

PENDEKATAN BIOMETRIK DALAM MEMPREDIKSI KESIAPAN OPERASIONAL SDM PERTAHANAN: PERAN *HEART RATE VARIABILITY*, *RESTING HEART RATE*, DAN BEBAN KOGNITIF

Author Name

Neneng Ratnasari
Institut Budi Utomo Nasional Majalengka
Nenengratnasari76@gmail.com

Abstract

The readiness of defense human resources (HR) is a key determinant of the successful execution of military operations, particularly in dealing with high operational demands and the complexity of modern threats. This study aims to analyze the readiness of defense human resources through a quantitative biometric approach by utilizing physiological and cognitive indicators, namely Heart Rate Variability (HRV), Resting Heart Rate (RHR), and cognitive workload. The research employs an explanatory quantitative approach with a cross-sectional design. The research sample consists of 60 active military personnel selected using purposive sampling techniques. Data were collected through biometric measurements using wearable devices, as well as operational readiness and cognitive workload questionnaires. Data analysis techniques include descriptive statistics, normality tests, Pearson correlation analysis, and multiple linear regression. The results indicate that HRV has a positive and significant effect on personnel operational readiness, while RHR and cognitive workload show a significant negative effect. These findings confirm that a biometric approach can serve as an objective instrument for assessing defense human resource readiness and provide a scientific basis for evidence-based defense human resource development policies grounded in physiological and cognitive data.

Keywords: *biometrics, HRV, operational readiness, defense human resources, cognitive workload.*

Abstrak

Kesiapan sumber daya manusia (SDM) pertahanan merupakan determinan utama keberhasilan pelaksanaan operasi militer, khususnya dalam menghadapi beban operasional yang tinggi dan kompleksitas ancaman modern. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesiapan SDM pertahanan melalui pendekatan biometrik kuantitatif dengan memanfaatkan indikator fisiologis dan kognitif, yaitu Heart Rate Variability (HRV), Resting Heart Rate (RHR), dan beban kognitif. Penelitian ini dirancang berdasarkan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan desain cross-sectional. Sampel penelitian terdiri atas 60 personel militer aktif yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran biometrik menggunakan perangkat wearable serta kuesioner kesiapan operasional dan beban kognitif. Teknik pengolahan dan analisis data yang digunakan mencakup statistik deskriptif, pengujian normalitas, analisis korelasi Pearson, serta analisis regresi linier berganda. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa HRV memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap kesiapan operasional personel, sedangkan RHR dan beban kognitif menunjukkan pengaruh negatif yang signifikan. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan biometrik dapat menjadi instrumen objektif dalam menilai kesiapan SDM pertahanan serta memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan kebijakan pengembangan SDM pertahanan berbasis data fisiologis dan kognitif.

Kata kunci: Biometrik, Heart Rate Variability (HRV), Kesiapan Operasional, SDM Pertahanan, Beban Kognitif

LATAR BELAKANG

Kesiapan sumber daya manusia (SDM) merupakan elemen fundamental dalam sistem pertahanan negara. Dalam konteks militer modern, keberhasilan suatu operasi tidak hanya ditentukan oleh keunggulan alutsista dan teknologi persenjataan, tetapi juga oleh kondisi fisik, mental, dan kognitif personel yang terlibat. Operasi pertahanan saat ini dihadapkan pada karakteristik beban operasional yang semakin tinggi, kompleks, dan berkelanjutan, baik dalam situasi tempur maupun non-tempur, seperti operasi pengamanan wilayah, bantuan kemanusiaan, serta operasi penanggulangan bencana. Beban operasional tinggi yang dialami



personel militer mencakup tuntutan fisik yang intens, tekanan psikologis, keterbatasan waktu istirahat, serta kebutuhan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat dalam situasi berisiko tinggi. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kesiapan operasional personel apabila tidak dikelola secara sistematis dan berbasis data objektif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan ilmiah yang mampu mengukur kesiapan SDM pertahanan secara lebih akurat dan komprehensif.

