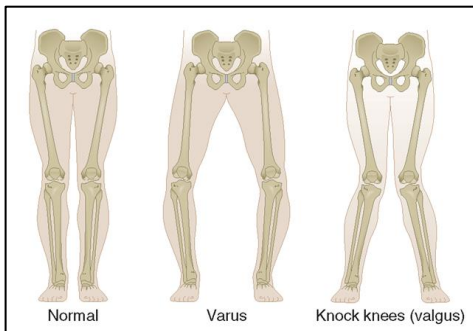
Rajah 3 di bawah menggambarkan 3 jenis kaki yang berbeza [6].



Rajah 3. Rajah jenis kaki.

Penjajaran lutut

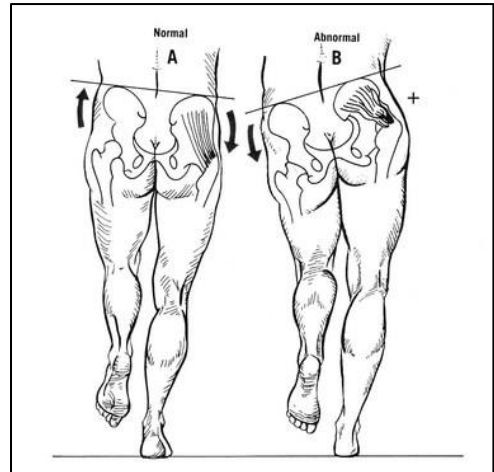
Pemeriksa akan menilai lutut dari pandangan depan untuk menentukan penjajaran lutut. Jika lutut melepasi ke arah dalam tengah lutut, terdapat kecacatan *valgus*; jika garis melepasi ke arah tepi tengah lutut atau tengah *femur*, terdapat kecacatan *varus*. Ini digambarkan dalam **Rajah 4** di bawah [7].



Rajah 4. Rajah penjajaran lutut.

Fungsi pinggul

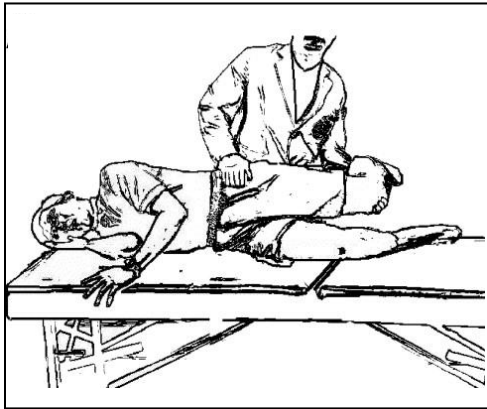
Di sisi lain, fungsi pinggul ditentukan dengan menggunakan ujian *Trendelenburg* [8]. Peserta diminta berjalan di atas treadmill pada kelajuan 4km/j sambil pemeriksa menilai sama ada terdapat kemiringan *pelvis* semasa fasa sokongan langkah. Jika terdapat, peserta akan dianggap positif, jika tidak, negatif untuk kelemahan *gluteal*. **Rajah 5** menggambarkan perbezaan antara fungsi pinggul normal dan tidak normal [9].



Rajah 5. Rajah fungsi pinggul normal dan tidak normal.

Kelenturan ITB

Kelenturan ITB dinilai menggunakan ujian *Ober* [10]. Peserta diminta berbaring menyamping di atas katil urut dengan lutut bawah dan pinggul ditekuk. Ini ditunjukkan dalam **Rajah 6** di bawah [11]. Pemeriksa kemudian menggenggam hujung kaki di atas sambil menekuk kaki ke sudut tepat di lutut. Kaki atas akan diperpanjang dan dibiarkan mengabur oleh sendi pinggul sebelum perlahan-lahan diturunkan ke arah katil. Peserta dianggap negatif untuk ketegangan ITB jika kaki atas jatuh di bawah horizontal, manakala mereka akan ditanda positif jika kaki tetap diabduksi.



Rajah 6. Rajah ujian Ober.



Rajah 7. Ujian Ankle Clearing.

Mobiliti buku lali

Akhir sekali, ujian *Ankle Clearing* digunakan untuk menentukan mobiliti pergelangan kaki, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7** [12]. Kit ujian *Functional Movement Screening (FMS)* digunakan untuk ujian ini. Kaki peserta diletakkan dalam kedudukan tumit-ke-jari kaki, dengan bahagian medial kaki belakang sejajar dengan dan menyentuh sisi kit ujian di belakang garisan sifar. Mereka kemudian diminta untuk jatuh lurus ke bawah, menekuk lutut dan membawa lutut belakang sejauh mungkin di hadapan jari kaki dengan tumit menempel. Jarak lutut kaki belakang ke *medial malleolus* kemudian akan diukur untuk menentukan sama ada peserta mencapai di belakang atau melebihi garisan sifar. Peserta akan ditanda 'di belakang' jika lutut mereka tidak melepasi garisan sifar, dan 'melebihi' jika mereka melepasi garisan sifar. Peserta kemudian akan dikategorikan sebagai 'kedua-dua di belakang', 'satu sisi melebihi', dan 'kedua-dua melebihi' jika kedua-dua belah lutut mereka mencapai di belakang, jika salah satu sisi mencapai melebihi, dan jika kedua-dua sisi mencapai melebihi, masing-masing.

2.3 Analisis statistik

Semua data dimasukkan dan disusun menggunakan Microsoft Excel 2021. Kebolehnormalan data dinilai menggunakan ujian *Shapiro-Wilk*. Ujian *Kruskal-Wallis* dilakukan pada parameter-parameter yang didapati melanggar kesamaan varians. Untuk menilai kepentingan pembolehubah bebas (keanjalan anggota badan bawah dan kejadian kecederaan) berdasarkan pembolehubah bergantung (ciri-ciri anggota badan bawah), analisis varians satu hala (*one-way ANOVA*) digunakan. Semua analisis statistik dilakukan menggunakan Pakej Statistik untuk Sains Sosial versi 26 (SPSS 26, IBM Corp). Rajah dan data diilustrasikan sebagai $\text{min} \pm \text{sisihan piawai}$ ('*Standard deviation (SD)*'), di mana berkenaan, dengan kepentingan ditakrifkan sebagai $p \leq 0.05$.

3.0 HASIL KEPUTUSAN

Data daripada 258 pegawai kadet telah dikaji untuk kajian ini. Statistik deskriptif mengenai ciri-ciri fizikal peserta ditunjukkan dalam **Jadual 1**. Sementara itu,

butiran mengenai ciri-ciri biomekanikal anggota bawah peserta dan fleksibiliti anggota bawah ditunjukkan dalam **Jadual 2** dan **3**, masing-masing.

Jadual 1. Ciri-ciri fizikal peserta.

Parameter		95% Jarak CI				
		N	Purata	SD	Bawah	Atas
Umur (Tahun)	Lelaki	185	24.8	2.5	24.5	25.2
	Wanita	73	25.6	1.5	25.1	25.8
	Jumlah	258	25.0	2.2	24.7	25.3
Tinggi (m)	Lelaki	185	1.68	0.05	1.67	1.68
	Wanita	73	1.57	0.04	1.57	1.58
	Jumlah	258	1.65	0.07	1.64	1.66
Berat badan (kg)	Lelaki	185	66.7	7.9	65.6	67.8
	Wanita	73	55.9	5.9	54.6	57.3
	Jumlah	258	63.6	8.8	62.6	64.7

Jadual 2. Ciri-ciri biomekanikal anggota badan bawah peserta.

Parameter		N	%
JK (N=188)	Rata	93	49.5
	Satu Bahagian rata	27	14.4
	Normal	65	34.6
	Satu Bahagian lengkungan tinggi	3	2.2
	Lengkungan tinggi	0	0.0
	Rata + Lengkungan tinggi	0	0.0
PL (N=132)	Normal	49	37.4
	<i>Varus</i>	55	42.0
	<i>Valgus</i>	27	20.6
PK (N=258)	Normal	33	12.8
	<i>Overpronation</i>	216	83.7
	<i>Oversupination</i>	9	3.5
FP (N=258)	Negatif	19	7.4
	Positif	239	92.6

Kunci: **JK**=Jenis kaki, **PL**=Penjajaran lutut, **PK**=Pronasi kaki, **FP**=Fungsi pinggul.

Jadual 3. Kelenturan anggota badan bawah.

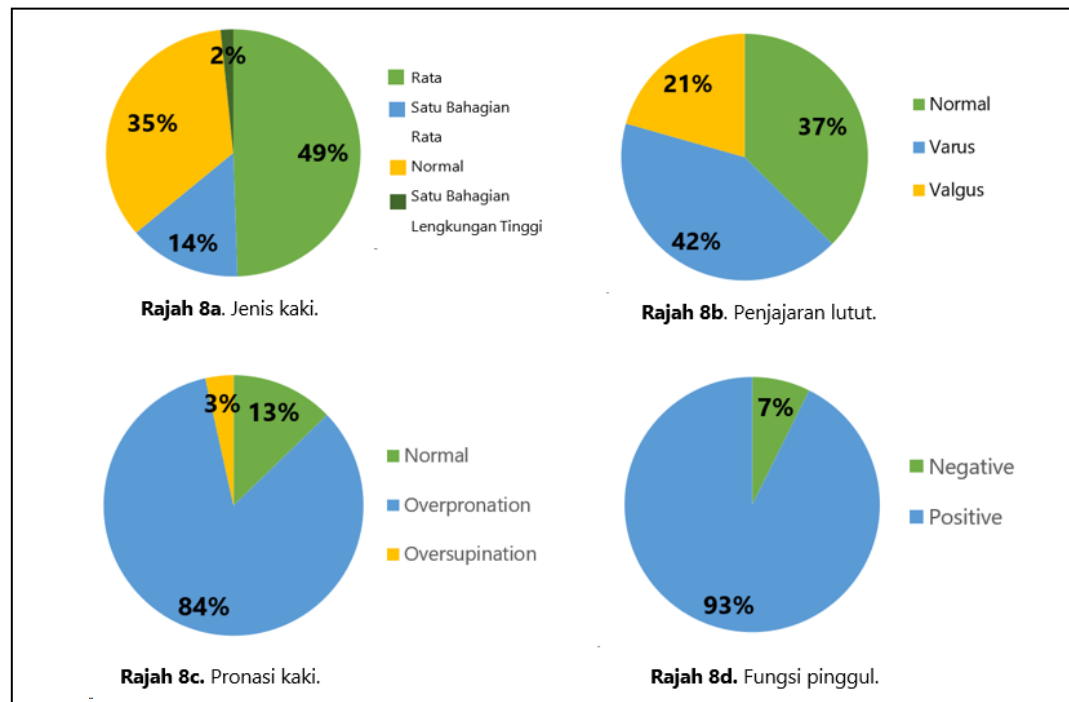
Parameters		N	%
ITBX (N=258)	Negatif	120	46.5
	Satu bahagian positif	63	24.4
	Kedua bahagian positive	75	29.1
MBL (N=258)	Kedua Bahagian belakang	22	8.5
	Satu Bahagian belakang	56	21.7
	Kedua Bahagian melebihi	180	69.8

Kunci: ITBX=Kelenturan ITB. MBL=Mobiliti buku lali.

Ciri-ciri Biomekanikal Anggota Bawah Badan

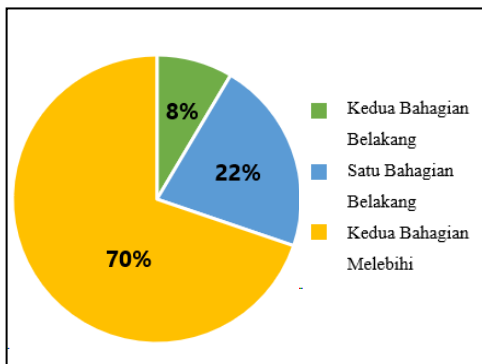
Ciri-ciri biomekanikal anggota bawah peserta digambarkan dalam Rajah 8a - 8d. Sejumlah 93 (49%) kadet pegawai mempunyai kaki rata, 27 (14%) mempunyai campuran rata dan normal, 65 (35%) mempunyai lengkungan normal, dan hanya 3 (2%) mempunyai kombinasi normal dan tinggi. Sementara itu, tiada kadet yang direkodkan mempunyai kedua-dua kaki bersusun tinggi atau kombinasi kaki rata

dan tinggi. Daripada 132 peserta, 54 (42%) mempunyai kecacatan varus, 49 (37%) adalah normal, dan 27 (21%) mempunyai kecacatan valgus. Bagi pronasi kaki, sejumlah 216 (84%) kadet pegawai adalah overpronators, 27 (13%) mempunyai pronasi normal, dan hanya 9 (3%) adalah oversupinators. Akhir sekali, 239 (93%) kadet pegawai dilaporkan mempunyai ujian Trendelenburg positif, manakala hanya 19 (7%) dianggap negatif.

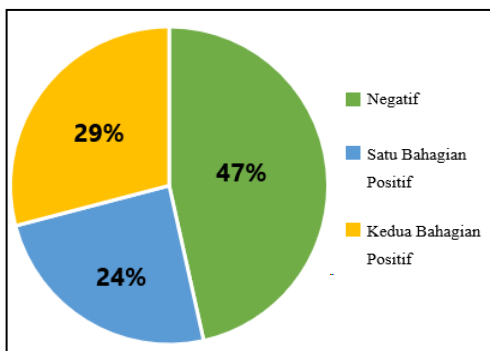


Kelenturan Anggota Bawah Badan

Selepas ujian *Ankle Clearing*, 180 (70%) kadet mencapai melebihi garisan sifar untuk kedua-dua kaki, 56 (22%) mencapai di belakang pada satu sisi kaki mereka, dan 22 (8%) mencapai di belakang garisan sifar untuk kedua-dua kaki. Sementara itu, sejumlah 120 (47%) adalah negatif untuk kekakuan ITB, 63 (24%) mempunyai satu sisi dianggap positif, dan 75 (29%) mempunyai kedua-dua sisi positif untuk kekakuan. Hasil ini digambarkan dalam **Rajah 9a** dan **9b**.



Rajah 9a. Pencapaian *Ankle clearing*.

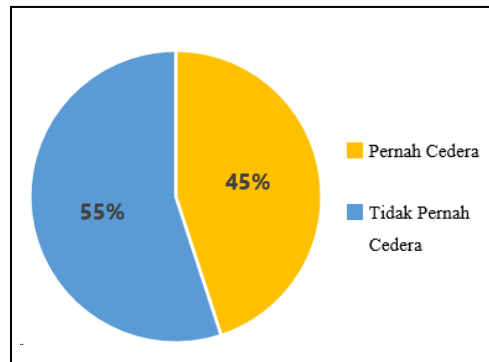


Rajah 9b. Keputusan ujian *Ober*.

Kejadian Kecederaan

Seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 10**, sejumlah 116 (45%) peserta melaporkan mengalami kecederaan sekurang-

kurangnya sekali semasa latihan kadet mereka. Sementara itu, 142 (55%) yang lain melaporkan tidak pernah cedera.



Rajah 10. Kejadian kecederaan peserta.

Ciri-ciri Anggota Bawah Badan lwn. Kelenturan dan Kejadian Kecederaan

Jadual 4 menunjukkan dapatan statistik kesan faktor utama (ciri-ciri anggota badan bawah) ke atas fleksibiliti anggota bawah dan kejadian kecederaan. Ujian ANOVA satu hala hanya menunjukkan satu faktor utama (pronasi kaki) mempunyai kesan yang signifikan terhadap fleksibiliti ITB peserta ($F=3.423$, $P<0.05$).

Kelenturan Anggota Bawah Badan lwn. Kejadian Kecederaan

Seperti yang ditunjukkan dalam **Jadual 5**, terdapat kesan yang signifikan bagi ITBX terhadap INJ ($F=6.545$, $P<0.05$). Sementara itu, kesan MBL menunjukkan sebaliknya.

Jadual 4. Ciri-ciri anggota badan bawah lwn. kelenturan dan kejadian kecederaan.

Parameter		N	F-statistik	P-value
JK	ITBX	188	1.002	0.386 ⁺
		132	0.125	0.882
		258	3.423	0.034*
		258	0.431	0.650
JK	MBL	188	1.465	0.234
		132	1.023	0.356 ⁺
		258	0.274	0.718 ⁺
		258	0.932	0.394 ⁺
JK	KK	188	0.021	0.993 ⁺
		132	2.672	0.105
		258	0.493	0.483
		258	2.752	0.098 ⁺

Kunci: **ITBX**=Keleturan ITB, **MBL**=Mobiliti buku lali, **KK**=kejadian kecederaan, **JK**=Jenis kaki, **PL**=Penjajaran lutut, **PK**=Pronosi kaki, **FP**=Fungsi pinggul.

* $P < 0.05$

⁺Asimtomatik signifikan (Kruskal-Wallis)

Jadual 5. Kelenturan anggota badan bawah lwn. kejadian kecederaan.

Parameters		N	F- statistik	P-value
ITBX	KK	258	6.545	0.002 ⁺ *
MBL		258	0.555	0.573 ⁺

Kunci: **ITBX**=Keleturan ITB, **MBL**=Mobiliti buku lali, **KK**=kejadian kecederaan.

* $P < 0.05$

⁺Asimtomatik signifikan (Kruskal-Wallis)

4.0 PERBINCANGAN

Pemahaman mengenai jenis kaki dalam populasi tentera mungkin dapat membantu mencegah kecederaan dan meningkatkan prestasi. Tujuan kajian ini adalah untuk menyajikan analisis terperinci mengenai ciri-ciri biomekanik anggota badan bawah dan faktor risiko kecederaan di kalangan pegawai-pegawai kadet dari SPK semasa latihan kadet 48 minggu mereka serta untuk mengkaji hubungannya dengan fleksibiliti anggota badan bawah, seperti

fleksibiliti ITB dan mobiliti pergelangan kaki.

Ciri-Ciri Anggota Badan Bawah

Kira-kira 49% daripada kadet pegawai didapati mempunyai kaki rata. Dapatan ini konsisten dengan kajian terdahulu yang juga menunjukkan kadar kaki rata yang lebih tinggi di kalangan populasi tentera [13,14]. Secara menarik, kira-kira 14% daripada kadet pegawai menunjukkan kombinasi kaki rata dan lengkungan normal, menunjukkan bahawa sesetengah individu mungkin mempunyai ketinggian

lengkungan yang berbeza. Menz *et al.* [15] telah menjalankan kajian yang menunjukkan bahawa ketinggian lengkungan mungkin berbeza secara semula jadi di antara individu, dan ia mungkin tidak selalu berkait secara langsung dengan risiko kecederaan. Walau bagaimanapun, adalah penting untuk diingat bahawa individu dengan kaki rata, khususnya yang mengalami pronasi berlebihan (gelungan ke dalam kaki yang berlebihan), mungkin berisiko lebih tinggi untuk kecederaan anggota badan bawah tertentu, seperti *plantar fasciitis* dan *shin splints* [16,17]. Oleh itu, mereka yang mempunyai lengkungan campuran harus sentiasa waspada terhadap sebarang petunjuk pronasi berlebihan atau ketidakselesaan yang berkaitan, yang mungkin memerlukan intervensi khusus, seperti masukkan ortotik atau senaman yang diarahkan, untuk menangani kebimbangan biomekanik. Di sisi lain, lengkungan tinggi agak jarang berlaku dalam kajian ini, dengan hanya 2% daripada kadet menunjukkan ciri ini. Perlu diperhatikan bahawa definisi lengkungan tinggi mungkin berbeza antara kajian, oleh itu penting untuk mempertimbangkan ini semasa menafsirkan hasil.

Kehadiran deformiti penjarangan lutut di kalangan kadet adalah penting, dengan 42% menunjukkan deformiti *varus* dan 21% menunjukkan deformiti *valgus*. Hasil ini menunjukkan bahawa sebahagian besar pegawai kadet mungkin berisiko mengalami masalah yang berkaitan dengan lutut seperti kecederaan ligamen *cruciate anterior* (ACL), sindrom sakit *patellofemoral*, dan sindrom ITB [18,19,20]. Kesimpulan ini sejajar dengan pemerhatian yang dibuat oleh Nakagawa *et al.* [21], yang mendapati corak yang serupa di kalangan rekrut tentera.

Kelenturan Anggota Bawah Badan

Keputusan ujian *Ankle Clearing* menunjukkan bahawa sebahagian besar pegawai kadet (70%) menunjukkan kebolehlihatan anggota bawah yang baik dengan mencapai kedua-dua kaki melebihi garis sifar yang ditetapkan. Sebaliknya, 22% daripada kadet mendapat markah di belakang pada satu sisi kaki mereka, dan 8% mencapai di belakang garis sifar untuk kedua-dua kaki. Ini menunjukkan beberapa perbezaan dalam kebolehlihatan anggota bawah dalam kalangan peserta. Penemuan ini menekankan kepentingan mempertimbangkan perbezaan individu dalam kebolehlihatan semasa latihan dan program pencegahan kecederaan.

Di sisi lain, penilaian ketat ITB dalam kajian ini menunjukkan bahawa hampir separuh daripada kadet (47%) tidak menunjukkan tanda-tanda ketat ITB. Walau bagaimanapun, adalah penting untuk diingatkan bahawa ITB boleh menjadi ketat atau digunakan berlebihan pada sesetengah individu semasa latihan, berpotensi menyebabkan masalah lutut dan pinggul [20]. Kejadian satu sisi yang positif untuk ketat ITB pada 24% peserta menunjukkan bahawa masalah unilateral ITB tidak jarang berlaku dan mungkin memerlukan intervensi dan rehabilitasi yang disasarkan [30]. Selain itu, penemuan bahawa 29% daripada kadet mempunyai kedua-dua sisi positif untuk ketat ITB menegaskan kepentingan memantau dan mengatasi ketat ITB bilateral dalam program latihan tentera untuk mengurangkan risiko kecederaan yang berkaitan dengan anggota bawah [31].

Ciri-ciri Anggota Bawah Badan lwn. Kelenturan dan Kejadian Kecelakaan

Keputusan kami menunjukkan bahawa hanya pronasi kaki secara signifikan mempengaruhi kebolehlihatan ITB kadet pegawai, menegaskan hubungan yang rumit antara kedua-duanya. Pronasi adalah pergerakan kaki dinamik yang melibatkan interaksi kompleks antara lengkung, buku lali, dan otot-otot kaki bawah [16]. Hasil ini konsisten dengan penyelidikan yang dijalankan oleh Mucha et al. [20], yang mencadangkan bahawa individu yang cenderung untuk overpronasi lebih cenderung mengalami ketegangan dan kekakuan yang meningkat dalam ITB. Overpronasi boleh menyebabkan rotasi dalaman tibia, menyebabkan biomekanik yang berubah yang mungkin menyumbang kepada masalah ITB. Selain itu, satu kajian oleh Hreljac et al. [32] mengkaji pengaruh pronasi kaki terhadap kinematik anggota bawah semasa berlari. Mereka mendapati bahawa overpronasi berkaitan dengan peningkatan *abduction* lutut dan rotasi dalaman, yang berpotensi menyebabkan ketegangan ITB dan masalah berkaitan. Kesan pronasi kaki terhadap kebolehlihatan ITB mempunyai implikasi praktikal untuk program latihan rekrut tentera. Ini menunjukkan bahawa individu yang cenderung overpronasi mungkin mendapat manfaat dari intervensi yang disasarkan untuk menangani mekanik kaki dan kebolehlihatan ITB. Intervensi seperti ini mungkin termasuk memasukkan ortotik untuk sokongan lengkung [16] dan senaman kebolehlihatan tertentu untuk meningkatkan kelenturan ITB [33].