Selama ini, penilaian kesiapan personel militer cenderung mengandalkan metode konvensional seperti observasi atasan, laporan kinerja, dan evaluasi subjektif berbasis pengalaman. Meskipun metode tersebut memiliki nilai praktis, namun keterbatasannya terletak pada potensi bias subjektivitas dan ketidakmampuan menangkap kondisi fisiologis serta kognitif personel secara real-time. Dalam konteks inilah, pendekatan biometrik menjadi relevan sebagai instrumen pengukuran objektif yang mampu merepresentasikan kondisi internal individu secara lebih akurat.

Biometrik, khususnya Heart Rate Variability (HRV), telah banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti olahraga, kesehatan, dan psikologi untuk menilai tingkat stres, kelelahan, dan kapasitas adaptasi fisiologis individu. HRV mencerminkan kemampuan sistem saraf otonom dalam merespons tuntutan lingkungan, sehingga menjadi indikator penting dalam menilai kesiapan fisik dan mental. Selain HRV, denyut jantung istirahat (Resting Heart Rate/RHR) juga menjadi indikator penting yang berkaitan dengan tingkat kebugaran dan stres fisiologis. Di sisi lain, beban kognitif menggambarkan sejauh mana kapasitas mental individu digunakan dalam memproses informasi dan mengambil keputusan.

Sejalan dengan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis kesiapan SDM pertahanan dalam menghadapi beban operasional tinggi menggunakan pendekatan biometrik kuantitatif berbasis HRV, RHR, dan beban kognitif. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dan praktis dalam pengembangan sistem penilaian kesiapan personel militer yang lebih objektif, akurat, dan berbasis bukti ilmiah.

METODE PENELITIAN

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan desain penelitian eksplanatori untuk menguji adanya pengaruh variabel biometrik terhadap kesiapan operasional SDM pertahanan. Penelitian ini melibatkan personel militer aktif sebagai populasi, dengan 60 responden yang dipilih secara purposif sesuai kriteria inklusi yang telah ditentukan, seperti keterlibatan dalam latihan atau operasi dengan beban tinggi.

Pengumpulan data dilakukan melalui dua metode utama. Pertama, pengukuran biometrik menggunakan perangkat wearable untuk memperoleh data HRV dan RHR. Kedua, pengisian kuesioner untuk mengukur tingkat kesiapan operasional dan beban kognitif. Instrumen kuesioner telah diuji validitas dan reliabilitasnya sebelum digunakan dalam penelitian. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui statistik deskriptif untuk memaparkan karakteristik responden serta variabel yang diteliti. Pengujian normalitas dilakukan guna memastikan data berdistribusi normal. Selanjutnya, hubungan antarvariabel dianalisis menggunakan korelasi Pearson. Untuk menguji pengaruh HRV, RHR, dan beban kognitif terhadap kesiapan operasional, digunakan analisis regresi linier berganda..

Desain Penelitian

Kuantitatif eksplanatori.

Populasi dan Sampel

Populasi: Personel militer aktif

Sampel: 60 responden (purposive sampling)

Variabel Penelitian

Variabel	Jenis	Indikator
HRV (X1)	Independen	ms
Denyut Jantung (X2)	Independen	bpm
Beban Kognitif (X3)	Independen	Skor Likert
Kesiapan Operasional (Y)	Dependen	Skor Likert

Teknik Pengumpulan Data

1. Wearable biometric sensor
2. Kuesioner kesiapan operasional (skala 1–5)

HASIL

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Mean	Std. Dev
HRV (ms)	72.4	8.6
Denyut Jantung (bpm)	78.2	6.9
Beban Kognitif	3.42	0.58
Kesiapan Operasional	4.01	0.51

Heart Rate Variability (HRV)

Nilai rata-rata *Heart Rate Variability* (HRV) responden tercatat sebesar 72,4 ms dengan standar deviasi 8,6 ms. Nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa secara umum personel militer berada pada tingkat HRV yang cukup baik, yang mengindikasikan kemampuan adaptasi fisiologis yang relatif optimal terhadap beban operasional yang dihadapi. HRV yang berada pada kisaran tersebut mencerminkan keseimbangan sistem saraf otonom yang memadai, khususnya antara aktivitas saraf simpatis dan parasimpatis.

Standar deviasi sebesar 8,6 ms menunjukkan adanya variasi moderat antarresponden. Variasi ini mengindikasikan tidak seluruh personel memiliki tingkat adaptasi fisiologis yang sama. Sebagian personel menunjukkan HRV yang lebih tinggi mencerminkan kondisi fisik dan mental yang lebih stabil, sementara sebagian lainnya memiliki HRV lebih rendah berpotensi mengindikasikan tingkat stres atau kelelahan yang lebih tinggi akibat beban operasional. Kondisi ini menjadi penting untuk diperhatikan dalam konteks manajemen SDM pertahanan, karena penurunan HRV dapat berdampak langsung pada kinerja dan kesiapan operasional.

Denyut Jantung Istirahat (*Resting Heart Rate*)

Variabel denyut jantung istirahat menunjukkan nilai rata-rata sebesar 78,2 bpm dengan standar deviasi 6,9 bpm. Rata-rata denyut jantung ini berada dalam batas normal, namun cenderung mendekati ambang atas rentang fisiologis ideal bagi individu dengan tingkat aktivitas fisik tinggi. Hal ini dapat mengindikasikan adanya tekanan fisiologis atau akumulasi kelelahan pada sebagian personel akibat intensitas latihan maupun tugas operasional yang dijalani.



Standar deviasi sebesar 6,9 bpm menunjukkan adanya perbedaan kondisi kebugaran kardiovaskular di antara responden. Personel dengan denyut jantung istirahat yang lebih rendah umumnya memiliki tingkat kebugaran yang lebih baik dan kemampuan pemulihan yang lebih optimal. Sebaliknya, personel dengan denyut jantung istirahat yang lebih tinggi berpotensi mengalami stres fisiologis yang dapat menurunkan kesiapan operasional apabila tidak ditangani secara tepat melalui pengaturan beban kerja dan waktu pemulihan.

Beban Kognitif

Nilai rata-rata beban kognitif sebesar 3,42 dengan standar deviasi 0,58 menunjukkan bahwa secara umum personel militer mengalami tingkat beban kognitif sedang hingga relatif tinggi. Skor ini mencerminkan tingginya tuntutan mental yang dihadapi personel dalam menjalankan tugas operasional, seperti pengambilan keputusan cepat, pemrosesan informasi yang kompleks, serta koordinasi dalam situasi berisiko tinggi. Standar deviasi yang relatif kecil menunjukkan bahwa persepsi beban kognitif antarresponden cenderung homogen, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar personel menghadapi tingkat tuntutan mental yang hampir seragam. Kondisi ini memperkuat asumsi bahwa beban kognitif merupakan karakteristik inheren dalam operasi pertahanan dan perlu dikelola secara sistematis untuk mencegah penurunan kinerja dan meningkatkan risiko kesalahan operasional.

Kesiapan Operasional

Variabel kesiapan operasional memiliki nilai rata-rata sebesar 4,01 dengan standar deviasi 0,51. Nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa tingkat kesiapan operasional personel militer secara umum berada pada kategori tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas responden merasa siap secara fisik, mental, dan kognitif untuk melaksanakan tugas operasional yang diberikan. Namun demikian, standar deviasi sebesar 0,51 menunjukkan masih terdapat variasi tingkat kesiapan antarindividu. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan kondisi fisiologis, tingkat stres, beban kognitif, serta pengalaman operasional masing-masing personel. Oleh karena itu, meskipun secara agregat kesiapan operasional tergolong tinggi, pendekatan individual berbasis data biometrik tetap diperlukan untuk mengidentifikasi personel yang berpotensi mengalami penurunan kesiapan.

Secara keseluruhan, hasil statistik deskriptif menunjukkan bahwa personel militer yang menjadi responden penelitian berada dalam kondisi kesiapan operasional yang relatif baik, namun dihadapkan pada tantangan berupa beban kognitif yang cukup tinggi dan variasi kondisi fisiologis. Temuan ini memberikan indikasi awal bahwa HRV, denyut jantung istirahat, dan beban kognitif merupakan variabel penting yang perlu dianalisis lebih lanjut melalui pengujian inferensial untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kesiapan operasional SDM pertahanan.