Kelenturan Anggota Bawah Badan lwn. Kejadian Kecelakaan

Dalam kajian ini, kelenturan ITB didapati memberi kesan yang signifikan terhadap

kejadian kecederaan. Penemuan ini sejajar dengan pengiktirafan yang semakin meningkat mengenai peranan ITB dalam pelbagai kecederaan anggota bawah, terutamanya dalam aktiviti yang melibatkan pergerakan lutut secara berulang [20,34]. Kebolehlihatan ITB yang terhad limitasi boleh meningkatkan ketegangan dan kekakuan dalam jalur tersebut, yang berpotensi menyumbang kepada sindrom ITB dan kecederaan berkaitannya [34]. Keadaan ini ditandai oleh sakit pada aspek *lateral* lutut dan sering dikaitkan dengan aktiviti yang melibatkan fleksi dan ekstensi lutut, seperti berlari dan berbaris semasa latihan tentera [35]. Kajian-kajian terkini menunjukkan bahawa memasukkan senaman kebolehlihatan yang tertumpu dalam program latihan tentera boleh meningkatkan kebolehlihatan ITB dengan berkesan dan mengurangkan risiko kecederaan yang berkaitan. Sebagai contoh, kajian oleh Borges et al. [36] menunjukkan bahawa program latihan kebolehlihatan struktur seperti regangan statik dan fasilitasi neuromuskular proprioseptif meningkatkan kebolehlihatan ITB secara signifikan, dengan itu berpotensi mengurangkan risiko masalah yang berkaitan dengan ITB. Selain itu, kajian oleh Brown et al. [33] menekankan kelebihan memasukkan rutin regangan dinamik yang menumpukan kepada ITB. Penemuan mereka mencadangkan bahawa penyertaan regangan dinamik secara berkala dapat menyumbang kepada peningkatan kebolehlihatan ITB dan fungsi keseluruhan anggota bawah. Selanjutnya, Akima et al. [30] mengkaji kesan penerbangan angkasa jangka pendek ke atas isipadu otot paha dan kaki, menekankan peranan senaman kebolehlihatan dalam mengekalkan fungsi otot. Walaupun kajian-kajian ini tidak

khusus kepada populasi tentera, mereka menekankan kepentingan latihan kebolehlihatan menyeluruh untuk mengatasi kekakuan dalam kumpulan otot yang berkaitan, termasuk ITB.

5.0 KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dalam kajian ini memberikan pandangan yang berharga mengenai prevalen pelbagai jenis kaki, penjajaran lutut, pronasi kaki, fungsi pinggul, kelenturan anggota bawah, dan kejadian kecederaan di kalangan pegawai kadet semasa latihan kadet mereka, yang tidak boleh dianggap remeh kerana mereka mendasari faktor-faktor yang mempengaruhi risiko kecederaan dan asas untuk meningkatkan strategi pencegahan kecederaan dalam program latihan kadet tentera. Pronasi berlebihan dikaitkan dengan peningkatan ketegangan dalam ITB, menekankan keperluan untuk mempertimbangkan intervensi biomekanik dalam anggota bawah. Implikasi temuan ini adalah jauh mencapai, menyarankan bahawa program latihan kadet tentera boleh mendapat manfaat daripada intervensi yang disesuaikan yang bertujuan untuk meningkatkan kelenturan ITB dan mengatasi masalah pronasi kaki, seperti senaman kelenturan dan rutin regangan dinamik. Ini boleh menjadi instrumen dalam mengurangkan kejadian kecederaan yang berkaitan dengan ITB dan kecederaan MSK secara umum, dengan itu meningkatkan prestasi pegawai kadet semasa latihan. Walau bagaimanapun, kajian lanjut diperlukan untuk menyiasat impak intervensi yang didasarkan dalam mengurangkan kejadian kecederaan MSK dalam populasi tentera.

6.0 RUJUKAN

- [1] Gefen, A. (2002). Biomechanical analysis of fatigue-related foot injury mechanisms in athletes and recruits during intensive marching. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 40, 302-310.
- [2] Bolgla, L. A., Malone, T. R., Umberger, B. R., & Uhl, T. L. (2014). Comparison of hip and knee strength and neuromuscular activity in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 506-515.
- [3] MacLean, C. L., Davis, I. S., & Hamill, J. (2017). Influence of running shoe midsole composition and custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics during running. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(4), 303-309.
- [4] Russell, J. A., Devlin, M., Hamill, J., & Blades, C. (2018). Kinematics and kinetics of the Trendelenburg test in healthy adults. *Gait & Posture*, 61, 411-415.
- [5] Sivacolundhu, S. (2018). Diagram of foot pronation [Photograph]. Retrieved from <https://thefootclinic.net/wp-content/uploads/2018/05/THEF-blog-pronated-feet-1.jpg>
- [6] InShoesWeTrust. (n.d.). Diagram of foot types [Photography]. Retrieved from https://cdn.shopify.com/s/files/1/0069/5733/4610/files/Feet_Arch_Types_InShoesWeTrust.com_480x480.jpg?v=1657395468
- [7] Barrett. (2021). Diagram of different knee alignments [Photograph].

- Retrieved from https://transform.octanecdn.com/cdn/https://octanecdn.com/prolianceorthoedicassociatescom/prolianceorthopedicassociatescom_886159676.png
- [8] Philip, H., Sydney, N. (1985). The significance of the Trendelenburg test. *The Journal of Bone and Surgery*, 67-B, 5.
- [9] Physical Therapy Web (n.d.). Diagram of normal and abnormal abductor mechanism [Photograph]. Retrieved from <https://i0.wp.com/physicaltherapyweb.com/wp-content/uploads/2018/04/trendelenburg-3941799.jpg?w=379&ssl=1>
- [10] Robertson J. A. (1984). F. P. Kendall and E. K. McCreary "Muscles, Testing and Function" (Third Edition). *British Journal of Sports Medicine*, 18(1), 25.
- [11] Functional Movement System. (2020). Diagram of an individual performing Ankle Clearing test [Photograph]. Retrieved from http://www.runcaf.com/wp-content/uploads/2020/04/FMS-L1-Screen-Changes-Download_Final_Feb_2020-1.pdf
- [12] Wang. T. G., Jan. M. H., Lin. K. H., Wang. H. K. (2006). Diagram of the assessment of stretching of the iliotibial tract with the Ober test [Photograph]. Retrieved from <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0003999306005314-gr1.jpg>
- [13] Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, et al. (2013). Foot morphology in Spanish school children according to sex and age. *Ergonomics*, 56(11), 1725-1735.
- [14] Psaila, M., & Ranson, C. (2017). Risk factors for lower leg, ankle and foot injuries during basic military training in the Maltese Armed Forces. *Physical therapy in sport*, 24, 7-12.
- [15] Menz, H. B., Dufour, A. B., Riskowski, J. L., Hillstrom, H. J., & Hannan, M. T. (2013). Association of planus foot posture and pronated foot function with foot pain: the Framingham foot study. *Arthritis care & research*, 65(12), 1991-1999.
- [16] Bolgla LA, Malone TR. (2004). Plantar fasciitis and the windlass mechanism: a biomechanical link to clinical practice. *Journal of Athletic Training*, 49(1), 77-79.
- [17] Forghany, S., Bagherian Dehkordi, S., Montazeri Sanech, H., & Mashhadi, M. (2013). Foot posture in basketball players with history of the shin splint. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 9(3), 406-414.
- [18] Filbay, S. R., Ackerman, I. N., Dhupelia, S., Arden, N. K., & Crossley, K. M. (2018). Quality of life in symptomatic individuals after anterior cruciate ligament reconstruction, with and without radiographic knee osteoarthritis. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 48(5), 398-408.
- [19] Barfod, K. W., Feller, J. A., Hartwig, T., Devitt, B. M., & Webster, K. E. (2019). Knee extensor strength and hop test performance following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee*, 26(1), 149-154.

- [20] Mucha, M. D., Caldwell, W., Schlueter, E. L., Walters, C., & Hassen, A. (2017). Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: a systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 20(4), 349-355.
- [21] Nakagawa, T. H., Dos Santos, A. F., Lessi, G. C., Petersen, R. S., & Silva, R. S. (2020). Y-balance test asymmetry and frontal plane knee projection angle during single-leg squat as predictors of patellofemoral pain in male military recruits. *Physical Therapy in Sport*, 44, 121-127.
- [22] Lucas-Cuevas, A. G., Pérez-Soriano, P., Priego-Quesada, J. I., & Llana-Belloch, S. (2014). Influence of foot orthosis customisation on perceived comfort during running. *Ergonomics*, 57(10), 1590-1596.
- [23] Deepashini, H., Omar, B., Paungmali, A., Amaramalar, N., Ohnmar, H., & Leonard, J. (2014). An insight into the plantar pressure distribution of the foot in clinical practice: Narrative review. *Polish Annals of medicine*, 21(1), 51-56.
- [24] Reinking, M. F., Austin, T. M., & Hayes, A. M. (2013). A survey of exercise-related leg pain in community runners. *International journal of sports physical therapy*, 8(3), 269.
- [25] Lorimer, A. V., & Hume, P. A. (2014). Achilles tendon injury risk factors associated with running. *Sports Medicine*, 44, 1459-1472.
- [26] Palmer, K., Hebron, C., & Williams, J. M. (2015). A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength. *BMC musculoskeletal disorders*, 16, 1-8.
- [27] Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, et al. (2009). Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(7), 532-540.
- [28] Wilson, B. R., Robertson, K. E., Burnham, J. M., Yonz, M. C., Ireland, M. L., & Noehren, B. (2018). The relationship between hip strength and the Y balance test. *Journal of sport rehabilitation*, 27(5), 445-450.
- [29] Rathleff, M. S., Rathleff, C. R., Crossley, K. M., & Barton, C. J. (2014). Is hip strength a risk factor for patellofemoral pain? A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(14), 1088-1088.
- [30] Akima, H., Kawakami, Y., Kubo, K., Sekiguchi, C., Ohshima, H., Miyamoto, A., & Fukunaga, T. (2000). Effect of short-duration spaceflight on thigh and leg muscle volume. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(10), 1743-1747.
- [31] Hutchinson, L. A., Lichtwark, G. A., Willy, R. W., & Kelly, L. A. (2022). The iliotibial band: a complex structure with versatile functions. *Sports Medicine*, 52(5), 995-1008.
- [32] Hreljac, A. L. A. N., Marshall, R. N., & Hume, P. A. (2000). Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(9), 1635-1641.

- [33] Afshari, E., Kajbafvala, M., Mohsenifar, H., & Abbasi, L. (2023). Comparison of the Immediate Effect of Active Stretching Techniques and Self-Myofascial Release on the Flexibility of the Iliotibial Band and Functional Activities in Semi-Elite Athletes: A Randomized Clinical Trial. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies*, 10(2).
- [34] Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., ... & Benjamin, M. (2006). The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee: implications for understanding iliotibial band syndrome. *Journal of anatomy*, 208(3), 309-316.
- [35] Roy, T. C., Faller, T. N., Richardson, M. D., & Taylor, K. M. (2022). Characterization of limited duty neuromusculoskeletal injuries and return to duty times in the US Army during 2017-2018. *Military medicine*, 187(3-4), e368-e376.
- [36] Borges, M. O., Medeiros, D. M., Minotto, B. B., & Lima, C. S. (2018). Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: Systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physiotherapy*, 20(1), 12-19.

MENGENAI PENGARANG

Mejar Mohamad Danial bin Hj Daud ialah Pegawai Pemerintah Skuadron Isyarat Angkatan Darat Diraja Brunei, telah berkhidmat dengan Angkatan Bersenjata Diraja Brunei selama 14 tahun. Beliau berkelulusan BA (Kepujian) Geografi dari Universiti Brunei Darussalam dan telah menamatkan Kursus Pemerintahan dan Kakitangan ke-13 di Akademi Pertahanan Angkatan Bersenjata Diraja Brunei. Beliau juga lulus dari Institut Perhubungan Tentera Darat Malaysia, yang menambah pengetahuannya tentang komunikasi ketenteraan. Sebagai Pegawai Pemerintah Skuadron Isyarat Angkatan Darat Diraja Brunei, beliau menyelia komunikasi Angkatan Bersenjata Diraja Brunei, memastikan penyelarasan dan ketersambungan yang lancar penting untuk kejayaan misi.

Dr Muhammad Anshari ialah Penolong Profesor Kanan di Sekolah Perniagaan dan Ekonomi Universiti Brunei Darussalam (UBDSBE) dan kini berkhidmat sebagai Timbalan Pengarah untuk Institut Kajian Dasar. Beliau telah dinamakan dalam Senarai Universiti Stanford 2% Penyelidik Terbaik Dunia sejak 2022 untuk kategori ICT, Perniagaan & Pengurusan. Bersama-sama dengan rakan sekerja dari UBDSBE dan IPS, memenangi anugerah Kertas Cemerlang di Anugerah Sasterawan Zamrud 2023 untuk dua kertas kerja yang diterbitkan. Selepas menamatkan pengajian PhD, beliau bekerja sebagai felo penyelidik di Universiti Nasional Taiwan, Taiwan. Sebelum itu beliau mengikuti pengajian fellowship penyelidikan di King Saud University - Kerajaan Arab Saudi. Minat penyelidikan beliau ialah Sistem Maklumat Perniagaan, Sistem Pengurusan Pengetahuan, & Sistem Maklumat Penjagaan Kesihatan.

Mengoptimumkan Sokongan Sistem Maklumat Komunikasi pada Operasi: Bagaimanakah Rangkaian 5G Boleh Meningkatkan Keupayaan Tentera?

Pengarang:

Mejar Mohamad Danial bin Hj Daud, TDDB

Dr Muhammad Anshari, UBD

A B S T R A K

Sama seperti organisasi lain, kebergantungan tentera pada sambungan tanpa wayar semakin meningkat. Penggunaan teknologi organisasi juga telah berkembang apabila dunia menjadi lebih bergantung kepada teknologi. Trend ini boleh dikaitkan dengan permintaan yang semakin meningkat untuk maklumat, membolehkan tentera meningkatkan kesedaran situasi dan keberkesanan operasi di lapangan. Dalam persekitaran yang dinamik dan pesat berubah hari ini, permintaan untuk komunikasi tanpa wayar yang lancar dan boleh dipercayai telah menjadi faktor penting, membolehkan anggota tentera kekal bermaklumat dan membuat keputusan pantas. Keperluan mendesak ini mendorong tentera untuk melaksanakan teknologi tanpa wayar termaju, menolak sempadan inovasi dan kecekapan untuk memenuhi tuntutan peperangan moden. Kajian ini meneroka kemungkinan aplikasi generasi kelima (5G) dalam landskap ketenteraan, memfokuskan pada operasinya. Penyelidikan mendedahkan bahawa tentera memerlukan rangkaian yang lebih pantas dan menangani aspek pengurusan spektrum 5G dalam konteks ketenteraan. Aspek lain yang diterokai oleh kertas ini ialah kemungkinan perkongsian infrastruktur 5G dengan rangkaian komersial. Ia menyelidiki potensi isu yang mungkin timbul jika dilaksanakan. Kajian ini membentangkan peluang untuk penyelidikan masa depan tentang 5G sebelum aplikasi sebenar dalam tentera.

Kata kunci:

5G, tanpa wayar, operasi, pengurusan spektrum, sekuriti, tentera.

1.0 PENDAHULUAN

Permintaan teknologi untuk sambungan yang lebih pantas dan sokongan yang kukuh memperoleh kepentingan untuk melaksanakan generasi kelima (5G) komunikasi tanpa wayar. Berbanding dengan pendahulunya, 5G sedikit berbeza disebabkan ciri baharunya seperti orang yang saling bersambung dan mengawal peranti, objek dan mesin. 5G menyediakan kadar data yang tinggi, kualiti perkhidmatan ("*quality of service (QoS)*"), yang dipertingkatkan, kependaman rendah, liputan tinggi, kebolehpercayaan yang tinggi dan perkhidmatan mampu milik dari segi ekonomi [1]. Dengan kadar kependaman yang sangat rendah, interaksi masa nyata adalah mungkin, yang membolehkan prosedur yang tidak mungkin dilakukan dengan penjana sebelum ini. Prosedur seperti pembedahan jauh dan komunikasi kenderaan ke kenderaan ("*vehicle-to-vehicle (V2V)*") kini boleh dilakukan. Bagi tentera, dengan apa yang dinyatakan di atas, subjek seperti 'kenderaan tanpa pemandu', menghantar video definisi tinggi untuk kesedaran situasi, dan rangkaian komunikasi yang boleh dipercayai akan menjadi lebih menonjol.

Ini telah mencipta banyak pilihan teknologi baharu yang boleh digunakan oleh tentera, tetapi akan ada halangan di sepanjang laluan. Apabila teknologi baharu diperkenalkan kepada bidang tertentu, ia memberikan pengurusan dengan set faedah dan cabaran yang unik. Ia boleh berguna dalam pelbagai kaedah untuk operasi ketenteraan. Mempunyai 5G sebagai tulang belakang sistem rangkaian mereka, misalnya, boleh meningkatkan beberapa keupayaan, seperti mendayakan kaedah arahan dan kawalan ("*command and control (C2)*") baharu [2].

Walau bagaimanapun, beberapa halangan juga akan timbul, kerana sistem ini memerlukan banyak pengubahsuaian dan penyesuaian sebelum menjadi berkesan. Tentera mesti mempunyai rancangan komprehensif untuk mengguna pakai 5G sebagai sebahagian daripada rangkaian komunikasi tanpa wayar mereka, kerana ia akan memberi manfaat yang besar kepada mereka dalam pelbagai cara, termasuk operasi mereka.

Memandangkan 5G adalah teknologi yang agak baharu, terdapat sangat sedikit kajian tentang cara ia boleh meningkatkan operasi keseluruhan, apatah lagi bagaimana ia boleh meningkatkan keupayaan ketenteraan. Oleh kerana sensitiviti subjek, ia sangat jarang diterbitkan. Walau bagaimanapun, untuk bergerak ke hadapan, tentera mesti menentukan betapa berfaedahnya untuk memiliki 5G sebagai tulang belakang sistem mereka, bagaimana ia akan memberi kesan kepada operasi mereka, dan sama ada mereka memerlukan bentuk rangkaian tanpa wayar ini pada masa ini.

Dalam operasi, tentera sebagai satu unit disambungkan kepada berbilang rangkaian tanpa wayar, dan semua sub-unitnya disambungkan dengan baik antara satu sama lain tetapi dengan lebar jalur yang biasanya sangat rendah. Untuk menerangkan rangkaian tanpa wayar tentera secara ringkas, secara umum, tentera menggunakan Radio Frekuensi Sangat Tinggi ("*Very High-Frequency Radio (VHF)*") yang disulitkan untuk beroperasi, dengan Radio Frekuensi Tinggi ("*High-Frequency (HF)*") sebagai sandaran sekiranya radio VHF gagal; kedua-dua rangkaian radio ini adalah radio jaringan tempur digital. Terdapat rangkaian tanpa wayar tambahan yang boleh digunakan, tetapi kedua-dua rangkaian ini adalah

rangkaian utama untuk tujuan operasi. Tentera sebagai satu unit disambungkan dengan selamat, tetapi keupayaan radio bersih tempur digital hanya menyediakan sambungan tanpa wayar lebar jalur yang rendah; ini telah menghalang keupayaan tentera untuk menerima dan menghantar maklumat dengan unit darat dalam pelbagai cara. Memandangkan keperluan pekerjaan mereka, ini agak membimbangkan. Tentera mesti mempunyai akses kepada rangkaian tanpa wayar yang cepat dan boleh dipercayai untuk beroperasi dengan cekap. Dengan memiliki keupayaan ini mereka akan dapat menerima dan menghantar data dengan lebih cekap merentas rangkaian, ini akan membolehkan mereka melakukan operasi mereka dengan lebih cekap selain membolehkan lebih banyak kemajuan selanjutnya.

Penyelidikan ini berkisar kepada tiga soalan utama yang bertujuan untuk memahami integrasi strategik teknologi 5G dalam operasi ketenteraan. Pertanyaan ini termasuk menyiasat cara tentera merancang untuk memanfaatkan 5G dalam operasi masa depan mereka, menentukan kekerapan optimum untuk kegunaan ketenteraan untuk memanfaatkan potensi penuh teknologi 5G, dan meneroka sama ada tentera perlu menubuhkan rangkaian 5G bebasnya atau bekerjasama dengan sektor komersial. Kertas kerja itu bertujuan untuk menjelaskan bagaimana 5G boleh meningkatkan operasi ketenteraan dengan berfungsi sebagai komponen utama rangkaian tanpa wayar mereka, menekankan analisis sumbangan 5G kepada kecekapan rangkaian. Kajian itu juga mendalami mengenal pasti kekerapan yang paling sesuai untuk operasi 5G ketenteraan dan menilai kebolehlaksanaan perkongsian infrastruktur dengan

rangkaian komersial dari sudut keselamatan. Untuk mencapai objektif ini, penyelidikan akan menumpukan pada mengenal pasti penggunaan 5G dalam operasi ketenteraan masa hadapan, menentukan kekerapan yang paling sesuai untuk kegunaan ketenteraan, dan menggariskan potensi cabaran keselamatan yang berkaitan dengan perkongsian infrastruktur dan sumber rangkaian dengan sektor komersial.

2.0 SEMAKAN LITERATUR

Rajiv Shah berhujah bahawa aplikasi rangkaian 5G masih tidak diketahui sebahagian besarnya [3], kerana teknologi ini agak baharu. Laporan Giles Ebbutt menunjukkan bahawa 5G sedang dipertimbangkan untuk kegunaan ketenteraan pada masa hadapan [4], tetapi penyelidikan lanjut diperlukan untuk menentukan sama ada ini boleh dilaksanakan. Oleh itu, bagaimana ia akan digunakan masih tidak jelas kepada banyak organisasi.

Jurang kedua adalah berkaitan dengan tentera. Apakah bahagian frekuensi spektrum elektromagnet yang akan diperuntukkan kepada tentera? Hasil daripada ini, konsep rangkaian dan peralatan yang akan diperoleh pada masa hadapan akan ditentukan. Untuk memberi kelebihan kepada tentera dalam menentukan bentuk frekuensi 5G yang paling sesuai untuk kegunaan masa hadapan, mereka perlu mengenal pasti dengan pembekal kawal selia rangkaian bahagian spektrum yang tersedia yang paling sesuai untuk mereka.

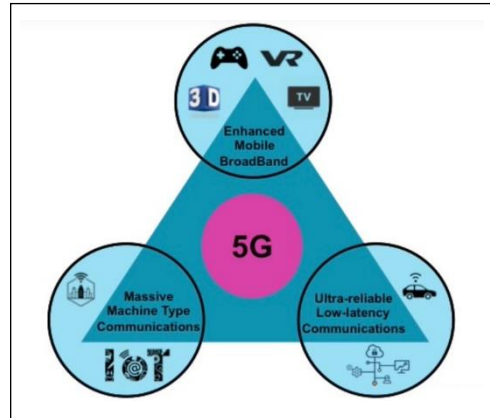
Jurang terakhir adalah berkaitan dengan keselamatan. Seperti yang dinyatakan sebelum ini, untuk standard 5G semasa, kini mungkin untuk tentera beroperasi dalam

rangkaian komersial, kerana pilihan ini akan lebih menjimatkan kos dan boleh dilaksanakan secara teori daripada mempunyai rangkaian mereka sendiri, yang akan lebih mahal untuk dilaksanakan walaupun untuk standard tentera. Belum pernah rangkaian komersial digunakan sebagai alat komunikasi utama dalam sesuatu operasi. Oleh itu, ia mesti menjalankan penyelidikan untuk mengesahkan keselamatan 5G.

Dalam bahagian seterusnya mengandungi maklumat tentang 5G secara umum pada masa kertas ini ditulis, serta potensi manfaat yang boleh diberikan kepada tentera sebaik sahaja 5G disepadukan ke dalam rangkaian mereka dan bagaimana ia boleh membantu operasi secara umum. Di samping itu, ia mengenal pasti halangan yang paling mungkin yang akan dihadapi oleh tentera.