Tabel 2. Uji Normalitas (Kolmogorov–Smirnov)

Variabel	Sig.
HRV	0.200
Denyut Jantung	0.134
Beban Kognitif	0.087
Kesiapan Operasional	0.156

Berdasarkan Tabel 2 Uji Normalitas (Kolmogorov–Smirnov), diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Heart Rate Variability (HRV)

Nilai signifikansi pada variabel HRV sebesar 0,200, yang berada di atas tingkat signifikansi (α) 0,05. Temuan ini mengindikasikan bahwa data HRV berdistribusi normal. Dengan demikian, sebaran nilai HRV pada responden tidak menunjukkan penyimpangan yang signifikan dari distribusi normal, sehingga memenuhi asumsi untuk dianalisis menggunakan teknik statistik parametrik.

2. Denyut Jantung Istirahat

Variabel denyut jantung istirahat menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,134, yang berada di atas batas $\alpha = 0,05$. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa data denyut jantung istirahat berdistribusi normal. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi data denyut jantung responden cenderung simetris serta tidak memperlihatkan adanya penyimpangan yang ekstrem.

3. Beban Kognitif

Hasil pengujian normalitas pada variabel beban kognitif menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,087. Nilai tersebut lebih tinggi dari tingkat signifikansi 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data beban kognitif berdistribusi normal. Dengan demikian, variabel ini telah memenuhi asumsi normalitas untuk dianalisis menggunakan teknik statistik parametrik. Dengan demikian, persepsi responden terkait beban kognitif memiliki pola distribusi yang memenuhi asumsi normalitas.

4. Kesiapan Operasional

Variabel kesiapan operasional memiliki nilai signifikansi sebesar 0,156, yang juga lebih besar dari 0,05. Hasil ini menunjukkan bahwa data kesiapan operasional berdistribusi normal. Hal ini menandakan bahwa tingkat kesiapan operasional personel militer tersebar secara proporsional di sekitar nilai rata-rata. Berdasarkan hasil uji Kolmogorov–Smirnov, seluruh variabel penelitian, yaitu HRV, denyut jantung istirahat, beban kognitif, dan kesiapan operasional, memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh data penelitian memenuhi asumsi normalitas.

Tabel 3. Uji Korelasi Pearson

Variabel	r	Sig
HRV – Kesiapan	0.621	0.000
Denyut Jantung – Kesiapan	-0.534	0.001
Beban Kognitif – Kesiapan	-0.489	0.002

Berdasarkan hasil uji korelasi Pearson, diperoleh temuan sebagai berikut.

1. Hubungan antara Heart Rate Variability (HRV) dan Kesiapan Operasional

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa koefisien korelasi (r) mencapai 0,621 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi tersebut berada di bawah ambang batas 0,05, maka dapat dinyatakan bahwa hubungan antara HRV dan kesiapan operasional signifikan secara statistik. Besarnya koefisien yang bernilai positif dan termasuk dalam kategori kuat mengindikasikan adanya hubungan searah, di mana peningkatan HRV cenderung diikuti oleh peningkatan kesiapan operasional. Temuan ini mengindikasikan bahwa kemampuan adaptasi fisiologis yang baik berperan penting dalam menjaga kesiapan fisik dan mental personel dalam menghadapi beban operasional yang tinggi. HRV yang tinggi mencerminkan keseimbangan sistem saraf otonom yang optimal, sehingga mendukung ketahanan terhadap stres dan kelelahan operasional.



2. Hubungan antara Denyut Jantung Istirahat dan Kesiapan Operasional

Hasil analisis korelasi menunjukkan koefisien sebesar $-0,534$ dengan tingkat signifikansi $0,001$. Karena nilai signifikansi tersebut berada di bawah batas $\alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara denyut jantung istirahat dan kesiapan operasional. Koefisien korelasi negatif dengan kekuatan hubungan sedang hingga kuat menunjukkan bahwa semakin tinggi denyut jantung istirahat personel, semakin rendah tingkat kesiapan operasionalnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan denyut jantung istirahat, yang sering dikaitkan dengan stres fisiologis atau kelelahan, dapat berdampak negatif terhadap kemampuan personel dalam menjalankan tugas operasional secara optimal.

3. Hubungan antara Beban Kognitif dan Kesiapan Operasional

Hasil analisis korelasi antara beban kognitif dan kesiapan operasional menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $-0,489$ dengan nilai signifikansi $0,002$. Nilai signifikansi ini lebih kecil dari $0,05$, sehingga hubungan antara kedua variabel dinyatakan signifikan secara statistik. Nilai korelasi negatif dengan kekuatan hubungan sedang menunjukkan bahwa peningkatan beban kognitif cenderung diikuti oleh penurunan tingkat kesiapan operasional. Hal ini menunjukkan bahwa tuntutan mental yang berlebihan dapat mengurangi kapasitas personel dalam mempertahankan fokus, ketepatan pengambilan keputusan, serta kesiapan dalam menghadapi dinamika operasi pertahanan.

Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson, dinyatakan bahwa seluruh variabel independen yang diteliti menunjukkan hubungan signifikan terhadap kesiapan operasional personel militer. HRV terbukti memiliki korelasi positif dengan tingkat kekuatan tinggi terhadap kesiapan operasional. Sebaliknya, denyut jantung istirahat dan beban kognitif memperlihatkan hubungan negatif yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kedua variabel tersebut cenderung diikuti oleh penurunan kesiapan operasional..

Temuan ini memperkuat asumsi bahwa kondisi fisiologis dan kognitif merupakan faktor kunci dalam menentukan kesiapan SDM pertahanan. Hasil uji korelasi ini juga menjadi dasar empiris yang kuat untuk melanjutkan analisis ke tahap regresi linier berganda guna menguji pengaruh simultan variabel HRV, denyut jantung, dan beban kognitif terhadap kesiapan operasional.

Analisis Regresi Linier Berganda

Persamaan Regresi:

$$Y = 5.214 + 0.031X_1 - 0.028X_2 - 0.412X_3$$

Variabel	B	t	Sig
HRV	0.031	4.21	0.000
Denyut Jantung	-0.028	-3.18	0.003
Beban Kognitif	-0.412	-2.97	0.005

Koefisien Determinasi:

$$R^2 = 0.58$$

58% variasi kesiapan operasional dijelaskan oleh variabel biometrik.

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:



$$Y = 5,214 + 0,031X_1 - 0,028X_2 - 0,412X_3$$

Keterangan:

1. Y = Kesiapan Operasional
2. X_1 = *Heart Rate Variability* (HRV)
3. X_2 = Denyut Jantung Istirahat
4. X_3 = Beban Kognitif

Konstanta sebesar 5,214 menunjukkan bahwa apabila seluruh variabel independen bernilai nol, maka tingkat kesiapan operasional berada pada nilai dasar tersebut. Meskipun secara praktis kondisi ini jarang terjadi, konstanta berfungsi sebagai titik awal model regresi.

1. Pengaruh *Heart Rate Variability* (HRV) terhadap Kesiapan Operasional

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa HRV berpengaruh positif dan signifikan terhadap kesiapan operasional personel militer. Nilai koefisien regresi (B) sebesar 0,031 dengan t hitung 4,21 serta tingkat signifikansi 0,000 mengindikasikan bahwa peningkatan HRV secara nyata berkontribusi terhadap peningkatan kesiapan operasional. Secara statistik, temuan ini menegaskan bahwa HRV merupakan prediktor yang kuat dalam model penelitian yang digunakan. Secara teoritis, HRV merefleksikan kemampuan sistem saraf otonom dalam beradaptasi terhadap stres dan tuntutan lingkungan. Individu dengan HRV yang lebih tinggi umumnya memiliki regulasi fisiologis yang lebih baik, keseimbangan simpatis–parasimpatis yang lebih optimal, serta kapasitas pemulihan (*recovery*) yang lebih cepat setelah mengalami tekanan fisik maupun mental. Dalam konteks operasional militer yang sarat dengan tekanan, risiko, dan beban kerja tinggi, kemampuan adaptasi fisiologis ini menjadi faktor krusial dalam menjaga stabilitas performa dan kesiapan tugas. Dengan demikian, temuan penelitian ini menguatkan pandangan bahwa peningkatan kapasitas regulasi fisiologis melalui pengelolaan stres, latihan fisik terstruktur, serta manajemen pemulihan dapat menjadi strategi penting dalam meningkatkan kesiapan operasional personel militer. HRV tidak hanya berfungsi sebagai indikator kesehatan kardiovaskular, tetapi juga sebagai parameter objektif yang relevan dalam mengevaluasi kesiapan dan ketahanan individu terhadap tuntutan operasional yang intens.