Rangkaian 5G

Rajiv Shah menerangkan 5G 'sebenar' sebagai terdiri daripada tiga komponen utama, secara ringkas; Kelajuan jalur lebar mudah alih yang lebih pantas atau jalur lebar mudah alih melampau ("*extreme mobile broadband (eMBB)*", Komunikasi kependaman rendah ("*Ultra-reliable low-latency communications (URLLC)*") yang sangat boleh dipercayai dan Komunikasi mesin-ke-mesin ("*Massive machine-to-machine communications (eMTC)*") [3]. Ia diterima secara meluas bahawa 5G terdiri daripada tiga komponen utama ini setakat ini. Ini ditunjukkan dalam **Rajah 1** di bawah.



Rajah 1. Tiga komponen utama 5G.

Beberapa kajian dalam literatur menunjukkan bahawa 5G akan menyediakan semua perkhidmatan ini, tetapi Rajiv Shah berhujah bahawa tiada siapa yang benar-benar tahu untuk apa rangkaian 5G akan digunakan, yang boleh termasuk tentera kerana rangkaian ini masih diuji oleh banyak organisasi, termasuk Amerika Syarikat [3], yang mempunyai salah satu pasukan tentera terbesar di dunia.

Walau bagaimanapun, Giles Ebbutt mencadangkan dalam laporannya bahawa 5G sedang dipertimbangkan untuk kegunaan ketenteraan pada masa hadapan. Dalam laporannya, beliau menyatakan bahawa Kertas Putih Nokia mengenal pasti pelbagai cara di mana 5G menawarkan kelebihan untuk aplikasi ketenteraan. Untuk C2, 5G menyediakan lebar jalur selamat yang diperlukan untuk "menggabungkan berbilang lapisan maklumat yang datang daripada pelbagai domain yang berbeza, termasuk video, untuk kesedaran situasi yang dipertingkatkan dan pemantauan operasi masa nyata"10. Oleh itu, terdapat pelbagai cara 5G boleh meningkatkan rangkaian

pertahanan dan seterusnya meningkatkan operasinya.

Pemasangan teknologi 5G boleh meningkatkan operasi ketenteraan dengan ketara. Pada masa ini, untuk rangkaian tanpa wayar, *Combat Net Radio (CNR)* dan *Digital Trunking Radio System (DTRS)* adalah beberapa saluran komunikasi utama mereka; walau bagaimanapun, beralih kepada 5G boleh memberikan peningkatan yang ketara. Namun begitu, sebelum benar-benar komited kepada sistem ini, tentera mesti merangka rancangan yang komprehensif untuk bagaimana ia akan digunakan, tidak kira sama ada ia perlu. Untuk menggabungkan teknologi yang baru dibangunkan ini, penyelidikan diperlukan. Di samping itu, cabaran akan berlaku dalam penyepaduannya.

Pengurusan frekuensi 5G & Perkongsian Infrastruktur 5G

Jalur frekuensi 5G dibahagikan kepada jalur tinggi atau gelombang milimeter ("*Millimeter-wave (MMW)*"), jalur pertengahan dan jalur rendah. Sayler menyatakan dalam laporannya betapa pentingnya organisasi seperti tentera mempunyai plan pengurusan frekuensi yang serasi dengan plan frekuensi komersial. Di Amerika Syarikat (A.S.), Jabatan Pertahanan ("*Department of Defence (DOD)*") memegang sejumlah besar frekuensi 5G, menghalang sektor komersial daripada meneroka pilihan ini.

Sementara itu, perkongsian infrastruktur 5G adalah salah satu kemungkinan yang boleh diakses untuk tentera. Walaupun ini boleh difikirkan, Amanda Toman menyatakan bahawa walaupun 5G mungkin berpotensi beroperasi dalam rangkaian komersial, kelemahan keselamatan perlu ditangani

dan alat tambah keselamatan perlu diperolehi. Apabila bercakap mengenai perkongsian infrastruktur dengan pihak komersial, pihak berkepentingan dalam operasi itu sedar bahawa ini boleh menjadikan perkara lebih rumit dari sudut keselamatan. Menguruskannya akan menjadi sangat penting, yang selaras dengan apa yang Amanda Toman katakan, kelemahan perlu dikesan, dan keselamatan tambahan perlu ditetapkan.

Cabaran 5G Yang Berkemungkinan Pada Ketenteraan

Seperti yang dinyatakan, Nokia telah mengenal pasti pelbagai cara 5G menawarkan kelebihan untuk aplikasi ketenteraan, tetapi ini juga disertai dengan cabaran. Bagi *DOD A.S.*, salah satu contoh adalah daripada Tentera Laut A.S., mereka memanfaatkan keupayaan 5G untuk mengautomasikan dan mendigitalkan operasi rantai bekalan tentera laut untuk meningkatkan kecekapan rantai bekalan dengan memanfaatkan teknologi terbaharu untuk automasi seperti robotik mudah alih autonomi dan keterlihatan aset masa nyata [5]. Tetapi cabaran tidak dapat dielakkan, peruntukan kekerapan adalah salah satu daripadanya. Bagi *DOD*, mereka menghadapi cabaran dalam mengekalkan jalur frekuensi antara 3.1-3.45 GHz yang dianggap sebagai frekuensi 5G yang berguna. Lembaga Inovasi Pertahanan A.S. (*Defense Innovation Board (DIB)*) menasihatkan *DOD* untuk mempertimbangkan untuk berkongsi spektrum sub-6 dengan agensi lain, untuk mempromosikan pelancaran rangkaian 5G dan penyelidikan dan pembangunan teknologi 5G menggunakan spektrum jalur sub-6 [6]. Jadi walaupun ia akan menawarkan kelebihan, pengurusan kekerapan boleh dikenal pasti sebagai

salah satu cabaran yang mungkin dihadapi oleh tentera.

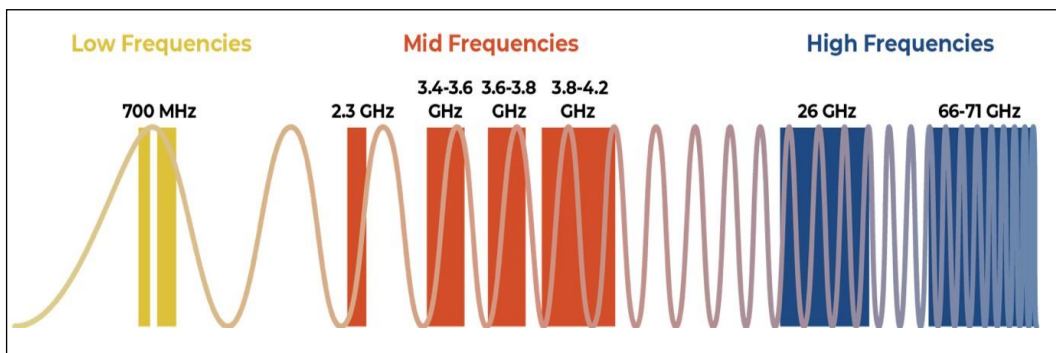
Berdasarkan arah aliran semasa, Sayler mengenal pasti teknologi 5G merancang untuk menggunakan tiga segmen spektrum elektromagnet: jalur tinggi (juga dipanggil gelombang milimeter, atau *MMW*), yang beroperasi antara sekitar 24 dan 300 GHz; jalur pertengahan, yang beroperasi antara 1 GHz dan 6 GHz; dan jalur rendah, yang beroperasi di bawah 1 GHz. Penggunaan spektrum oleh 5G tentera akan menjadi salah satu cabaran yang boleh dikenal pasti.

Cabaran kedua untuk rangkaian tanpa wayar baharu ini ialah keselamatannya. Dengan standard 5G semasa, adalah mungkin untuk tentera beroperasi dalam rangkaian komersial, menurut Ebbutt. Walau bagaimanapun, Amanda Toman (pemangku pengarah utama Inisiatif Generasi Masa Depan 5G di Jabatan Pertahanan A.S.) menyatakan bahawa kelemahan keselamatan mesti dikenal pasti dan alat tambah keselamatan mesti diperoleh sebelum 5G boleh beroperasi dalam rangkaian komersial. Tentera sudah

biasa dengan konsep menjalankan operasi dengan komunikasi selamat menggunakan rangkaian komersial; telefon satelit komersial telah digunakan sebagai salah satu komunikasi sandaran jika rangkaian utama terputus. Walau bagaimanapun, ia tidak pernah dilakukan untuk menggunakan rangkaian komersial sebagai alat komunikasi utama. Oleh itu, jika 5G dilaksanakan, bolehkah tentera mengambil sebarang langkah untuk menjamin keselamatan rangkaiannya?

3.0 METODOLOGI

Untuk kajian ini, kami menjalankan analisis bibliografi mengenai topik penggunaan 5G dalam tentera. Kaedah pengumpulan data kami melibatkan penggunaan data sekunder kualitatif daripada artikel jurnal yang disemak oleh rakan sebaya. Kami mencari pangkalan data Scopus menggunakan kata kunci "Ketenteraan" dan "5G" dan menghadkan carian kami kepada artikel yang diterbitkan dalam jurnal semakan rakan sebaya. Carian itu mengembalikan 428 artikel, yang dianalisis menggunakan pendekatan bibliometrik. Bibliometrik ialah kaedah penyelidikan



Rajah 2. Band frekuensi 5G.

yang menggunakan analisis statistik untuk mengenal pasti corak dan arah aliran dalam badan kesusasteraan. Kami menggunakan alat bibliometrik, seperti *VOSviewer*, untuk mengenal pasti pengarang utama, institusi dan penerbitan dalam bidang tersebut, serta untuk mengenal pasti istilah dan tema yang paling kerap digunakan. Kami menganalisis data menggunakan pendekatan kualitatif, yang melibatkan mengenal pasti tema dan corak dalam kesusasteraan. Kajian ini menjalankan analisis tematik, yang melibatkan mengenal pasti dan mengkategorikan tema dan konsep biasa dalam literatur. Kami kemudian menganalisis tema ini untuk mengenal pasti arah aliran dan corak utama. Analisis kami memberi tumpuan kepada mengenal pasti faedah dan cabaran penggunaan 5G dalam tentera. Penggunaan data sekunder kualitatif daripada analisis bibliografi membolehkan kami mengenal pasti corak dan arah aliran utama dalam literatur tentang penggunaan 5G dalam tentera. Dengan menghadkan carian kami kepada artikel jurnal semakan rakan sebaya, kami dapat memastikan kualiti dan perkaitan data kami. Penggunaan bibliometrik membolehkan kami mengenal pasti pengarang utama, institusi dan penerbitan dalam bidang tersebut, serta mengenal pasti istilah dan tema yang paling kerap digunakan.

4.0 ANALISIS

Kerja-kerja ini dianalisis dan dibandingkan dengan keadaan semasa dalam tentera. Untuk menjawab soalan dan mencapai

objektif kajian, data yang berkaitan telah dikumpulkan. Kajian literatur yang komprehensif dan analisis bibliografi telah dijalankan untuk mengenal pasti dan menyemak penyelidikan sedia ada mengenai aplikasi teknologi 5G dalam konteks ketenteraan dan pertahanan. Semakan ini membantu mewujudkan keadaan pengetahuan semasa, jurang dalam kesusasteraan dan kawasan berpotensi di mana 5G boleh meningkatkan sistem komunikasi dan maklumat untuk operasi ketenteraan. Kemudian, kajian literatur dianalisis secara tematik untuk mengenal pasti tema, arah aliran dan penemuan berulang yang berkaitan dengan penyepaduan teknologi 5G dalam operasi ketenteraan. Analisis ini membantu membina rangka kerja konsep untuk memahami kesan yang berpotensi.

Rajah 3 menunjukkan analisis bibliometrik bagi 428 artikel. Kami menjalankan penjejakan pada penerbitan dengan tema "Ketenteraan" dan "5G" secara amnya dikategorikan kepada tiga kelompok penyelidikan. Setiap kelompok diwakili oleh warna yang berbeza. Kelompok penyelidikan pertama untuk tema ini digambarkan dengan warna biru, kebanyakannya menangani aplikasi ketenteraan, sistem komunikasi satelit, antena gelombang mikro dan komunikasi tanpa wayar. Kelompok penyelidikan kedua diwakili oleh warna hijau, memfokuskan pada topik 5G, terutamanya mengkaji kualiti perkhidmatan dalam konteks komunikasi ketenteraan.

Namun, apakah maksudnya untuk operasi ketenteraan? Terdapat banyak inisiatif baharu tentang cara 5G akan digunakan; oleh itu, kerajaan A.S. mengumumkan \$600 juta dalam bentuk anugerah untuk percubaan dan ujian 5G di lima tapak ujian tentera A.S. [8]. Payne dan Fowler percaya bahawa ia mempunyai potensi untuk memaksimumkan DOD A.S. mencapai tahap baharu dalam kemajuan teknologi, prestasi dan keupayaan tambahan, berdasarkan analisis literatur mendedahkan bahawa 5G boleh membantu meningkatkan operasi [9]. Memandangkan penggunaan 5G adalah di peringkat awal, kajian yang sewajarnya perlu dilakukan mengenai perkara ini sebelum benar-benar menggunakannya, terutamanya ketenteraan, jika mereka memutuskan untuk memiliki rangkaian 5G sendiri. Satu cara tentera boleh menggunakan 5G adalah hanya dengan meningkatkan ketersambungan sensor mereka.

Kajian ini juga mendedahkan bahawa ia dibangkitkan berkaitan dengan kelemahan yang dimiliki 5G pada operasi adalah liputan oleh 5G. Apabila melihat lokasi di mana tentera akan menjalankan operasinya, ketakutan mereka adalah wajar. Seperti yang dinyatakan sebelum ini, tentera beroperasi di kawasan terbina dan terpencil. Kawasan operasi untuk tentera menjangkau dari bandar yang dibina ke kawasan yang lebih terpencil atau terpencil. Komunikasi adalah salah satu halangan yang mesti diatasi untuk mencapai matlamat ini, yang sebahagiannya disebabkan oleh ketiadaan infrastruktur komunikasi yang kadang-kadang wujud dalam kawasan aktiviti mereka.

Untuk membangunkan pelan 5G, liputan rangkaian 5G mesti dibangunkan meliputi kawasan operasi tentera. Dengan

membandingkan data, tentera sepatutnya dapat menentukan sama ada peralatan 5G bernilai pelaburan. Oleh itu, pelan 5G mesti mempertimbangkan pemetaan liputan untuk kawasan operasi mereka.

Untuk "peluang", seperti yang disebut oleh Payne dan Fowler, 5G mempunyai potensi untuk memaksimumkan kemajuan teknologi. Satu contoh ialah semasa temu bual dengan pihak berkepentingan operasi, peserta menyebut AI sebagai sebahagian daripada bantuan perancangan yang boleh didayakan dengan mempunyai 5G sebagai rangkaian mereka. Tetapi, sehingga kini, A.S. sedang bergelut untuk melancarkan platform AInya, *Joint All Domain Command and Control (JADC2)* [10]. Untuk membina pelan yang komprehensif, tentera perlu mempertimbangkan dan memasukkan semua faktor dan senario yang mungkin.

Pilihan untuk mempunyai rangkaian 5G sendiri

Bagi "ancaman", salah satu faktor penting ialah kos membina dan menyelenggara rangkaian 5G. Jika tentera ingin melakukan ini, ia mesti melabur dalam semua domain rangkaian, termasuk spektrum, infrastruktur rangkaian capaian radio ("*Radio Access Network (RAN)*"), penghantaran, dan rangkaian teras [11]. Ini akan menelan belanja yang banyak, kos yang tepat untuk ini tidak dapat ditentukan sekarang, kerana ia akan dipengaruhi oleh struktur rangkaian, seperti kawasan yang dirancang oleh tentera untuk dilindungi, kelajuan 5G yang mereka bayangkan untuk berada di kawasan mereka operasi dan banyak lagi. Selain itu, infrastruktur tanpa wayar semasa yang digunakan oleh tentera bukanlah rangkaian 4G, yang boleh dinaik taraf dengan mudah kepada 5G. Jadi jika tentera memutuskan untuk mempunyai rangkaian sendiri, kajian penuh perlu

dilakukan termasuk peningkatan infrastruktur penuh. Faktor keselamatan adalah "ancaman" penting yang boleh dikenal pasti. Ini berkaitan dengan cadangan untuk berkongsi infrastruktur 5G dengan rangkaian komersial.

Satu lagi "ancaman" yang penting ialah pengurusan kekerapan 5G. Tentera tidak akan diberi kelebihan dan keutamaan pada pelan pengurusan frekuensi mereka, mereka akan dilayan seperti mana-mana agensi lain jika mereka memperoleh sebarang kekerapan untuk penggunaan, termasuk 5G. Tanpa keutamaan ini, tentera mesti menggunakan kekerapan yang tinggal. Dalam kes A.S., DOD memegang sebahagian besar spektrum boleh guna 5G, ini membolehkan mereka beroperasi pada kelebihan frekuensi kepada mereka dalam mempertahankan negara mereka.

Sekiranya berlaku konflik pada masa hadapan, pemenang akan menjadi pihak yang paling baik mengawal dan menguruskan spektrum elektromagnet [12]. Tambahan pula, dengan menentukan jalur frekuensi yang akan mereka gunakan, ia juga akan memastikan tiada gangguan terhadap kekerapan agensi lain pada masa hadapan, kerana gangguan berpotensi menjejaskan operasi. Oleh itu, tentera perlu memastikan bahawa rancangan penyepaduan 5G perlu memasukkan jalur frekuensi yang mereka akan beroperasi, untuk memberi mereka kelebihan dalam EW dan untuk mengelakkan gangguan frekuensi masa hadapan.

6.0 CADANGAN

Beberapa cadangan boleh diperolehi daripada dapatan kajian ini. Cadangan pertama adalah untuk tentera membangunkan pelan penyepaduan 5G secepat mungkin. 5G ialah langkah

seterusnya dalam evolusi komunikasi tanpa wayar, mengembangkan kemajuan yang dicapai oleh 4G LTE. Jika tentera mahu memajukan rangkaian tanpa wayarnya, ia perlu membangunkan pelan integrasi.

Menurut penemuan itu, adalah disyorkan bahawa tentera memperincikan cara mereka berhasrat untuk menggunakan rangkaian 5G ini dalam rancangan mereka. Untuk mencapai matlamat ini, mereka mesti mempunyai peta jalan yang jelas tentang tempat untuk menggunakan atau memasang rangkaian ini dalam operasi, kerana liputan adalah kebimbangan utama yang diperoleh daripada temu bual. Jika tentera memutuskan untuk melakukan ini, sudah ada penyelesaian yang tersedia untuk memenuhi keperluan ini, seperti yang dibuktikan oleh beberapa karya yang diterbitkan. Salah seorang daripada mereka mencadangkan bahawa sistem 5G yang menggunakan teknologi Projek Perkongsian Generasi Ketiga ("*3rd Generation Partnership Project (3GPP)*") akan menyediakan penyelesaian yang kos efektif, berkapasiti tinggi dan jarak jauh. Sistem ini menggunakan menara tinggi dan stesen pangkalan berkuasa tinggi dan beroperasi dalam jalur pertengahan (3.5GHz) [14]. Kajian kes ini dijalankan di Brazil, yang merupakan negara yang lebih besar dengan pangkalan pengguna luar bandar yang lebih besar, menjadikan konsep itu lebih mudah dilaksanakan. Seperti yang dinyatakan sebelum ini, jalur pertengahan (3.5GHz) yang disebutkan telah pun dikhaskan untuk pautan bawah Perkhidmatan Satelit Tetap ("*Fixed Satellite Services (FSS)*") [15]. Untuk menggunakan ini dengan berkesan, tentera mesti bekerjasama dengan Pasukan Petugas 5G untuk membangunkan penyelesaian yang unggul. Oleh itu, rundingan dan penyelidikan tambahan diperlukan.

Merujuk kepada jalur frekuensi, strategi yang perlu dibina oleh tentera juga mesti menggabungkan jalur yang akan memberikan mereka kelebihan daya saing. Sejak pengenalan komunikasi radio semasa Perang Dunia Pertama, pelbagai kemajuan teknologi dalam penghantaran maklumat telah membawa kegunaan ketenteraan yang ketara. Kemajuan ini termasuk keupayaan untuk menghantar lebih banyak maklumat, lebih cepat, dan pada jarak yang lebih jauh dengan selamat [16]. Kemajuan ini menyerlahkan betapa pentingnya bagi tentera untuk mengawal kekerapan yang mereka gunakan. Oleh itu, tentera perlu mewujudkan strategi yang merangkumi kekerapan 5G yang kemungkinan besar mereka akan beroperasi untuk menggunakan sepenuhnya teknologi 5G. Ini akan membantu mereka mempertahankan negara dengan lebih berkesan.

Bagi infrastruktur, pilihan untuk berkongsi dengan rangkaian komersial adalah pilihan yang lebih boleh dilaksanakan. Seperti yang dibincangkan sebelum ini, adalah mungkin untuk tentera berkongsi, tetapi dengan langkah berjaga-jaga dan langkah yang sewajarnya. Pihak berkepentingan perlu membincangkan membangunkan dasar yang mengambil kesempatan daripada 5G tetapi selamat digunakan. Dengan memiliki dasar ini, mereka boleh mula berfikir untuk bekerjasama dengan penyedia Telco. Paradigma penggunaan baharu untuk sistem mudah alih berdasarkan perkongsian sumber rangkaian meningkatkan kes perniagaan untuk liputan yang lebih luas [17]. Dengan berunding dengan pembekal Telco, tentera boleh menonjolkan titik butanya semasa operasi bandarnya dan meminta bantuan daripada syarikat telekomunikasi untuk menyediakan liputan dalam kawasan itu.

Begitu juga sebaliknya, syarikat telekomunikasi boleh meminta bantuan daripada tentera untuk memberi mereka liputan di kawasan luar bandar, di mana menara komunikasi mereka tidak ada. Kerjasama ini boleh memberi manfaat antara satu sama lain. Jadi tentera perlu memasukkan ini dalam rancangan mereka juga untuk memastikan penggunaan teknologi 5G yang lebih baik dalam operasi mereka.

7.0 HALA TUJU MASA DEPAN

Untuk penyelidikan masa depan, beberapa cadangan boleh dibuat untuk menambah baik keputusan. Yang pertama ialah menganalisis kekerapan tentera 5G yang sepatutnya beroperasi. Kajian masa depan boleh melihat semua aset ketenteraan yang menggunakan rangkaian tanpa wayar dan mengenal pasti sebarang peralatan sedia 5G. Selepas mengumpul semua peralatan ini, mereka boleh mengkategorikan kekerapan semua peralatan 5G ini beroperasi. Dengan melakukan ini, tentera boleh mengenal pasti kekerapan yang mereka perlu simpan, untuk menyokong titik frekuensi 5G yang paling sesuai untuk mereka.

Cadangan kedua ialah melihat dasar mengenai 5G. Dengan melihat dasar, maka kertas itu dapat mengetahui kemungkinan berkongsi infrastruktur yang sama dengan rangkaian komersial. Tambahan pula, dengan melakukan ini, kertas itu boleh mengenal pasti langkah-langkah yang perlu diambil untuk proses itu berlaku, dan kemudian mengkaji sama ada teknologi 5G adalah mungkin.

Cadangan ketiga dan terakhir adalah untuk melihat pelan liputan 5G Telco dan membandingkannya dengan kawasan operasi tentera. Dengan membandingkan

ini, kajian akan dapat mengetahui kebolehpercayaan rangkaian 5G di kawasan operasi tentera. Dengan maklumat ini, kajian itu akan dapat mengenal pasti cara 5G akan digunakan oleh tentera pada masa hadapan dan sama ada ia berbaloi untuk membina infrastruktur 5G.

8.0 KESIMPULAN

Adalah tidak dapat dielakkan bahawa tentera akan memasukkan 5G ke dalam rangkaianannya, kerana semua organisasi perlu berfungsi dengan berkesan pada masa hadapan dan mengikuti perubahan di dunia. Mengintegrasikan 5G ke dalam rangkaian mereka boleh meningkatkan lagi ketersambungan mereka. Keupayaan berbilang akan mendapat manfaat daripada sambungan yang lebih pantas dan sambungan tanpa wayar lebar jalur yang tinggi pada masa kini dan akan datang. Kajian itu menekankan keperluan tentera untuk membangunkan pelan penyepaduan 5G, untuk membolehkan mereka menggunakan teknologi 5G sepenuhnya dalam sistem komunikasi mereka. Ia juga menunjukkan bahawa kekurangan pelan juga telah menunjukkan ketidakpastian tentang frekuensi yang paling mungkin mereka beroperasi, tanpa mengetahui frekuensi 5G yang mana, ini boleh menyebabkan mereka mempunyai frekuensi yang tidak sesuai untuk operasi mereka. Dan ini boleh membawa kepada gangguan kekerapan masa hadapan yang berpotensi melumpuhkan operasi, yang boleh membawa kepada bencana. Tambahan pula, tentera perlu mengawal spektrum untuk membolehkan mereka mempunyai kelebihan dalam bidang EW, yang penting dalam menentukan konflik. Akhir sekali, kajian ini juga menunjukkan bahawa terdapat kemungkinan untuk

tentera berkongsi infrastruktur 5G dengan pihak komersial. Dengan pengurusan dan langkah yang betul, di atas dasar yang dibangunkan oleh semua pihak berkepentingan, perkongsian infrastruktur harus diambil kira kerana kos pembinaan infrastruktur itu akan dikurangkan dengan banyak. Kerjasama dengan Telco adalah satu kemestian untuk mencapai matlamat ini. Lebih-lebih lagi, dengan bekerjasama dengan mereka, tentera boleh menyelesaikan isu liputan. Dengan melakukan ini, operasi ketenteraan boleh mendapat manfaat daripada teknologi 5G.

9.0 RUJUKAN

- [1] R. Dangi et al, *Study and Investigation on 5G*, Sensors 2022, 22,26. <https://doi.org/10.3390/s22010026>, 1.
- [2] Kelley M. Saylor, *National Security Implications of Fifth*, Congressional Research Service, March 14, 2023. <https://sgp.fas.org/crs/natsec/IF11251.pdf>. 1.
- [3] Rajiv Shah, *Ensuring a Trusted 5G Ecosystem*, Australian Strategic Policy Institute, 2020. <https://www.jstor.org/stable/resrep26116>. 6. 5.
- [4] Giles Ebbutt, *Taking the Fifth: 5G Comes to Defence*, Jane's International Defence Review, February 24, 2023. 4.
- [5] M. Medin, G. Louie. The 5G ecosystem: risks & opportunities for DoD. Defense Innovation Board. 2019 Apr 3;3.
- [6] Jamie Whitney. "Where 5G Communications Is Heading for Military and Government." Military Aerospace, May 23, 2023. <https://www.militaryaerospace.com/co>

- mmunications/article/14292430/where-5g-communications-is-heading-for-military-and-government-communications.
- [7] Lei Shi. "Analysis of the Security of 5G Technology from the Network Level." SHS Web of Conferences 144 (2022): 02007. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214402007>.
- [8] Philip Payne and Ryan Fowler. "The State of 5G Technology and Applications to the DoD and Military." *Cybersecurity & Information Systems Information Analysis Center*, June 2022. https://csiac.org/wp-content/uploads/2022/07/TI-Snapshot-Report_5G-Technology.pdf.7.
- [9] J.B. Evans, Office of the Under Secretary of Defense (R and E). Department of defense 5G strategy implementation plan. *Office of the Under Secretary of Defense (R&E) Washington*, Tech. Rep. 2020 Dec 15.
- [10] Sean Carberry. "Joint All-Domain Command, Control A Journey, Not a Destination." *National Defense*, July 10, 2023. <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/7/10/joint-all-domain-command-control-a-journey-not-a-destination>.
- [11] Ferry Grijpink, Alexander Menard, Halldor Sigurdsson, and Nemanja Vucevic. "The Road to 5G: The Inevitable Growth of Infrastructure Cost." McKinsey and Company, February 2018. P 2.
- [12] Mohinder Singh. *Electronic Warfare*. New Delhi: Defence Scientific Information & Documentation Centre, Ministry of Defence, 1988.
- [13] Kevin Dennean,. "5G Infrastructure - Owning the Inevitable: Update." UBS, August 12, 2020. https://www.ubs.com/content/dam/assets/wma/us/shared/documents/5G_infrastructure-update.pdf.
- [14] N. Jalden, J. Lun, P. Frenger, A. Furuskar, S. Venkatasubramanian, and E. Trojer. "Full Coverage with 3GPP Technologies On the Feasibility of Providing Full Rural Cellular Coverage." In *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*. IEEE, 2020. <http://dx.doi.org/10.1109/vtc2020-spring48590.2020.9129041>. P 1.
- [15] Brunei Darussalam 5G Task Force. "Brunei Darussalam 5G Task Force Report." Government of Brunei Darussalam, n.d. p 27.
- [16] Eve Massingham. "Automation of the Spectrum, Automation and the Spectrum: Legal Challenges When Optimising Spectrum Use for Military Operations." *Law, Technology and Humans* 3, no. 1 (June 28, 2021). <https://doi.org/10.5204/lthj.1854>.p 1.
- [17] N. Jalden, J. Lun, P. Frenger, A. Furuskar, S. Venkatasubramanian, and E. Trojer. "Full Coverage with 3GPP Technologies". P 2.

MENGENAI PENGARANG

Dr. Hajah Siti Tajidah binti Haji Abd Talip merupakan seorang Pegawai Penyelidik di Pusat Penyelidikan dan Perkembangan Sains Dan Teknologi (P3ST), Kementerian Pertahanan, Negara Brunei Darussalam. Beliau memiliki Ijazah dalam bidang Sains Bioperubatan dan PhD dalam bidang Kesihatan Awam dari Universiti Brunei Darussalam, dianugerahkan di bawah Biasiswa Penyelidikan Siswazah. Beliau telah bergiat dalam P3ST sejak tahun 2021. Peranan utama beliau di P3ST adalah menjalankan penyelidikan yang berkaitan dengan prestasi ketenteraan. Setakat ini, beliau telah menjalankan beberapa penyelidikan di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH dalam penyelidikan yang memberi tumpuan kepada aspek fisio-psikologi seperti tekanan dan keletihan, dan juga kecederaan.

Kelaziman Bagi Kecederaan Yang Berkaitan Dengan Kerja Yang Dilaporkan Sendiri Dan Faktor Risiko Yang Berkaitan Dengannya Di Kalangan Anggota Tentera Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB) Dan Kementerian Pertahanan (KEMENTAH)

Pengarang:

Dr. Hajah Siti Tajidah binti Haji Abd Talip, P3ST

ABSTRAK

Kaji selidik ini bertujuan untuk menilai kelaziman ataupun kekerapan kecederaan yang dilaporkan sendiri yang berkaitan dengan kerja dan faktor risiko yang berkaitan dengannya di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH. Ianya bertujuan untuk memberikan pandangan dalam membantu memaklumkan dan merancang pencegahan kecederaan dan usaha intervensi yang disasarkan. Pengumpulan data dijalankan melalui kajian *cross-sectional* secara dalam talian dari Mei hingga Julai 2023, dengan menumpukan kepada demografi peserta, status kesihatan, dan sejarah kecederaan dalam tempoh 12 bulan yang lalu. Statistik deskriptif telah dilaporkan dan faktor yang berkaitan dengan kecederaan ditentukan menggunakan regresi logistik berganda. Secara keseluruhan, seramai 508 anggota telah menyertai kaji selidik ini. Hasil menunjukkan bahawa 71.3% peserta mengalami sekurang-kurangnya satu kecederaan yang berkaitan dengan kerja dalam tempoh 12 bulan yang lalu. Kebanyakannya, kecederaan ini melibatkan bahagian bawah badan dan bahagian belakang badan dibahagian bawah, dengan lutut (36.2%), bahagian belakang badan dibahagian bawah (25.4%), dan kaki (24.9%) merupakan kawasan anggota badan yang paling kerap cedera. Jenis kecederaan yang kerap terjadi termasuk ketengangan (25.1%) dan terseliuh/terpusing (22.7%). Mekanisme utama kecederaan adalah penggunaan anggota secara berlebihan atau pergerakan yang berulang-ulang (82.9%), pusingan tunggal atau berlebihan (14.6%), dan permulaan aktiviti yang cepat semasa latihan fizikal (11.3%). Hasil kaji selidik juga menunjukkan bahawa aktiviti latihan fizikal seperti berlari (49.7%) dan aktiviti menanggung berat (37.6%) merupakan aktiviti utama pada masa kecederaan. Faktor yang dikaitkan dengan kecederaan tersebut termasuklah status pegawai tidak bertauliah, tidur yang tidak mencukupi, tabiat pemakanan yang kurang sihat, penggunaan tembakau, dan keletihan. Secara keseluruhan, hasil penemuan kaji selidik ini menekankan kepentingan untuk menangani faktor risiko ini dan menekankan keperluan intervensi yang disasarkan untuk menambah baik amalan latihan fizikal dan memastikan pelaksanaan aktiviti yang selamat terutamanya bagi yang melibatkan mengangkat, membawa, dan memindahkan objek. Selain itu, hasil yang diperolehi dari kaji selidik ini boleh digunakan sebagai asas untuk penyelidikan akan datang dengan memberi tumpuan kepada kawasan anggota badan yang terdedah kepada kecederaan. Ini seterusnya akan membolehkan penambahbaikan atau peningkatan yang berterusan serta pembangunan strategi yang lebih berkesan dalam mencegah kecederaan di kalangan anggota tentera.

Kata kunci:

Kecederaan, pencegahan kecederaan, berkaitan dengan kerja, pekerjaan, tentera, Brunei.

1.0 PENDAHULUAN

Seperti yang telah banyak didokumentasikan, anggota tentera dikehendaki untuk sentiasa berada dalam keadaan tahap fizikal yang terbaik bagi memastikan mereka dapat menjalankan tugas mereka. Walaubagaimanapun, seperti yang telah diketahui berleluasa di kalangan populasi tentera, kecederaan yang berkaitan dengan kerja merupakan ancaman yang signifikan terhadap kesediaan misi keseluruhan anggota dan unit anggota tersebut. Kecederaan boleh memberi kesan yang meluas, menjejaskan kedua-dua aspek kewangan seperti beban ekonomi kos perubatan, penjagaan kesihatan, dan hilang upaya, dan aspek sumber manusia seperti anggota yang tidak dapat melaksanakan tugas mereka secara optimum. Jika dibandingkan dengan isu perubatan yang lainnya, kecederaan adalah merupakan ancaman yang sangat besar terhadap kesihatan anggota dan kesediaan anggota tentera. Menurut kajian yang dijalankan oleh *Molloy et al.* (2020), kecederaan telah menyebabkan hampir 60% daripada tentera berada dalam keadaan yang terhad dalam melakukan tugas dan menyebabkan 65% daripada tentera yang tidak boleh dikerahkan atau ditempatkan atas sebab Perubatan [1].

Selama beberapa dekad yang lalu, beberapa kajian tentera telah dijalankan bagi mengkaji sejauh mana isu ini, termasuk mengenal pasti kecederaan yang biasanya terjadi di kalangan anggota tentera. Kebanyakan kajian telah mengenal pasti keadaan muskuloskeletal, kecederaan dari latihan tentera (contohnya, kecederaan pergelangan kaki dan lutut), kecederaan disebabkan oleh peralatan ketenteraan (contohnya, patah jari dan luka terbuka pada jari), kecederaan letupan atau tembakan, kecederaan/penyakit yang

diakibatkan oleh cuaca sejuk dan panas, jatuh dari ketinggian, dan kecederaan remuk/tersepit sebagai kecederaan yang paling lazim di kalangan anggota tentera [1,2,3]. Selain itu, kajian-kajian ini juga secara konsisten telah menunjukkan bahawa sebahagian besar kecederaan ini berlaku semasa latihan dan penempatan [1,4,5].). Di samping itu juga, penyelidikan-penyelidikan tentera juga telah mengenal pasti pelbagai faktor risiko yang berkaitan dengan kecederaan yang berkaitan dengan kerja. Ini termasuklah jantina (dengan wanita lebih mudah terdedah), usia yang lebih tua, tahap pendidikan yang rendah, aktiviti fizikal sebelumnya yang tidak mencukupi, kecergasan fizikal yang lemah, indeks jisim badan (*Body Mass Index (BMI)*) yang tinggi [1,3,6,7], tekanan, keletihan, dan merokok [3,8].

Walaupun terdapat kajian yang meluas mengenai kecederaan yang berkaitan dengan kerja di kalangan anggota tentera, kelaziman, jenis, kawasan anggota badan yang terjejas, punca, keterukan, dan faktor risiko yang berkaitan di kalangan anggota tentera Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (ABDB) dan Kementerian Pertahanan (KEMENTAH) masih belum diketahui. Oleh itu, kaji selidik ini bertujuan untuk menyelidiki kecederaan yang berkaitan dengan kerja yang dilaporkan sendiri (iaitu, insiden kecederaan) dan faktor risiko yang berkaitan dengannya, bagi membantu merancang pencegahan kecederaan dan usaha intervensi yang disasarkan kepada unit yang berkaitan, seperti Pusat Khidmat Perubatan & Kesihatan, Pusat Optima Kecergasan Tentera dan Unit Inspektorat. Penyelidikan telah menjelaskan bahawa dengan mengenal pasti kecederaan yang lazim dan faktor risiko yang berkaitan dengannya, ianya akan dapat membantu mengenal pasti bahagian penting yang

perlu diberi tumpuan dalam usaha meningkatkan prestasi dan pencegahan kecederaan, mengenal pasti sejauh mana populasi tentera ini terjejas, dan memantau trend kecederaan yang berkaitan dengan kerja di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH.

Dengan adanya kaji selidik ini, ianya diharap akan dapat dimanfaatkan dan memberikan sumbangan yang signifikan terutama dalam meningkatkan kesejahteraan dan kesediaan operasi anggota tentera ABDB dan KEMENTAH. Sebagai contoh, hasil daripada kaji selidik ini boleh digunakan untuk membantu ABDB menambah baik Peraturan Keselamatan Latihan ABDB dan Garis Panduan Kesihatan dan Keselamatan Kerja (KKK) ABDB dan KEMENTAH, sebagai salah satu strategi pencegahan dan pengurangan kecederaan yang berkaitan dengan kerja. Ini seterusnya akan dapat membantu mengurangkan insiden kecederaan pada masa hadapan, meningkatkan kesejahteraan, dan seterusnya dalam meningkatkan kesediaan dan prestasi ketenteraan, serta memastikan kejayaan operasi.

2.0 KAEDAH KAJI SELIDIK

Kaji selidik ini telah disemak dan diluluskan oleh Yang Mulia Pemerintah ABDB. Sebelum memulakan kaji selidik ini, peserta diminta untuk membaca Lembaran Maklumat Peserta dan menyatakan bahawa mereka telah membaca dan memahami maklumat tersebut serta bersetuju untuk meneruskan dengan membuat pemilihan yang sesuai dalam kaji selidik tersebut.

2.1 Bentuk kajian

Kajian ini merupakan kajian eksploratori kuantitatif yang menggunakan kaji selidik

cross-sectional dalam talian. Kaji selidik dalam talian ini telah dijalankan antara Mei dan Julai 2023, melalui penggunaan platform *MS SharePoint* yang disediakan oleh Unit Teknologi Maklumat Pertahanan (UTMP). Pautan kaji selidik tersebut telah diedarkan melalui kumpulan *WhatsApp* tertutup di mana peserta yang berpotensi terdapat dalam kumpulan tersebut.

2.2 Peserta kaji selidik

Kaedah persampelan mudah dan purposive telah digunakan untuk mendapatkan sampel kaji selidik. Peserta terdiri daripada anggota tentera lelaki dan perempuan yang beroperasi dan tidak beroperasi (iaitu yang di bawah lembaga perubatan (medical board)) dari pelbagai unit daripada Tentera Darat Diraja Brunei (TDDB), Tentera Laut Diraja Brunei (TLDB), Tentera Udara Diraja Brunei (TUDB), Markas Angkatan Bersama (MAB) ABDB, KEMENTAH, Rejimen Pasukan Khas (RPK), dan Institut Latihan (IL) ABDB. Tiada kriteria inklusi ditetapkan untuk kaji selidik ini. Walau bagaimanapun, kriteria pengecualian adalah (i) rekrut dan (ii) pegawai kadet.

2.3 Instrumen dan prosedur pengumpulan data

Untuk mengumpul data, kaji selidik dalam talian yang boleh diisi sendiri telah diedarkan kepada peserta. Kaji selidik ini merangkumi pelbagai variable yang dikenal pasti dalam kajian literatur sebagai soalan atau faktor berkaitan dengan kecederaan yang berkaitan dengan kerja di kalangan anggota tentera. Majoriti soalan terdiri daripada skala pra-terbit, digunakan sebelum ini, dan disahkan sebagai yang paling sesuai dan relevan untuk kaji selidik ini. Kaji selidik ini disediakan dalam kedua-dua bahasa Melayu dan Inggeris. Selain itu,

kaji selidik ini juga telah diubah suai dari segi budaya dan bahasa agar ianya sesuai untuk digunakan dalam kalangan peserta berbahasa Melayu. Ini dilakukan untuk memudahkan pemahaman dan menjawab soalan-soalan yang diajukan, serta untuk menyelaraskan pengalaman yang sesesuaian di kalangan peserta yang didasarkan.

2.4 Ukuran

Kaji selidik ini mengumpul maklumat berikut:

Maklumat demografi: Lima soalan demografi yang berkaitan dengan kaji selidik ini telah dimasukkan: umur, jantina, tahap pendidikan tertinggi, berat dan tinggi badan (untuk pengiraan *BMI*).

Maklumat perkhidmatan tentera: Empat soalan diajukan untuk mendapatkan maklumat daripada peserta mengenai perkhidmatan tentera mereka: cawangan perkhidmatan, unit, pangkat, dan tempoh perkhidmatan.

Status kesihatan yang dinilai sendiri: Sebelas soalan diajukan untuk mengumpul maklumat daripada peserta mengenai kesihatan mereka, termasuk faktor-faktor tingkah laku kesihatan (contohnya, aktiviti fizikal, tabiat pemakanan dan tidur secara keseluruhan, penggunaan tembakau, tekanan, keletihan, dan kemarahan). Aktiviti fizikal dinilai dengan meminta peserta menyatakan berapa hari mereka terlibat dalam aktiviti fizikal (senaman atau sukan) setiap minggu dan tempoh bagi setiap sesi. Peserta yang melakukan sekurang-kurangnya 150 minit senaman setiap minggu dianggap mempunyai senaman yang mencukupi [1]. Bagi tabiat pemakanan dan tidur, peserta diminta untuk menyatakan tabiat pemakanan dan

tidur secara keseluruhan dalam tempoh 12 bulan yang lepas. Respon ini kemudiannya akan dikodkan semula sebagai variable binari, dengan jawapan afirmatif koresponden dengan respon "baik" atau "sangat baik". Begitu juga, bagi tekanan, keletihan dan kemarahan, peserta diminta untuk menyatakan seberapa kerap mereka mengalami perasaan ini dalam tempoh 12 bulan yang lepas. Respon ini juga akan dikodkan semula sebagai variable binari, dengan jawapan afirmatif koresponden dengan respon "kerap" atau "sangat kerap".

Maklumat kecederaan: Tiga belas soalan digunakan untuk mengumpul maklumat daripada peserta mengenai kecederaan mereka: jumlah keseluruhan kecederaan dalam tempoh 12 bulan yang lepas, kawasan anggota badan yang cedera, jenis kecederaan, sebab-sebab kecederaan, dan aktiviti yang berkaitan dengan dua kecederaan yang paling mengehadkan pergerakan fizikal dalam tempoh 12 bulan yang lepas. Peserta juga ditanya mengenai impak kecederaan tersebut terhadap aktiviti fizikal atau tugas kerja mereka. Walaupun peserta diminta untuk menyatakan jumlah kecederaan yang mereka alami dalam tempoh 12 bulan yang lalu (0, 1, 2, atau 3 atau lebih), kejadian sebarang kecederaan dalam tempoh 12 bulan sebelum tinjauan telah dikodkan sebagai binari cedera atau tidak cedera. Kecelakaan disini berperanan sebagai variable terhadap variable lain dalam analisis univariat dan multivariat.

Dalam kaji selidik ini, kecederaan didefinisikan sebagai kecederaan fizikal yang disebabkan oleh: (a) satu kejadian atau kemalangan (contoh: tersandung, terjatuh, terseliuh atau terpusing buku lali sewaktu perbarisan kawad, jatuh dari tangga, terlanggar objek, atau kecederaan

disebabkan panas (cuaca panas/terkena benda panas)) atau oleh (b) penggunaan anggota yang terlalu kerap atau berlebihan (contoh: berlari jarak jauh atau mengangkat/menarik/menolak/memindahkan objek secara berulang kali sebagai tugas kerja atau latihan fizikal), yang mengakibatkan keupayaan fizikal menjadi terhad atau kecederaan fizikal pada badan.

2.5 Analisis statistik

Analisis data dijalankan menggunakan IBM SPSS versi 21 (SPSS Inc., IL, Amerika Syarikat). Statistik deskriptif digunakan untuk melaporkan data kaji selidik, di mana purata dan sisihan piawai dikira untuk variable selanjur yang terdistribusi secara normal, dan frekuensi serta peratusan untuk variable berkategori. Bagi analisis univariat dan multivariat, variable selanjur telah ditukar menjadi variable berkategori. Analisis regresi logistik univariat menyediakan nisbah kemungkinan tidak diselaraskan (*unadjusted odds ratios*) dan selang keyakinan (*confidence intervals*) 95% (95% *CI*). Bagi variable dengan tiga atau lebih kategori, parameter rujukan biasanya dipilih sebagai kategori dengan kadar kecederaan terendah. Ini dilakukan bagi mengenal pasti adakah wujud perkadaran kecederaan yang tinggi secara relatif.

Variable yang didapati signifikan dalam penilaian regresi logistik univariat yang berkaitan dengan kecederaan dalam setahun yang lepas ($P \leq 0.05$) dimasukkan ke dalam analisis regresi logistik berbilang langkah ke belakang. Jika ketidakseimbangan atau percanggahan ditemui dalam keputusan regresi univariat antara kepentingan keseluruhan variable dan kepentingan tahap individu variable, analisis multivariat dijalankan dengan dan tanpa variable tersebut, dan model akhir dengan kesesuaian terbaik (sepertimana

yang diukur oleh statistik *Cox dan Snell R²*) telah dilaporkan. Nisbah kemungkinan dan 95% *CI* bagi variable yang kekal dalam model multivariat akhir ($P \leq 0.05$) telah dilaporkan.

3.0 HASIL KAJI SELIDIK

3.1 Sosio-demografi peserta

Daripada enam ratus sebelas ($N=611$) peserta yang pada mulanya menyertai, 103 telah dikecualikan kerana tidak memenuhi kriteria kelayakan (iaitu, pada masa kaji selidik dijalankan merupakan seorang rekrut atau pegawai kadet), menjadikan saiz sampel akhir sebanyak 508 peserta untuk analisis data. Ciri-ciri sosio-demografi peserta dipaparkan dalam **Jadual 1**.

Secara keseluruhan, kebanyakan peserta berusia 33 hingga 39 tahun (35.8%), lelaki (87.0%), memiliki sekurang-kurangnya kelayakan peringkat 'O' sekolah menengah atau yang setaraf dengannya (83.7%), dan mengalami berat badan berlebihan (52.8%), dengan purata *BMI* 25.5 ± 3.48 kg/m^2 .

Jadual 1. Ciri-ciri sosio-demografi peserta ($N=508$).