2. Pengaruh Denyut Jantung Istirahat terhadap Kesiapan Operasional

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa variabel denyut jantung istirahat memiliki koefisien regresi (B) sebesar $-0,028$ dengan nilai t hitung $-3,18$ serta tingkat signifikansi 0,003. Karena nilai signifikansi tersebut berada di bawah batas $\alpha = 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa denyut jantung istirahat berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kesiapan operasional. Hal ini menunjukkan bahwa variabel tersebut merupakan salah satu prediktor yang bermakna dalam model penelitian. Arah koefisien yang negatif mengindikasikan bahwa setiap peningkatan satu satuan denyut jantung istirahat akan diikuti oleh penurunan kesiapan operasional, dengan asumsi variabel lain dalam model berada dalam kondisi konstan. Secara fisiologis, denyut jantung istirahat yang relatif tinggi sering dikaitkan dengan kondisi stres, kelelahan, rendahnya tingkat kebugaran kardiovaskular, atau proses pemulihan yang belum optimal. Dalam konteks tugas militer yang menuntut kesiapsiagaan fisik dan mental secara berkelanjutan, kondisi tersebut dapat menurunkan kapasitas individu dalam mempertahankan performa, konsentrasi, dan daya tahan terhadap tekanan operasional.

Dengan demikian, temuan ini mempertegas bahwa pengelolaan kebugaran fisik, kualitas istirahat, serta manajemen stres menjadi faktor penting dalam menjaga denyut jantung istirahat tetap optimal, sehingga dapat mendukung kesiapan operasional personel secara menyeluruh.



3. Pengaruh Beban Kognitif terhadap Kesiapan Operasional

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa variabel beban kognitif memiliki koefisien regresi (B) sebesar $-0,412$ dengan nilai t hitung $-2,97$ serta tingkat signifikansi $0,005$. Karena nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari $\alpha = 0,05$, dapat disimpulkan bahwa beban kognitif berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kesiapan operasional. Arah koefisien yang negatif mengindikasikan bahwa peningkatan beban kognitif cenderung diikuti oleh penurunan tingkat kesiapan operasional. Temuan ini menunjukkan bahwa tekanan mental yang tinggi, kompleksitas tugas, serta tuntutan pengambilan keputusan yang intens dapat mengurangi kapasitas individu dalam mempertahankan performa optimal. Oleh karena itu, pengelolaan beban kognitif menjadi aspek penting dalam menjaga stabilitas kesiapan operasional personel. Besarnya koefisien regresi menunjukkan bahwa beban kognitif memiliki dampak yang relatif kuat dibandingkan variabel fisiologis lainnya. Setiap peningkatan satu satuan beban kognitif akan menurunkan kesiapan operasional sebesar $0,412$ satuan, yang mengindikasikan bahwa tuntutan mental yang berlebihan dapat secara substansial mengurangi kesiapan personel dalam menjalankan tugas operasional secara efektif. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar $0,58$ menunjukkan bahwa sebesar 58% variasi kesiapan operasional personel militer dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel HRV, denyut jantung istirahat, dan beban kognitif. Sementara itu, sebesar 42% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian, seperti pengalaman operasional, kualitas pelatihan, faktor lingkungan, kepemimpinan, serta kondisi psikososial. Nilai R^2 yang relatif tinggi ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan memiliki daya jelaskan yang kuat, sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis kesiapan SDM pertahanan berbasis biometrik dan kognitif.

Hasil analisis regresi linier berganda menegaskan bahwa indikator biometrik dan beban kognitif secara simultan dan parsial berpengaruh signifikan terhadap kesiapan operasional SDM pertahanan. HRV menjadi faktor protektif yang meningkatkan kesiapan, sedangkan denyut jantung istirahat dan beban kognitif menjadi faktor risiko yang dapat menurunkan kesiapan operasional. Temuan ini memberikan justifikasi ilmiah bagi penerapan sistem pemantauan fisiologis dan kognitif secara terintegrasi dalam manajemen SDM pertahanan, khususnya dalam menghadapi beban operasional tinggi dan dinamika ancaman modern.