Variable	N (%)	Purata (SP)
Umur (tahun)		33.0 (6.22)
19-25	59 (11.6)	
26-32	172 (33.9)	
33-39	182 (35.8)	
≥40	95 (18.7)	
Jantina		
Lelaki	442 (87.0)	
Perempuan	66 (13.0)	
Tahap pendidikan tertinggi		
Sek Rendah	2 (0.4)	
Sek Menengah	81 (15.9)	

Peringkat 'O'	231 (45.5)
Peringkat 'A'	20 (3.9)
Vokasional/Teknikal	109 (21.5)
Ijazah Sarjana Muda	55 (10.8)
Ijazah Sarjana	9 (1.8)
Ijazah Kedoktoran	1 (0.2)
Indeks Jisim Badan (BMI)	25.5 (3.48)
Status BMI	
Kurang berat badan	1 (0.2)
Normal	238 (46.9)
Berat badan berlebihan	268 (52.8)
Obes	1 (0.2)

SP = Sisihi Piawai; **Sek** = Sekolah.

3.2 Maklumat perkhidmatan tentera peserta

Berkenaan dengan maklumat perkhidmatan tentera peserta (**Jadual 2**), peserta sebahagian besarnya terdiri daripada anggota TDDB (48.2%), diikuti oleh anggota TUDB (23.2%), anggota RPK (16.5%), anggota KEMENTAH (6.5%), anggota TLDB (4.7%), anggota MAB (0.6%) dan anggota IL ABDB (0.2%).

Secara keseluruhan, kebanyakan peserta berasal dari unit berikut: RPK (16.5%), Khidmat Pergigian, TDDB (11.2%), Batalion Bantu (Bn Bantu), TDDB (11.4%), dan Markas TDDB (9.4%), merupakan pegawai tidak bertauliah (84.8%), dan mempunyai 11 hingga 15 tahun pengalaman bekerja dalam ABDB (23%).

Jadual 2. Maklumat perkhidmatan tentera peserta ($N=508$).

Variable	N (%)
Perkhidmatan	
Tentera Darat Diraja Brunei (TDDB)	245 (48.2)
Tentera Laut Diraja Brunei (TLDB)	24 (4.7)
Tentera Udara Diraja Brunei (TUDB)	118 (23.2)
Markas Angkatan Bersama (MAB)	3 (0.6)
KEMENTAH	33 (6.5)
Regimen Pasukan Khas (RPK)	84 (16.5)
Institute Latihan (IL) ABDB	1 (0.2)
Unit	
TDDB	
Markas TDDB	48 (19.6)
Batalion Pertama (1BN)	10 (4.1)
Batalion Kedua (2BN)	3 (1.2)
Batalion Ketiga (3BN)	10 (4.1)
Batalion Bantu (Bn Bantu)	58 (23.7)
Khidmat Bantuan Kombat (KBK)	26 (10.6)
Khidmat Perubatan dan Kesihatan	24 (9.8)
Khidmat Pergigian	57 (23.3)
Tidak dinyatakan	8 (3.3)
TLDB	
Markas TLDB	12 (50.0)
Armada	5 (20.8)
Pengkalan	2 (8.3)
Khidmat Bantuan	2 (8.3)
Pusat Latihan TL	3 (12.5)
RBAirF	
Markas TUDB	14 (11.9)
Cawangan No 1	9 (7.6)
Cawangan No 2	17 (14.4)
Cawangan No 3	10 (8.5)
Cawangan No 4	32 (27.1)
Cawangan No 5	31 (26.3)
Cawangan No 7	5 (4.2)

Variable	N (%)
Unit	
KEMENTAH	
Pejabat Menteri Pertahanan	1 (3.0)
Kedua	
Pejabat Urusetia Pemerintah	6 (18.2)
ABDB	
Jabatanarah Logistik	7 (21.2)
Jabatanarah Keanggotaan	8 (24.2)
Pusat Optima Kecergasan Tentera (POKT)	1 (3.0)
Askar Simpanan Melayu Diraja Brunei (ASMDB)	1 (3.0)
Akademi Pertahanan ABDB	6 (18.2)
Jabatanarah Agama ABDB (JAMA'AT)	3 (9.1)
IL ABDB	
Logistik	1 (100.0)
Pangkat	
Sld	73 (14.4)
LKpl	77 (15.2)
Kpl	111 (21.9)
Sjn	67 (13.2)
SSjn	59 (11.6)
PW2	29 (5.7)
PW1	15 (3.0)
Lt	39 (7.7)
Kpt	18 (3.5)
Mejar	14 (2.8)
Lt Kol	6 (1.2)
Tempoh perkhidmatan	
0-5	93 (18.3)
6-10	99 (19.5)
11-15	117 (23.0)
16-20	100 (19.7)
21-25	71 (14.0)
≥26	28 (5.5)

3.3 Insiden kecederaan dalam tempoh 12 bulan yang lalu

Jadual 3 menunjukkan frekuensi anggota yang cedera dan tidak cedera di kalangan peserta serta distribusi 1, 2, dan 3 atau lebih kecederaan dalam tempoh 12 bulan yang lalu. Secara keseluruhan, sebanyak 71.3% peserta melaporkan mengalami sekurang-kurangnya satu kecederaan berkaitan dengan kerja dalam tempoh 12 bulan yang lalu; 27.8% melaporkan satu kecederaan, 40.0% melaporkan dua, dan 3.5% melaporkan tiga atau lebih kecederaan. Secara purata, 6.03 anggota mengalami kecederaan bagi setiap 100 anggota setiap bulan.

Dari segi kiraan kecederaan, peserta ditanya berapa banyak kecederaan yang mereka alami (0, 1, 2, atau 3 atau lebih). Dengan mengandaikan bahawa semua peserta yang menjawab 'tiga atau lebih kecederaan' dalam tempoh 12 bulan yang lalu ($N=18$) mempunyai tepat tiga kecederaan, ini menjadikan jumlah keseluruhan kecederaan menjadi 601 kecederaan. Penemuan ini menunjukkan bahawa, secara purata, terdapat anggaran 9.76 kecederaan bagi setiap 100 anggota setiap bulan.

Jadual 3. Frekuensi anggota yang cedera dan tidak cedera di kalangan peserta dan distribusi (%) daripada 1, 2, dan 3 atau lebih kecederaan selama 12 bulan yang lalu (N=508 peserta).

	N (%)	N (%)						
		TDDB N=245	TLDB N=24	TUDB N=118	KEMENTAH N=33	RPK N=84	MAB N=3	IL ABDB N=1
Tidak cedera	146 (28.7)	74 (30.2)	6 (25.0)	34 (28.8)	13 (39.4)	17 (20.2)	1 (33.3)	1 (100.0)
Cedera	362 (71.3)	171 (69.8)	18 (75.0)	84 (71.2)	20 (60.6)	67 (79.8)	2 (66.7)	0 (0.0)
Jumlah kecederaan								
1	141 (27.8)	71 (29.0)	9 (37.5)	34 (28.8)	10 (30.3)	17 (20.2)	0 (0.0)	0 (0.0)
2	203 (40.0)	90 (36.7)	9 (37.5)	46 (39.0)	9 (27.3)	47 (56.0)	2 (66.7)	0 (0.0)
3 atau lebih	18 (3.5)	10 (4.1)	0 (0.0)	4 (3.4)	1 (3.0)	3 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)

Jadual 4 di bawah menunjukkan frekuensi kawasan anggota badan yang cedera, jenis kecederaan, mekanisme kecederaan dan yang berkaitan, bagi setiap cawangan Perkhidmatan dan keseluruhan peserta kaji selidik, seperti mana yang dilaporkan untuk kecederaan yang paling mengehadkan secara fizikal yang pertama dan kedua. Walaupun pelbagai respons dikumpulkan untuk kawasan anggota, jenis, mekanisme dan aktiviti kecederaan, hanya yang paling banyak dilaporkan untuk setiap aspek dipaparkan dalam **Jadual 4**, yang menyenaraikan sekurang-kurangnya lima respons teratas untuk setiap cawangan Perkhidmatan dan semua peserta kaji selidik. Maklumat tambahan mengenai dua kecederaan pertama peserta (N=583) telah dilaporkan.

Hasil dapatan kaji selidik menunjukkan bahawa kecederaan kebanyakannya menjejaskan bahagian bawah badan dan

bahagian belakang badan dibahagian bawah, dengan lutut (36.2%), bahagian belakang badan dibahagian bawah (25.4%), dan kaki (24.9%) merupakan kawasan anggota badan yang paling kerap cedera. Jenis kecederaan yang kerap terjadi termasuk ketengangan otot (25.1%), terseliuh/terpusing (22.7%) dan sakit atau radang sendi (iaitu, artritis) (16.3%). Mekanisme kecederaan yang utama adalah penggunaan anggota secara berlebihan atau pergerakan yang berulang-ulang (82.9%), pusingan tunggal atau berlebihan (14.6%), dan permulaan aktiviti yang cepat semasa latihan fizikal (11.3%). Hasil kaji selidik juga menunjukkan bahawa aktiviti latihan fizikal seperti berlari (49.7%), aktiviti menanggung berat seperti membawa, menarik atau menggerakkan objek berat (37.6%), dan mengangkat berat (15.7%) adalah aktiviti utama pada masa kecederaan.

Jadual 4. Frekuensi kawasan anggota badan yang cedera, jenis kecederaan, mekanisme kecederaan dan aktiviti yang berkaitan sewaktu kecederaan berlaku, seperti mana yang dilaporkan untuk kecederaan pertama dan kedua yang paling mengehadkan fizikal, bagi setiap Perkhidmatan dan semua peserta (12 bulan lalu, N=362 peserta).

Variable	Jumlah (%) (N=583 kecederaan)	TDDB (%) (N=271 kecederaan)	TLDB (%) (N=27 kecederaan)	TUDB (%) (N=134 kecederaan)	KEMENTAH (%) (N=30 kecederaan)	RPK (%) (N=117 kecederaan)	MAB (%) (N=4 kecederaan)
Kawasan anggota badan yang cedera							
Lutut	36.2	31.6	27.8	29.8	50.0	55.2	0.0
Belakang (bahagian bawah)	25.4	31.6	22.2	23.8	10.0	17.9	0.0
Kaki	24.9	33.9	11.1	14.3	30.0	16.4	50.0
Pinggang	09.9	06.4	11.1	08.3	15.0	19.4	0.0
Tulang belakang	07.7	05.3	11.1	08.3	0.0	14.9	0.0
Jenis kecederaan							
Ketegangan otot	25.1	28.7	38.9	22.6	25.0	14.9	50.0
Terseliuh atau terpusing	22.7	21.1	16.7	20.2	20.0	32.8	0.0
Sakit atau radang sendi	16.3	19.3	11.1	9.5	25.0	16.4	0.0
Kekejangan	13.3	14.0	5.6	11.9	15.0	11.9	100.0
Bengkak	11.0	9.9	16.7	15.5	15.0	6.0	0.0
Mekanisme kecederaan							
Aktiviti/Pergerakan yang berlebihan atau berulang	82.9	93.0	44.4	81.0	75.0	73.1	50.0
Satu tekanan atau pusingan yang berlebihan	14.6	11.1	16.7	15.5	10.0	23.9	0.0
Permulaan aktiviti yang cepat pada permulaan latihan fizikal	11.3	12.9	11.1	3.6	25.0	13.4	0.0
Terkena, terlanggar objek/permukaan atau sebaliknya	10.2	08.8	50.0	08.3	5.0	07.5	0.0
Terjatuh ke atas objek atau sesuatu permukaan	8.0	4.7	0.0	10.7	10.0	14.9	0.0
Aktiviti sewaktu kecederaan berlaku							
Latihan fizikal (berlari)	49.7	53.2	38.9	33.3	70.0	55.2	100.0
Aktiviti yang berkaitan dengan	37.6	39.8	27.8	33.3	40.0	40.3	0.0

menanggung sesuatu yang berat (memakai, membawa, mengangkat, menarik, menggerakkan objek berat)							
Latihan fizikal (angkat berat)	15.7	10.5	11.1	13.1	10.0	35.8	0.0
Sukan	11.9	10.5	11.1	19.0	20.0	4.5	0.0
Menggunakan, membaiki atau menyelenggara peralatan	7.7	4.7	5.6	19.0	0.0	4.5	0.0

3.4 Faktor-faktor berkaitan dengan kecederaan yang berkaitan dengan kerja

Jadual 5 memaparkan nisbah kemungkinan dan 95% *CI* yang dihasilkan daripada model regresi logistik univariat. Jantina lelaki, mempunyai tabiat makan dan tidur yang kurang baik, menggunakan tembakau, dan kerap berasa letih telah dikenal pasti sebagai faktor yang signifikan yang dikaitkan dengan kecederaan pada peringkat univariat ($P \leq 0.05$). Walaupun status ketenteraan (pegawai ataupun bukan pegawai) tidak didapati secara signifikan berkaitan dengan kecederaan secara keseluruhan ($P = 0.054$), mempunyai status pegawai bukan bertauliah nampaknya dikaitkan dengan peningkatan kemungkinan kecederaan berlaku apabila faktor-faktor lain tidak diambil kira atau dipertimbangkan ($P = 0.050$).

Umur, tahap pendidikan, mempunyai masalah kesihatan, BMI yang tidak normal (iaitu kurang berat badan, berat badan berlebihan dan obes), senaman yang tidak mencukupi, dan kerap berasa tertekan dan marah tidak dilihat secara signifikan

dikaitkan dengan kecederaan secara keseluruhan ($P \geq 0.05$).

Faktor risiko yang berpotensi untuk kecederaan yang dikenal pasti dalam model univariat ($P \leq 0.05$) dimasukkan ke dalam regresi logistik berganda berperingkat ke belakang (*backward-stepwise*), dan keputusan analisisnya dipaparkan dalam **Jadual 6**. Model akhir menghasilkan nilai *Cox dan Snell R^2* sebanyak 0.332. Hasil analisis menunjukkan bahawa status ketenteraan (iaitu, sebagai pegawai tidak bertauliah), mempunyai tabiat makan dan tidur yang kurang baik, menggunakan tembakau, dan berasa letih secara signifikan dikaitkan dengan kecederaan di kalangan peserta ($P \leq 0.05$). Pegawai tidak bertauliah mempunyai hampir 2.5 kali lebih besar kemungkinan kecederaan berbanding dengan pegawai ($P = 0.013$). Peserta yang melaporkan tabiat makan yang kurang baik dalam tempoh 12 bulan terakhir mempunyai dua kali ganda kemungkinan kecederaan berbanding dengan mereka yang melaporkan tabiat makan yang baik ($P < 0.001$), dan mereka yang mempunyai tabiat tidur buruk mempunyai kemungkinan kecederaan sebanyak 3.26 kali ganda berbanding

dengan mereka yang mempunyai tabiat tidur yang baik ($P<0.001$). Demikian juga, mereka yang menghisap tembakau mempunyai kemungkinan kecederaan sebanyak 1.65 kali ganda berbanding dengan mereka yang tidak merokok ($P<0.001$). Peserta yang melaporkan kerap atau sangat kerap berasa letih dalam tempoh 12 bulan terakhir mempunyai kemungkinan kecederaan sebanyak 3 kali ganda berbanding dengan mereka yang tidak melaporkan perasaan ini ($P<0.001$).

Selain daripada itu, analisis terma interaksi antara variable yang signifikan menunjukkan bahawa hanya tabiat tidur yang kurang baik dan keletihan adalah yang signifikan secara statistik. Keputusan menunjukkan bahawa mereka yang melaporkan memiliki tabiat tidur yang kurang baik dan sering merasa keletihan mempunyai kemungkinan kecederaan 12 kali lebih besar ($P<0.001$).

Jadual 5. Kaitan demografi, kesihatan dan tingkah laku kesihatan yang dilaporkan sendiri dengan kecederaan di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH ($N=508$).

Variable	Kategori variable	N (%) Jumlah	N (%) Kecederaan	Nisbah Kemungkinan Kecederaan (95% CI)	Kategori Nilai P	Variable Nilai P
Umur	19-25	59 (11.6)	44 (74.6)	0.73 (0.36, 1.47)	0.372	0.386
	26-32	172 (33.9)	116 (67.4)	1.00		
	33-39	182 (35.8)	135 (74.2)	0.69 (0.41, 1.19)	0.182	
	≥ 40	95 (18.7)	67 (70.5)	0.63 (0.37, 1.07)	0.085	
Jantina	Lelaki	442 (87.0)	319 (72.2)	1.53 (0.31, 1.91)	0.021	0.023
	Perempuan	66 (13.0)	43 (65.2)	1.00		
Status ketenteraan	Pegawai tidak bertauliah	431 (84.8)	315 (73.1)	1.60 (1.36, 2.00)	0.050	0.054
	Pegawai bertauliah	77 (15.2)	47 (61.0)	1.00		
Tahap pendidikan	Sek Menengah / vokasional / Teknikal	443 (87.2)	324 (73.1)	0.87 (0.22, 3.41)	0.838	0.087
	Sarjana Muda	55 (10.8)	30 (54.5)	1.00		
	Sarjana / Kedoktoran	10 (2.0)	7 (70.0)	1.68 (0.39, 7.18)	0.486	
Masalah kesihatan	Ya	99 (19.5)	58 (58.6)	1.00		0.328
	Tidak	409 (80.5)	304 (74.3)	0.78 (0.47, 1.29)	0.334	
BMI yang tidak normal	Ya	270 (53.1)	199 (73.7)	0.83 (0.57, 1.22)	0.351	0.351
	Tidak	238 (46.9)	163 (68.5)	1.00		
Kurang senaman	Ya	200 (39.4)	139 (69.5)	1.00		0.131
	Tidak	308 (60.6)	223 (72.4)	0.74 (0.49, 1.10)	0.134	
Tabiat makan yang Kurang baik	Ya	325 (64.0)	237 (72.9)	1.23 (1.09, 2.21)	<0.001	<0.001
	Tidak	183 (36.0)	125 (68.3)	1.00		

Tabiat tidur yang Kurang baik	Ya	330 (65.0)	245 (74.2)	1.76 (1.17, 2.39)	<0.001	<0.001
	Tidak	178 (35.0)	117 (65.7)	1.00		
Penggunaan tembakau	Ya	192 (37.8)	136 (71.5)	1.21 (0.13, 1.35)	<0.001	<0.001
	Tidak	316 (62.2)	226 (70.8)	1.00		
Tekanan	Ya	119 (23.4)	79 (66.4)	1.00	0.518	0.518
	Tidak	389 (76.6)	283 (72.8)	0.50 (0.31, 0.86)		
Keletihan	Ya	169 (33.3)	125 (74.0)	1.46 (0.30, 1.72)	0.001	<0.001
	Tidak	339 (66.7)	237 (69.9)	1.00		
Marah	Ya	104 (20.5)	75 (72.1)	0.83 (0.31, 0.89)	0.180	0.130
	Tidak	404 (79.5)	287 (71.0)	1.00		

Nota. Faktor yang signifikan ($p \leq 0.05$) adalah dalam huruf tebal.

Jadual 6. Faktor yang diselaraskan yang dikaitkan dengan kecederaan di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH ($N=508$).

Variable	Kategori Variable	N (%) Jumlah	N (%) Kecederaan	Nisbah Kemungkinan Kecederaan yang diselaraskan (95% CI)	Kategori Nilai P	Variable Nilai P
Status ketenteraan	Pegawai tidak bertauliah	431 (84.8)	315 (73.1)	2.34 (2.24, 5.37)	0.013	0.013
	Pegawai bertauliah	77 (15.2)	47 (61.0)	1.00		
Tabiat makan yang kurang baik	Ya	325 (64.0)	237 (72.9)	2.11 (2.07, 3.19)	<0.001	<0.001
	Tidak	183 (36.0)	125 (68.3)	1.00		
Tabiat tidur yang kurang baik	Ya	330 (65.0)	245 (74.2)	3.26 (1.78, 5.96)	<0.001	<0.001
	Tidak	178 (35.0)	117 (65.7)	1.00		
Penggunaan tembakau	Ya	192 (37.8)	136 (71.5)	1.65 (0.09, 2.30)	<0.001	<0.001
	Tidak	316 (62.2)	226 (70.8)	1.00		
Keletihan	Ya	169 (33.3)	125 (74.0)	3.07 (2.03, 3.19)	<0.001	<0.001
	Tidak	339 (66.7)	237 (69.9)	1.00		

Nota. Variable-variable yang dipertimbangkan dalam model adalah seperti berikut: jantina, status ketenteraan, tabiat makan yang kurang baik, tabiat tidur yang kurang baik, penggunaan tembakau, dan keletihan. Faktor-faktor yang signifikan ($P \leq 0.05$) adalah dalam huruf tebal.

3.4 Persepsi terhadap tahap keterukan dan kesan kecederaan

Jadual 7 memaparkan frekuensi persepsi terhadap keterukan kecederaan dan kesannya terhadap aktiviti fizikal atau tugas kerja bagi setiap Perkhidmatan dan semua peserta kaji selidik. Keputusan menunjukkan bahawa majoriti kecederaan dianggap sebagai sederhana, yang menyumbang 55.7% daripada semua kecederaan. Manakala, 30.0% kecederaan dianggap ringan. Kecederaan yang teruk adalah hanya 8.9%, manakala kecederaan kekal dilaporkan dalam 5.3% kes.

Berkenaan dengan kesan kecederaan terhadap aktiviti fizikal atau tugas kerja mereka, data menunjukkan bahawa kebanyakan peserta hanya mengalami kesan yang sedikit (41.9%), diikuti oleh beberapa kesan (28.0%). Manakala, hanya 10.3% mengalami kesan yang signifikan,

dan 17.3% tidak mengalami sebarang kesan. Selain itu, data menunjukkan bahawa peratusan kecil kecederaan (2.6%) mengakibatkan peserta tidak dapat melaksanakan tugas ketenteraan yang diberikan kepada mereka.

4.0 PERBINCANGAN

Kaji selidik ini bertujuan untuk menyelidiki kejadian kecederaan yang berkaitan dengan kerja yang dilaporkan sendiri dan faktor risiko yang berkaitan dengannya di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMENTAH. Dengan mengenal pasti kecederaan yang kerap berlaku dan faktor risiko yang berkaitan dengannya, ianya boleh membantu memberikan maklumat penting untuk pencegahan kecederaan dan intervensi yang disasarkan. Ini adalah penting untuk meningkatkan kesejahteraan dan kesediaan operasi anggota tentera ABDB dan KEMENTAH.

Jadual 7. Keterukan dan kesan kecederaan terhadap aktiviti fizikal atau tugas kerja bagi kecederaan pertama dan kedua yang paling mengehendkan fizikal, bagi setiap Perkhidmatan dan semua peserta (12 bulan lalu, N=362 peserta).

Variables	% kecede- -raan (N=583 kecede- -raan)	% kecedaraan					
		TDDb (N=271 kecede- -raan)	TLDB (N=27 kecede- -raan)	TUDB (N=134 kecede- -raan)	KEMENTAH (N=30 kecede- -raan)	RPK (N=117 kecede- -raan)	MAB (N=4 kecede- -raan)
Keterukan kecederaan							
Ringan	30.0	32.8	37.0	32.1	23.3	21.4	25.0
Sederhana	55.7	56.1	48.1	51.5	53.3	61.5	75.0
Teruk	8.9	7.0	3.7	11.2	16.7	10.3	0.0
Kecedaraan kekal	5.3	4.1	11.1	5.2	6.7	6.8	0.0
Impact of the injury							
Tiada kesan	17.3	20.7	14.8	12.7	23.3	12.8	50.0
Sedikit kesan	41.9	41.3	63.0	44.8	20.0	40.2	50.0

Beberapa kesan	28.0	28.4	22.2	23.9	33.3	32.5	0.0
Kesan yang signifikan	10.3	7.7	0.0	13.4	20.0	12.8	0.0
Tidak dapat menjalankan tugas ketenteraan seperti yang ditugaskan	2.6	1.8	0.0	5.2	3.3	1.7	0.0

Secara keseluruhan, dalam tempoh 12 bulan yang lalu, 71.3% daripada peserta melaporkan mengalami sekurang-kurangnya satu kecederaan yang berkaitan dengan kerja. Di antara mereka, 27.8% melaporkan satu kecederaan, 40.0% melaporkan dua, dan 3.5% melaporkan tiga atau lebih kecederaan. Kadar kejadian kecederaan adalah 6.03 setiap 100 anggota sebulan, dengan kadar purata 9.76 kecederaan setiap 100 anggota sebulan. Untuk makluman, kadar kecederaan yang dilaporkan dalam kaji selidik ini adalah jauh lebih tinggi daripada yang dilaporkan dalam kajian ketenteraan yang serupa, di mana variasi kadar kejadian kecederaan di antara negara-negara yang berbeza adalah kira-kira 4.1 setiap 100 anggota bagi tentera AS, manakala 5.6 setiap 100 anggota sebulan bagi tentera Norway [9,10]. Kadar kecederaan yang lebih tinggi secara tidak dijangka dalam kaji selidik ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh gabungan faktor, termasuk intensiti latihan dan aktiviti fizikal, teknik yang digunakan, keadaan persekitaran, serta faktor tingkah laku seperti keletihan dan tabiat makan. Selain itu, aspek yang berkaitan dengan saiz sampel dan representatif mungkin juga menjadi faktor-faktor penyumbang.