PEMBAHASAN

Pengaruh *Heart Rate Variability* (HRV) terhadap Kesiapan Operasional

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Heart Rate Variability* (HRV) memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kesiapan operasional personel militer. Temuan tersebut mengisyaratkan bahwa individu dengan tingkat HRV yang lebih tinggi cenderung menunjukkan kesiapan fisik dan mental yang lebih optimal dalam menghadapi tuntutan operasional yang berat. Secara lebih mendalam, kondisi HRV yang tinggi mencerminkan kemampuan regulasi sistem saraf otonom yang lebih baik, sehingga personel mampu beradaptasi secara efektif terhadap tekanan, stres, dan dinamika tugas yang kompleks. Dengan demikian, HRV dapat dipandang sebagai indikator fisiologis yang relevan dalam menilai dan memprediksi tingkat kesiapan operasional dalam lingkungan militer yang penuh tekanan. HRV yang tinggi mencerminkan kemampuan adaptasi sistem saraf otonom yang optimal, khususnya dalam menyeimbangkan respon simpatik dan parasimpatik terhadap stres operasional.



Dalam konteks pertahanan, kemampuan adaptasi fisiologis menjadi faktor krusial karena personel militer dihadapkan pada situasi yang menuntut ketahanan stres, kewaspadaan tinggi, dan kemampuan pemulihan yang cepat. Temuan ini sejalan dengan teori regulasi stres fisiologis yang menyatakan bahwa individu dengan HRV tinggi memiliki kapasitas regulasi emosi dan stres yang lebih baik, sehingga mampu mempertahankan performa optimal dalam kondisi tekanan tinggi.

Hasil ini juga memperkuat pendekatan biometrik sebagai alat ukur objektif kesiapan SDM pertahanan. HRV dapat digunakan sebagai indikator dini untuk mendeteksi kondisi overtraining, kelelahan operasional, atau penurunan kesiapan sebelum munculnya penurunan kinerja secara nyata. Dengan demikian, pemantauan HRV secara berkala berpotensi menjadi bagian integral dari sistem manajemen kesiapan personel militer berbasis data.

Pengaruh Denyut Jantung Istirahat terhadap Kesiapan Operasional

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa denyut jantung istirahat berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kesiapan operasional. Artinya, semakin tinggi denyut jantung istirahat personel, semakin rendah tingkat kesiapan operasional yang dimilikinya. Denyut jantung istirahat yang meningkat sering dikaitkan dengan stres fisiologis, kelelahan, atau kondisi kebugaran yang menurun. Dalam operasi militer, kondisi fisiologis yang tidak optimal dapat berdampak langsung pada daya tahan fisik, kecepatan reaksi, dan ketepatan pengambilan keputusan. Temuan ini menguatkan pandangan bahwa denyut jantung istirahat merupakan indikator penting dalam menilai kondisi kebugaran dan kesiapan fisik personel. Personel dengan denyut jantung istirahat yang lebih rendah cenderung memiliki kapasitas kardiovaskular yang lebih baik, sehingga lebih siap menghadapi tuntutan operasional jangka panjang.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya pengelolaan beban latihan dan operasi secara seimbang, disertai dengan waktu pemulihan yang memadai. Tanpa pengelolaan yang tepat, peningkatan denyut jantung istirahat dapat menjadi sinyal awal penurunan kesiapan yang berpotensi meningkatkan risiko kesalahan operasional dan cedera.

Pengaruh Beban Kognitif terhadap Kesiapan Operasional

Penelitian ini menemukan bahwa beban kognitif berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kesiapan operasional, dengan koefisien regresi yang relatif besar dibandingkan variabel fisiologis lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa tuntutan mental yang berlebihan memiliki dampak substansial terhadap kesiapan personel militer. Dalam konteks operasi pertahanan modern, personel tidak hanya dituntut kuat secara fisik, tetapi juga mampu memproses informasi kompleks, mengambil keputusan cepat, dan berkoordinasi dalam situasi penuh ketidakpastian. Beban kognitif yang tinggi dapat menguras sumber daya mental, menurunkan konsentrasi, serta meningkatkan risiko kesalahan dalam pengambilan keputusan kritis.

Temuan ini mendukung teori beban kognitif yang menyatakan bahwa kapasitas kerja memori manusia bersifat terbatas. Ketika tuntutan kognitif melebihi kapasitas tersebut, kinerja individu akan menurun. Oleh karena itu, pengelolaan beban kognitif menjadi aspek strategis dalam menjaga kesiapan operasional SDM pertahanan, misalnya melalui desain tugas yang lebih efisien, penggunaan sistem pendukung keputusan, serta pelatihan kognitif berbasis simulasi.