Berkenaan dengan kawasan anggota badan yang cedera, hasil menunjukkan bahawa bahagian belakang badan di bahagian bawah dan bahagian bawah anggota

badan, khususnya lutut dan kaki, adalah bahagian badan yang paling kerap dilaporkan terjejas oleh peserta. Hasil dapatan ini konsisten dengan hasil dapatan dari kajian-kajian lain yang melibatkan populasi tentera [10,11,12]. Selain itu, dalam kaji selidik ini, jenis kecederaan yang sering terjadi adalah ketegangan dan terseliuh/terpusing, sama seperti yang banyak dilaporkan dalam literatur [3,13]. Ketegangan dan terseliuh/terpusing yang biasanya terjadi di bahagian belakang badan di bahagian bawah dan bahagian bawah anggota badan, selalunya disebabkan oleh aktiviti seperti berlari, tugas yang memerlukan menanggung beban (contohnya, membawa, menarik, atau memindahkan objek berat), dan aktiviti berkaitan dengan sukan [13,14], sepertimana yang didapati oleh kaji selidik ini.

Di samping itu, aktiviti yang berlebihan atau berulang-ulang, pusingan berlebihan dan permulaan aktiviti yang cepat sewaktu latihan fizikal adalah mekanisme kecederaan yang paling lazim ataupun kerap berlaku di kalangan peserta. Penemuan ini adalah sejajar dengan hasil kajian sebelum ini [10,11]. Ini boleh dikaitkan dengan ciri-ciri latihan dan aktiviti fizikal yang mencabar, seperti berlari jarak jauh dan tempoh latihan fizikal yang panjang [3,7]. Selain itu, aktiviti atau tugas ketenteraan yang berulang-ulang dan

berintensiti sederhana/tinggi, yang sering melibatkan melakukan aktiviti atau tugas yang sama tanpa banyak diversifikasi, juga boleh menyumbang kepada kecederaan ini [3,12]. Namun begitu, perlu diingatkan juga bahawa masa pemulihan yang tidak mencukupi [15], kurangnya latihan, mekanisme badan yang tidak efektif, atau teknik yang tidak betul [16] serta berat peralatan yang dibawa oleh anggota [17,18], yang boleh memberikan tekanan tambahan pada badan, terutamanya bahagian belakang, juga boleh memainkan peranan yang penting dalam berlakunya kecederaan.

Faktor-faktor yang dikaitkan dengan kecederaan telah dianalisis bagi keseluruhan populasi kaji selidik, dan keputusan menunjukkan bahawa kebanyakan faktor risiko adalah yang boleh diubah suai (contohnya, tabiat makan, tabiat tidur, dan penggunaan tembakau) melalui kesedaran, pendidikan, intervensi klinikal, atau cara yang lainnya. Secara keseluruhan, faktor-faktor yang dikaitkan dengan kecederaan yang berkaitan dengan kerja termasuk status pegawai tidak bertaualiah, tidur yang tidak mencukupi, tabiat makan yang tidak sihat, penggunaan tembakau, dan keletihan. Penemuan ini konsisten dengan kajian terdahulu yang melaporkan kadar kecederaan yang lebih tinggi di kalangan pegawai tidak bertaualiah berbanding dengan pegawai bertaualiah [11,19]. Pegawai tidak bertaualiah sering menjalani latihan yang lebih rigoros dan kerja fizikal yang lebih banyak, yang mana ini mendedahkan mereka kepada risiko kecederaan yang lebih besar. Sebaliknya, pegawai biasanya berada dalam jawatan kepimpinan, terlibat dalam kerja yang kurang memerlukan fizikal, tetapi lebih menumpukan pada perancangan dan pelaksanaan misi [11].

BMI, yang sering mempunyai kaitan dengan tabiat makan, kerap dilaporkan sebagai ukuran antropometrik yang mempunyai kaitan dengan risiko kecederaan [20]. Namun, hasil dapatan kaji selidik ini adalah masih samar-samar. Walaupun *BMI* tidak didapati berkaitan dengan risiko kecederaan dalam analisis univariabel atau multivariabel dalam kaji selidik ini, hasil menunjukkan kaitan yang signifikan antara tabiat makan yang buruk dan kecederaan. Ketidakselarasan ataupun percanggahan dalam penemuan kaji selidik ini mungkin disebabkan oleh pelbagai faktor, termasuklah variable yang mengelirukan, ciri-ciri sampel (contohnya, saiz sampel yang kecil yang tidak mempunyai kuasa statistik untuk mengesan kaitan dengan *BMI*), kaedah pengukuran, dan mekanisme khusus akan bagaimana tabiat makan dan *BMI* mempengaruhi risiko kecederaan (contohnya, pengambilan makanan tinggi gula dan lemak yang menyebabkan keletihan dan prestasi fizikal yang berkurangan, yang boleh meningkatkan risiko kemalangan atau kecederaan). Ringkasnya, kaitan antara *BMI* dan risiko kecederaan tidak sejelas hubungan antara tabiat makan dan kecederaan. Penemuan ini memerlukan pengesahan lanjut melalui kajian tambahan, dan penyelidik harus mempertimbangkan faktor-faktor ini semasa merancang kajian.

Antara faktor risiko lain yang dikaji, tabiat tidur yang buruk dan keletihan adalah dua tingkah laku gaya hidup yang paling kerap dikaitkan dengan peningkatan risiko kecederaan dalam kalangan anggota tentera [21,22]. Kajian-kajian tersebut telah menunjukkan bahawa tabiat tidur yang buruk dan keletihan boleh meningkatkan risiko kecederaan dengan cara menjejaskan fungsi kognitif, mengurangkan prestasi

fizikal dan kewaspadaan, serta menjejaskan daya tahan fizikal dan mental. Kesan ini boleh menyebabkan kemalangan, membuat keputusan yang lemah, dan peningkatan kerentanan, terutamanya dalam persekitaran tentera yang tertekan dan mencabar fizikal [21,22].

Begitu juga, hasil kaji selidik juga menunjukkan bahawa penggunaan tembakau adalah faktor risiko yang signifikan bagi kecederaan dalam kalangan populasi kaji selidik ini. Penemuan ini sejajar dengan kajian terdahulu yang menunjukkan kejadian kecederaan yang lebih tinggi di kalangan anggota tentera yang merokok [3,13].

Akhir sekali, penemuan mengenai keterukan yang dirasakan dan kesan kecederaan terhadap aktiviti fizikal atau tugas pekerjaan adalah ketara. Hasil menunjukkan bahawa majoriti kecederaan dianggap sebagai sederhana, dengan sebahagian besar diklasifikasikan sebagai ringan. Ini menunjukkan bahawa sejumlah besar kecederaan, walaupun tidak teruk, masih mempunyai implikasi bagi anggota. Implikasi ini termasuk penurunan produktiviti dan prestasi, gangguan kecekapan operasi seperti gangguan aliran kerja dan kelewatan penyelesaian tugas, peningkatan kos penjagaan kesihatan, dan potensi kesan terhadap semangat kerja. Kebimbangan tentang keselamatan dan kesejahteraan boleh menyebabkan penurunan kepuasan kerja dan motivasi.

Batasan dan kekuatan kaji selidik

Kaji selidik ini mempunyai beberapa batasan penting. Pertama, sifat pemerhatian dan *cross-sectional* kaji selidik ini menghadkan keupayaan untuk menilai hubungan sebab-akibat antara variable yang penting, memandangkan kecederaan,

kesihatan, dan tingkah laku kesihatan diukur pada masa yang sama. Kajian akan datang seharusnya mempertimbangkan kajian membujur (iaitu *longitudinal*).

Kedua, hasil dapatan diperolehi daripada "convenience" sampel dengan saiz sampel yang agak rendah. Ini mungkin menghadkan kebolehgeneralisasian hasil penemuan. Kadar kecederaan bagi kaji selidik ini mungkin lebih atau rendah jika dibandingkan dengan kadar yang sebenar. Selain itu, disebabkan oleh distribusi peserta yang tidak sama rata dari Perkhidmatan yang berbeza, perbandingan yang bermakna tidak dapat dibuat. Kajian masa hadapan seharusnya merangkumi sebahagian besar populasi yang disasarkan.

Ketiga, bergantung pada data laporan diri boleh menimbulkan kebimbangan mengenai subjektiviti dan potensi respons yang bias. Terdapat potensi tinggi untuk bias ingatan, kerana peserta dikehendaki untuk mengingat balik akan maklumat dari masa lalu. Sejauh mana bias ingatan ini mempengaruhi penemuan kaji selidik ini adalah tidak diketahui.

Keempat, kaji selidik ini hanya melibatkan faktor-faktor tertentu, dan pengumpulan butiran tambahan mengenai keadaan kerja mungkin boleh lagi mendedahkan faktor risiko lain bagi kecederaan di kalangan peserta, seperti tempoh pusingan kerja (syif), keperluan aerobik pekerjaan, dan keperluan untuk mengangkat barang yang berkaitan dengan pekerjaan.

Walaupun terdapat beberapa batasan, kaji selidik ini bagaimanapun boleh dianggap sebagai penyiasatan penerokaan awal mengenai kejadian kecederaan dan faktor risiko di kalangan anggota tentera ABDB dan KEMANTAN. Hasil dapatan ini boleh

menjadi titik permulaan untuk penyelidikan lebih lanjut dalam bidang ini.

5.0 KESIMPULAN

Sebagai kesimpulannya, kaji selidik ini merupakan kajian eksploratori pertama dalam ABDB, yang memberikan maklumat tentang kelaziman kecederaan dan faktor-faktor yang menyumbang kepada kecederaan tersebut. Maklumat ini akan digunakan untuk membantu menyediakan informasi untuk pencegahan kecederaan dan intervensi yang disasarkan bagi meningkatkan kesejahteraan dan kesediaan operasi anggota tentera ABDB dan KEMENTAH. Sebagai contoh, intervensi harus merangkumi penambahbaikan dalam amalan latihan fizikal, seperti memastikan pemanasan badan yang betul dan menekankan teknik yang betul untuk mengurangkan risiko ketegangan dan terseliah. Selain daripada itu, langkah penyesuaian fizikal, seperti menggabungkan latihan kekuatan dan fleksibiliti ke dalam rutin anggota tentera, harus dipertimbangkan. Memastikan pelaksanaan aktiviti yang melibatkan mengangkat, membawa, dan memindahkan objek dengan selamat juga penting. Akhir sekali, intervensi perubahan tingkah laku, seperti pendidikan dan kesedaran tentang pemakanan, program berhenti merokok, dan panduan tentang higien tidur yang betul, juga memainkan peranan penting. Secara keseluruhan, maklumat ini boleh dijadikan asas untuk penyelidikan yang akan datang yang bertujuan untuk mengurangkan kelaziman kecederaan, meningkatkan kesejahteraan, meningkatkan kesediaan dan prestasi tentera, serta memastikan kejayaan operasi.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada ABDB, KEMENTAH, dan peserta yang sangat membantu dalam menjayakan kaji selidik ini.

Penyataan pembiayaan

Tiada pembiaya atau penaja untuk kaji selidik ini.

Pernyataan konflik kepentingan

Penulis mengisytiharkan tiada potensi konflik kepentingan berkenaan dengan penyelidikan, kepengarangan dan/atau penerbitan artikel ini.

6.0 RUJUKAN

- [1] Molloy, J. M., Pendergrass, T. L., Lee, I. E., Chervak, M. C., Hauret, K. G., & Rhon, D. I. (2020). Musculoskeletal injuries and United States Army readiness part I: overview of injuries and their strategic impact. *Military Medicine*, 185(9-10), e1461-e1471.
- [2] D'Souza, E. W., MacGregor, A. J., Dougherty, A. L., Olson, A. S., Champion, H. R., & Galarneau, M. R. (2022). Combat injury profiles among US military personnel who survived serious wounds in Iraq and Afghanistan: A latent class analysis. *PLoS one*, 17(4), e0266588.
- [3] Schuh-Renner, A., Grier, T. L., Canham-Chervak, M., Hauschild, V. D., Roy, T. C., Fletcher, J., & Jones, B. H. (2017). Risk factors for injury associated with low, moderate, and high mileage road marching in a US Army infantry brigade. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, S28-S33.

- [4] Jones, B. H., & Hauschild, V. D. (2015). Physical training, fitness, and injuries: lessons learned from military studies. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29, S57-S64.
- [5] Skeehan, C. D., Tribble, D. R., Sanders, J. W., Putnam, S. D., Armstrong, A. W., & Riddle, M. S. (2019). Nonbattle injury among deployed troops: an epidemiologic study. *Military Medicine*, 174(12), 1256-1262.
- [6] Anderson, M. K., Grier, T., Canham-Chervak, M., Bushman, T. T., & Jones, B. H. (2015). Occupation and other risk factors for injury among enlisted US Army Soldiers. *Public Health*, 129(5), 531-538.
- [7] Rappole, C., Grier, T., Anderson, M. K., Hauschild, V., & Jones, B. H. (2017). Associations of age, aerobic fitness, and body mass index with injury in an operational Army brigade. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, S45-S50.
- [8] Altarac, M., Gardner, J. W., Popovich, R. M., Potter, R., Knapik, J. J., & Jones, B. H. (2000). Cigarette smoking and exercise-related injuries among young men and women. *American Journal of Preventive Medicine*, 18(3), 96-102.
- [9] Lovalekar, M., Johnson, C. D., Eagle, S., Wohleber, M. F., Keenan, K. A., Beals, K., ... & Connaboy, C. (2018). Epidemiology of musculoskeletal injuries among US Air Force Special Tactics Operators: an economic cost perspective. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000471.
- [10] Robinson, M., Siddall, A., Bilzon, J., Thompson, D., Greeves, J., Izard, R., & Stokes, K. (2016). Low fitness, low body mass and prior injury predict injury risk during military recruit training: a prospective cohort study in the British Army. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2(1), e000100.
- [11] Gun, B. K., Banaag, A., Khan, M., & Koehlmoos, T. P. (2022). Prevalence and risk factors for musculoskeletal back injury among US Army personnel. *Military Medicine*, 187(7-8), e814-e820.
- [12] Kaufman, K. R., Brodine, S., & Shaffer, R. (2000). Military training-related injuries: surveillance, research, and prevention. *American Journal of Preventive Medicine*, 18(3), 54-63.
- [13] Bedno, S. A., Jackson, R., Feng, X., Walton, I. L., Boivin, M. R., & Cowan, D. N. (2017). Meta-analysis of Cigarette Smoking and Musculoskeletal Injuries in Military Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(11), 2191-2197.
- [14] Lauder, T. D., Baker, S. P., Smith, G. S., & Lincoln, A. E. (2000). Sports and physical training injury hospitalizations in the army. *American Journal of Preventive Medicine*, 18(3), 118-128.
- [15] Sharma, J., Dixon, J., Dalal, S., Heagerty, R., & Spears, I. (2017). Musculoskeletal injuries in British Army recruits: a prospective study of incidence in different Infantry Regiments. *BMJ Military Health*, 163(6), 406-411.
- [16] Foster, N. E., Anema, J. R., Cherkin, D., Chou, R., Cohen, S. P., Gross, D. P., ... & Woolf, A. (2018). Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *The Lancet*, 391(10137), 2368-2383.

- [17] Locatelli, M. C. (2021). Low back pain in military police activity: analysis of prevalence, associated factors, and ergonomics. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, 19(4), 482.
- [18] Halvarsson, A., Hagman, I., Tegern, M., Broman, L., & Larsson, H. (2018). Self-reported musculoskeletal complaints and injuries and exposure of physical workload in Swedish soldiers serving in Afghanistan. *PLoS One*, 13(4), e0195548.
- [19] Agüero, A. D., Irrgang, J. J., MacGregor, A. J., Rothenberger, S. D., Hart, J. M., & Fraser, J. J. (2022). Sex, military occupation and rank are associated with risk of anterior cruciate ligament injury in tactical-athletes. *BMJ Military Health*, e002059.
- [20] Koltun, K. J., Bird, M. B., Lovalekar, M., Martin, B. J., Mi, Q., & Nindl, B. C. (2023). Changes in eating pathology symptoms during initial military training in men and women and associations with BMI and injury risk. *Eating behaviors*, 48, 101687.
- [21] Ritland, B. M., Judkins, J. L., Naylor, J. A., Kardouni, J. R., Pasiakos, S. M., & Jayne, J. M. (2023). The relationship between sleep, pain, and musculoskeletal injuries in US Army Soldiers. *BMJ Military Health*, 1-4.
- [22] Knapik, J. J., Caldwell, J. A., & Ritland, B. M. (2022). Sleep and Injuries in Military Personnel with Suggestions for Improving Sleep and Mitigating Effects of Sleep Loss. *Journal of Special Operations Medicine: A Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*, 22(4), 102-110.
- [23] Wilkinson, D. M., Blacker, S. D., Richmond, V. L., Horner, F. E., Rayson, M. P., Spiess, A., & Knapik, J. J. (2011). Injuries and injury risk factors among British army infantry soldiers during pre-deployment training. *Injury Prevention*, 17(6), 381-38.

MENGENAI PENGARANG

Nurul Asiyikin Yusof menyertai Universiti Teknologi Brunei (UTB) dalam bidang MSc (melalui Penyelidikan) Sains dan Teknologi Makanan, diselia oleh Dr Aida Maryam Basri, dan menamatkan pengajian beliau pada 2022. Sebelum memasuki UTB, Nurul Asiyikin menerima Sarjana Muda (Kepujian) dalam Sains Biologi di Universiti Brunei Darussalam (UBD). Minat beliau terletak pada bidang penggunaan ubatan tempatan sebagai makanan berfungsi.

Dr Aida Maryam Basri ialah seorang akademik di UTB, mengajar modul Kimia kepada pelajar Sarjana Muda dan Pelajar Lulusan Sains Makanan dan Teknologi, serta Sains Makanan dan Pemakanan Manusia. Beliau menamatkan PhD dalam bidang Kimia di University of Leeds, United Kingdom dengan penyelidikannya mengenai sintesis ejen- ejen antikanser *ruthenium*. Sebelum bergabung dengan UTB, beliau bertugas sebagai Penyelidik Lulusan Doktor di UBD, menjelajahi tumbuhan perubatan. Beliau telah menerbitkan beberapa manuskrip tentang aktiviti fitokimia, antioksidan, antimikrob dan antikanser tumbuhan perubatan. Didorong oleh minat mendalam dalam penyelidikan analitikal, serta, visi dan misi negara, fokus beliau sekarang adalah dalam pembangunan makanan fungsional berdasarkan sumber perubatan Brunei.

Penilaian Nilai Pemakanan dalam Biskut Herba yang Diperkaya dengan *Murraya koenigii* dan *Gnetum gnemon*

Pengarang:

Nurul Asiyikin Yusof, UTB

Aida Maryam Basri, UTB

ABSTRAK

Kajian ini menyiasat pembangunan biskut herba yang diperkaya dengan *Murraya koenigii* dan *Gnetum gnemon*, dengan matlamat untuk meneroka komposisi pemakanan yang pelbagai. Formulasi biskut dengan 5 nisbah berbeza daripada kombinasi serbuk tumbuhan telah disediakan untuk kajian ini (100%MK, 100%GG, 75%MK:25%GG, 50%MK:50%GG, 25%MK:75%GG). Biskut herba ini dianalisis untuk nilai pemakanan mereka termasuk tenaga dalam kKal, karbohidrat, protein, lemak, mineral dan kelembapan. Kajian ini mendapati bahawa biskut yang diperkayakan dengan 100% MK menunjukkan tenaga tertinggi 434.14 ± 7.34 kKal, protein tertinggi $11.21 \pm 0.00\%$, dan kandungan kelembapan terendah ($2.56 \pm 0.39\%$) berbanding dengan biskut lain. Selain itu, biskut 25%MK:75%GG menunjukkan kandungan karbohidrat tertinggi ($84.98 \pm 1.21\%$) dan biskut 50%MK:50%GG dengan kandungan mineral tertinggi ($8.48 \pm 3.13\%$). Penemuan ini menekankan kesesuaian formulasi biskut untuk memenuhi pelbagai keutamaan dan keperluan diet. Selain itu, penggunaan biskut yang kaya dengan nutrien ini mempunyai potensi untuk memenuhi permintaan akan penyediaan mudah alih yang padat tenaga, terutamanya dalam persekitaran yang mencabar seperti dalam pengaturanan ketenteraan.

Kata kunci:

Murraya koenigii, *Gnetum gnemon*, biskut herba, pemakanan, tenaga, karbohidrat, protin, mineral.

1.0 PENDAHULUAN

Biskut merupakan salah satu produk bakeri yang terkenal kerana kebolehcapaian, sedia untuk dimakan, kos rendah, jangka hayat yang panjang dan keupayaan untuk berfungsi sebagai pembawa nutrien penting [1]. Ia boleh diperkukuhkan dengan mudah untuk menyediakan pemakanan yang diperlukan dan tenaga segera untuk pengguna. Herba atau rempah-rempah dengan rasa dan aroma yang kuat digunakan dalam kuantiti kecil tetapi memberikan tenaga tinggi dan kalori rendah dalam produk makanan dan boleh membekalkan produk makanan dengan mineral dan nutrien penting [2]. Dengan memperkaya biskut dengan bahan-bahan fungsional seperti serbuk tumbuhan, biskut boleh diberi manfaat tambahan (seperti antioksidan dan mineral) yang boleh disampaikan kepada pengguna [3,4].

Tepung serbaguna, mentega, dan gula adalah bahan asas untuk formulasi biskut [5]. Manakala bahan lain ditambah untuk kualiti pemakanan dan tekstur yang diinginkan. *Murraya koenigii*, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1a**, terkenal sebagai daun kari, dan termasuk dalam keluarga *Rutaceae* dan genus *Murraya*. Secara tradisional, daun tersebut dilaporkan dimakan mentah untuk merawat disentri. Pencampuran halus daun *M. koenigii* dengan susu sejuk boleh diambil dengan perut kosong untuk merawat masalah perut [6], manakala jus buah segar *M. koenigii* boleh membantu mengurangkan sakit buah pinggang [7]. *Gnetum gnemon* adalah tumbuhan perubatan Brunei lain yang dikenali sebagai "Bagu" tempatan dan biasanya dikenali sebagai "Melinjo" di Indonesia dan Malaysia, yang banyak ditanam di seluruh Asia Tenggara. Daun dan hujung muda *G.*

gnemon, seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1b**, boleh dimakan dan boleh dijadikan sayur, sama ada direbus atau dimakan mentah sebagai salad atau ulam di Asia Tenggara [8].



Rajah 1a. *Murraya koenigii*.



Rajah 1b. *Gnetum gnemon*.

Penyatuan *M. koenigii* dan *G. gnemon* sebagai biskut herba tidak hanya memperkayakan rasa tetapi juga boleh meningkatkan nilai pemakanannya. Penyeritaan biskut yang kaya dengan nutrien dan berfungsi dengan lancar sejajar dengan keperluan penyediaan yang mudah alih dan padat tenaga dalam kalangan pengguna. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk menilai kandungan pemakanan secara komprehensif—merangkumi tenaga dalam kKal, karbohidrat, protein, lemak, mineral dan kelembapan—biskut herba yang diinfuskan dengan *M. koenigii* dan *G. gnemon*.

2.0 METODOLOGI

2.1 Pengumpulan sampel

Lebih kurang 1 kg sampel daun *M. koenigii* (MK) telah dikumpulkan dari ladang tempatan di Kg Madang, Berakas dan 1 kg sampel daun *G. gnemon* (GG) dari ladang tempatan di Kg Mata-Mata, Gadong dan Kg Beribi, Gadong. Pengenalan telah dilakukan oleh Dr Ferry Slik, Profesor Madya dan Kurator *Herbarium* dan Taman Botani, Universiti Brunei Darussalam, dan spesimen baucar untuk *M. koenigii* (AY-1124) dan *G. gnemon* (AY-2417) telah disimpan di *Herbarium* Universiti Brunei Darussalam (UBDH).

2.2 Penyediaan tepung roti

Lebih kurang 1 kg lebihan roti biasa telah dikumpulkan dari Kedai Roti *Mr Baker* di Gadong dan Batu Bersurat. Roti yang dipilih untuk kajian ini adalah roti *sourdough* biasa. Hiris roti dipotong menjadi kepingan kecil lebih kurang 3 cm oleh 3 cm dan dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 80°C selama 30 minit, kemudian digiling menjadi serbuk halus dan disimpan dalam bekas kedap udara untuk formulasi makanan.

2.3 Formulasi biskut

Formulasi biskut mengikut kaedah dari kajian sebelumnya dengan sedikit pengubahsuaian [9]. Beberapa nisbah serbuk daun *M. koenigii* dan *G. gnemon* telah diinfuskan ke dalam biskut dan ditimbang mengikut nisbah seperti yang dinyatakan dalam **Jadual 1**. Bahan-bahan tersebut dikacau dengan tangan selama 5 minit untuk membentuk adunan. Lebih kurang 20 g adunan ditimbang, dan digulung dengan tangan menjadi bentuk biskut lebih kurang 2 cm tebal. Kemudian diletakkan di atas dulang pembakar dan dipanggang dalam ketuhar pada suhu 180°C selama 20 minit.

Jadual 1. Bilangan bahan bagi sampel-sampel biskut yang berbeza. MK = *M. koenigii* dan GG = *G. gnemon* MK = *M. koenigii* and GG = *G. gnemon*.

Bahan	Kawalan	100% MK	100% GG	75% MK: 25% GG	50% MK: 50% GG	25% MK: 75% GG
Tepung serbaguna (g)	50	50	50	50	50	50
Tepung roti (g)	50	50	50	50	50	50
Mentega – Golden Churn(g)	60	60	60	60	60	60
Gula (g)	40	40	40	40	40	40
Serbuk penaik (sudu teh)	½	½	½	½	½	½
Soda penaik (sudu teh)	½	½	½	½	½	½
Serbuk MK (g)	-	1	-	0.75	0.50	0.25
Serbuk GG (g)	-	-	1	0.25	0.50	0.75

2.4 Analisis pemakanan

Tenaga [9]. Penentuan tenaga dikira seperti berikut:

$$\text{Tenaga} = (4 \times \text{Lemak}) + (9 \times \text{Protein}) + (4 \times \text{Karbohidrat})$$

Jumlah Karbohidrat [10]. Kandungan karbohidrat dikira seperti berikut:

$$\text{Kandungan Karbohidrat} = 100 - (\text{Kelembapan} + \text{Abu} + \text{Lemak Mentah} + \text{Protein})$$

Kandungan Protein Mentah [11]. Larutan garam (8.5 g/L) digunakan sebagai piawai protein. 3 ml reagen *Biuret* ditambahkan ke dalam 1 ml sampel biskut dan 2 ml larutan garam. Campuran tersebut dieramkan pada suhu bilik selama 30 minit. Penyerapan diukur pada 540 nm. Keputusan diperoleh daripada lengkung piawai.

Kandungan Lemak Mentah [12]. 2 g sampel biskut yang telah dikeringkan diekstrak menggunakan alat *Soxhlet* dengan petroleum eter (40–60 °C) selama kira-kira 6 jam. Selepas 6 jam, kelalang ditimbang

dan dipindahkan ke dalam pemanas putar untuk mengeluarkan petroleum eter dari sampel lemak. Kelalang kemudiannya ditimbang semula untuk mendapatkan berat akhir.

Kandungan Mineral [9]. 2 g sampel biskut ditimbang dalam cawan dan diletakkan dalam tungku *muffle* selama 3 jam pada suhu 500 °C. Selepas 3 jam, cawan dibiarkan sejuk selama 10 minit pada suhu bilik dan 15 minit lagi dalam desikator. Cawan kemudian ditimbang semula. Kandungan abu keseluruhan dikira seperti berikut:

$$\text{Kandungan Abu Keseluruhan} = (\text{Berat Akhir} - \text{Berat Cawan}) / \text{Sampel} \times 100$$

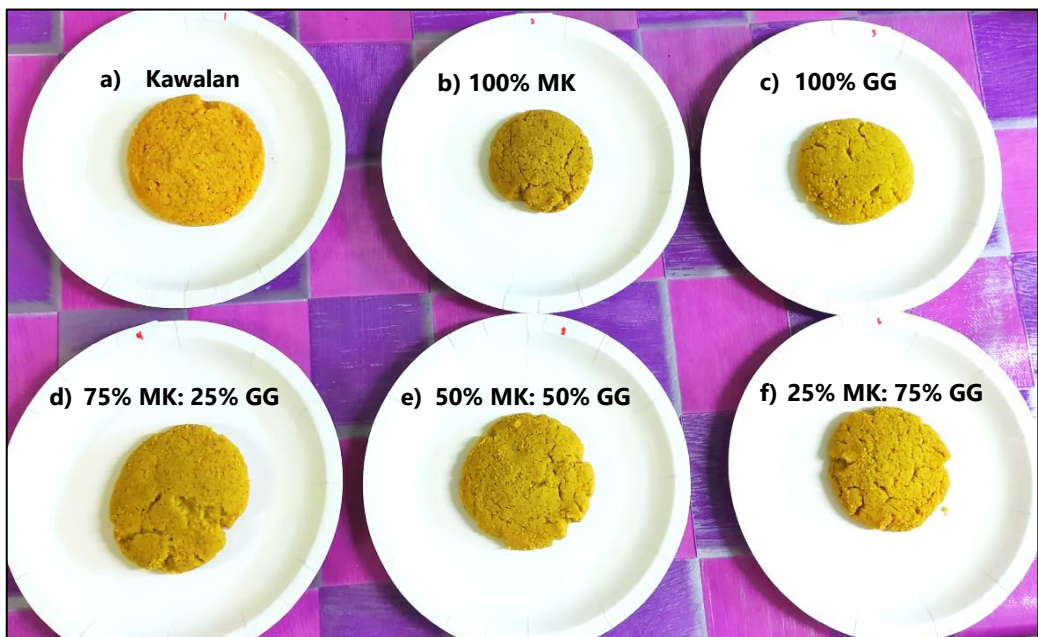
Kandungan Kelembapan. Kandungan Kelembapan Keseluruhan diukur menggunakan Analisis Kelembapan. 1 g serbuk sampel yang telah dikeringkan diletakkan di atas neraca analisis kelembapan. Mod cepat dipilih untuk mengukur kelembapan dalam sampel. Selepas 2–3 minit, peratusan kelembapan dan suhu dipaparkan.

Analisis Statistik. Data disajikan sebagai min $\pm$ sisihan piawai. Kebermaknaan statistik ditentukan menggunakan *One-way ANOVA* di *Microsoft Excel* di mana nilai p kurang daripada 0.05 ($p < 0.05$) dianggap sebagai kebermaknaan statistik.

3.0 HASIL DAN PERBINCANGAN

Rajah 2 menunjukkan sampel-sampel biskut yang digunakan dalam kajian ini. Terdapat 6 sampel yang berbeza mengikut formulasi dan nisbah MK dan GG: Kawalan (tanpa serbuk tumbuhan), 100% MK, 100% GG, 75%MK:25%GG, 50%MK:50%GG dan 25%MK:75%GG. Kesemua enam sampel biskut dianalisis untuk analisis pemakanan mereka termasuk tenaga dalam kKal, karbohidrat, protein, lemak, mineral dan kelembapan, seperti yang ditunjukkan dalam **Jadual 2**.

Analisis keenam sampel biskut menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi pemakanan mereka. Khususnya, biskut 100% MK menonjol dengan kandungan tenaga tertinggi pada 434.14 ± 7.34 kKal. Selain itu, ia menunjukkan kepekatan protein tertinggi pada $11.21 \pm 0.00\%$, menandakan sebagai sumber protein yang berpotensi baik untuk pengguna. Tambahan pula, biskut ini menunjukkan kandungan kelembapan terendah di antara sampel-sampel lain, dengan hanya $2.56 \pm 0.39\%$, menunjukkan peningkatan kestabilan rak. Maklumat ini menekankan kepentingan infusi *M. koenigii* dalam mempengaruhi atribut pemakanan biskut. Tahap tenaga dan protein yang lebih tinggi, bersama dengan kandungan kelembapan yang lebih rendah, menyumbang kepada daya tarik keseluruhan biskut 100% MK, berpotensi memenuhi keutamaan pengguna dari segi rasa dan manfaat pemakanan.



Rajah 2: Enam sampel biskut telah disediakan untuk analisis pemakanan.

Jadual 2. Analisis pemakanan bagi enam sampel biskut yang berbeza. Teks yang **tebal** menunjukkan nilai tertinggi dan teks yang bergaris bawah menunjukkan nilai terendah.

Parameter	Kawalan	100% MK	100% GG	75% MK: 25% GG	50% MK: 50% GG	25% MK: 75% GG
Tenaga (kCal)	413.58±9.28	434.14±7.34	405.08±8.19	417.84±0.62	<u>393.95±14.39</u>	410.38±6.01
Karbohidrat (%)	79.28 ± 2.34	79.8 ± 1.78	82.77 ± 1.31	81.86 ± 1.83	<u>76.23 ± 2.67</u>	84.98 ± 1.21
Protein (%)	7.81 ± 0.00	11.21 ± 0.00	6.83 ± 0.00	8.51 ± 0.00	8.06 ± 0.00	<u>6.34 ± 0.00</u>
Lemak (%)	6.51 ± 3.33	3.50 ± 1.19	<u>3.11 ± 1.67</u>	3.43 ± 1.97	4.10 ± 1.88	3.33 ± 0.92
Mineral (%)	3.18 ± 2.36	2.91 ± 1.56	3.25 ± 2.04	<u>2.03 ± 0.11</u>	8.48 ± 3.13	2.53 ± 1.40
Kelembapan (%)	3.19 ± 0.71	<u>2.56 ± 0.39</u>	4.01 ± 0.32	4.15 ± 0.29	3.10 ± 0.67	2.79 ± 0.20

Selain itu, biskut 25%MK:75%GG menunjukkan kandungan karbohidrat tertinggi (84.98 ± 1.21%) di antara sampel biskut, mencadangkan formulasi yang boleh menyediakan sumber tenaga yang besar. Komposisi ini mungkin menarik bagi individu yang mencari peningkatan tenaga yang cepat dan efisien. Sebaliknya, biskut 50%MK:50%GG menunjukkan kandungan mineral tertinggi pada 8.48 ± 3.13%. Campuran khusus ini menunjukkan penyerapan yang seimbang antara *M. koenigii* dan *G. gnemon*, menawarkan sumber mineral penting. Sinergi antara bahan herba ini nampaknya memberikan sumbangan positif kepada komposisi mineral biskut, menyajikan profil pemakanan yang seimbang.

5.0 KESIMPULAN

Penyatuan *M. koenigii* dan *G. gnemon* ke dalam biskut herba mengetengahkan spektrum komposisi pemakanan yang luas, dengan setiap formulasi menawarkan

kelebihan yang berbeza. Ini menekankan fleksibiliti untuk memenuhi pelbagai keutamaan dietetik dan keperluan pemakanan. Penemuan kajian ini menekankan potensi penawaran pemakanan yang disesuaikan dengan menyesuaikan nisbah bahan herba ini dalam formulasi biskut. Selain fleksibiliti ini, integrasi biskut yang kaya dengan nutrien dan berfungsi mempunyai potensi untuk memenuhi permintaan penyediaan mudah alih yang padat tenaga, terutamanya relevan untuk pasukan bersenjata dengan keperluan pemakanan khusus dalam persekitaran yang mencabar. Kajian ini menegaskan kepentingan dwi biskut herba ini sebagai pilihan pemakanan yang boleh disesuaikan dan sebagai penyediaan yang berpotensi bernilai dalam konteks yang mencabar seperti pengaturan ketenteraan.

Penghargaan

Para penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan,

Brunei Darussalam untuk pembiayaan biasiswa, dan sokongan dari Universiti Teknologi Brunei. Selain itu, kepada Dr Ferry Slik, Profesor Madya dan Kurator Herbarium dan Taman Botani, Universiti Brunei Darussalam untuk pengenalan tumbuhan, serta Kedai Roti Mr Baker untuk bekalan roti biasa untuk penyediaan tepung roti sebagai salah satu bahan.

6.0 RUJUKAN

- [1] Mohan P, Mukherjee I, Jain S. Study on the physico-chemical and sensory characteristics of cookies made using avocado as a fat (Butter) substitute. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2018;3(1):68–72.
- [2] Paswan VK, Singh CS, Kukreja G, Bunkar DS, Bhinchhar K. Herbs and Spices – New Processing Technologies. In: Ahmad RS. Health Benefits and Functional and Medicinal Properties of Some Common Indian Spices. Rijeka: IntechOpen; 2021. Chapter 4.
- [3] Azmi NS, Bhat R, Yeoh TK. Quality Evaluation of Novel Cookies Prepared by Supplementing with Fresh Tumeric Flower (*Curcuma longa* L.) Extract as a Value-Added Functional Ingredient. *Int. Food Res. J.* 2016;23(4):1512–1522.
- [4] Thorat PP, Sawate AR, Patil BM, Kshirsagar RB. Effect of Lemongrass Powder on Proximate and Phytochemical Content of Herbal Cookies. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2017;6(6):155–159.
- [5] Akoja SS, Coker OJ. Functional properties, nutritional and sensory qualities of wheat biscuit fortified with defatted dioclea reflexa seed flours. *J. of Environmental Sci., Toxicol. and Food Technol.* 2019;13(11):46–55.
- [6] Singh RH, Narsimhamurthy K, Singh G. Neuronutrient Impact of Ayurvedic Rasayana Therapy in Brain Aging. *Bio Gerontology.* 2008;9:369–374.
- [7] Rao RB. Curry Leaf (*Murraya koenigii*) Oils. In: Preedy, V.R. (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety.* Academic Press, 2016;385–394.
- [8] Wazir D, Ahmad S, Muse R, Mahmood M, Shukor MY. Antioxidant activities of different parts of *Gnetum gnemon* L. *J. Plant Biochem. Biotech.* 2011;20(2),234–240.
- [9] Upadhyay S, Khan S, Tiwari R., Kumar S, Kohli D, Rautela I, Badola R. Nutritional and sensory evaluation of herbal cookies. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2017; 2(6),156–160.
- [10] Antarkar S, Gabel S, Tiwari S, Mahajan S, Azmi RM. Evaluation of Nutritional and Functional Properties of Partially Substituted Whole Wheat Flour with Taro Root and Lotus Seed Flour (Composite Flour). *The Pharma Innocation Journal.* 2019;8(10):125–128.
- [11] Keppy NK and Allen MW. The Biuret Method for the Determination of Total Protein Using an Evolution Array 8 – Position Cell Changer. Thermo Scientific Inc. Madison. USA. 2009.
- [12] Seal T & Chaudhuri K. Nutritional Analysis of Some Selected Wild Edible Plants Consumed by the Tribal People of Meghalaya State in India. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2016;1(6):39–43.

MENGENAI PENGARANG

Ir Ts Dr Ahmad Azlan Ab Aziz merupakan seorang cendekiawan berjaya dengan Doktor Falsafah dalam Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik serta mempunyai pengalaman sebagai pembantu profesor di Universiti Teknologi Brunei (UTB). Dengan kepakaran dalam reka bentuk antena dan komunikasi ketenteraan, pengarang ini diiktiraf sebagai jurutera profesional dan jurutera profesional ASEAN (ACPE) dalam bidang kejuruteraan elektrik, menjadikannya sebagai autoriti utama dalam bidang tersebut. Pandangan dan idea mereka adalah sumber yang berharga bagi mereka yang ingin memahami dengan lebih baik tentang komunikasi secara umumnya dan juga komunikasi ketenteraan.

Dr. Nor Aiman Sukindar merupakan pensyarah terkemuka dalam reka bentuk produk dengan asas yang teguh dalam kejuruteraan mekanikal dan material sains. Sebelum bekerja di Universiti Teknologi Brunei beliau sebelumnya pernah berkhidmat di Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, beliau merupakan ahli pakar dalam teknologi Pencetakan 3D. Sebagai seorang Profesional Autodesk Inventor yang bertauliah, Dr. Sukindar mencapai prestasi yang tinggi dalam CAD, mengendalikan projek pelajar yang inovatif, dan telah memenangi pelbagai anugerah untuk inovasi. Selain pengabdian beliau dalam pengajaran, beliau juga mempunyai peranan penting dalam unit penyelidikan, yang mana menunjukkan komitmen beliau yang mendalam untuk memajukan bidang ini dan membimbing generasi jurutera dan pereka seterusnya.

Mohamed Baasim Isa adalah seorang pelajar dalam bidang sains komputer tahun kedua di Kolej Perniagaan Laksamana di Brunei. Beliau mempunyai pencapaian yang cemerlang dalam pelajaran matematik dan sains dengan mendapat 4 A-levels di Sekolah Antarabangsa Jerudong. Beliau berhasrat untuk meneroka dan mempelajari perkara baru dan mempunyai motivasi untuk mengembangkan kecekapan dan pemahaman yang komprehensif terhadap perkara baru yang beliau hadapi.

Logistik Pertahanan: Analisis Mendalam Mengenai Teknologi Pengimbasan 3D dan cara Menggunakannya untuk Menggantikan Bahagian Yang Rosak

Pengarang:

Ir Ts Dr Ahmad Azlan Ab Aziz, UTB

Dr. Nor Aiman Sukindar, UTB

Mohamed Baasim Isa, LCB

A B S T R A K

Pengimbas 3D ialah sebuah peranti yang mengimbas permukaan sebuah objek menggunakan cahaya. Imbasan ini kemudian boleh digunakan untuk mencipta semula objek tersebut. Dalam kertas kerja ini, kami ingin memberikan maklumat kepada pembaca mengenai cara pengimbas 3D dengan kos yang rendah boleh digunakan oleh sesiapa sahaja untuk membuat replika bagi bahagian objek yang penting jika ianya rosak. Fokus utama kertas kerja ini adalah tentang CR-Scan Lizard, walaupun prinsip-prinsip ini juga boleh digunapakai terhadap pengimbas yang lain. Ia merangkumi teknologi di sebalik pengimbas, kaedah untuk menggunakan CR-Scan Lizard, cara meningkatkan imbasan, dan had keupayaan pengimbas. Harapannya adalah bahawa kertas kerja ini akan membantu dan membolehkan lebih ramai orang untuk melihat pengimbas 3D sebagai penyelesaian yang praktikal jika terjadinya sesuatu kerosakan.

Kata kunci:

Pengimbas 3D, Pengimbasan 3D, replika, pembuatan, membaiki objek yang rosak, menggantikan bahagian yang rosak.

1.0 PENDAHULUAN

Pengimbas 3D merupakan sebuah peranti yang boleh membina model 3D bagi sebuah objek secara digital. Ianya terdapat dalam pelbagai saiz, dari yang bersaiz besar yang digunakan oleh satelit kepada yang bersaiz kecil yang boleh dipegang oleh tangan dan ianya telah lama digunakan dalam pelbagai industri. Peranti tersebut telah digunakan untuk pemetaan topografi terhadap tapak berbahaya yang membolehkan orang membaca tanah dengan kaedah jarak jauh dan meramalkan risiko dengan lebih baik seperti tanah runtuh tanpa mengambil risiko untuk berada di lokasi secara fizikal dengan masa yang terlalu lama [1]. Di dalam bidang perubatan juga telah diperkenalkan iaitu untuk mengimbas tulang dan anggota pesakit dengan tujuan untuk membuat reka bentuk bagi peralatan prostetik bagi menggantikan bahagian tubuh yang hilang [2].

Pengimbas 3D sering digunakan untuk memelihara barang warisan, di mana ketepatan merupakan faktor yang penting. Pada tahun 2004, terdapat kerjasama antara institusi untuk mengimbas piramid di Mesir. Dengan menggunakan pelbagai pengimbas, mereka dapat mengimbas piramid secara terperinci. Ini membolehkan mereka menyiasat dan meneroka piramid secara maya tanpa perlu berada di dalamnya secara fizikal dan menyebabkan kemungkinan kerosakan. Penyiasatan secara maya ini membawa kepada penemuan anomali dalam struktur Piramid Giza yang memberi pemahaman yang dalam tentang pembinaannya [3].

Untuk pengimbas yang berskala lebih kecil, kita boleh melihat kepada pengimbasan terhadap tentera lempung. Tentera lempung ialah kumpulan patung tembikar

berukuran manusia yang ditemui terkubur mengelilingi makam kaisar China yang pertaman. Mengimbas objek membolehkan anda memperbesarkan imbasan pada komputer. Ini membolehkan pemeriksaan butiran yang lebih kecil yang mana sebelum ini mungkin terlepas pandang. Dalam kes tentera lempung, ia membolehkan penglihatan yang lebih jelas terhadap ukiran dan pengukuran pada model bagi mendapat pemahaman yang lebih baik serta menghargai hasil karya pematik pada zaman tersebut [4].

Imbasan artifak ini juga boleh digunakan untuk mencipta replika yang sama. Kebanyakan muzium mempamerkan replika artifak yang amat berharga dengan menggunakan imbasan yang dilakukan dengan pengimbasan 3D. Ini membolehkan pengunjung memegang replika dan merasakan seperti mereka sedang memegang objek sebenar tanpa ada risiko kerosakan. Diantara contoh adalah replika topi yang digunakan oleh kelompok yang disebut "*Frog Clan*" terletak di Muzium Hudson di Universiti Maine. Mereka diminta untuk mengembalikan topi yang asli oleh itu mereka mencetak replika 3D supaya pengunjung muzium dapat melihat potongan warisan ini tanpa pemilik asal kehilangannya [5].

Ini menunjukkan bahawa pengimbas 3D boleh digunakan untuk menghasilkan replika yang tepat. Ini membolehkan alat tersebut untuk digunakan dalam ketenteraan dengan pelbagai cara. Jika bahagian buatan khas rosak dan anda memerlukan bahagian baru dengan segera, anda boleh mengimbas bahagian tertentu dari objek lain dan kemudian mencetak replika 3D. Dengan cara itu, anda tidak perlu menunggu bahagian tersebut untuk datang. Seiring dengan kemajuan teknologi, pengimbas 3D menjadi lebih

murah dan tidak menggunakan sumber yang banyak untuk digunakan. Alat tersebut juga bersaiz kecil yang mana ianya tidak memerlukan persediaan yang besar dan hanya memerlukan beberapa orang untuk menggunakannya. Pengimbas 3D yang berbeza menggunakan teknologi yang berbeza dan oleh itu setiap alat tersebut mempunyai kelebihan dan kelemahan yang berbeza.