Integrasi Faktor Fisiologis dan Kognitif dalam Kesiapan SDM Pertahanan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kesiapan operasional SDM pertahanan dipengaruhi secara simultan oleh faktor fisiologis dan kognitif. HRV berperan sebagai faktor protektif yang meningkatkan kesiapan, sementara denyut jantung istirahat dan beban kognitif berperan sebagai faktor risiko yang dapat menurunkan kesiapan operasional. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,58 menunjukkan bahwa kombinasi ketiga variabel tersebut mampu menjelaskan sebagian besar variasi kesiapan operasional personel. Hal ini menegaskan bahwa pendekatan biometrik dan kognitif memberikan kontribusi signifikan dalam memahami kesiapan SDM pertahanan secara komprehensif, meskipun masih terdapat faktor lain di luar model yang perlu dikaji lebih lanjut.

Integrasi pengukuran fisiologis dan kognitif membuka peluang bagi pengembangan sistem manajemen SDM pertahanan yang lebih adaptif dan berbasis bukti ilmiah. Dengan memanfaatkan teknologi wearable dan instrumen pengukuran kognitif, institusi pertahanan dapat melakukan pemantauan kesiapan personel secara berkelanjutan dan individual, sehingga kebijakan penugasan, pelatihan, dan pemulihan dapat disesuaikan dengan kondisi aktual personel.

Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian manajemen SDM pertahanan dengan memasukkan pendekatan biometrik kuantitatif sebagai variabel penjelas kesiapan operasional. Temuan ini mendukung paradigma bahwa kesiapan personel tidak hanya ditentukan oleh faktor organisasi dan pelatihan, tetapi juga oleh kondisi fisiologis dan kognitif yang terukur secara objektif. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengambil kebijakan di bidang pertahanan untuk mengintegrasikan pemantauan biometrik dan manajemen beban kognitif dalam sistem pembinaan personel. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas operasi, mengurangi risiko kelelahan dan kesalahan, serta menjaga keberlanjutan kesiapan SDM pertahanan dalam menghadapi tantangan operasional yang semakin kompleks.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Pendekatan biometrik terbukti efektif dalam mengukur kesiapan SDM pertahanan secara kuantitatif. HRV, denyut jantung, dan beban kognitif berpengaruh signifikan terhadap kesiapan operasional. Penelitian ini merekomendasikan integrasi sistem biometrik dalam kebijakan pengembangan SDM pertahanan nasional.

Rekomendasi

1. Integrasi wearable biometrik dalam latihan militer
2. Penggunaan HRV sebagai indikator kesiapan tugas
3. Pengembangan kebijakan SDM berbasis data fisiologis



REFERENCES

- Berntson, G. G., et al. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623–648.
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability – A historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2, 86.
- Endsley, M. R. (2015). Situation awareness in aviation systems. In J. D. Lee & A. Kirlik (Eds.), *The Oxford handbook of cognitive engineering* (pp. 65–80). Oxford University Press.
- Hancock, P. A., & Warm, J. S. (2019). Stress and sustained attention. *Human Factors*, 61(5), 689–699.
- Kim, H. G., et al. (2018). Heart rate variability and stress. *Frontiers in Physiology*, 9, 1–12.
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research: Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213.
- Lieberman, H. R., et al. (2005). Cognitive function, stress hormones, heart rate variability, and military performance. *Psychopharmacology*, 179(3), 516–527.
- McEwen, B. S. (2007). Physiology and neurobiology of stress and adaptation: Central role of the brain. *Physiological Reviews*, 87(3), 873–904.
- Morgan, C. A., et al. (2006). Stress-induced deficits in working memory and visuo-constructive abilities in military personnel. *Biological Psychiatry*, 60(7), 722–729.
- Nindl, B. C., & Williams, T. J. (2018). Physiology of military operations: Sustaining human performance in combat environments. *Comprehensive Physiology*, 8(4), 1539–1573.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.
- Salas, E., et al. (2020). Human performance in military operations. *Military Psychology*, 32(3), 165–179.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37–76.
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747–756.