CR-Scan Lizard juga dikenali sebagai pengimbas cahaya berstruktur. Ini bermaksud ia berfungsi dengan memancarkan corak cahaya ke permukaan sebuah objek. Di kedua-dua sisi projektor terdapat sebuah kamera. Kamera-kamera ini mengesan lokasi titik-titik dalam corak cahaya itu dan membandingkannya dengan corak yang sepatutnya kelihatan. Perbezaan dalam lokasi yang dikesan titik-titik dan lokasi yang sepatutnya mereka berada adalah disebabkan oleh cahaya yang disekat oleh permukaan objek [6]. Data ini digunakan untuk membentuk awan titik yang boleh digunakan untuk menghasilkan mesh permukaan objek dari sudut pandangan. Dengan mesh yang mencukupi, anda dapat membuat model yang tepat dari objek tersebut.

Terdapat dua kelebihan utama kepada pendekatan ini. Kelebihan pertama ianya tidak rumit dan hanya menggunakan imbasan cahaya tanpa perlu bersentuhan dengan objek tersebut. Ini bermakna objek itu tidak berubah sama sekali selepas ia diimbas.

Kelebihan kedua adalah peningkatan dari segi kelajuan dan kebolehpercayaannya. Dengan menggunakan corak cahaya menyeluruh membolehkan bagi mengesan titik pada permukaan objek dengan lebih banyak pada satu masa. Dalam kes *CR-Scan Lizard*, ia membolehkan untuk mengesan

seluruh sudut pandangan kamera pada satu masa. Ini bermakna pengimbasan keseluruhan objek dapat dilakukan dengan cepat kerana begitu banyak bahagian objek dapat diimbas dan awan titik dicipta dalam masa yang singkat. Selain itu, mengesan begitu banyak titik pada satu masa bermaksud jika objek atau tangan anda tidak stabil, kemungkinan terdapat kurang kesilapan semasa mencipta model. Ini kerana terdapat begitu banyak titik lain yang tepat dalam awan titik di mana algoritma boleh mengetahui ralat dan mengabaikannya.

Kelebihan-kelebihan ini sangat berguna terutamanya untuk pengimbasan dan pembuatan replika bahagian penting tanpa mahu mengambil risiko kerosakan terhadap objek tersebut.

2.0 METODOLOGI

Berikut merupakan panduan terperinci mengenai cara menggunakan *CR-Scan Lizard*. Ianya adalah merupakan proses yang mudah dan terdapat sedikit komplikasi yang mungkin akan timbul.

1. *CR-Scan Lizard* berfungsi dengan perisian komputer percuma yang dipanggil *CRStudio*, jadi anda pertama-tama hendaklah memuat turun perisian ini. Pastikan anda memuat turun versi terkini untuk peranti anda samaada windows atau mac.
2. Selepas anda telah memuat turun dan memasang *CRStudio*, terdapat pilihan untuk mod mudah alih atau mod meja, jadi ini terpulang kepada pengguna. Namun demikian, ini tidak penting kerana anda boleh mengubahnya kemudian jika anda mahu.
3. Sambungkan pengimbas ke komputer anda.

4. Di bahagian kiri atas, klik 'Fail', kemudian '*Import_calib*' kemudian 'Muat Turun Rangkaian' kemudian 'Import'. Ini mengimport fail kalibrasi untuk memastikan pengimbasan berfungsi dengan betul.

Mod Bergerak:

1. Pilih 'Imbas Mudah'.
2. Letakkan objek yang ingin diimbas di atas permukaan yang rata dan tidak mempunyai barang atau corak lain di sekitarnya.
3. Pegang pengimbas secara menegak dengan kabel mengarah ke bawah.
4. Bergerak mengelilingi objek sehingga anda mempunyai sejumlah besar objek dalam bingkai.
5. Klik 'Imbas'.
6. Bergerak ke depan dan ke belakang mengarah kepada objek untuk membina gambar.
7. Apabila butiran dari sudut tersebut sudah mencukupi, klik butang itu lagi.
8. Klik 'Sambung'
9. Teruskan membuat imbasan dari pelbagai sudut sehingga mendapat butiran yang cukup
10. Gunakan ikon mata di sebelah imbasan untuk melihat sudut yang tertentu
11. Pilih kawasan yang ingin dibuang dari imbasan dengan menekan ctrl + klik kiri
12. Tekan kekunci padam
13. Klik 'Sejajar' dan ia sepatutnya secara automatik menyelaraskan semua imbasan
14. Klik 'Proses' dan model objek anda akan dihasilkan

Mod Meja:

1. Pilih 'Imbas Meja'.
2. Sediakan atau tetapkan platform meja yang berputar

3. Klik butang Pratonton
4. Letakkan objek di atas meja dan alihkan pengimbas dan meja sehingga imbasan objek telah mencukupi di dalam bingkai.
5. Klik pada butang yang sama dan alihkan objek anda
6. Klik 'Awal'
7. Klik sekali lagi selepas beberapa saat. Kedua Langkah ini membolehkan pengimbas untuk mengimbas platform meja sahaja supaya gambaran meja akan dibuang secara automatik semasa menghasilkan model tersebut
8. Letakkan semula objek di atas meja dan tekan 'Imbas'
9. Selepas imbasan selesai (sekitar 30 saat) tekan butang 'Sambung' kemudian ubah orientasi objek anda dan imbas sekali lagi.
10. Setelah mendapat imbasan yang cukup, klik 'Sejajar' dan dengan secara automatic ianya akan menyelaraskan semua imbasan
11. Klik 'Proses' dan model objek anda akan dihasilkan

Kadang-kadang anda mungkin mendapati bahawa selepas mengklik sejajar, imbasan anda tidak diselaraskan dengan betul. Untuk mengatasi ini, anda boleh menyelaraskan secara manual mana-mana imbasan yang tidak diselaraskan dengan betul.

Pertama, klik ikon mata di sebelah imbasan supaya hanya satu imbasan yang diselaraskan dengan betul dan satu imbasan yang tidak diselaraskan dengan betul kelihatan. Kemudian, klik 'Sejajar' di bahagian kanan atas kemudian klik 'Manual'. Dua imbasan anda sekarang akan ditunjukkan secara berasingan. Di sebelah kanan, anda boleh klik untuk memilih titik 1, 2 atau 3 dan kemudian klik kanan pada bahagian yang sepadan pada kedua-dua

imbasan anda untuk menyelaraskannya sebagai contoh pilih titik 1 kemudian klik kanan pada menara masjid pada kedua-dua imbasan. Selepas anda melakukan ini dengan sebanyak imbasan yang diperlukan, anda boleh menekan 'Proses' untuk menghasilkan model.

Masalah lain yang mungkin akan timbul apabila fail kalibrasi tidak dapat di import. Jika ini berlaku, pastikan pengimbas disambungkan ke komputer dan dihidupkan, kemudian mulakan semula *CR Studio* dan cuba lagi.



Rajah 1: *CR Scan Lizard* dengan pemegang yang kami cetak untuknya.

Apabila melihat pada **Rajah 1**, anda boleh melihat bahawa pengimbas tersebut tidak ergonomik. Ia mempunyai permukaan yang rata dan tidak mempunyai corak pada permukaannya dengan bahagian tepi yang

melengkung. Menggunakannya untuk tempoh masa yang panjang boleh menyebabkan sakit pada pergelangan tangan dan jari. Penyelesaiannya adalah dengan mencetak dan menggunakan pemegang yang ergonomic bagi pengimbas tersebut. Pemegang ini telah direka khas untuk *CR-Scan Lizard* berkemungkinan ianya adalah lebih baik daripada pemegang generik yang terdapat di pasaran. Pengimbas tersebut mempunyai skru di bahagian bawah untuk tripod, disebabkan pengimbas itu cukup berat ianya adalah lebih baik untuk tidak menyokongnya dari hanya satu titik itu kerana pernah terjadi kerosakan ke atas tripod sebelum ini.

Untuk memastikan imbasan yang paling tepat, adalah penting untuk memenuhi sebanyak mungkin kriteria berikut.

Pertama, hendaklah memastikan bahawa objek yang anda imbas tidak terlalu gelap, terlalu terang atau terlalu transparan. Seperti yang disebutkan sebelumnya, pengimbas tersebut berfungsi dengan memancarkan cahaya dan mengesan distorsi. Oleh itu, objek hendaklah mempunyai warna yang tidak akan menyerap atau memantulkan terlalu banyak cahaya.

Seterusnya, pastikan tidak ada banyak bayangan. Ini boleh dilakukan dengan memastikan bahawa objek dihadapkan dengan betul, atau dengan menyinari cahaya pada arah yang betul seperti menggunakan jenis lampu berbentuk cincin untuk mengurangkan bayangan dan memberi cahaya yang merata.

Akhirnya, pastikan proses pengimbasan di lakukan di kawasan yang mempunyai sinaran cahaya yang konsisten. Jika pencahayaan berubah pada bahagian yang

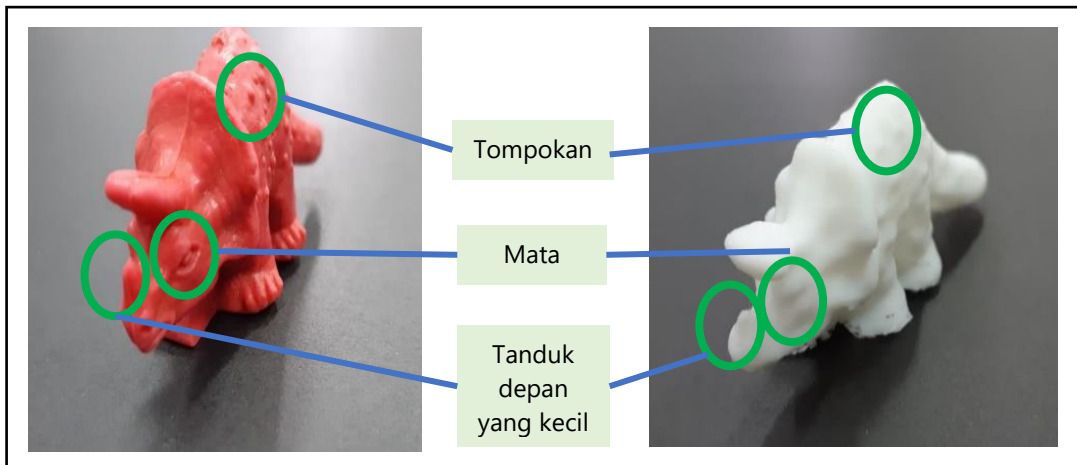
berbeza atau semasa proses pengimbasan, ianya boleh mengganggu analisis daripada kamera terhadap distorsi corak.

3.0 KEPUTUSAN

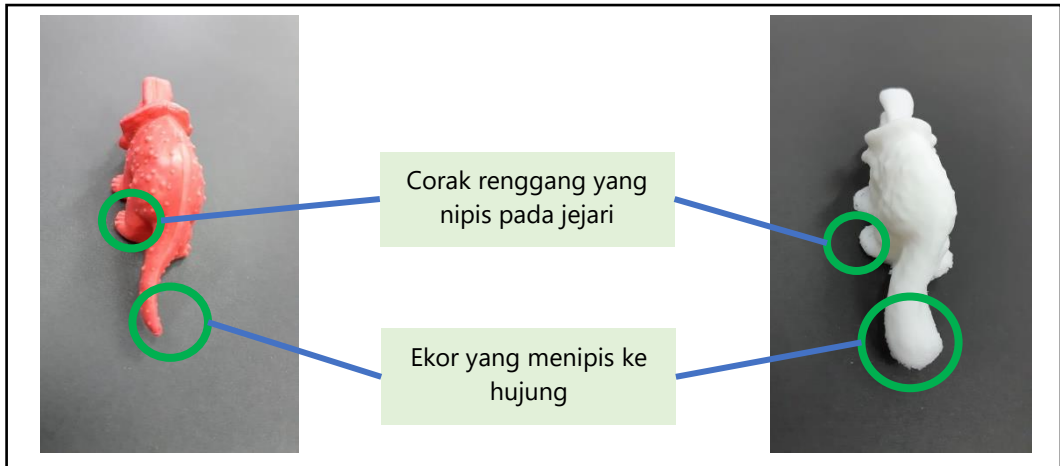
Merujuk kepada **Rajah 2.1**, di sebelah kiri adalah objek yang kami imbas, di sebelah kanan adalah cetakan 3D daripada imbasan kami. Seperti yang dapat anda lihat, pengimbas mempunyai keupayaan untuk mengesan banyak butiran. Tanduk kecil di bahagian depan model dan semua tompokan pada kulitnya jelas dikesan kerana ia boleh dilihat dan dirasai dengan jelas dalam cetakan. Terdapat corak mata berada dalam objek, manakala di dalam cetakan juga terdapat reka bentuk mata walaupun ianya kurang terperinci.

Berkemungkinan ini adalah disebabkan oleh ketepatan pencetak 3D yang digunakan dan bukan berpunca dari pengimbas itu sendiri.

Pada **Rajah 2.2**, di sebelah kiri adalah model dan di sebelah kanan adalah cetakan dari imbasan kami terhadap model. Seperti yang dapat anda lihat, pengimbas tersebut tidak dapat mengesan dengan betul bentuk ekor yang menipis sehingga ekor ekor dicetak terlalu lebar. Selain itu, jari-jari kaki dinosaurus mempunyai corak renggang nipis, akan tetapi ianya tidak dapat dikesan dengan betul oleh pengimbas itu juga.



Rajah 2.1



Rajah 2.2

4.0 PERBINCANGAN

Kos dan teknologi yang digunakan oleh pengimbas jelas sekali mempengaruhi kekurangan yang terdapat pada hasil cetakan. Dalam kes *CR-Scan Lizard* yang mana merupakan sebuah pengimbas 3D berstruktur cahaya yang rendah kos, adalah penting untuk mengetahui kekurangannya agar tidak berakhir dengan adanya banyak imbasan yang tidak dapat digunakan.

Objek yang mempunyai pengaruh tinggi terhadap distorsi cahaya cenderung menghasilkan imbasan yang kurang tepat dan ini adalah kerana peranti tersebut perlu memancarkan cahaya untuk membuat imbasannya. Objek yang terlalu gelap atau terlalu terang sama ada yang menyerap atau memantulkan terlalu banyak cahaya boleh mengganggu prestasi pembacaan pada kamera dan berhujung dengan menghasilkan imbasan yang tidak tepat. Seringkali anda akan dapati bahawa imbasan anda tidak akan dapat digunakan sama sekali jika objek tersebut terlalu gelap atau terlalu terang. Objek yang berkilau juga memantulkan terlalu banyak cahaya dan menjadikan imbasan tidak dapat digunakan.

Objek-objek yang telus membolehkan terlalu banyak cahaya melaluinya dengan mudah. Ini bermakna pancaran cahaya dari pengimbas tidak cukup untuk membuat corak objek dan juga tidak banyak pembacaan berdaftar pada kamera.

Di dalam gambar pada **Rajah 2.2** di atas, terdapat kekurangan lain terhasil daripada pengimbas tersebut. Jari-jari kaki dinosaurus mempunyai corak renggang nipis yang berulang. Oleh kerana jari-jari itu semua identik dan bersebelahan, algoritma pengimbas gagal mengenal pasti jari-jari tersebut sebagai ciri yang berbeza yang mana menyebabkannya digabungkan bersama sebagai satu corak.

Diantara alasan bagi ekor yang menipis tidak diimbas dengan betul adalah kerana pengimbas tidak mempunyai cukup butiran unik untuk mengenal pasti corak ekor tersebut. Pengimbas itu hanya melihat butiran pada bahagian ekor yang lebih besar dan cuba untuk membetulkan apa yang dipercayainya sebagai kesilapan ketika ekor itu menipis.

Selain itu, perlu juga diingatkan untuk berhati-hati terhadap objek-objek yang

sangat simetri. Jika sebuah objek mempunyai simetri yang banyak dan tidak mempunyai titik unik yang cukup untuk diimbas berkemungkinan penyesuaian automatik akan terjadi bagi menyelaraskan imbasan yang mana akan menghasilkan model yang kurang tepat. Ini boleh diperbaiki dengan menyelaraskan imbasan tersebut secara manual terhadap bahagian-bahagian simetri yang berbeza pada objek tersebut.

Objek-objek yang gelap, terang, berkilau, dan lut sinar masih boleh diimbas. Caranya ialah dengan menyemburkannya terlebih dahulu dengan penyembur yang dibuat khusus untuk barang-barang yang akan diimbas atau penyembur syampu kering. Kedua-dua semburan ini akan melapisi barang dengan lapisan putih yang tidak terlalu terang. Kemudian objek tersebut boleh dibersihkan daripada semburan itu tadi setelah selesai proses pengimbasan. Cara seperti ini hanya boleh digunakan bagi objek yang kalis air. Jika air akan merosakkan objek, pastikan untuk membeli semburan yang akan larut di udara seiring masa. Bagi yang tidak mempunyai penyembur, objek tersebut boleh ditutupi dengan beberapa pita opak yang mudah untuk ditanggalkan. Dengan cara ini, anda dapat mengimbas barang-barang yang sukar diimbas dengan pengimbas yang kos efisien.

5.0 KESIMPULAN

Walaupun terdapat had kepada apa yang boleh diimbas dengan tepat oleh *CR-Scan Lizard* namun ia masih merupakan pilihan yang terbaik bagi sebuah pengimbas. Ia boleh mengimbas barang dengan sangat cepat, tiada keperluan untuk memberikan tanda pada objek, dan ia adalah relatif murah. Hanya pastikan bilik atau tempat kawasan yang digunakan untuk

mengimbas tidak terlalu gelap. Jika objek anda mempunyai terlalu banyak bayangan dari satu sudut, anda boleh menukar orientasinya untuk mengimbasnya lagi. Kerana harganya yang relatif rendah, adalah cukup mudah untuk melengkapinya banyak kumpulan dengan pengimbas jika terdapat bahagian penting yang telah rosak dan mereka memerlukan penggantian dengan segera.

Walaupun pengimbas itu mempunyai beberapa kekurangan akan tetapi *CR-Scan Lizard* boleh menangkap kebanyakan ciri fizikal daripada objek yang kecil hingga sederhana dengan kos yang relatif rendah. Selain itu, terdapat juga mod 'tekstur' dari *CR-Scan Lizard* asalkan PC tersebut mempunyai keupayaan yang cukup kuat.

Pengimbasan oleh *CR-Scan Lizard* dalam artikel ini pada masa ini adalah hanya tertumpu pada 'geometri' sahaja. Ini bermakna hanya bentuk dan struktur fizikal yang dapat dikesan. *CR-Scan Lizard* mempunyai mod tekstur di mana ia boleh mengesan warna dan juga corak pada objek tanpa perlu mencuat secara fizikal. Walau bagaimanapun, pada masa penulisan kertas kerja ini, mod 'tekstur' ini memerlukan terlalu banyak masa dan kuasa pengkomputeran untuk memenuhi tema menggunakan pengimbas 3D yang murah. Sangat tidak masuk akal untuk membincangkan tentang penggunaan pengimbas yang terjangkau yang semua orang boleh memiliki akan tetapi pemprosesan imbasan untuk membuat model tersebut perlu dilengkapi dengan komputer yang sangat mahal.

Di masa hadapan, apabila perisian meningkat atau terdapat teknologi yang mempunyai kuasa tinggi dengan harga yang lebih murah, maka ianya sangat berguna untuk meneroka potensi bagi

sesiapa pun untuk mendapatkan hasil yang baik secara konsisten dari mod tekstur tersebut. Ini akan membolehkan model diimbas melalui warna, termasuk juga lukisan atau tulisan yang mungkin tidak mempunyai struktur yang memanipulasi cahaya. Fungsi seperti itu dapat meningkatkan kegunaan *CR-Scan Lizard* walaupun dengan mengenal pasti warna pada bahagian yang dicetak tidak selalu penting.

Pada sisi lain, terdapat satu perkara yang boleh disiasat dalam kajian pada masa hadapan iaitu dengan menerapkannya pada telefon bimbit. Semua orang memiliki telefon bimbit dan terdapat aplikasi yang mudah diakses contohnya Polycam, yang boleh digunakan untuk mengimbas objek. Jika penyelidikan dilakukan tentang keberkesanan aplikasi ini, ianya amat berbaloi untuk membandingkan yang mana lebih baik dari segi proses pengimbasan samaada dengan menggunakan telefon bimbit tersebut dengan kaedah kemampuan lidar berbanding apabila tidak menggunakannya. Tidak semua telefon mampu melakukannya, tetapi telefon tertentu seperti *Samsung S10 5G* atau *iPhone 13*, dilengkapi dengan pengimbas lidar yang terbina didalamnya. Sesetengah telefon tanpa kemampuan lidar mempunyai perisian yang lebih baik dan teknologi kecerdasan yang tinggi misalnya *Samsung S20 Ultra*, yang mungkin menghasilkan imbasan yang lebih baik. Semua jenis telefon yang berbeza mempunyai ciri-ciri yang berbeza dan ini perlu diselidiki.

Di samping itu, perbandingan antara *CR-Scan Lizard* dan telefon bimbit yang berbeza ini juga perlu di buat kajian pada masa yang akan datang. Faktor-faktor seperti kelajuan, ketepatan, keterbatasan

yang berbeza-beza terhadap setiap telefon yang berlainan, kelancaran penggunaan, dan kos semuanya perlu dipertimbangkan. Jika beberapa telefon dengan kemampuan lidar adalah lebih mahal untuk imbasan yang hanya sedikit lebih baik, adakah ianya berbaloi untuk melengkapi setiap orang dengan pilihan yang lebih mahal atau lebih baik untuk melengkapi setiap orang dengan pilihan yang lebih murah dan mempunyai satu pilihan yang mahal per kumpulan? Semua soalan yang berbeza ini perlu disiasat untuk mengetahui cara yang terbaik untuk melengkapi dan menggunakan pengimbas 3D mudah alih bagi menggantikan bahagian yang rosak.

6.0 RUJUKAN

- [1] Casagli N, Intrieri E, Tofani V, Gigli G, Raspini F. Landslide detection, monitoring and prediction with remote-sensing techniques. *Nature Reviews Earth & Environment* [Internet]. 2023 Jan 10;4(1):51–64. Available from: <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00373-x>
- [2] Zhao Y. A 3D Scanner System for Building the Prosthetic Leg Model Based on the Reality Capture Technique. *AIAM2020: Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture* [Internet]. 2020 Oct 15; Available from: <https://doi.org/10.1145/3421766.3421787>
- [3] Neubauer W, Doneus M, Studnicka N, Riegl J, Klein-Gasse F. COMBINED HIGH RESOLUTION LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRICAL DOCUMENTATION OF THE PYRAMIDS

AT GIZA. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences [Internet]. 2005 Jan 1; Available from: http://www.riegl.co.at/uploads/tx_pxpriegldownloads/turin_cipa_pyramids.pdf

- [4] Yang K, Cao X, Geng G, Li K, Zhou M. Classification of 3D terracotta warriors fragments based on geospatial and texture information. Journal of Visualization [Internet]. 2021 Jan 3;24(2):251–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12650-020-00710-6>
- [5] Innovative Hudson Museum initiative prototypes 19th-century artifact using 3D printing, intermedia techniques to create replica - UMaine News - University of Maine [Internet]. UMaine News. 2022. Available from: <https://umaine.edu/news/blog/2022/05/11/innovative-hudson-museum-initiative-prototypes-19th-century-artifact-using-3d-printing-intermedia-techniques-to-create-replica/>
- [6] Ebrahim M A.-B. 3D Laser Scanners' Techniques Overview. International Journal of Science and Research (IJSR) [Internet]. 2015 Oct;4(10):328. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Mostafa-Ebrahim/publication/282753883_3D_Laser_Scanners'_Techniques_Overview/links/561b66cb08ae044edbb24210/3D-Laser-Scanners-Techniques-Overview.pdf

FRONTIER

*Jilid 5: Meningkatkan Kesiediaan Ketenteraan Melalui
Inovasi Multidisiplin*

Kementerian Pertahanan Brunei Darussalam